



# DADOS AEROMAGNÉTICOS APLICADOS NA INTERPRETAÇÃO DO ARCABOUÇO ESTRUTURAL DA PORÇÃO NORDESTE DA PROVÍNCIA BORBOREMA, NE BRASIL

Luciano Costa Gonçalves, Elton Luiz Dantas, Roberto Alexandre Vitória de Moraes, Augusto César Bittencourt Pires – Universidade de Brasília e Adalene Moreira Silva – Universidade Estadual de Campinas

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

This paper reports processing techniques applied to airborne magnetic data to generate themes that could be used as a tool to delimitate the boundaries and the tectonic framework in the northeastern portion of the Borborema Province in NE Brazil. Data processing result in the generation of anomalous magnetic map, residual magnetic field, allowing to generate the horizontal gradient zero order, amplitude and inclination of the analytical signal (zero order), and Euler deconvolution for different structural index. Preliminary results show enhancement of main tectonic structures and boundaries of crustal blocks present in the region. Also, was able to quantify the major shear zones that define the framework of the Borborema Province, and to identify important features not present on actual maps. Magnetic anomalies correlated to different crustal blocks indicate the depth extension of the archean nuclei São José do Campestre to S-SW. Also, it was shown different magnetic signature as for the paleoproterozoic rocks, low magnetic response for the Seridó Belt and also distinct signatures for the pre- and syn-brasiliano granites compared to the pos-tectonic granites.

## INTRODUÇÃO

O avanço das tecnologias de processamento de dados aerogeofísicos e integração com dados de geologia permitem recuperar informações úteis e valiosas contidas em levantamentos geofísicos antigos. Estas informações são freqüentemente usadas como uma poderosa ferramenta de suporte ao mapeamento geológico-estrutural de terrenos Pré-Cambrianos, onde as relações estratigráficas e estruturais são difíceis de serem determinadas. Dados aeromagnéticos adquiridos nos Projetos Esperança e Seridó foram processados e integrados com a finalidade de gerar produtos que possam ser utilizados como ferramenta indireta na identificação de feições geológicas regionais e, assim, contribuir para a caracterização das estruturas continentais e dos grandes limites entre blocos crustais presentes no arcabouço tectônico da porção Nordeste da Província Borborema, NE Brasil.

## CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

No contexto geotectônico da Plataforma Sul-Americana, a área em estudo está localizada na porção Nordeste da Província Borborema (Almeida *et al.*, 1981), limitada pelos meridianos 35°15' W e 37°45' W e pelos paralelos 5°33' S e 7°10' S (Figura 1, 2).

O arcabouço tectônico da porção Nordeste da Província Borborema é caracterizado por um arranjo complexo de domínios tectono-estratigráficos limitados por zonas de cisalhamento regionais. Estas zonas representam uma colagem de pequenos fragmentos crustais, envolvendo núcleos arqueanos, blocos gnáissicos migmatíticos paleoproterozóicos e seqüências supracrustais neoproterozóicas. Todo este conjunto foi afetado por intrusões graníticas brasileiras e, geralmente, estão associadas a grandes zonas de cisalhamento transcorrentes (Figura 1). Os modelos de evolução geodinâmica para esta região sugerem a acreção e o amalgamento dos diferentes terrenos tectono-estratigráficos durante a Orogênese Brasileira – Pan Africana (Jardim de Sá 1994, Dantas *et al.* 2003a, Van Schmus *et al.* 1995, 2003).

As grandes zonas de cisalhamento, como o Lineamento Patos, Zona de Cisalhamento João Câmara-Picuí e a Zona de Cisalhamento Porto Alegre, separam os diferentes terrenos do Domínio Rio Grande do Norte e apresentam *trends* regionais E-W e NE-SW com movimentos dextrais (Vauchez *et al.* 1995, Jardim de Sá 1994).

