



Aeromagnetometria na Caracterização do rifte intracontinental na Faixa Paraguai

Marcelo Ferreira da Silva^{1,2}, Elton Luiz Dantas², Marcus Flavio Nogueira Chiarini^{1,2}, Roberto Alexandre Vitória de Moraes²
(¹Serviço Geológico do Brasil - CPRM/SGB, ²Universidade de Brasília - UnB)

Copyright 2011, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica
This paper was prepared for presentation during the 12th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, August 15-18, 2011.
Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 12th International Congress of the Brazilian Geophysical Society 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

Studies based on magnetic airborne geophysical data for determining the boundaries between mobile belts and tracks cratonic blocks, usually marked by great physical discontinuities represented by faults or shear zones. In the case of the boundaries are masked by recent coverage, the interpretation could be done by geophysical signatures responses. Its is the case of the Amazon Craton and surrounding Paraguay and Araguaia folded belts in the Tocantins Province, Central Brazil, that are developed along their limits during the end of Precambrian times. We interpret the geophysical features as formed relate to a continental rift environments during different stages of basin evolution.

The most striking features are large zones of transcurrent shear character. Representing the highest expression is the EW Campinápolis shear zone delimiting (discriminates) the contact between the Cuiabá Group rocks, in the central portion, and Alto Paraguay Group rocks to the north. Also, the the General Carneiro shear zone, developed along a central corridor, where we identified occurrences of volcanic rocks, near the city of Nova Xavantina, in the state of Mato Grosso. These volcanic rocks are well represented by high magnetic signals in all products.

The variation of the magnetic anomaly is interpreted as characteristic of rifts, attributed to thinning and formation of oceanic crust during the evolution of the Paraguay basin. The distinction of these old normal faults its possible because they developed in the limits of an expressive discontinuities along the rift boundaries. They control the deposition of different sediments unities in depth.

Our results help in seeking new guidelines for understanding evolutionary Paraguay Belt and identification of magmatic sources related to the opening of the basin and the tectonic framework, as well to understand the structural behavior of the basement under the Parana Basin in the study area.

Introdução

Levantamentos aeromagnetométricos têm se mostrado relevante na caracterização de estruturas profundas da crosta continental. Minerais magnéticos estão presentes tanto nas rochas cristalinas, quanto em superfícies rúpteis (fraturas/falhas) mapeáveis indiretamente a profundidades de até aproximadamente 25 km. Para tanto, os métodos potenciais vem sendo utilizado com bastante frequência em estudos internacionais na definição de ambiente de Rifts Continentais (Kinabo *et al.* 2007). A principal feição reconhecida é a delimitação das falhas maiores as quais apresentam suas assinaturas magnéticas como traços paralelos bastante persistentes nos limites do Rift, que controlam em sua maioria a deposição das rochas subseqüentes, bem como a anomalia magnética de alta amplitude entre as falhas principais, representando um bloco magnético central, representativo do adelgaçamento da crosta nesta parte do Rift, e a influência da intrusão de rochas básicas intrusivas durante a fase de abertura. Os blocos laterais aos limites das falhas mestras são caracterizados por anomalias de baixos magnéticos, e refletem blocos de crosta continental soerguidos.

Modelos globais mostram que a história dos orógenos continentais que ocupam uma posição com respeito aos supercontinentes nos modelos de reconstrução no final do Pré-Cambriano e início do Paleozóico na formação do oeste do Gondwana, geralmente não leva em consideração a Província Tocantins (PT), bordejando o Cráton Amazônico, na porção central do Brasil (Nance & Murphy 2002, Cordani *et al.* 2003, Hefferan *et al.*, 2000). Nestes modelos a PT é mostrada como uma unidade estática, já consolidada desde 630 Ma, enquanto que processos relacionados à subducção de margens continentais ativas são comuns em todo o resto do oeste Gondwana. Contudo, o reconhecimento de rochas máficas, granulitos e magmatismo de arco em torno de 570-540 Ma na Província Tocantins favorece a apresentação de novos cenários e hipóteses sobre a evolução desta região (Dantas *et al.*, 2006). Modelos baseados em dados de refração sísmica profunda, apresentados para a Província Tocantins requerem a presença de ambientes de subducção, sugerindo um novo evento colisional entre o Cráton Amazônico e Cráton Oeste África, seguido de acreção de terrenos no já consolidado Cráton São Francisco-Congo (Soares, 2006).

