

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

MAPEAMENTO APROXIMADO DA RESISTIVIDADE EM SUBSUPERFÍCIE USANDO DADOS DE RESISTIVIDADE APARENTE E GEOESTATÍSTICA

Jerbeson de Melo Santana

REVERSED FLUX PATCHES ON THE ARCHEOMAGNETIC FIELD

Filipe Terra Nova dos Santos

CARACTERIZAÇÃO DE DOMÍNIOS TECTONO-GEOFÍSICOS NA BACIA DOS PARECIS COM BASE EM DADOS DE MÉTODOS POTENCIAIS

Hiago Phillipe Albernaz Faria

POST-IMAGING ANALYSIS OF PRESSURE PREDICTION IN PRODUCTIVE SEDIMENTARY BASINS FOR OIL AND GAS EXPLORATION

Wildney Wallacy da Silva Vieira

APLICAÇÃO DE MODELOS DE SUBSTITUIÇÃO DE FLUIDO EM ROCHAS SEDIMENTARES ORIUNDAS DO NORDESTE BRASILEIRO

Ana Alzira Fayal Trovão

ZONEAMENTO DE POÇOS ATRAVÉS DA INFERÊNCIA FUZZY

Alberto Jose Ruiz Tapiá

ANÁLISE DE DADOS MAGNETOTELÚRICOS NA REGIÃO NORTE/NORDESTE DA BACIA DO PARANÁ

Jorge Alberto Tapias Simanca

MAPEAMENTO DE AQUIFEROS SEDIMENTARES E FRATURADOS NA BACIA DO PARANÁ POR MEIO DA TÉCNICA DE CAMINHAMENTO TDEM, USANDO Tx-FIXO E Rx-MÓVEL

Julian David Realpe Campaña

IMAGEAMENTO CRUSTAL E LITOSFÉRICO NO NORDESTE DA BACIA DO PARANÁ POR SONDAGENS MAGNETOTELÚRICAS

Cyntia Okida Minei

EXPRESSÃO GEOFÍSICA-ESTRUTURAL DO LINEAMENTO TRANSBRASILEIANO NA PORÇÃO CENTRAL DA BACIA DO PARANÁ (MARANHÃO-PIAÚ)

Thuany Patrícia Costa de Lima

ESTUDO PALEOMAGNÉTICO DO COMPLEXO MÁFICO-ULTRAMÁFICO RINCÓN DEL TIGRE – SUDESTE DA BOLÍVIA, CRÁTON AMAZÔNICO

Oscar Andres Lazcano Patroni

MAPEAMENTO APROXIMADO DA RESISTIVIDADE EM SUBSUPERFÍCIE USANDO DADOS DE RESISTIVIDADE APARENTE E GEOESTATÍSTICA

Jerbeson de Melo Santana

Orientador: Dr. Walter Eugênio de Medeiros (UFRN)
51 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 16.04.2015

RESUMO. É apresentado um novo método para o mapeamento aproximado da resistividade em subsuperfície usando uma abordagem geoestatística. São utilizados os pontos característicos (PCs) de uma sondagem de resistividade, que são os seus pontos de inflexão e de extremos (máximos e mínimos). O método consiste basicamente de quatro etapas: i) suavizar ou interpolar as sondagens elétricas; ii) obter os PCs usando as versões suavizadas das sondagens elétricas, bem como obter as estimativas pontuais para a resistividade em subsuperfície usando relações empíricas entre o espaçamento de eletrodo e profundidade; iii) calcular os semivariogramas associados às estimativas pontuais de resistividade, e ajustar os mesmos a um modelo de semivariograma teórico; e, finalmente, iv) estimar a distribuição da resistividade em subsuperfície por krigagem utilizando as estimativas pontuais. Não é feita nenhuma hipótese sobre a resistividade verdadeira e, como resultado, o método é robusto à dimensão do modelo e pode ser implementado para qualquer dimensão. Computacionalmente, o método é muito rápido porque nenhuma modelagem (direta ou inversa) é realizada e o custo computacional é apenas o da krigagem. Dada a sua robustez a erros de medição e à dimensão do modelo, o método pode ser implementado como uma técnica rápida e automática de interpretação. A distribuição de resistividade estimada tem valor tanto como um objeto de interpretação quanto como um modelo inicial de melhor qualidade para inicializar os algoritmos de inversão. Neste último uso, cerca de 30% a 40% das iterações podem ser poupadas em comparação com a inicialização com o semiespaco homogêneo, para o caso dos algoritmos de inversão 2D que incorporam a restrição de suavidade. O desempenho do método é demonstrado com aplicações com dados 2D sintéticos e reais no arranjo Schlumberger. A abordagem proposta pode ser generalizada para outros métodos de resistividade DC e métodos eletromagnéticos que se baseiam em sondagens de resistividade.

ABSTRACT. It is presented a new method for the approximate mapping of the subsurface resistivity based on a geostatistical approach. It are used the characteristic points (CPs) of a resistivity sounding, which are their inflection and extreme (maximum and minimum) points. The methodology consists basically of four stages: i) smoothing the geoelectric soundings to assure robustness to measurement errors; ii) determining the CPs from the smoothed versions of the geoelectric soundings, and obtaining from the CPs point estimates for the subsurface resistivity using empirical relations between electrode spacing and depth; iii) calculating semivariograms associated to the point estimates, and fitting them to a semivariogram model; and finally iv) estimating the subsurface resistivity distribution by kriging interpolation of the point estimates. No assumptions are made about the true subsurface resistivity and, as result, the method is robust to the model dimension and can be implemented for any dimension. Computationally, the method is very fast because no modeling (either direct or inverse) is demanded and the most intensive computer operation is just a kriging interpolation. Given its robustness to measurement errors and model dimension, it can be implemented as a fast automatic method of interpretation. The estimated resistivity distribution has value both as an object to interpret and as a better initial model for inversion algorithms. In the latter use, about 30%–40% of the iterations can be saved when compared with initializations with the homogeneous semispaces, for 2D algorithms incorporating the classic smoothness constraint, for example. The method's performance is demonstrated with applications with 2D Schlumberger array data both for synthetic and real cases. The proposed method might be generalized for other DC-resistivity arrays and electromagnetic techniques based on apparent resistivity soundings.