No extremo Nordeste da área, ocorre o núcleo arqueano do Maciço São José do Campestre composto essencialmente por ortognaisses migmatíticos com afinidade geoquímica de terrenos TTG (tonalito-trondjemito-granodiorito) e por suítes metamáficas intrusivas no centro do núcleo (Dantas 1997, Dantas *et al.* 2003a). Este núcleo é circundado por diferentes terrenos paleoproterozóicos representados por ortognaisses migmatíticos do Complexo João Câmara, Terreno Cálcio-alcalino Santa Cruz e Terreno Serrinha-Pedro Velho (Dantas 1997). Na região de Caicó predominam ortognaisses paleoproterozóicos, variando de tonalíticos a granodioríticos, migmatíticos e paragnaisses migmatíticos subordinados (Jardim de Sá 1994, Van Schmus *et al.* 2003).

A Faixa Seridó compreende a principal seqüência supracrustal neoproterozóica presente na região, formada pelas unidades, da base para o topo, Formação Jucurutu composta por gnaisses, metavulcânicas e calcissilicáticas, Formação Equador composta essencialmente por quartzitos e metaconglomerados,

Formação Seridó composta por metapelitos e xistos (Van Schmus *et al.* 1995, 2003, Jardim de Sá 1994).

As intrusões brasileiras apresentam caráter geoquímico dominante de monzogranitos cálcio-alcálicos a rochas metamáficas alcalinas subordinadas, com características deformacionais pré, sin e pós-tectônicas ao evento deformacional Brasileiro (Van Schmus *et al.* 2003).

As coberturas mesozóicas do extremo Norte da área são representadas pelas rochas sedimentares da Bacia Potiguar, Formações Jandaíra e Açú. O vulcanismo terciário é caracterizado por diques e *necks* vulcânicos de basalto alcalino do Magmatismo Macau (Sial 1978) e as coberturas terciárias são representadas pelas rochas sedimentares do Grupo Barreiras e sedimentos inconsolidados recentes.

## BASE DE DADOS

Os dados aeromagnetométricos utilizados neste trabalho foram adquiridos nos Projetos Esperança (1975/1976) e Seridó (1973), que recobriram a porção centro-leste dos estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba (Figura 2).

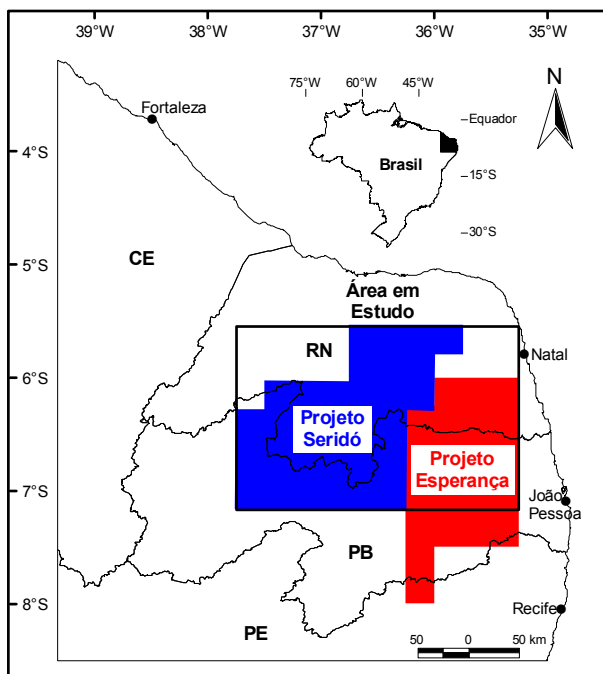


Figura 2 – Localização dos projetos Esperança e Seridó.

O Projeto Esperança recobriu 19.000 km<sup>2</sup> de área em 19.170 km de perfis de produção, adquiridos à altura nominal de 150 m e orientados na direção N-S, com espaçamento de 1 km. O Projeto Seridó compreendeu 28.000 km de perfis distribuídos numa área aproximada de 25.000 km<sup>2</sup>, onde as linhas de produção foram voadas na direção E-W, com altura nominal de 135 m e espaçamento de 1 km ([www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br)).

