



# Zona de Cisalhamento (Sutura) de Arroio Grande e o novo Domínio Geofísico Sudeste (Escudo Sul-Rio-Grandense): discussões baseadas em dados geofísicos e de campo

Rodrigo Chaves Ramos\* – Programa de Pós Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
João Angelo Toniolo – Serviço Geológico do Brasil  
Luis Gustavo Rodrigues Pinto – Serviço Geológico do Brasil  
Edinei Koester – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Copyright 2014, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica.

Este texto foi preparado para a apresentação no VI Simpósio Brasileiro de Geofísica, Porto Alegre, 14 a 16 de outubro de 2014. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do VI SimBGf, mas não necessariamente representa a opinião da SBGf ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGf.

## Abstract

This work presents some discussions and interpretations concerning geophysical data produced by the Escudo do Rio Grande do Sul Aerogeophysical Project (1100), conducted in 2010 by the CPRM – Geological Survey of Brazil, covering the Sul-Rio-Grandense Shield area. The magnetometry and gamma-spectrometry data, altogether with fieldwork data from recent researches in Southeastern Sul-Rio Grandense Shield (which have discovered slices of an ophiolitic complex) allowed the interpretation of a new suture in that region, the Arroio Grande Suture, and the proposal of a new geophysical domain, the Southeastern Geophysical Domain.

## 1. Introdução

Na década de 1990, estudos geofísicos foram de fundamental importância para embasar algumas hipóteses a respeito das divisões tectônicas do Escudo Sul-Rio-Grandense. A partir de técnicas gravimétricas e aeromagnetométricas, Fernandes *et al.* (1995) e Costa (1997) dividiram o Escudo em três domínios geofísicos principais (Oeste, Central e Leste), separados por descontinuidades gravimétricas e aeromagnetométricas denominadas de Sutura de Porto Alegre (que separa os domínios Leste e Central), Sutura de Caçapava (que separa os domínios Central-Leste e Oeste) e Sutura de São Gabriel (que separa o domínio Central-Oeste do Oeste). Essas divisões auxiliaram na definição mais precisa dos limites das associações petroectônicas reconhecidas no Escudo até aquele momento. Esses autores ressaltaram ainda que a região sul do Domínio Geofísico Leste apresentava importantes anomalias geofísicas que deveriam ser investigadas com mais atenção, numa região que coincidentemente carecia na época de informações geológicas detalhadas.

Em 2010 o Projeto Aerogeofísico Escudo do Rio Grande do Sul (Projeto 1100) atualizou as informações geofísicas do Escudo. Essas informações, aliadas às recentes descobertas de Ramos e Koester (2014 a, b), que reconheceram na região sudeste do Escudo fragmentos ofiolíticos encaixados em uma zona de cisalhamento de escala regional, levantaram a discussão de que essa região possa corresponder a um domínio geofísico distinto do Domínio Geofísico Leste, separados por uma possível sutura representada pela referida zona de cisalhamento. O presente trabalho apresenta dados referentes ao Projeto 1100 e discussões sobre uma possível nova compartimentação

geofísica do Escudo, baseada nos dados geofísicos e geológicos aqui apresentados.

## 2. Interpretação aerogeofísica qualitativa

No Projeto 1100, desenvolvido na área apresentada na Figura 1A, as linhas de voo (LV) apresentaram direção N-S com espaçamento de 500 m entre as mesmas e linhas de controle (LC) espaçadas de 5 km com direção E-W. A frequência de leitura dos dados foi de aproximadamente uma leitura a cada segundo para os dados gamaespectrométricos (equivalente a 70 m ao longo da LV) e de dez leituras por segundo para os dados magnetométricos (equivalente a 7 m ao longo da LV), sendo a altura de voo de 100 m com relação ao solo.

O processamento de dados teve por objetivo a geração de diferentes temas sob a forma de *grids*. Nesse processamento adotou-se como espaçamento na interpolação dos dados o valor de  $\frac{1}{4}$  do espaçamento das LV de 125 m.

