

## Modelagem geométrica de dados geoeletricos

Adriane Fátima de Campos<sup>1</sup>, Augustinho Rigoti<sup>2</sup>, Sidnei Pires Rostirolla<sup>2</sup>, Marcelo Kulevicz Bartoszeck<sup>1</sup> (<sup>1</sup> Pós-Graduação / UFPR; <sup>2</sup> Degeo / UFPR)

Copyright 2005, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 9<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil, 11-14 September 2005.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 9<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society. Ideas and concepts of the text are authors' responsibility and do not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

### Abstract

Design the 3D geometry of the structural model from electrical profiles is the main objective of this work. From a electrical array of lines, align transversal to predominant tectonic structure directions, results interpretation of some fault planes. The continuity varies along the profile interpretation, equal to field work informations. Was introduced a horizon in the base of the resistivity layer, and this traces are transformed to a surface with the fault planes influence. The result was a 3D geometrical model, with fault discontinuity inside, based in geoelectrical interpretations of resistivity sections.

### Introdução

Este trabalho faz parte da carteira de projetos desenvolvidos em parceria entre a UFPR, Petrobras e Finep, que visam adquirir dados de alta resolução, para modelagem geométrica e petrofísica de sistemas reservatórios e simulação de propriedades hidrodinâmicas.

O conjunto dos dados utilizados neste trabalho foram adquiridos numa fase anterior, através da realização de levantamentos de campo e conseqüente processamento dos dados, resultando em diversos modelos de resistividade. Estes modelos foram inseridos dentro do ambiente computacional onde foi realizada a construção do modelo geométrico estrutural.

A área de estudo está localizada nas proximidades de Ponta Grossa - PR, nas imediações do Parque Estadual de Vila Velha. Sendo composta por arenitos e conglomerados basais, sobrepostos discordantemente a folhelhos marrom-chocolate, ritmitos e diamictitos a Formação Campo Mourão, Grupo Itararé, Bacia do Paraná.

Dentro da área de estudo, Rostirolla et al. (2001) individualizaram subunidades faciológicas da Formação Campo Mourão. Através de levantamentos estruturais de detalhe, foi observado que os arenitos apresentam-se como camadas subhorizontais basculadas configurando um sistema de pequenos grabens e *horsts*. Na área de estudo predomina um sistema de fraturas conjugadas, dispostas preferencialmente segundo as direções N10-20E e N60-80W.

O critério para escolha desta área foi a possibilidade de testar e analisar a resposta do método geoeletrico em

uma unidade estratigráfica fraturada, com características análogas a reservatórios de hidrocarbonetos, estudada por diversos autores (Rostirolla et al., 2001; Vesely et al., 2003; D'Ávila 1999, França & Potter, 1988, Maack 1946).

O levantamento de campo foi realizado sobre uma malha posicionada no terreno segundo a direção preferencial do sistema de fraturas, observado em fotografias aéreas na escala 1:10000 e em trabalhos de campo (Kraft et al., 2002 e Rostirolla et al., 2001), sendo dispostas perpendicularmente, ou seja, com direção aproximada SE-NW (Figura 01).

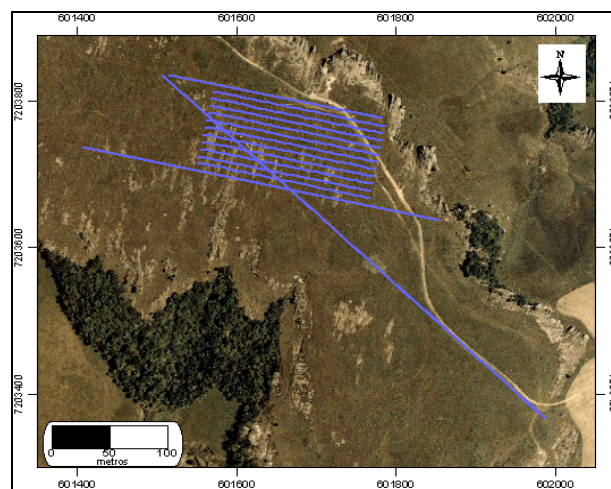


Figura 01 – Fotografia aérea com o posicionamento das linhas de levantamentos geoeletricos.