REVERSED FLUX PATCHES ON THE ARCHEOMAGNETIC FIELD

Filipe Terra Nova dos Santos

Orientador: Dr. Ricardo Ivan Ferreira da Trindade (USP)

104 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 30.04.2015

RESUMO. Modelos do campo arqueomagnético podem fornecer importantes informações sobre o geodínamo. Nesta dissertação, estudou-se a existência e a mobilidade de lóbulos de fluxo reverso (RFPs, em inglês) no campo arqueomagnético. Testes de robustez foram aplicados para diferentes modelos. Além disso, foram exploradas as relações entre RFPs e as variações do momento do dipolo axial (ADM, em inglês). Para tanto, foram desenvolvidos algoritmos topológicos para definir, identificar e mapear os RFPs em modelos do campo arqueomagnético (modelo CALS3k.4b e modelo GUFM1). O equador magnético foi usado para definir a polaridade ao invés do equador geográfico. Uma vez que cada ponto da grade de $1^\circ \times 1^\circ$ de latitude/longitude esteja associado com um hemisfério magnético e uma polaridade (normal ou reversa), o passo seguinte é identificar os picos de lóbulos de fluxo reverso. Para o passo final de identificação foi imposto um critério de intensidade para evitar pontos que possuem intensidade muito baixa. Para mapear lóbulos de fluxo reverso no tempo, foi codificado um algoritmo que calcula a distância de cada lóbulo para todos os lóbulos do próximo intervalo de tempo. Diferentemente das definições anteriores, lóbulos que residem no equador geográficos são adequadamente identificados com a nova definição de RFPs. A maioria dos RFPs exibe deriva para Oeste e mais de 75% deles migra em direção a altas latitudes. Ondulações do equador magnético e RFPs resultam de campo com momento oposto ao ADM. Modelos filtrados apresentam resultados de mapeamento semelhantes aos de modelos não filtrados, e em alguns casos, surgem nos modelos filtrados novos RFPs. Resultados dos modelos CALS3k.4b e GUFM1 para o período de 1840 AD até 1990 AD mostram concordância para o mapeamento de lóbulos de fluxo reverso com maiores similaridades para os filtros mais fortes. Os resultados desta dissertação são compatíveis com a ideia que a advecção e a difusão de RFPs tem operado em conjunto causando o decréscimo do ADM nos últimos séculos. A ausência de RFPs no período de 550-1440 AD está relacionada a baixos valores nos graus intermediários do espectro de potência. Dessa forma, sugere-se que os RFPs são fortemente dependentes dos harmônicos esféricos de graus 4 e acima. Modelos filtrados e comparações com o modelo GUFM1 sugerem que lóbulos de fluxo reverso são feições robustas do campo magnético terrestre nos últimos milênios.

ABSTRACT. Archeomagnetic field models may provide important insights into the geodynamo workings. Here I investigate the existence and mobility of reversed flux patches (RFPs) on the archeomagnetic field. In addition, the statistical behavior of RFPs, their robustness and the relations between RFPs and dipole changes were explored. Topological algorithms are introduced to define, identify and track RFPs in archeomagnetic field models. The magnetic equator was used to define RFPs, instead of the geographic equator. Once each point on the CMB grid is associated with a magnetic hemisphere and a polarity (normal or reversed), the next step is to identify the peaks of RFPs. For the final identification step a threshold criterion of intensity was imposed to avoid including insignificantly weak extreme points. To track RFPs in time, an algorithm was coded to calculate the distance of each RFP to all RFPs in the next snapshot. Model CALS3k.4b of Korte and Constable (2011) was applied for the interval 990 BC until 1990 AD, and both CALS3k.4b and GUFM1 models were applied for the interval between 1840 AD until 1990 AD. For both models on the CMB a grid of 1 degree in longitude and latitude was applied on the CMB. Robustness tests were applied to the RFPs and results from models CALS3k.4b and GUFM1 were compared for the period 1840 AD to 1990 AD. In contrast to previous definitions, patches that reside on the geographic equator are adequately identified based on the new RFP definition presented here. Most RFPs exhibit a westward drift and 75% of them migrate towards higher latitudes. Undulations of the magnetic equator and RFPs oppose the axial dipole moment (ADM). Filtered models show a tracking behavior similar to non-filtered ones and new RFPs occasionally emerge. Results from CALS3k.4b and GUFM1 for the period 1840 AD to 1990 AD show a very good agreement between the tracking of RFPs in both field models. Stronger filters yield even more coincident RFPs positions and motions between the two models. As with CALS3k.4b, most RFPs in GUFM1 and their filtered models exhibit westward drift and migrate towards higher latitudes. Advection and diffusion of RFPs have worked in unison to yield the decrease of the ADM at recent times. The absence of RFPs in the period 550-1440 AD is related to a low in intermediate degrees of the geomagnetic power spectrum. It is suggested that the RFPs are strongly dependent on intermediate spherical harmonic degrees 4 and above. Filtered models and comparison with GUFM1 suggest that RFPs are prominent features of the geomagnetic field over the past few centuries.

CARACTERIZAÇÃO DE DOMÍNIOS TECTONO-GEOFÍSICOS NA BACIA DOS PARECIS COM BASE EM DADOS DE MÉTODOS POTENCIAIS

Hiago Phillipe Albernaz Faria

Orientador: Dra. Roberta Mary Vidotti (UnB)