Na geração dos *grids* utilizou-se o *software* Oasis Montaj (Versão 8.1) da Geosoft. Os mapas gerados foram os magnetométricos: Campo Magnético Residual (nT – nanoTesla), Primeira Derivada Vertical (nT/°) e Sinal Analítico do Campo Magnético Residual (nT/°); e os Gamaespectrométricos: Contagem Total ( $\mu$ R/h) – microRoentgen/h, Tório (ppm), Urânio (ppm), Potássio (%) e de Composição Ternária dos três elementos (U, Th, K). Estes mapas foram utilizados nas interpretações aqui realizadas.

De modo geral, o estudo restringiu-se à análise de feições geofísicas circunscritas, a partir dos contrastes laterais de propriedades físicas de minerais (susceptibilidade magnética e emissão de radiação gama – elementos Th, U e K) que compõem as litologias do terreno sobrevoado recoberto pelo levantamento. Os sinais físicos foram emitidos pelo terreno e registrados por sensores posicionados diretamente abaixo da linha do levantamento aerogeofísico. A partir de tabelas de propriedades físicas das rochas, juntamente com as intensidades e as formas das feições geofísicas obtidas no processamento dos dados aéreos (imagens dos *grids*), pode-se sugerir a existência de determinados tipos litológicos e/ou estruturas geológicas nos terrenos.

### 2.1. Magnetometria

Os mapas magnetométricos contribuíram com informações relacionadas à geologia estrutural da área, e se mostraram úteis para a definição do arcabouço tectonoestrutural da região.