### Resultados

O arranjo dos modelos de resistividade possibilitou o rastreamento das estruturas tectônicas ao longo do espaço tridimensional (Figura 02)

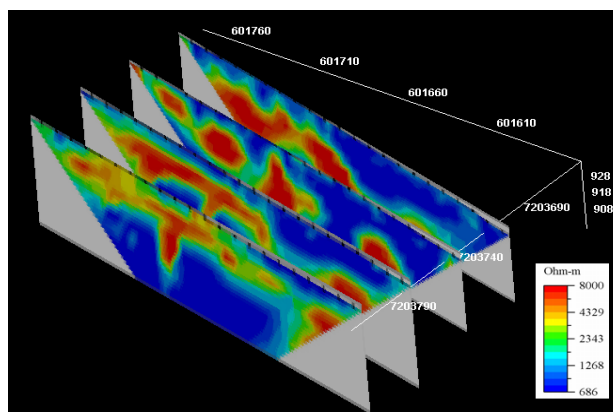


Figura 02 – Modelos de resistividade dentro do espaço tridimensional.

De forma geral as falhas foram interpretadas observando-se sua continuidade 3D em todos os modelos de resistividade, associando diversas fraturas em planos de falha. As fraturas foram interpretadas como linhas sub-verticais, condizentes com observações de campo.

Dentro do espaço tridimensional (Figura 03) foi analisado que diversas fraturas não se apresentam de forma contínua e sim segmentadas, uma ocorrência também observada em trabalhos de campo.

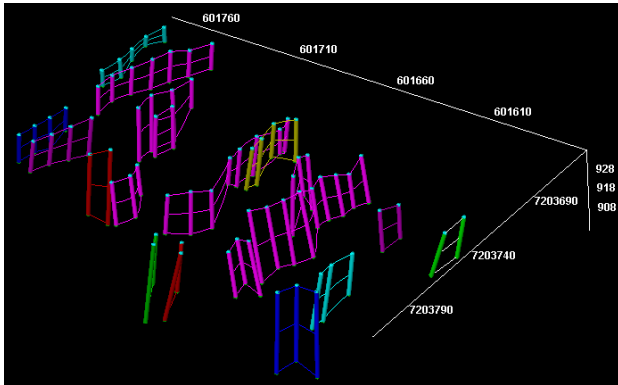


Figura 03 – Diversos planos de falhas traçados.

Da mesma forma foi observado que diversas falhas foram confirmadas em mais de um modelo de resistividade (Figura 04), condizentes com o rastreamento realizado de acordo com as direções dominantes de faturamento local. Observou-se uma descontinuidade de alguns planos e um prolongamento maior de outros, muito semelhante ao que se verifica na escala de afloramento.

A Figura 04 apresenta os planos de falhas traçados nos diversos modelos de resistividade, com detalhe a linha L1a, localizada mais próxima a escarpa.

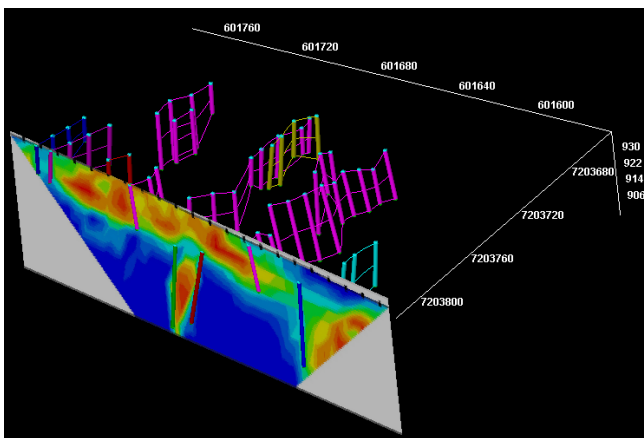


Figura 04 – Modelo de resistividade da linha 1a, com os planos de falha.

A Figura 05 apresenta um detalhe do traçado dos planos de falha. As zonas fraturadas foram identificadas através da análise e ocorrência de feições como deslocamentos ou interferências nos valores de resistividade.

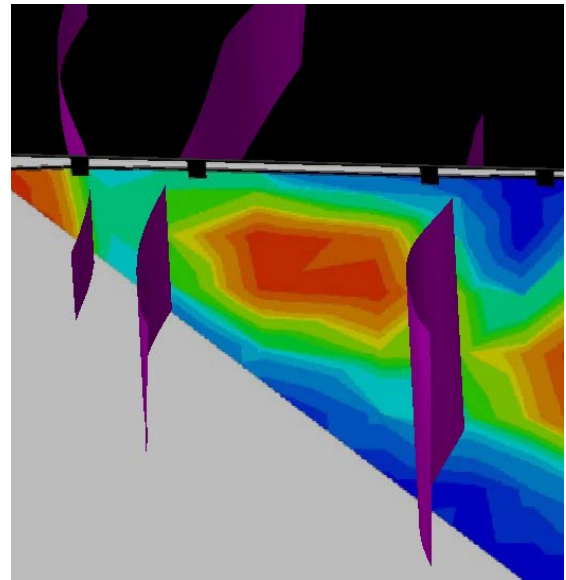


Figura 05– Detalhe do traçado dos planos de falha, traçados em função de deslocamentos ou interferências de resistividade.