142 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 22.05.2015

RESUMO. A Bacia dos Parecis está localizada na porção Centro-Oeste do Brasil, no setor sudeste do Cráton Amazonas, entre as bacias do Solimões e Paraná, com uma área de aproximadamente 450.000 km². A bacia é uma fronteira exploratória com geologia complexa e poucos estudos sobre sua origem e evolução. Com três poços perfurados entre as décadas de 80 e 90 do século passado aliados ao modesto esforço exploratório através de métodos potenciais e sísmica de reflexão, o modelo tectono-sedimentar existente pode ainda ser refinado, assim como a sua espessura sedimentar ainda não é bem conhecida, pois os poços estratigráficos não atingiram o seu embasamento. Em função da existência de novos dados geofísicos, aéreos e terrestres, e da evolução em técnicas de processamento e interpretação de dados, este estudo se propõe a contribuir na evolução do conhecimento de seu arcabouço tectono-geofísico. Os objetivos são alcançados através do mapeamento das estruturas em subsuperfície e dos domínios crustais além da estimativa de profundidade do embasamento através do processamento, integração e interpretação de dados de gravimetria e magnetometria. Um mapa de domínios tectono-geofísicos é correlacionado aos blocos crustais sob a bacia sedimentar dos Parecis e aos limites entre as províncias Sunsás e Rondônia-Juruena além do limite norte da bacia. Lineamentos geofísicos de menor expressão são correlacionados às estruturas do embasamento e intrasedimentares tendo importância na exploração de hidrocarbonetos, pois delimitam os grábens e segmentação destes. É proposto o reposicionamento dos limites tectono-sedimentares apresentado em trabalhos anteriores com base na assinatura das anomalias Bouguer e magnéticas e seus mapas derivados. Espessuras sedimentares estimadas neste trabalho apresentam-se, de maneira geral, maiores do que os valores máximos dos grábens apresentada em trabalhos anteriores. Os grábens do Colorado e Pimenta Bueno, apresentam profundidades de 12 km; os grábens Caiabis, NW Xingu e SW Xingu apresentam profundidades de 10 km, 6 km e 10 km, respectivamente.

ABSTRACT. The Parecis basin is located in the Midwestern portion of Brazil, in the southeast sector of the Amazon Craton, between the basins of Solimões and Paraná, with an area of approximately 450,000 square kilometers. The basin is a frontier for exploration with complex geology and few studies about its origin and evolution. With three wells drilled between the 80s and 90s of last century combined with the modest exploratory efforts through potential and seismic reflection methods, the existing tectonic-sedimentary model can be further refined. As well as its sediment thickness is not well known, because the two stratigraphic wells did not reach its basement. Due to the existence of new geophysical, aero and ground data, and developments in processing and interpretation techniques, this study aims to contribute to the evolution of the knowledge of its tectonic and geophysical framework. The objectives are achieved by mapping the subsurface structures and crustal domains besides depth estimation for the basement through the processing, integration and interpretation of gravity and magnetic data. A map of tectonic-geophysical domains is correlated with crustal blocks in the sedimentary basin of Parecis and the boundaries between Sunsás and Rondônia-Juruena provinces beyond the northern boundary of the basin. Geophysical lineaments of lower expression are correlated to basement and intrasedimentar structures having importance in hydrocarbon exploration because they delimit and segments these grabens. A proposal for adjusting the position for the tectonic-sedimentary limits proposed in previous works is presented, based on the signature of Bouguer and magnetic anomalies and its derivatives maps. Sedimentary thickness estimated in this work is, in general, bigger than the maximum values presented in previous works. According to the results of this research the grabens of Colorado and Pimenta Bueno, have depths of 12 km; the grabens Caiabis, NW Xingu and SW Xingu have depths of 10 km, 6 km and 10 km, respectively.

POST-IMAGING ANALYSIS OF PRESSURE PREDICTION IN PRODUCTIVE SEDIMENTARY BASINS FOR OIL AND GAS EXPLORATION

Wildney Wallacy da Silva Vieira

Orientador: Dr. Lourenildo Williame Barbosa Leite (UFPA)

181 p. – Tese (Doutorado) – Defesa 26.05.2015

RESUMO. Esta tese tem vários aspectos relacionados à modelagem de bacia sedimentar na exploração de óleo e gás, e com duas divisões gerais: estimativa de parâmetros, e predição de pressão. Para a estrutura do presente trabalho, o primeiro tópico está relacionada com a análise de velocidade e meios efetivos, onde se estima uma distribuição para a velocidade da onda P no tempo, seguido da transformação para a profundidade, e usar um modelo efetivo para a densidade e para a distribuição de velocidades da onda S . A razão para esta focalização inicialmente destas estimativas é porque eles representam a principal informação de base que se pode ter a partir do domínio sísmico, de onde os outros parâmetros sísmicos podem ser calculados, e que serve de base para a segunda parte deste trabalho. O segundo tópico está relacionado à cálculo de tensão, deformação e pressão na subsuperfície utilizando os dados das velocidades das ondas P e S e os modelos de densidade, com a finalidade de localizar áreas de altas e baixas pressões que atuam como bombas de sucção naturais para a mecânica da acumulação de óleo e gás em zonas produtivas e camadas reservatórios. Destacamos na segunda parte para a apresentação, chamar atenção para a sensibilidade do mapeamento de pressão em função da variação de velocidade e densidade. Classificamos a primeira divisão como dedicado ao processamento e imageamento sísmico convencional, e nomeamos a segunda divisão como predição de tensão-deformação-pressão pós-imageamento. Como o objetivo final da geofísica é obter imagens da subsuperfície sob diferentes propriedades, o cálculo de tensão só faz total sentido para o caso de dados reais, e isto faz com que os dados adquiridos seja obrigatoriamente em três componentes. Uma conclusão importante dos experimentos numéricos, mostramos que a pressão não tem um comportamento trivial, uma vez que pode diminuir com a profundidade e criar bombas naturais responsáveis pelo acúmulo de fluidos. A teoria de meios porosos baseia-se integralmente em geometria diferencial, porque esta disciplina matemática lida com propriedades geométricas coletivos para reservatórios reais. Mostrou-se que tais propriedades coletivas são, nomeadamente, a porosidade, a área da superfície específica, a curvatura média e a curvatura Gaussiana. Por exemplo, meios fraturados tem, como regra, uma pequena porosidade, mas área da superfície específica muito grande, o que cria a razão $\gamma = v_S/v_P$ anômala e alta, e isto significa um coeficiente de Poisson, σ , negativo. Outra conclusão é relacionado ao cálculo da descontinuidade de pressão entre sólido e líquido, o que depende da estrutura de poros.