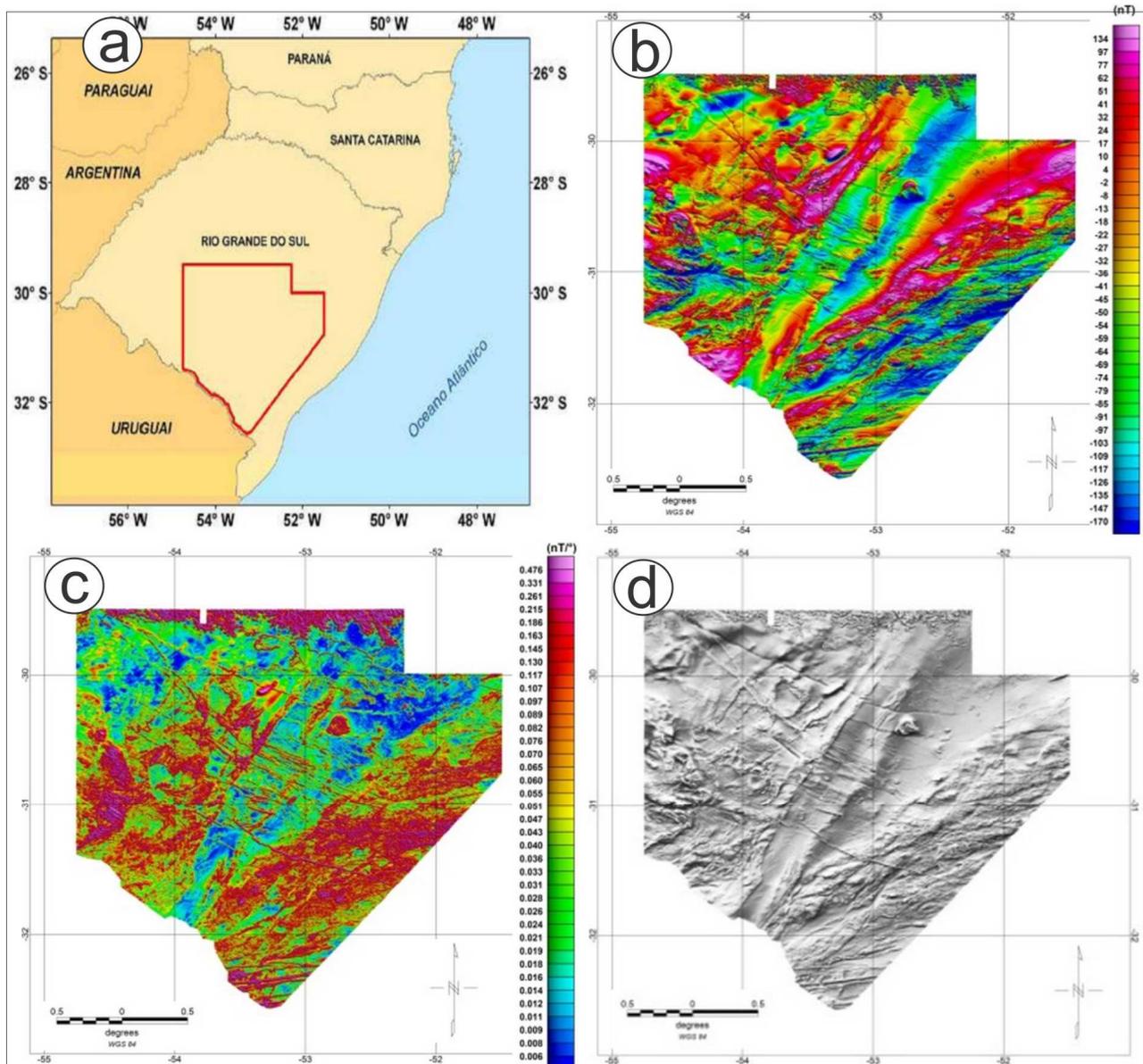


Figura 1 – (A) Área do levantamento geofísico (polígono vermelho) do Projeto 1100; (B) Mapa magnetométrico do campo total reduzido do IGRF; (C) Mapa do sinal analítico do campo magnético total. Anomalias em magenta/vermelho representam rochas com alta magnetização e, em azul, rochas com pouca ou ausentes de magnetização; (D) Mapa da primeira derivada vertical do campo magnético total.

### 2.1.1. Campo magnético total

A Figura 1B mostra o mapa de campo magnético total reduzido do *International Geomagnetic Reference Field* (IGRF). Nota-se uma característica comum a esse tipo de mapa, que é a bipolaridade. Esta reflete a existência de valores positivos (em magenta/vermelho) associados a valores negativos (em azul) representando um único corpo magnético.

### 2.1.2. Sinal analítico

A realização do sinal analítico em um mapa magnetométrico do campo total reduzido do IGRF é um artifício matemático utilizado para que as anomalias magnéticas, que inicialmente possuem um caráter bipolar, passem a ser monopolar (Figura 1C). Outra

utilidade deste método é que a amplitude do sinal fica posicionada imediatamente acima dos limites das estruturas/corpos, facilitando assim a identificação e o posicionamento dos corpos magnéticos ou não-magnéticos.

### 2.1.3 Primeira derivada

A aplicação da primeira derivada vertical do campo magnético total reduzido do IGRF caracteriza-se por realçar as estruturas magnéticas (falhas/fraturas e diques magnéticos). Na Figura 1D nota-se que, na área, a predominância de alinhamentos magnéticos associados a falhas/fraturas e diques magnéticos dá-se na direção SW-NE.