## PROCESSAMENTO DOS DADOS

Foram realizadas cinco etapas de processamento. Na **primeira** etapa, os dados foram avaliados quanto à presença de inconsistências (“*spikes*”) e à distribuição espacial das linhas de voo. A **segunda** etapa consistiu na

definição do algoritmo (Mínima Curvatura) e do tamanho da célula (250 m) de interpolação. Na **terceira** etapa foram corrigidos os desnivelamentos presentes nos dados, visando minimizar estas imperfeições e, conseqüentemente, homogeneizar a distribuição espacial dos dados. Para tanto, foi utilizada a rotina de micronivelamento desenvolvida por Blum (1999) com base no método proposto por Minty (1991). A **quarta** etapa correspondeu ao ajuste estático e dinâmico dos dois conjuntos de dados, além da junção destes segundo a rotina *Grid Knitting* (GEOSOFT 2000). Na **quinta** etapa, foram geradas as imagens transformadas do campo magnético residual, usadas na interpretação, usando-se a rotina *MAGMAP* (GEOSOFT 1996).

Os temas transformados do campo magnético anômalo residual foram: amplitude do gradiente horizontal total de ordem zero, amplitude e inclinação do sinal analítico de ordem zero e deconvolução de Euler.

## INTERPRETAÇÃO

Os temas aerogeofísicos apresentaram anomalias magnéticas de grande comprimento de onda relacionadas a estruturas regionais orientadas NE-SW, associadas ao Lineamento Patos no extremo Sul, ao Complexo Caicó e Zona de Cisalhamento João Câmara-Picuí no centro-Norte da área, ao Complexo Caicó e Faixa Seridó na região Centro-Oeste.

As anomalias de pequenos a médios comprimentos de onda foram correlacionadas a estruturas internas dos blocos crustais e/ou terrenos tectono-estratigráficos e associadas à direção NE-SW do Evento Brasileiro que consolidou a Província Borborema. Entretanto, estruturas desta natureza com direção NW-SE foram observadas com maior detalhe no Maciço São José do Campestre e a Sul deste. Isto indica presença de estruturas pretéritas ao Brasileiro preservadas desta deformação. Contudo, um forte alinhamento de caráter rúptil NW-SE também foi observado na porção centro-Norte e centro-Sul da área, indicando reativações pós-brasilianas em antigas estruturas. Na região de Lajes, a orientação magnética N-S pode ser relacionada ao sistema de Cisalhamento transpressivo da Faixa Seridó.

Os principais resultados da deconvolução de Euler, para diferentes índices estruturais ( $N=0$  e  $N=0,5$ ), tamanhos de janelas (6 a 15 células) e tolerâncias de erros (3 a 10%), indicaram as profundidades máximas de 2,0 a 3,0 km para o topo de fontes magnéticas associadas ao Lineamento Patos e de 1,5 a 2,0 km para a Zona de Cisalhamento João Câmara-Picuí.

O Maciço São José do Campestre apresentou valores elevados na amplitude do sinal analítico, com a resposta estendendo-se para S-SW da área de exposição do núcleo Arqueano. Os temas aeromagnetométricos realçaram bem a forma desta anomalia e sugerem a sua continuação para S-SW em profundidade, complementando o mapa geológico proposto por Dantas (1997).

Os dois blocos tectônicos de rochas paleoproterozóicas, bloco Norte na região de Lajes e bloco Sul na região de Caicó, apresentaram respostas magnéticas distintas. Na região de Lajes, a assinatura magnética foi marcada por intensa amplitude do sinal analítico magnético, enquanto

no bloco Sul, as respostas magnéticas variaram de baixas a altas. Estes resultados indicam dois blocos tectono-estratigráficos distintos, corroborando com os resultados apresentados por Dantas *et al.* (2003b), que sugeriram a distinção dos blocos com base na aerogamaespectrometria do Projeto Seridó.

A Faixa Seridó, em geral, foi marcada por baixa intensidade do sinal analítico magnético, ressaltando, a NE de Caicó, algumas unidades com forte resposta magnética associadas às rochas metavulcânicas e calcissilicáticas da Formação Jucurutu.