ABSTRACT. This thesis has several aspects related to the problem of basin modeling towards oil and gas exploration, and with two general divisions: parameter estimation, and pressure prediction. For the structure of this work, the first topic is related to velocity analysis and effective media, where estimated a distribution for the P wave velocity in time, the transformation to depth, and the use an effective model for the density and for the S wave velocity distributions. The reason for initially focusing on these estimations is because they represent one of the most basic information that one can have from the seismic domain, from where the other seismic parameters can be calculated, and from where the second part of this is totally based. The second topic is related to computing stress, strain and pressure distribution in the subsurface using the information from the P and S wave velocities and the density models, in order to localize areas of high and low pressures that act as natural suction pumps for the mechanics of oil and gas accumulation into productive zones and layers. We have highlighted this second part for the final work presentation, and call attention to the sensitivity of pressure mapping to the velocity and density variations. We also classify the first division as dedicated to the conventional seismic processing and imaging, and have called the second division as post-imaging stress-strain-pressure prediction. As for the final aim of geophysics is to create images of the subsurface under different properties, the stress calculation only makes total sense for real data, and this makes mandatory the acquired seismic data be three component. As an important conclusion from the numerical experiments, we show that pressure does not have a trivial behavior, since it can decrease with depth and create natural pumps that are responsible for accumulating fluids. The theory of porous media is based on integral geometry, because this mathematical discipline deals with collective geometrical properties for real reservoirs. It was shown that such collective properties are namely for porosity, specific surface, average curvature and Gaussian curvature. For example, cracked media has, as a rule, small porosity, but very large specific surface area that creates anomalous high $\gamma = v_S/v_P$ ratio, what means a negative σ Poisson coefficient. Another conclusion is related to calculating discontinuity in pressure between solid and fluid, what depends on the structure of pore space.

APLICAÇÃO DE MODELOS DE SUBSTITUIÇÃO DE FLUIDO EM ROCHAS SEDIMENTARES ORIUNDAS DO NORDESTE BRASILEIRO

Ana Alzira Fayal Trovão

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

113 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 03.06.2015

RESUMO. Reservatórios carbonáticos correspondem a cerca de 50% dos reservatórios de hidrocarbonetos do planeta. Esse tipo de litologia apresenta diferentes formas de heterogeneidade, que são as principais causas de erros em sua caracterização, podendo induzir resultados errôneos na estimativa dos módulos elásticos das rochas em estado saturado. O presente trabalho objetiva uma análise comparativa dos modelos de substituição de fluidos em reservatório não-convencional do tipo carbonato. Especificamente, analisou-se os processos de substituição de fluido em amostras de rochas providas do Nordeste brasileiro, sob condições laboratoriais controladas (temperatura, pressão e grau de saturação) sob as perspectivas petrofísicas e ultrassônicas através de modelos de substituição de fluidos convencionais (Gassmann, Biot) e não-convencionais (Brown & Korringa; Muller & Sahay). Foram analisadas seis (6) amostras de rochas carbonáticas e uma (1) rocha arenítica obtendo-se valores de permeabilidade, porosidade efetiva, densidade de grão; além de medidas elásticas de velocidades compressoriais (V_p) e cisalhantes (V_{s1} e V_{s2}), na condição de 100% gás, sendo substituída em seguida por água. Previsões teóricas feitas pelos modelos convencionais se aproximaram dos valores experimentais no caso de rochas consideradas homogêneas. Enquanto que predições feitas pelo modelos não convencionais (por exemplo, Muller & Sahay) se ajustaram aos resultados experimentais da maioria das tufas assim como nos calcários.

ABSTRACT. Carbonates reservoirs corresponds on about 50% of the hydrocarbon reservoir in the planet. This type of lithology presents different forms of heterogeneity, which are the main causes of errors in its characterization. This misunderstanding, can induces erroneous estimative elastic modules of rocks in saturated state. The main goal of this work is to perform a comparative analysis of fluid substitution models in unconventional carbonate reservoir. Specifically, fluid substitution processes analyzed in outcrops from Brazilian Northeast, under controlled laboratory conditions (temperature, pressure and degree of saturation) and under perspectives of the petrophysical and ultrasonic features by conventional theories (Gassmann, Biot) and unconventional (Brown & Korringa; Muller & Sahay). In this research, we analyzed six samples of carbonate rock and one sample of sandstone rock. The input data our analysis were: permeability, porosity, rock and grain density, elastic measures of compressional (V_p) and shear (V_{s1} and V_{s2}) velocities. The measure of velocities was performed in cases of 100% gas (dry rock) and then replaced by water (100% saturated by water). Our results show, that predictions performed by conventional fluid substitution models best fit in experimental measurements of sample considered homogenous. However, predictions performed by unconventional models (e.g., Muller & Sahay) shown best fit with most carbonates types, including tufa and limestanes.

ZONEAMENTO DE POÇOS ATRAVÉS DA INFERÊNCIA *FUZZY*

Alberto Jose Ruiz Tapia

Orientador: Dr. André José Neves Andrade (UFPA)
94 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 26.06.2015

RESUMO. O zoneamento do poço pode ser entendido como a caracterização geológica (localização e descrição da fácies) de cada camada atravessada pelo poço ao longo de sua trajetória. O zoneamento de poço é uma atividade corriqueira da análise de testemunho e importante para a geologia do petróleo, auxiliando a construção da carta estratigráfica e, também, para a engenharia do petróleo, no desenvolvimento do plano de exploração do poço. Este trabalho apresenta um método para a obtenção do zoneamento de poços não testemunhados, de modo que a informação adquirida nestes poços possa contribuir para o conhecimento geológico e de engenharia do campo petrolífero. O método apresentado utiliza a descrição de testemunho para a construção da base de conhecimento de um sistema de inferência *fuzzy*, que opera com o parâmetro *P* (uma nova combinação dos perfis de densidade e sônico), parâmetro *M* (Gráfico M-N) e como os perfis de raios gama natural e resistividade profunda. A operação desse sistema de inferência *fuzzy*, com os dados de perfil de um poço não testemunhado, resulta no zoneamento deste poço. Este método é apresentado com dados sintéticos, que satisfazem o modelo petrofísico e a Lei de Archie, e com dados reais de dois poços testemunhados do Campo de Namorado, na Bacia de Campos.