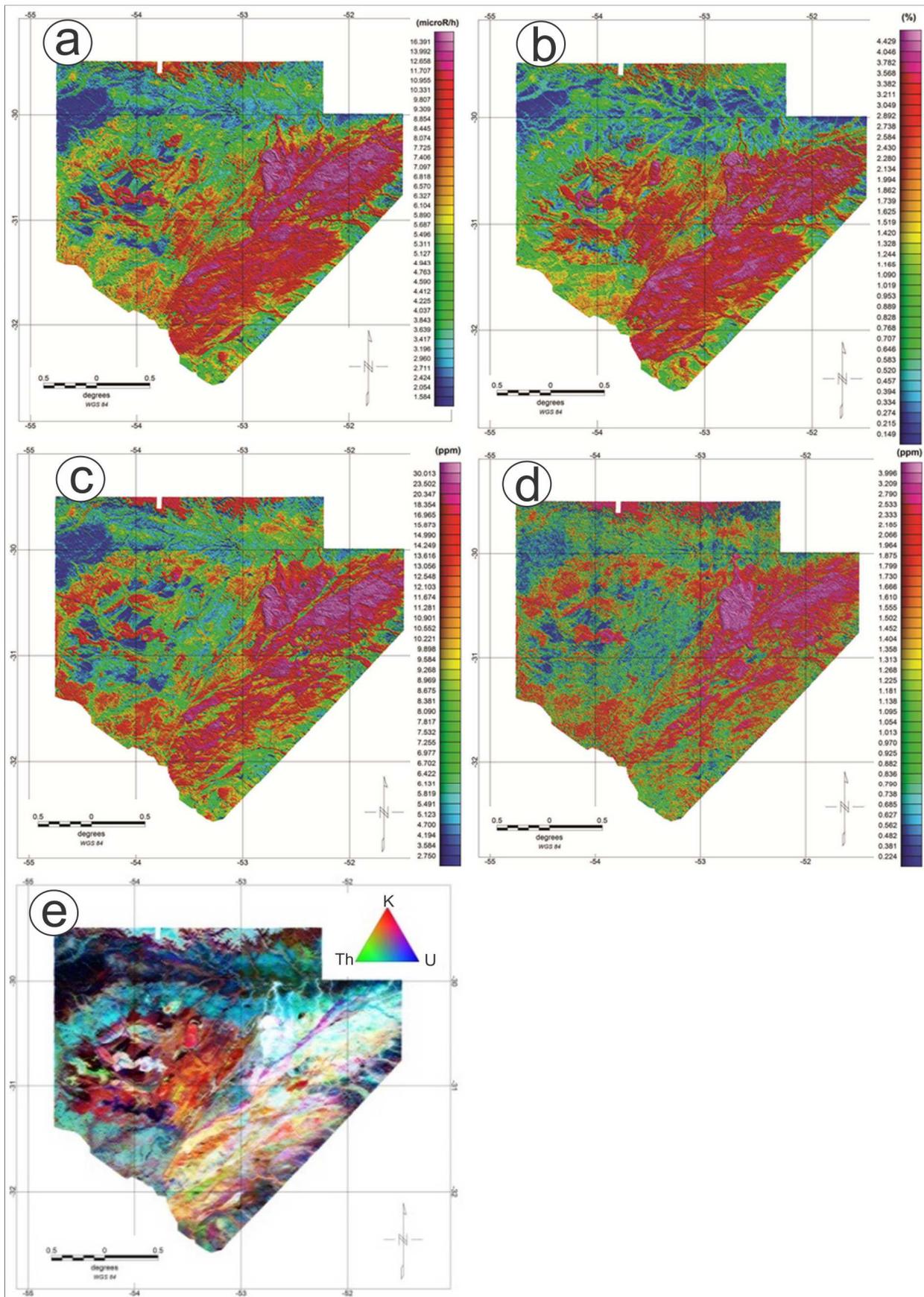


Figura 2 – Mapas gamaespectrométricos de (A) Contagem Total, (B) Potássio, (C) Tório, e (D) Urânio; (E) Mapa de composição ternária dos respectivos elementos.

Existem, porém, outros alinhamentos magnéticos perpendiculares, cortando o *trend* principal dos alinhamentos predominantes. Destaca-se ainda no extremo sul do levantamento aerogeofísico o domínio de alinhamentos N80°W a E-W.

## 2.2 Gamaespectrometria

Os mapas dos radioelementos Th, U e K correspondem à geologia de superfície e representam a distribuição das diferentes rochas e solos aflorantes. Os níveis radiométricos inicialmente medidos em choques por segundo (cps) estão convertidos para concentrações de U e Th (em ppm) e K (em %), através do método *backcalibration*. A Contagem Total é expressa como taxa de exposição, em  $\mu\text{R/h}$  (micro Röntgen por hora) observado na Figura 2A, B, C e D. A composição ternária RGB dos canais K, Th e U, respectivamente, são observadas na Figura 2E.