Modelos evolutivos para a Faixa Paraguai, dentro do conceito da tectônica global, foram inicialmente propostos por Brito Neves (1985) e Jones (1985) que, ao interpretarem a evolução das unidades da Faixa Paraguai

em conjunto com unidades expostas na Bolívia, propuseram o modelo de junção triplíce em estágios iniciais de *rift*, em função do arranjo das bacias definindo ângulo de 120° . Neste caso a Faixa Paraguai desenvolve em ambiente de margem passiva do Cratón Amazônico, ao longo da qual teriam ocorrido ressurgências marinhas, responsáveis pela formação de depósitos de rochas fosfáticas (Almeida, 1984; Boggiani, 1990).

Trompette (1994) e Trompette *et al.* (1998) sugeriram uma bacia foreland desenvolvida à frente da Faixa de dobramentos Brasília. Pimentel *et al.* (1996) chamou a atenção para um magmatismo granítico extensional pós-orogênico (c. 580 Ma), após a deformação Brasileira/Pan-Africano, desenvolvida na Faixa Brasília em cerca de 600 Ma. Portanto, eles são contemporâneos, em parte, com a formação das bacias Paraguai e Tucavaca, demonstrando a importância regional do episódio de rifteamento que ocorreu durante o Neoproterozóico.

O estudo sedimentar do Grupo Cuiabá e de seus equivalentes cratônicos mostra uma evolução lateral de sedimentação que pode ser interpretado tanto como característica de uma margem passiva, desenvolvido na borda oeste de um oceano brasileiro, como de acumulação em borda de aulacógeno ou de um rift intracontinental (Alvarenga & Trompette 1992).

Por outro lado, Pinho (1990) considera que o ambiente de formação das rochas da região de Nova Xavantina é do tipo *back-arc*, baseado em dados litogeoquímicos (rochas predominantemente intermediárias) e tipo de sedimentação marinha presente na área.

Um dos principais problemas a serem esclarecidos na evolução da Província Tocantins são relacionados aos limites entre o Cratón Amazônico e os cinturões dobrados desenvolvidos em suas margens durante o Pré-Cambriano, e que podem ser resolvidos com a execução de trabalhos geológicos e geofísicos em escala adequada (Almeida, 1985). O propósito principal deste estudo é o processamento dos dados e a interpretação dos mapas e imagens aerogeofísicas, de parte da Província Tocantins, no sudeste do estado do Mato Grosso, envolvendo o contato da Faixa Paraguai e a borda do Cratón Amazônico. Desta forma a aerogeofísica provê uma única oportunidade para examinar os processos relacionados aos estágios precoces de extensão intracontinental; já que a exposição de rochas pretéritas as da Bacia do Paraná são incipientes e encontram-se recobertas em quase sua totalidade pelos sedimentos destas, e como os processos relacionados ao fechamento devido à orogenia Neoproterozóica que resultou na amalgamação entre os dois maiores cratons na América do Sul: o cratón Amazônico e o São Francisco.

Este artigo dá ênfase na caracterização das falhas maiores relacionadas à Faixa Paraguai, baseada no delineamento de corpos magnéticos, e o reconhecimento de extensas descontinuidades crustais, nos limites de diferentes unidades de mapeamento existente neste

segmento orogênico, procurando preencher a carência de trabalhos baseados em dados aerogeofísicos para decifrar a história tectônica de cinturões dobrados relacionados a orogenia brasileira no continente Sul Americano. Pouco é conhecido na Faixa Paraguai sobre a estruturação do embasamento sotoposta a Bacia do Paraná, contudo levantamentos aerogeofísicos são uma poderosa ferramenta no mapeamento das estruturas do embasamento, particularmente em áreas de pobre afloramento, como também na obtenção de informações em âmbito regional e local.