As intrusões pré a sin brasilianas, representadas por magmatismo cálcio-alcálico como na região a Sul de Currais Novos, apresentaram respostas magnéticas baixas a altas para os mesmos batólitos, sugerindo que estes corpos sofreram diferenciações magmáticas e, conseqüentemente, diferenciações na concentração de minerais magnéticos. Na região a W-SW de Lajes, as intrusões pós Brasilianas foram marcadas por granitóides que apresentaram elevadas respostas magnéticas.

### CONCLUSÕES

As interpretações dos produtos aeromagnéticos foram correlacionadas com as estruturas geológicas com *trend* NE-SW conhecidas na região. Os lineamentos magnéticos com direções N-S e NW-SE foram bem definidos nas interpretações, caracterizando estruturas ainda não muito bem conhecidas na região.

As anomalias magnéticas correlacionadas aos diferentes blocos tectono-estratigráficos indicaram a continuação em profundidade para S-SW do núcleo arqueano do Maciço São José do Campestre. Também diferentes assinaturas magnéticas das rochas paleoproterozóicas, bem como uma baixa resposta magnética da Faixa Seridó. As intrusões graníticas pré a sin brasilianas são pouco magnéticas, enquanto que as intrusões pós-brasilianas são altamente magnéticas.

Os produtos aeromagnéticos contribuem para o detalhamento estrutural da porção Nordeste da Província Borborema. Pode-se definir melhor os limites entre blocos crustais e/ou terrenos tectono-estratigráficos, estimando profundidades de feições regionais através da deconvolução de Euler e definindo a natureza do *trend* NW-SE. Estes resultados trazem novos argumentos para interpretações e discussões sobre a evolução geodinâmica desta região.

### AGRADECIMENTOS

À Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM) pela cessão e permissão do uso dos bancos de dados aerogeofísicos. Ao Laboratório de Geofísica Aplicada (LGA) do Instituto de Geociências (IG) da Universidade de Brasília (UnB) pela utilização da infra-estrutural. A CAPES pela bolsa de mestrado do primeiro autor. Ao CNPq pelo apoio financeiro projeto 475717-01-5 e 471144/2003-7.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida F. F. M., Hasui Y., Brito Neves B. B., Fuck H. A. 1981. Brazilian structural provinces: an introduction. *Earth Sciences Reviews*, **17**: 291-317.
- 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, Tese de Doutorado, 229 p.
- CPRM-Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais 2001. *Mapa Geológico do Brasil*. Rio de Janeiro. (Escala 1:2.500.000). CD-ROM.
- CPRM-Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais, acessada em 20/03/2004 no endereço eletrônico [www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br).
- Dantas E. L. 1997. *Geocronologia U-Pb e Sm-Nd de terrenos arqueanos e paleoproterozóicos do Maciço Caldas Brandão, NE do Brasil*. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Tese de Doutorado, 208 p.
- Dantas E. L., Van Schmus W. R., Hackspacher P. C., Fetter A. H., Brito Neves B. B., Cordani U., Nutman A. P., Williams I. S. 2003a. The 3.4-3.5 Ga São José do Campestre Massif, NE Brazil: remnants of the oldest crust in South America. *Precambrian Research*, **2439**: 1-25.
- Dantas E. L., Silva A. M., Almeida T., Moraes R. A. V. 2003b. Old geophysical data applied to modern geological mapping problems: a study case in the Seridó Belt, NE Brazil. *Rev. Bras. Geol.*, **33** (2): 65-72.
- GEO SOFT 1996. *MAGMAP 2-D frequency domain processing*. GEO SOFT, Inc., Toronto.
- GEO SOFT 2000. *OASIS Montaj™*, v. 5.1.7. GEO SOFT, Inc., Toronto.
- Jardim de Sá E. F. 1994. *A Faixa Seridó (Província Borborema, NE do Brasil) e o seu significado geodinâmico na cadeia Brasileira/Pan-Africana*. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Tese de Doutorado, 804 p.
- Minty B. R. S. 1991. Simple micro-levelling for aeromagnetic data. *Expl. Geophysics*, **22**: 591-592.
- Sial A N. 1978. Major trace chemistry of the Tertiary basaltic suite of Rio Grande do Norte e Paraíba. *Jornal de Mineralogia*, **7**: 119-128.
- Van Schmus W. R., Brito Neves B. B., Hackspacher P.C., Babinski M. 1995. U/Pb and Sm/Nd geochronological studies of the eastern Borborema Province, northeastern Brazil: initial conclusions. *Journal of South America Earth Sciences*, **8** (3/4): 267-288.
- Van Schmus W. R., Brito Neves B. B., Williams I. S., Hackspacher P. C., Fetter A. H., Dantas E. L., Babinski M. 2003. The Seridó Group of NE Brazil, a late Neoproterozoic pre-to syn-collisional basin in West Gondwana: insights from SHRIMP U-Pb detrital zircon ages and Sm-Nd crustal residence ( $T_{DM}$ ) ages. *Precambrian Research*, **127**: 287-327.
- Vauches A., Neves S., Caby R., Corsini M., Egydio-Silva M., Arthaud M. Amaro V. 1995. The Borborema shear zone system, NE Brazil. *Journal of South America Earth Sciences*, **8** (3/4): 247-266.