## 3. Geologia

A interpretação geológica dos mapas geofísicos mostrados nas figuras anteriores, e em especial o mapa da primeira derivada vertical do campo magnético total permitiu reacender discussões prévias (Fernandes *et al.*, 1995; Costa, 1997) acerca da possível existência de um domínio geofísico distinto no sudeste do Escudo Sul-Rio-Grandense, à luz de novas e recentes informações geológicas da região (*e.g.* Ramos e Koester, 2014 a, b). Sobre o referido mapa (Figura 3), foram traçados os principais lineamentos geológicos e geofísicos que são reconhecidos como limites de domínios geofísicos já definidos pelos supramencionados autores. Na figura foi acrescentada a Zona de Cisalhamento Arroio Grande, que juntamente com as zonas de cisalhamento de Herval e Ayrosa Galvão (Philipp, 1998) (ver Figura 5), formam a aqui denominada Sutura de Arroio Grande, que delimitaria um novo domínio geofísico no sudeste do Escudo Sul-Rio-Grandense.

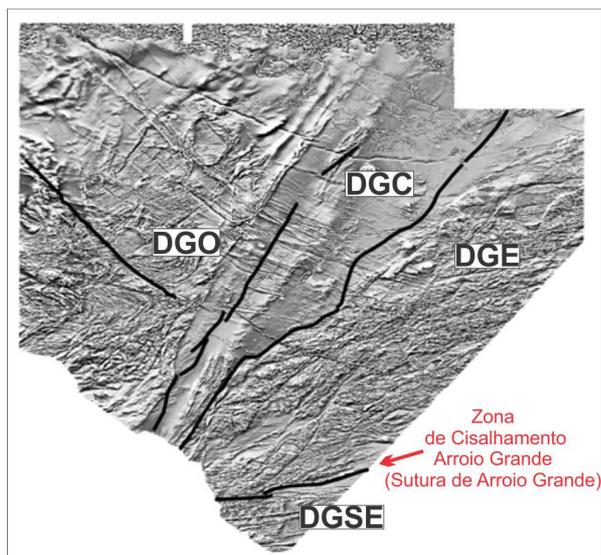


Figura 3 – Mapa da Primeira Derivada Vertical, com destaque para as principais discontinuidades geofísicas na porção sudeste do Escudo Sul-Rio-Grandense (conforme Fernandes *et al.* 1995, e Costa, 1997) e os aqui propostos Sutura de Arroio Grande e

Domínio Geofísico Sudeste. Legendas: DGO = Domínio Geofísico Oeste; DGC = Domínio Geofísico Central; DGE = Domínio Geofísico Leste; DGSE = Domínio Geofísico Sudeste.

O novo domínio geofísico proposto apresenta as seguintes características geofísicas: (i) lineamentos de direção N80°W a E-W, que são singulares e distintos dos principais lineamentos de outros terrenos mais ao Norte; (ii) rochas empobrecidas em potássio – padrão de cores azul-esverdeado (ver mapa ternário da Figura 4) – em contraste ao restante do domínio ao Norte/Nordeste, que apresenta padrões em tons de amarelo e vermelho devido à presença de rochas mais ricas em potássio.

Os alinhamentos desse domínio, quando lançados sobre o mapa geológico do Rio Grande do Sul de Wildner *et al.* (2008) e Ramos e Koester (2014b), têm como correspondente litológico o Granito Arroio Grande (Figura 5), classificado como leucogranito a duas micas, de granulação grossa, com foliação milonítica e encaves gnáissicos. Também sobrepõem afloramentos de uma associação meta-ultramáfica-máfica-sedimentar recentemente interpretada por Ramos e Koester (2014a, b) como fragmentos metamorfizados de um complexo ofiolítico, denominado de Complexo Ofiolítico Arroio Grande. Essa interpretação foi formulada a partir de relações de campo e associação litológica (Figura 5) e reforçada por evidências petrográficas e principalmente litogeoquímicas, que apontam uma origem mantélica e crustal oceânica para as unidades metaígneas (Ramos e Koester, 2014a, b).