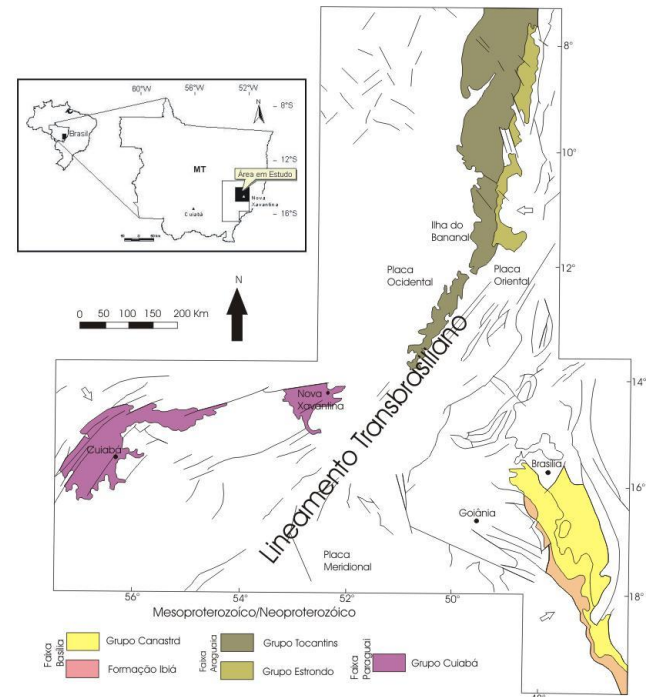


Figura 1 – Mostra o posicionamento geotectônico da Faixa Paraguai sendo truncada pelo Lineamento Transbrasiliiano, próximo a região de Nova Xavantina-MT (Almeida, 1985 modificado).

Método

O conjunto de dados aerogeofísicos foi adquirido junto a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM). O Projeto que abrange a área de estudo denomina-se Projeto Barreiro. É resultado de um trabalho desenvolvido pelo Ministério das Minas e Energia (MME) com apoio administrativo da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) realizado em 1976 pela Engenharia Consultores e Aerolevantamentos (ENCAL S.A.), objetivando a coleta dos dados do campo magnético e da emissividade natural das radiações gama na área assinalada.

O Projeto Barreiro obteve uma produção de 74.458 Km lineares cobrindo a área situada entre as latitudes $13^\circ 30'$ e $16^\circ 40'$ Sul e os meridianos 52° e 54° Oeste, recobrimo uma extensa porção a sudeste do Estado do Mato Grosso. O levantamento aerogeofísico foi realizado com altura nominal de 150 m, com linhas de vôo leste-oeste espaçadas aproximadamente 1 km e linhas de controle

N-S espaçadas 20 km, recobrimo uma superfície aproximada de 66.000 km². Os arquivos digitais contém as coordenadas em UTM, o valor do campo magnético reduzido do International Geomagnetic Reference Field (IGRF).

O processamento dos dados aerogeofísicos foram realizados em cinco etapas básicas. Na primeira etapa foi avaliada a qualidade do banco de dados em relação à presença de valores inconsistentes (spikes) e à distribuição espacial das linhas de vôo. A segunda etapa o banco de dados foi rotacionado para a direção N-S, para posteriormente serem elaborados os grids com tamanhos de célula de 500 m e também na definição do algoritmo de interpolação. Na terceira etapa foi realizado o micronivelamento (Blumm 1999, Minty 1991), visando minimizar os desníveis referentes às diferenças de altitudes entre as linhas de produção. Na quarta etapa, foram gerados os temas aerogeofísicos utilizados na interpretação, segundo a rotina MAGMAP (GEOSOFT 1996, 2000). Numa etapa subsequente relacionada à interpretação foram confeccionados os mapas de domínios magnéticos, domínios gamaespectrométricos, estruturas magnéticas e unidades geofísicas integradas.