ABSTRACT. Well zoning may be understood as the geological characterization (location and facies description) of each layer crossed by the borehole trajectory. Well zoning is a common activity in conventional core analysis and important for petroleum geology, assisting the construction of stratigraphic column and also for petroleum engineering aiding in the development of the well exploitation plan. This work presents a method for well zoning wells of non cored boreholes, so that the information gained in these wells can contribute to improve the knowledge of sedimentology and oilfield engineering. The method showed here uses the core description for building the knowledge base of a fuzzy inference system, which operates with *P* parameter (a new combination of density log and sonic log), parameter *M* (M-N plot) and the natural gamma ray log and the deep resistivity log. Operation of this fuzzy inference system using log data from non cored borehole produces the well zoning of each non cored borehole. This method is presented with synthetic data satisfying the petrophysical model and the Archie Law, and real data of two cored boreholes from the Namorado oilfield, in the Campos Basin.

ANÁLISE DE DADOS MAGNETOTELÚRICOS NA REGIÃO NORTE/NORDESTE DA BACIA DO PARANÁ

Jorge Alberto Tapias Simanca

Orientador: Dr. Mauricio de Souza Bologna (USP)

108 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 02.09.2015

RESUMO. Neste trabalho, a estrutura profunda da parte norte/nordeste da Bacia do Paraná foi investigada através da análise de um perfil magneto-telúrico (MT) de direção geral NE-SW consistindo de um conjunto de 26 estações MT de banda larga (períodos de 0,001 a 400 s) separadas entre si por 13 km em média. Este trabalho é uma continuação do trabalho de Bologna et al. (2013) que analisaram um perfil MT na região de Aporé, cerca de 80 km ao sudoeste do perfil deste trabalho. O perfil atravessa várias feições geofísicas. A extremidade sudoeste do perfil (próxima à cidade de Serranópolis) cruza um baixo gravimétrico com orientação N-S. Ao oeste, outro baixo gravimétrico similar tem sido interpretado como devido a um gráben soterrado sob as sequências sedimentares da bacia a uma profundidade média de 3 km e de direção geral norte-sul. Rumo ao nordeste, o perfil atravessa um importante gradiente gravimétrico linear que, na região de Goiás, ao norte da área de estudo, coincide espacialmente com o Arco Magmático de Goiás. Atravessando o gradiente gravimétrico, o perfil adentra nas rochas metassedimentares da Faixa Brasília. Seu término é próximo da cidade de Goiânia. Em geral, este trabalho confirma a relação entre resistividade e anomalias gravimétricas observadas em Bologna et al. (2013). O extremo SW do perfil deste estudo está situado no alto gravimétrico no qual o trabalho anterior modela como sendo uma litosfera resistiva, sobretudo na crosta inferior. No modelo desta dissertação a crosta se mostra altamente resistiva com valores de 1500 Ωm e com um manto litosférico resistivo em termos gerais. Na parte central, onde ocorre um baixo gravimétrico, se verifica uma diminuição de resistividade, com valores inferiores a 100 Ωm , similares ao que se observa em Aporé sob o baixo gravimétrico daquela área. Há condutores fortes subverticais na crosta e manto (resistividades menores que 10 Ωm) cuja posição coincide também espacialmente com as bordas do baixo gravimétrico. Fora do baixo gravimétrico, rumo ao NE, a litosfera volta a ficar mais resistiva. No extremo NE do perfil, ao se cruzar o gradiente linear gravimétrico a litosfera torna-se ainda mais resistiva o que sugere ser a extensão para oeste do Cráton de São Francisco. O principal resultado deste trabalho mostra que o par de baixos gravimétricos característico desta parte da Bacia do Paraná estão associados a zonas condutivas da crosta e do manto litosférico. Um dos baixos gravimétricos tem sido interpretado como sendo devido a um gráben soterrado no embasamento da bacia. Os resultados desta dissertação, porém, mostram que as anomalias negativas gravimétricas provavelmente estão associadas a fontes mais profundas na litosfera.

ABSTRACT. In this work, the deep structure of the northern/northeast part of the Paraná Basin was studied using magnetotellurics (MT) profile with general direction NE-SW consisting of a set of 26 wide band (periods between 0.001 to 400 s) MT stations separated from each other 13 km on average. This work is a continuation of the study of Bologna et al. (2013), that analyzed a MT profile in the Aporé region about 80 km to the southwest of the profile of this work. The profile crosses various geophysical features. The southeast edge of the profile (next to the Serranópolis city) crosses a gravimetric low with orientation N-S. To the west another gravimetric low was interpreted as due to a graben buried under the sedimentary sequences of the basin at an average depth of 3 km and with general direction N-S. Towards the northeast, the profile crosses an important linear gravimetric gradient that, in the Goiás region, coincides spatially with the Goiás Magmatic Arc. Crossing the gravimetric gradient, the profile goes into the metasedimentary rocks of the Brasília belt. Its end is close to the Goiânia city. In general, this work confirms the relation between the resistivity and gravimetric anomalies observed in Bologna et al. (2013). The SW end of the profile of this work is located on the gravimetric high in which the previous work models as a resistivity lithosphere, especially in the lower crust. In the model proposed in this dissertation, the crust appears as being highly resistive with values of 1500 Ωm with a generally resistive lithosphere mantle. In the central part, where occurs a gravimetric low, it was verified a decrease of resistivity, with values lower than 100 Ωm , similar to the observed under the gravity low in Aporé area. There are strong subverticals conductors within the crust and mantle (resistivities lower than 10 Ωm) whose position also spatially coincide with the borders of the gravity low. Outside the gravimetric low, towards the NE, the lithosphere turns to be more resistive. In the NE edge of the profile, when crossing the linear gravity gradient, the lithosphere become even more resistive which suggests an extension to the west of the São Francisco Craton. The principal result of this study shows that the characteristic par of gravimetric lows of this area of the Paraná Basin is associated with conductive zones in the crust and lithospheric mantle. A gravimetric low has been interpreted as a graben buried in the basin basement. The results of this work show, wherever, that the negative gravimetric anomalies are probably associated with deeper sources in the lithosphere.