Com a interpretação dos segmentos e a transformação dos mais coerentes em planos de falha a etapa de modelagem de falhas termina.

Os planos de falha definiram as quebras na grade 3D que influenciaram onde os horizontes devem estar deslocados. O limite geométrico da grade tridimensional é definida num procedimento que segmenta os planos de falha em pilares compostos de pontos no topo, base e centro. Este processo possibilita a criação do primeiro esqueleto externo do modelo geométrico, fortemente influenciado pelas falhas (Figura 06).

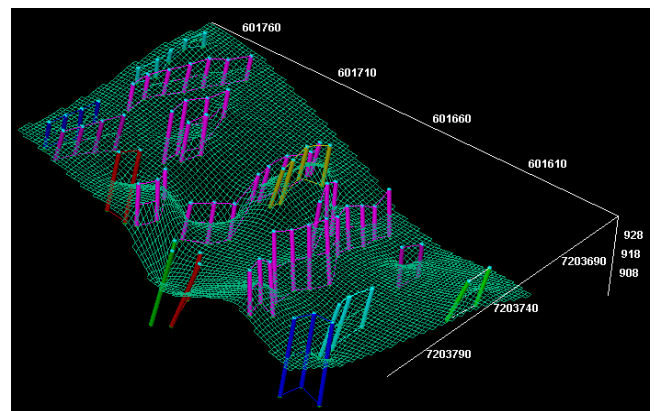


Figura 06 – Esqueleto do modelo geométrico, com visualização das falhas e sua influência.

O esqueleto funciona como uma “cerca” para os dados, pois tem função de delimitar o espaço onde as interpretações da variabilidade geoeletrica podem ser extrapoladas.

Este espaço engloba praticamente os modelos de resistividade de menor comprimento, ficando excluídos os modelos maiores (linhas 4 e D3) devido à pouca

informação lateral para preenchimento do modelo. (Figura 07)

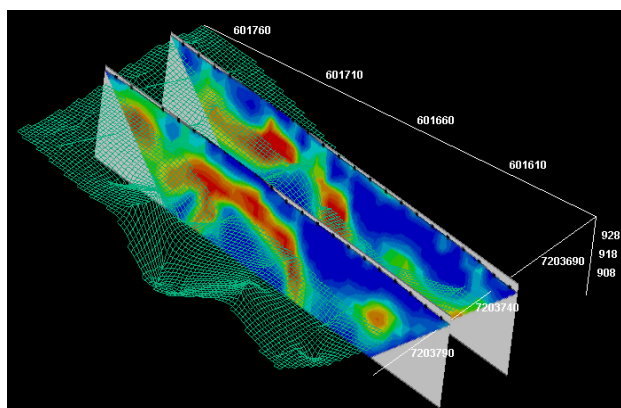


Figura 07 – Esqueleto do modelo geométrico com as linhas L2b e L3b.

As seções de resistividade mostraram além de descontinuidades interpretadas como falhas, uma geometria em forma de corpos lenticulares irregulares provavelmente relacionado a variação no empilhamento estratigráfico.

A superfície encontrada na base do pacote resistente foi interpretada ao longo dos diversos modelos de resistividade.

Neste procedimento foi observado que em locais onde existiam planos de falha não deviam ser traçadas as linhas deste horizonte. Desta forma os segmentos do horizonte foram extrapolados para uma superfície 3D respeitando a influência dos planos de falha. Este procedimento resultou em uma superfície bastante irregular com deslocamentos entre as falhas inseridas no modelo geométrico 3D (Figura 08 e 09).

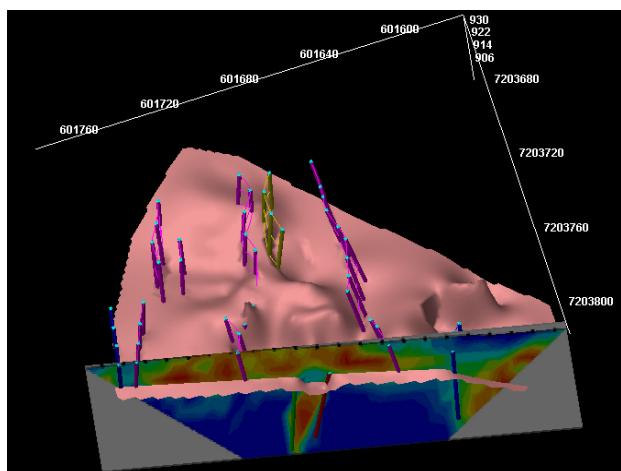


Figura 08 – Modelo geométrico com a superfície, respeitando os planos de falhas.