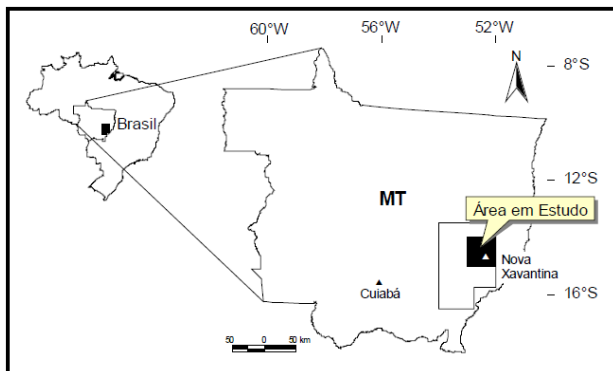


Figura 2 – Área do aerolevantamento do Projeto Barreiro.

Resultados

Verifica-se na imagem da amplitude do sinal analítico que a porção A, posicionada a noroeste das figuras 3 e 5, possui altos valores de amplitude e relevo magnético suave, com baixa variação da resposta magnética permitindo afirmar que estas anomalias se referem às rochas ricas em minerais ferromagnéticos e geralmente de grande comprimento de onda, e conseqüente baixa frequência, ou seja, relacionadas às fontes mais profundas. Entretanto, esta região é formada em sua maioria por rochas metassedimentares do Grupo Alto Paraguai e pelos sedimentos da Bacia do Paraná, possivelmente estes sedimentos estão sobrepostos a uma unidade de alta intensidade magnética. O que reflete as características do embasamento em sub-superfície.

Os resultados deste estudo mostram que as estruturas mais marcantes em todos os temas aerogeofísicos são feições lineares definidas por dois lineamentos magnéticos de direção aproximada EW, definidos aqui como porções C1 e C2, paralelos, com mais de 200 km

de extensão, no qual representam os limites de abertura (falhas normais) de um antigo rifte, caracterizados pelos altos valores de amplitude e frequência – interpretados como fontes mais rasas – atravessando de oeste a leste todo o projeto, e que posteriormente foram reativadas, formando um sistema de zonas de cisalhamentos transcorrentes com cinemática dextral. Posicionadas entre as zonas de cisalhamentos de Campinópolis (C1) e General Carneiro (C2), que delimitam o rifte, observam-se anomalias magnéticas de grande amplitude sugerindo que as rochas básicas aflorantes próximo a cidade de Nova Xavantina podem ser bem mais expressivas que se tem conhecimento, e estão associadas ao adelgaçamento da crosta e extravasamento de magma máfico havendo uma continuidade destas por baixo dos sedimentos Fanerozóicos pertinentes na região. Sugerindo que anteriormente a amalgamação dos Crátons Amazônico e São Francisco no Neoproterozóico houve um ambiente de distensão intracontinental.

A forma minuciosa da porção C1 na proximidade da cidade de Santo Antônio do Leste é possível notar alguns sigmóides entrelaçados, com direção variando de N50°E para N70°E, comuns em zonas de cisalhamentos transcorrentes, cujos indicadores cinemáticos são dextrais (figuras 4, 5 e 6).

Observa-se no extremo centro-leste das imagens, nas proximidades de Nova Xavantina, um acunhamento das estruturas C1 e C2, compondo um grande sistema de dobramento.

Lineamentos com *trend* aproximadamente N30°E-N50°E visualizados em todos os produtos, são relacionados ao Lineamento Transbrasiliiano, com cinemática sinistral e claramente cortam as estruturas anteriormente descritas.

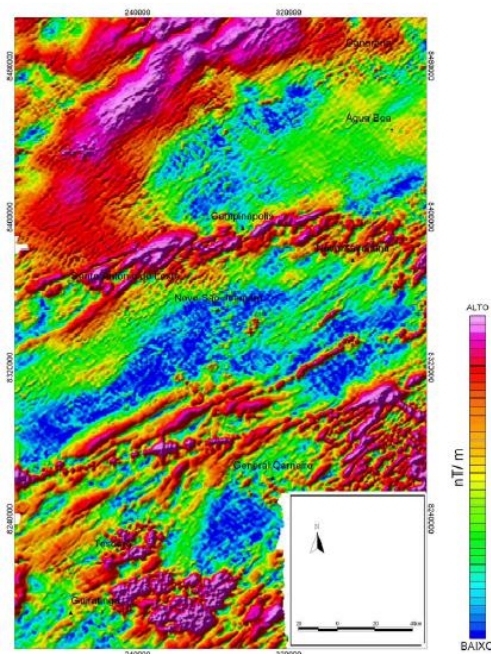


Figura 3 – Imagem da amplitude do Sinal Analítico de Ordem Zero.