MAPEAMENTO DE AQUÍFEROS SEDIMENTARES E FRATURADOS NA BACIA DO PARANÁ POR MEIO DA TÉCNICA DE CAMINHAMENTO TDEM, USANDO Tx-FIXO E Rx-MÓVEL

Julian David Realpe Campaña

Orientador: Dr. Jorge Luís Porsani (USP)

158 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 03.09.2015

RESUMO. Nesta pesquisa foi utilizado o método eletromagnético no domínio do tempo (TDEM) em apoio à exploração de águas subterrâneas, visando o mapeamento de aquíferos sedimentar e cristalino na bacia sedimentar do Paraná. Os dados foram adquiridos por meio da técnica de caminhamento TDEM usando o *loop* transmissor (Tx) fixo e a bobina receptora (Rx) 3D móvel, também conhecida como técnica *fixed-loop*. A análise dos dados do campo magnético secundário proveniente de medidas com a bobina Rx 3D teve como objetivo principal entender como estes campos se dissipam em subsuperfície e relacioná-los com os sedimentos e com as estruturas presentes dentro da camada de basaltos da Formação Serra Geral na bacia do Paraná. A interpretação de estruturas com geometrias variadas na subsuperfície foi feita por meio de inversões individuais dos dados da componente- z (B_z) e os modelos geoeletricos na forma de perfis foram obtidos por meio de um processo de interpolação lateral. As componentes individuais forneceram informações adicionais sobre o comportamento do campo magnético induzido e sua dissipação na subsuperfície. Resultados de medidas da resistividade elétrica por meio da técnica de caminhamento elétrico foram correlacionados com os perfis TDEM com a finalidade de fazer uma interpretação integrada, aliada com informações litológicas de poços disponíveis na região de estudos, e com isso dar mais confiabilidade na interpretação. Os resultados são promissores e contribuirão para o mapeamento do aquífero sedimentar raso (Formação Adamantina) e do aquífero cristalino caracterizado pela presença de zonas de fraturas nos basaltos da Formação Serra Geral que podem estar preenchidas com água. Os resultados terão aplicações diretas em estudos hidrogeológicos na região de Termas de Ibirá, Estado de São Paulo.

ABSTRACT. In this research, the time domain electromagnetic method (TDEM) was used for groundwater exploration aiming to map the sedimentary and crystalline aquifers in the Paraná Basin. The TDEM acquisition data was made through fixed transmitter loop technique (Tx) and a mobile 3D-coil receiver (Rx). The data analysis of the secondary magnetic field from measurements with 3D Rx coil aimed to understand how these fields dissipate in the subsurface and relate them to the sediments and the structures present within the basalt layer of the Serra Geral Formation in the Paraná basin. The interpretation of varied subsurface geometries and structures was made through individual inversions of the z -component data (B_z) and the geoelectric models obtained by a process of lateral interpolation. The individual components provided additional information on the induced magnetic field behavior and its dissipation in the subsurface. Results of resistivity measurements by electric tomography technique were correlated with the TDEM profiles in order to make an integrated interpretation, together with lithological information from available wells in the study area. The results are promising and contributed to the mapping of shallow sedimentary aquifer (Adamantina Training) and the crystalline aquifer characterized by the presence of fractures in the basalt layer in the Serra Geral Formation that can be filled with water. This research will have direct applications in hydrogeological studies in the area of Ibirá, state of São Paulo.

IMAGEMAMENTO CRUSTAL E LITOSFÉRICO NO NORDESTE DA BACIA DO PARANÁ POR SONDAGENS MAGNETOTELÚRICAS

Cyntia Okida Minei

Orientador: Dr. Mauricio de Souza Bologna (USP)
127 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 14.09.2015

RESUMO. Este trabalho analisa dados de um perfil magnetotelúrico (MT) relativamente denso, localizado na borda nordeste da Bacia do Paraná. A região de estudo é caracterizada pela ocorrência de basaltos com alto conteúdo de titânio e por anomalias gravimétricas que cruzam o perfil MT aproximadamente na direção perpendicular. O conjunto de dados foi coletado previamente pelo Grupo de Geomagnetismo do INPE, sendo composto de 42 estações de banda larga separadas por aproximadamente 10 km, totalizando 480 km de extensão na direção NW-SE. De uma forma geral, a estrutura elétrica interna da bacia, obtida pela inversão dos dados, é condizente com aquela prevista por informações regionais de poços, indicando que não há efeitos estáticos significativos na região. Particularmente, os dados MT mostram que há um espessamento da camada dos basaltos Serra Geral de até 500 m no centro do perfil, o qual não tem clara correspondência com as anomalias Bouguer. Em maiores profundidades observa-se uma variação lateral de resistividade de escala litosférica que ocorre dentro do suposto Bloco cratônico do Paramirim. A noroeste dessa descontinuidade ocorre uma anomalia de baixa resistividade com topo em torno de 60-80 km. Tal anomalia poderia estar associada a metassomatismo do manto litosférico causado durante processos Neoproterozoicos de subducção.

ABSTRACT. This work carried out the data analysis of a relatively dense magnetotelluric profile, located in the northeastern border of the Paraná basin. The study area is characterized by a systematically negative gravity high that runs parallel to the Paraná River axis in a NW-SE direction. The profile, previously collected by INPE's Geomagnetism Group, is composed of 42 broad-band stations with an average distance of 10 km between one another, constituting a 480 km profile. The comparison between the geoelectric internal structure of the basin obtained from the MT inversion, and the regional structure geologically determined through the interpolation of scattered wells, have great accord, indicating that no static effects occur in the area. Nevertheless, the MT inversion presents a 500 m thickening of the basalt layer in the center of the profile that has no correspondence with the Bouguer anomalies. At deeper levels, a lateral variation is observed in the inversion. The coincidence between the geoelectric model and the gravity data indicates that the Bouguer anomalies in this area have a deeper origin. Another important result from this work is the determination of a strong mantle conductor in the northwestern portion of the profile. This conductor could be explained by the presence of carbon in graphite form, or H⁺ ions dissolved in the olivine. The most adequate proposal however suggests the reduction of the mantle resistivity could be associated to metasomatic processes.