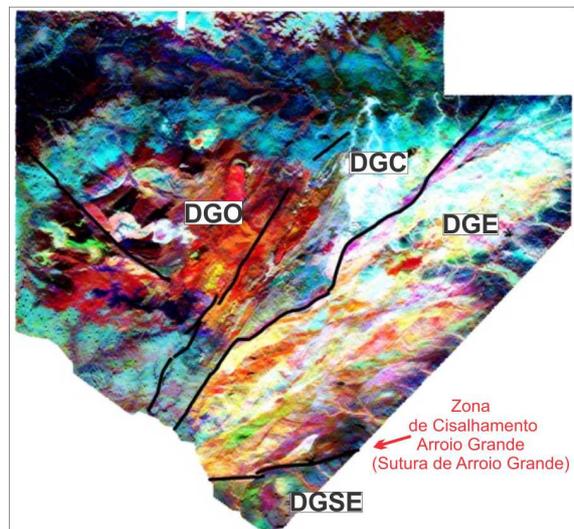


Figura 4 – Mapa dos elementos K, Th e U do Projeto 1100.

O Complexo Ofiolítico Arroio Grande é limitado a N e W pelo Granito Arroio Grande e a S e E por outros granitoides. Suas litologias são afetadas por zonas de cisalhamentos dúcteis subverticais de direção preferencial N50-80°E e, secundariamente, E-W (Figura 5). Tais zonas de cisalhamento são responsáveis pela deformação e milonitização encontradas na maioria das rochas pertencentes às unidades formadoras do Complexo: unidade



Este novo domínio seria limitado do Domínio Geofísico Leste pela Zona de Cisalhamento de Arroio Grande. Essa zona de cisalhamento contém encaixadas as rochas do complexo ofiolítico e coincide com a área onde os padrões geofísicos do Domínio Geofísico Leste mudam de direção preferencial. Por esses motivos, a referida zona de cisalhamento foi aqui tratada como uma sutura.

Com isto, fica evidenciada a importância do aporte e integração de dados geofísicos do Projeto 1100, que aliados a informações básicas de campo, contribuem para as discussões e modelamentos geotectônicos do paleocontinente Gondwana Ocidental na região sul do Brasil.

### Agradecimentos

Ao CNPq (proc. PQ 305853/2010-4) e FAPERGS (proc. PqG 10/1509-0).

### Referências

Costa, A.F.U., 1997. Teste e modelagem geofísica da estruturação das associações litotectônicas pré-cambrianas no escudo sul-rio-grandense. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, v.1, 180 f.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2010. Projeto Aerogeofísico Escudo do Rio Grande do Sul: relatório final do levantamento e processamento dos dados magnetométricos e gamaespectométricos. Rio de Janeiro: Lasa Prospecções, 2010. 27 v. Programa Geologia do Brasil - PGB.

Fernandes, L.A.D., Menegat, R., Costa, A.F.U., Koester, E., Porcher, C.C., Tommasi, A., Kraemer, G., Ramgrab, G.R., Camozzato, E., 1995. Evolução tectônica do Cinturão Dom Feliciano no Escudo Sul-riograndense: Parte II – Uma contribuição a partir das assinaturas geofísicas. Revista Brasileira de Geociências, 25(4) : 375-384.

Kearey, P., Brooks, M., Hill, I., 2009. Geofísica de Exploração. Oficina de Textos, São Paulo, 438 p.

Philipp, R.P., 1998. A evolução geológica e tectônica do Batólito Pelotas no Rio Grande do Sul. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo, 255 f.

Ramos, R.C. & Koester, E., 2014a. Geologia da associação metamáfica-ultramáfica da região de Arroio Grande, sudeste do Escudo Sul-Rio-Grandense. Pesquisas em Geociências, 41(1) : 25-38.

Ramos, R.C. & Koester, E., 2014b. Lithochemistry of the meta-igneous units from Arroio Grande Ophiolitic Complex, southernmost Brazil. Brazilian Journal of Geology, submetido.

Robinson, E.S., & Çoruh, C., 1988. Basic Exploration geophysics. John Wiley & Sons, Canadá, 562 p.

Wildner, W., Ramgrab, G.E., Lopes, R.C., Iglesias, C.M.F., 2007. Geologia e Recursos Minerais do Estado do Rio Grande do Sul. Escala 1:750.000. CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Programa Geologia do Brasil, Mapas geológicos Estaduais. Porto Alegre, 1 DVD.