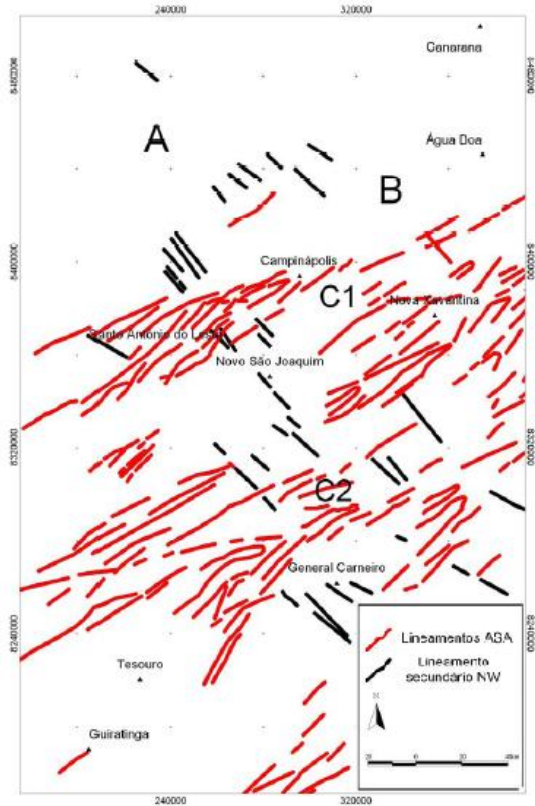


Figura 4 – Mapa de lineamentos interpretados da amplitude do sinal analítico, mostrando as estruturas C1 e C2, compondo um acunhamento no extremo leste da figura e os limites do rifte.

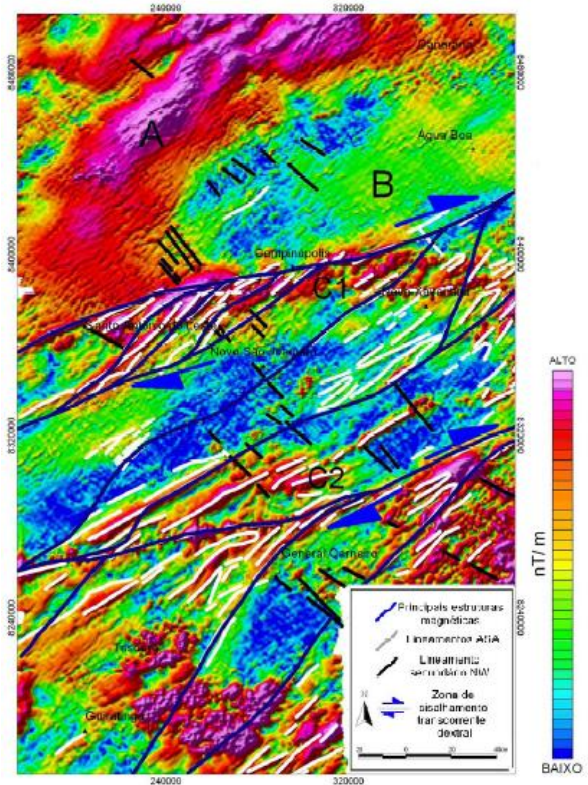


Figura 6 – Arranjo magneto-estrutural interpretado usando a Amplitude do Sinal Analítico. Observam-se as zonas de cisalhamentos dextrais C1 e C2 com feixe de sigmóides a centro-oeste e expressivo sigmóide na parte central.