EXPRESSÃO GEOFÍSICA-ESTRUTURAL DO LINEAMENTO TRANSBRASILIANO NA PORÇÃO CENTRAL DA BACIA DO PARNAÍBA (MARANHÃO-PIAUI)

Thuany Patrícia Costa de Lima

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

92 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 25.09.2015

RESUMO. O objetivo deste estudo foi caracterizar a expressão estrutural-geofísica do Lineamento Transbrasiliano na porção centro-leste da Bacia do Parnaíba. O Lineamento Transbrasiliano (LTB) corresponde a uma megazona de cisalhamento de idade neoproterozoica (Ciclo Brasileiro), com direção NE-SW e cinemática transcorrente dextral, ocorrendo subjacente (e exposta lateralmente nas bordas NE e SW) à seção sedimentar da Bacia do Parnaíba. No presente trabalho, a interpretação dos mapas de anomalias gravimétrica e magnética é analisada face a essa cinemática do LTB, sendo que a assinatura das anomalias geofísicas corresponde às etapas de evolução brasileira a tardi-brasiliana, de temperatura alta e declinante. Verifica-se que o padrão das anomalias gravimétricas residuais é compatível com um par S-C dextral, moldando os corpos geológicos do embasamento heterogêneo. As bandas C, com direção NE, devem ser constituídas por fatias de gnaisses e granulitos (anomalias positivas), rochas graníticas ou metassedimentares de baixo grau e grábens pré-silurianos em estilo *pull-apart* (anomalias negativas). Já as anomalias de traços curvilíneos no mapa gravimétrico identificam *trends* contracionais (de superfícies S), incompatíveis com a sua interpretação como um gráben pré-siluriano, restando as demais alternativas citadas. No tocante à interpretação dos *trends* no mapa de anomalias magnéticas (reduzidas ao polo), a maior parte destes é tentativamente associada a falhas ou zonas de cisalhamento de baixa temperatura (planos C), delimitando blocos distintos em termos de propriedades magnéticas, e/ou preenchidas por corpos básicos. É também possível que algumas anomalias magnéticas isoladas/pontuais correspondam a corpos ígneos de idade tardi-brasiliana ou mesozoicos. A configuração desses lineamentos no embasamento pode ser interpretada em analogia ao modelo de fraturas de Riedel, assumindo planos de mergulho acentuado e com seção de movimento sub-horizontal. Nesta dissertação, são também exploradas interpretações relativas a modelagens gravimétricas 2D combinadas com a interpretação de uma linha sísmica *dip* ao Lineamento Transbrasiliano. A seção de rochas equivalente ao Grupo Jaibaras mostrou anomalias gravimétricas discretas da bacia, conferindo assim uma maior influência às estruturas do embasamento nas respostas gravimétricas. A delimitação dos grábens sotopostos à seção paleozoica da bacia sofre restrições causadas pelas heterogeneidades e anisotropia do embasamento.

ABSTRACT. The objective of this study was to characterize the structural-geophysical expression of the Transbrasiliano Lineament (TBL) in the east-central portion of the Parnaíba Basin. The TBL corresponds to a major Neoproterozoic NE-trending shear zone related to the Brasileiro orogenic cycle, with dextral strike-slip kinematics, underlying (but also laterally exposed in the NE and SW basin edges) the sedimentary section of the Parnaíba Basin. In this study, the interpretation of gravity and magnetic anomaly maps is consistent with the TBL kinematics, the signature of the geophysical anomalies corresponding to the high (plastic behaviour) and subsequent declining temperature (ductile to brittle behaviour) stages during Brasileiro and late Brasileiro times. The pattern of residual gravity anomalies is compatible with an S-C dextral pair shaping the geological bodies of an heterogeneous basement, such as slices of gneisses and granulites (positive anomalies), granitic and low-medium grade metasedimentary rocks (negative anomalies). Such anomalies curvilinear trends, ranging from NNE (interpreted as S surfaces) to NE (C surfaces), correspond to flattening surfaces (S), while the NE rectilinear trend must represent a C band. The narrower magnetic anomalies also display NNE to NE (S surfaces) trends and should correspond to similar (although narrower and more discontinuous) sources in the equivalent anomaly patterns. Pre-Silurian pull-apart style grabens may contribute to the NE negative gravimetric anomalies, although this interpretation demands control by seismic data analysis. On the other hand, the curvilinear anomalies associated to contractional trends are incompatible with their interpretation as pre-Silurian graben, in both maps. In the (reduced to the pole) magnetic anomalies map, most of these are again associated to low-temperature shear zones (C planes) and faults, juxtaposing distinct blocks in terms of magnetic properties, or eventually filled with basic bodies. It is also possible that some isolated magnetic anomalies correspond to igneous bodies of late-Brasiliano or Mesozoic age. The basement late discontinuities pattern can be interpreted in analogy to the Riedel fractures model, with steep dipping surfaces and a sub-horizontal movement section. This study also explored 2D gravity modeling controlled by the interpretation of a dip seismic line as regards to the Transbrasiliano Lineament. The rock section equivalent to the Jaibaras Group occupying a graben structure (as identified in the seismic line) corresponds to a discrete negative anomaly superimposed to a gravimetric high, once again indicating a stronger influence of older crystalline basement rocks as gravimetric sources, mainly reflecting the heterogeneities and anisotropies generated at high temperature conditions and their subsequent cooling along the TBL, during the Brasileiro cycle.

ESTUDO PALEOMAGNÉTICO DO COMPLEXO MÁFICO-ULTRAMÁFICO RINCÓN DEL TIGRE – SUDESTE DA BOLÍVIA, CRÁTON AMAZÔNICO

Oscar Andres Lazcano Patroni

Orientador: Dr. Manoel Souza D'Agrella Filho (USP)