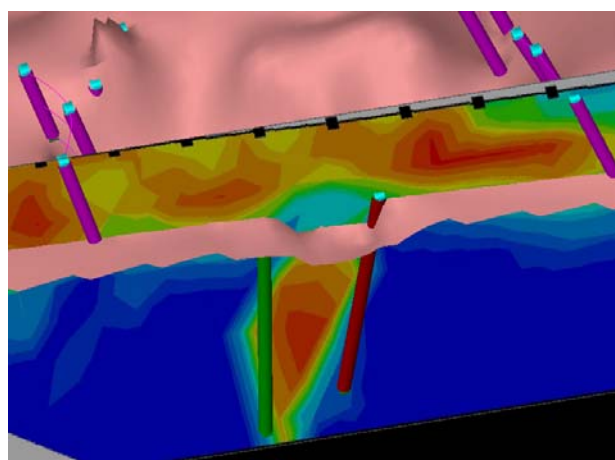


Figura 09 – Detalhe do modelo geométrico, demonstrando a superfície irregular com deslocamento associado a planos de falha.

### Conclusões

A construção do modelo estrutural 3D a partir de dados geoeletricos foi realizada a partir da interpretação de descontinuidades nos modelos de resistividade. A assinatura geoeletrica das falhas consiste em deslocamentos e inflexões perceptíveis nos valores de resistividade.

A continuidade das falhas ao longo das seções variou em comprimento refletindo a situação observada nos levantamentos geológicos de campo.

As seções de resistividade mostraram, além de descontinuidades interpretadas como falhas, uma geometria em forma de corpos lenticulares irregulares provavelmente relacionada à variação no empilhamento estratigráfico.

Com base nos dados foi possível traçar uma superfície relacionada à base da camada resistente e visualizar a influência das falhas na geração deste objeto.

O modelo 3D possibilitou a visualização da variação lateral de resistividade, tanto ao longo das falhas como nos blocos de rocha menos deformados. O refinamento desses dados poderá determinar quais os parâmetros geológicos que controlaram as diferentes respostas geoeletricas encontradas. De forma preliminar, foi possível inferir que as falhas que mostram feições de cimentação correspondem a zonas mais resistentes, enquanto falhas abertas consistem em zonas propensas à percolação de água, portanto mais condutivas no modelo. No primeiro caso, o mapeamento geoeletrico permite a determinação de zonas onde o fluxo de fluidos foi ativo durante a formação das estruturas. No segundo, zonas cataclásadas poderiam representar menor magnitude de deformação ou reativação de falhas em períodos distintos. A integração dos dados nos modelos numéricos indicou a existência de prismas limitados por superfícies horizontais, de natureza estratigráfica, e superfícies subverticais a verticais, cujo controle estrutural foi preponderante.

**Agradecimentos**

Os autores agradecem a CTPETRO/FINEP/PETROBRAS pelo financiamento, a UFPR pelo apoio institucional, ao CNPq pelas bolsas de pesquisa. A Schlumberger pela licença acadêmica do programa Petrel<sup>TM</sup>, que possibilitou realizar a modelagem 3D. A Petrobrás e Finep pelo apoio financeiro que possibilitou a realização deste trabalho.

**Referências**

D'Ávila, R.S.F. 1999. Análise de Fácies e Estratigrafia Física do Arenito Lapa, Grupo Itararé, Bacia do Paraná, Brasil. Porto Alegre. 349 p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

França, A.B. & Potter, P.E. 1988. Estratigrafia, ambiente deposicional e análise de reservatório do Grupo Itararé (Permocarbonífero), Bacia do Paraná (parte 1). Boletim de Geociências da Petrobrás, 2: 147-191.

Kraft, R.P.; Rostirolla, S.P.; Bocardi, L.B.; Campos, A.F. de; Lonardelli, J.N. 2002. Análise petrofísica na caracterização de reservatórios de hidrocarbonetos um estudo nos arenitos "Lapa-Vila Velha" do Estado do Paraná. In: SBG, Congresso Brasileiro Geologia, 41, João Pessoa, *Anais*, 1:270.

Rostirolla, S.P.; Appi, C.J.; Mancini, F.; Kraft, R.P.; Bartoszeck, M.K. 2001. Fraturas controladoras da migração de fluidos nos Arenitos Vila Velha, Grupo Itararé, Bacia do Paraná. Revista Brasileira de Geociências, 31:349-356.

Vesely, F. F., Trzaskos-Lipski, B., Kraft, R. P., Rostirolla, S. P., Appi, C. J. 2003. Facies architecture of a permocarboniferous sandstone reservoir analogue, Itararé Group, Paraná Basin, Brazil In: Latin American Congress of Sedimentology, Belém. *anais.*, 2003.