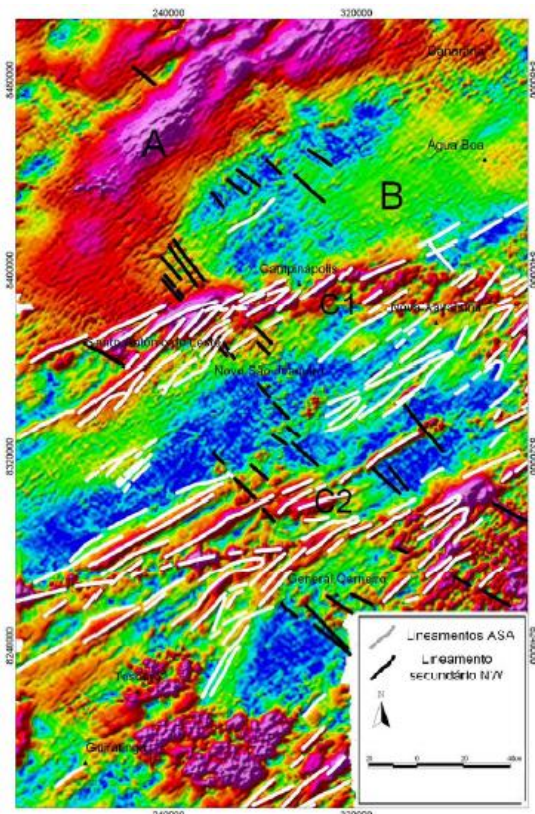


Figura 5 – Imagem da Amplitude do Sinal Analítico de Ordem Zero, com principais lineamentos interpretados.

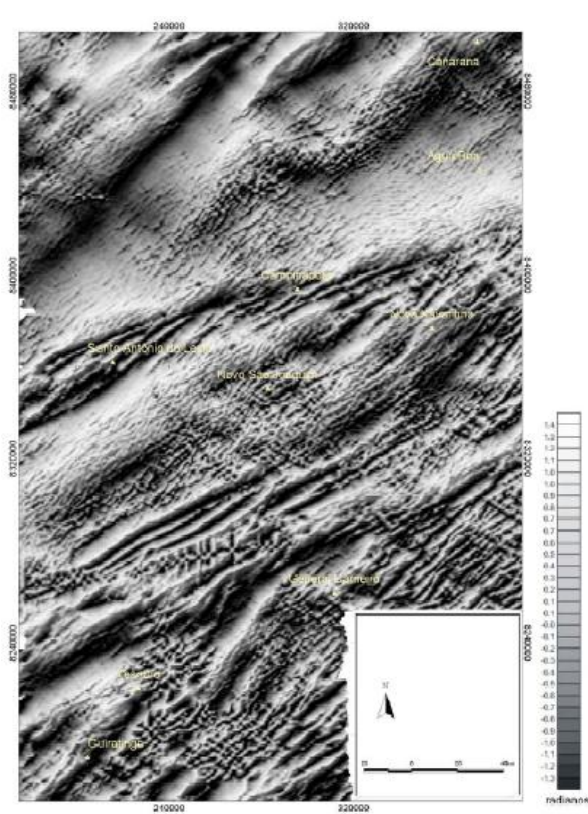


Figura 7 – Imagem da Inclinação do Sinal Analítico de Ordem Zero.

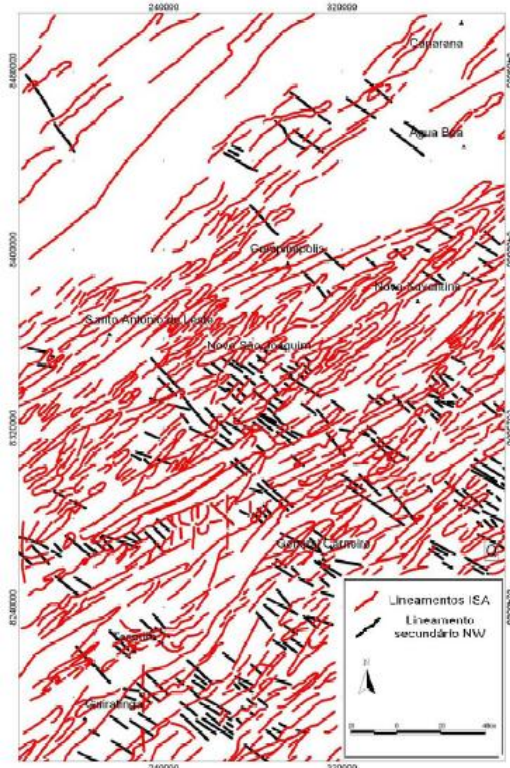


Figura 8 – Mapa de lineamentos interpretados da inclinação do sinal analítico, mostrando os principais lineamentos na direção nordeste e os secundários na direção noroeste. A leste, próximo a cidade de Nova Xavantina, nota-se os lineamentos formando um grande dobramento.