119 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 25.09.2015

RESUMO. Modelos de reconstruções paleogeográficas envolvendo o Cráton Amazônico para 1100 Ma são motivos de controvérsia devido à carência de dados paleomagnéticos de qualidade para esta unidade geotectônica. Com intuito de contribuir para o esclarecimento da participação do Cráton Amazônico na evolução do ciclo continental, este trabalho apresenta o estudo paleomagnético realizado para o Complexo Máfico-ultramáfico Rincón del Tigre localizado na região sudeste da Bolívia, sudoeste do Cráton Amazônico. Uma recente datação U-Pb em badeleitas forneceu idade de $1110,4 \pm 1,8$ Ma para esta unidade. Para o estudo paleomagnético, 101 amostras cilíndricas orientadas foram coletadas de 15 sítios de composição litológica variada, compreendendo ultramáficas, ortopiroxenitos adcumuláticos, gabro noritos e serpentinitos. Um total de 359 espécimes cilíndricos de rocha de 2,2 cm de altura por 2,5 cm de diâmetro foi preparado para os tratamentos por campos magnéticos alternados (AF) e térmicos, assim como, para medidas de anisotropia de susceptibilidade magnética (ASM). As mesmas amostras foram preparadas para os experimentos de mineralogia magnética: curvas termomagnéticas, curvas de histerese e curvas de magnetização remanente isotérmica (MRI). Os resultados obtidos a partir da análise de anisotropias de susceptibilidade magnética (ASM) indicam, para boa parte das amostras analisadas, trama magnética aproximadamente horizontal coerente com a colocação de *sill/s* e lineação magnética para NW/SE, a qual indica que estas rochas sofreram influência da tectônica de deformação de direção NE-SW que as afetou durante a orogênese Sunsás. O estudo da mineralogia magnética indica magnetita como principal portador magnético presente nas rochas analisadas. Os tratamentos por campos alternados e térmico foram eficientes para separar as componentes de magnetização através da análise vetorial, sendo que direções coerentes foram obtidas para boa parte dos espécimes analisados para cada sítio. Todavia, a mesma coerência não é observada para as direções médias por sítio. Assim, correções tectônicas foram efetuadas e para um grupo de sítios obteve-se um teste de dobra positivo, com direção média $Dm=327,9^\circ$, $Im=53,5^\circ$ ($\alpha_{95}=13,1^\circ$, $K=22,6$, $N=7$), a qual forneceu o polo paleomagnético situado em $271,7^\circ E$, $28,6^\circ N$ ($A_{95}=17,6^\circ$). Supondo uma trama magnética horizontal ($k_3=90^\circ$) para os *sill/s* acamadados que constituem o Complexo Rincón del Tigre, a direção média (declinação e inclinação) do eixo k_3 para cada sítio foi utilizada para corrigir as direções de magnetização para a situação de trama horizontal. Após a correção de ASM, outro grupo de sítios apresentou direções consistentes, cuja direção média $Dm=118,6^\circ$, $Im=20,7^\circ$ ($\alpha_{95}=16,5^\circ$, $K=12,2$, $N=8$) forneceu o polo paleomagnético situado em $28,5^\circ E$, $30,0^\circ S$ ($A_{95}=12,8$). Os parâmetros estatísticos foram também significativamente melhorados após a correção de ASM. Com base nos dois polos determinados para o Complexo Rincón del Tigre e polos selecionados para o Cráton Amazônico e Laurentia são propostas paleogeográficas para 1265 Ma, 1200 Ma, 1150 Ma, 1100 Ma e 1000 Ma que apoiam o modelo que propõe a ruptura do supercontinente Columbia, por volta de 1270 Ma atrás, e o posterior movimento de rotação horária do Cráton Amazônico/Oeste-África e da Báltica até estes blocos cratônicos colidirem novamente há 1000 Ma atrás com a Laurentia, ao longo do cinturão Greenville, para formar o supercontinente Rodínia.

ABSTRACT. Paleogeographic reconstructions at 1100 Ma involving the Amazonian Craton are controversial due to the absence of key paleomagnetic poles for this geotectonic unit. Trying to elucidate the participation of the Amazonian Craton in the continental cycle, this work present a paleomagnetic study of the Rincón del Tigre mafic-ultramafic complex from southeast Bolivia, southwestern Amazonian Craton. A recent U-Pb dating on baddeleyites of a rock from this complex yielded an age of 1110.4 ± 1.8 Ma for this unit. For the paleomagnetic study, 101 cylindrical cores were sampled from 15 sites with variable lithologies, comprising ultramafics, adacumulatic orthopyroxenites, gabbro norites and serpentinites. A total of 359 cylindrical specimens (2.5 cm diameter \times 2.2 cm height) were prepared for the AF and thermal treatments, and for the anisotropy of magnetic susceptibility (AMS) measurements. The same samples were prepared for magnetic experiments: thermomagnetic curves, hysteresis curves and isothermal remanent magnetization (IRM) curves. The ASM results indicate nearly horizontal magnetic fabric for many of the analyzed sites, which agrees with that originated by sill's emplacement, and a NW/SE magnetic lineation, which suggests that these rocks were tectonically affected by the Sunsás orogen. The magnetic mineralogy studies indicate magnetite as the main magnetic carrier in the rocks. The AF and thermal treatments were effective in isolating magnetic components through vector analysis, and coherent magnetic directions were disclosed for much of the specimens from each site.

However, the same consistency was not observed for the between-site directions. Tectonic corrections were applied for the site mean directions, which yielded a positive fold test for a group of sites: mean direction $D_m=327.9^\circ$, $I_m=53.5^\circ$ ($\alpha_{95}=13.1^\circ$, $K=22.6$, $N=7$), which yielded the paleomagnetic pole at $271.7^\circ E$, $28.6^\circ N$ ($A_{95}=17.6^\circ$). Supposing an horizontal magnetic fabric ($k_3=90^\circ$) for the layered sills that originally formed the Rincón del Tigre Complex, the mean direction (declination and inclination) of the k_3 axis calculated for each site, was used to correct site mean magnetization directions for the situation of horizontal magnetic fabric. After ASM correction, another group of sites yielded consistent directions, whose mean direction $D_m=118.6^\circ$, $I_m=20.7^\circ$ ($\alpha_{95}=16.5^\circ$, $K=12.2$, $N=8$) yielded the paleomagnetic pole at $28.5^\circ E$, $30.0^\circ S$ ($A_{95}=12.8$). Statistical parameters were also greatly improved after ASM corrections. Paleogeographies at 1265 Ma, 1200 Ma, 1150 Ma, 1100 Ma and 1000 Ma were constructed based on the Rincón del Tigre poles and other selected poles from the Amazonian Craton and Laurentia, which support the model where soon after Columbia rupture at around 1270 Ma, the Amazonian Craton/West Africa and Baltica executed clockwise rotations until they collide again at 1000 Ma with Laurentia, along the Grenvillian belt, forming Rodinia supercontinent.