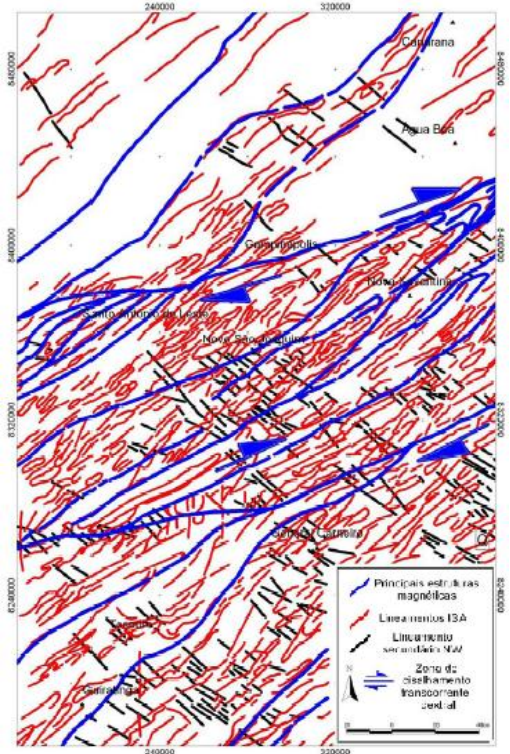


Figura 9 – Arranjo magneto estrutural, mostrando um grande sigmóide na porção central do mapa, e as extensas zonas de cisalhamentos dextrais C1 e C2.

Conclusões

A região de Nova Xavantina está inserida em um contexto tectônico onde a Faixa Paraguai está próxima aos limites das Faixas Araguaia e Brasília, bordejando o Cráton Amazônico, mostrando um *trend* estrutural preferencial EW, sendo considerada como formada em um ambiente de margem passiva. A utilização de dados aerogeofísicos permitem propor um modelo de evolução geotectônica considerando a abertura de um rifte intracontinental na Faixa Paraguai. Sugerindo que anteriormente a amalgamação dos Crátos Amazônico e São Francisco no Neoproterozóico houve um ambiente de distensão intracontinental.

O processamento dos dados dos temas aeromagnéticos de campo anômalo, e principalmente da amplitude do sinal analítico e inclinação do sinal analítico auxiliaram na caracterização das feições estruturais da região e o delineamento dos corpos magnéticos, delimitando os limites do rifte, orientado na direção EW, paralelos, com mais de 200 km de extensão os quais representam os limites da abertura (falhas normais) de um antigo rifte, mapeada em subsuperfície. Posteriormente foram reativadas, formando um sistema de zonas de cisalhamentos transcorrentes com cinemática dextral. Posicionadas entre as zonas de cisalhamentos de Campinápolis (C1) e General Carneiro (C2), que delimitam o rifte, observam-se anomalias magnéticas de grande amplitude sugerindo que as rochas básicas (metabasaltos) aflorantes próximo à Nova Xavantina podem ser bem mais expressivas do que se tem conhecimento, havendo uma continuidade destas por baixo dos sedimentos Fanerozóicos pertinentes na região.

Agradecimentos

A CPRM pelo fornecimento do banco de dados aerogeofísicos, e pelo ambiente de trabalho que hoje aqui estou presente.

Ao Laboratório de Geofísica Aplicada (LGA) do Instituto de Geociências (IG) da Universidade de Brasília (UnB).

Referências Bibliográficas

- ALMEIDA F.F.M. 1985. *Alguns problemas das relações geológicas entre o Cráton Amazônico e as faixas de dobramentos marginais a leste*. In: S1MP. GEOL. CENTRO-OESTE, 2. Goiânia, 1986. Atas... Goiânia, SBG.p. 3-14.
- ALVARENGA, C.J.S. & TROMPETTE, R. 1992. *Glacial influenced sedimentation in the Iter Proterozoic of the Paraguay Belt (Mato Grosso, Brazil)*. *Paleogeograf. Paleoclimatol. Palaeoecol*, 92:85-105.
- BLUM, M.L.B. 1999. *Processamento e Interpretação de Dados de Geofísica Aérea no Brasil Central e sua Aplicação à Geologia Regional e à Prospecção Mineral*.

Instituto de Geociências. Universidade de Brasília, Brasília, Tese de Doutorado, 229p.

BOGGIANI, P.C. 1990. *Ambientes de sedimentação do grupo Corumbá na região central da Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul*. São Paulo, Igc-USP, Dissert. Mestr.

BRITO NEVES B.B. de 1983. *O Mapa Geológico do Nordeste Oriental do Brasil, escala 1/1000.000*. São Paulo, Igc-USP, Tese Livre Doc.

CORDANI, U. G., D'AGRELLA-FILHO, BRITO-NEVES, B. B., and TRINDADE, R. I. F., *Tearing up Rodinia: the Neoproterozoic paleogeography of South American cratonic fragments*. *TerraNova*, 15, 350-359, 2003.

DANTAS, E. L.; FUCK R. A.; PIMENTEL, M. M.; ALVARENGA, C. J. S.; MARTIELLI, C.; SILVA, M. F.; LAUX, J. H.. 2006. *Evidências de crosta oceânica na Faixa Paraguai: Implicações para a conexão com Avalônia*.

HEFFERAN, K. P., ADMOU, H., KARSON, J. A., SAQUAQUE, A., *Anti-Atlas (Mrocco) role in Neoproterozoic Western Gondwana reconstruction*. *Precambrian Research* 103 (200) 89-96.

JONES, J.P. 1985. *The Soutern Border of the Guaporé Shield in Western Brazil and Bolivia: an Interpretation of its Geologic Evolution*. *Precambrian Research*, 28, 111-135.

KINABO, B.D., ATEKWANA, E.A., HOGAN, J.P., MODISI, M.P., WHEATON, D.D., and KAMPUNZU, A.B. (2007). *Early structural development of the Okavango rif zone, NW Botswana*, *Journal of African Earth Sciences*, 48, 125-136.

MINTY, B.R.S. 1991. *Simple Micro-Levelling for Aeromagnetic Data*. *Expl. Geoph.* 22:591-592.

NANCE, R. D., & MURPHY J.B. 2002. *Sm-Nd isotopic systematics as tectonic tracers: an example from West Avalonia in the Canadian Appalachians*, *Earth-Science Reviews* 59(2002) 77-100.

PIMENTEL M.M., FUCK R.A., ALVARENGA C.J.S.de. 1996. *Post-Brasiliano (Pan-African) high-K granitic magmatism in central Brazil: late Precambrian/early Paleozoic extension*. *Precambrian Research*. 80:217-238.

PINHO, F. E. C. 1990. *Estudo das rochas encaixantes e veios mineralizados a ouro do Grupo Cuiabá, na região denominada "Garimpo do Araés", Nova Xavantina – estado do mato grosso, universidade do rio grande do sul, dissertação de mestrado, 114p*.

SOARES, J.E.P. 2005. *Estudos de Refração Sísmica Profunda, Função do Receptor e Gravímetria na Província Tocantins, Brasil Central (Tese de Doutorado, n°73, UNB)*.

TROMPETTE R. 1994. *Geology of Western Gondwana (2000-500 Ma)*. *Pan-African - Brasiliano aggregation of South America and Africa*. Balkema, Rotterdam, 350 pp.

TROMPETTE, R., ALVARENGA, C. J. S., WALDE, D. 1998. *Geological evolution of the Neoproterozoic Corumbá graben system (Brazil)*. *Depositional context of the stratified Fe and Mn ores of the jacandingo Goup*. *Journal of South American Earth Sciences*, 11:587-597