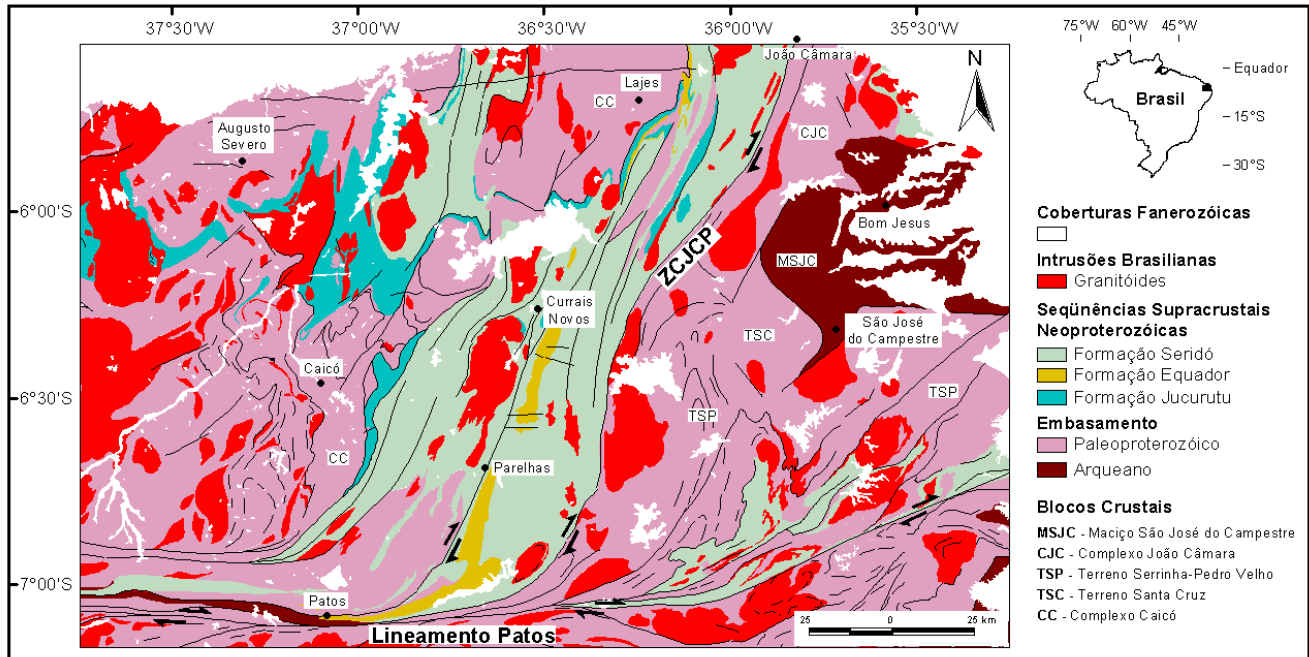


Figura 1 – Mapa geológico da área em estudo localizada na porção Nordeste da Província Borborema, que mostra os principais blocos crustais e as principais zonas de cisalhamento da região (Lineamento Patos, ZCJCP – Zona de Cisalhamento João Câmara-Picuí, CPRM 2001).

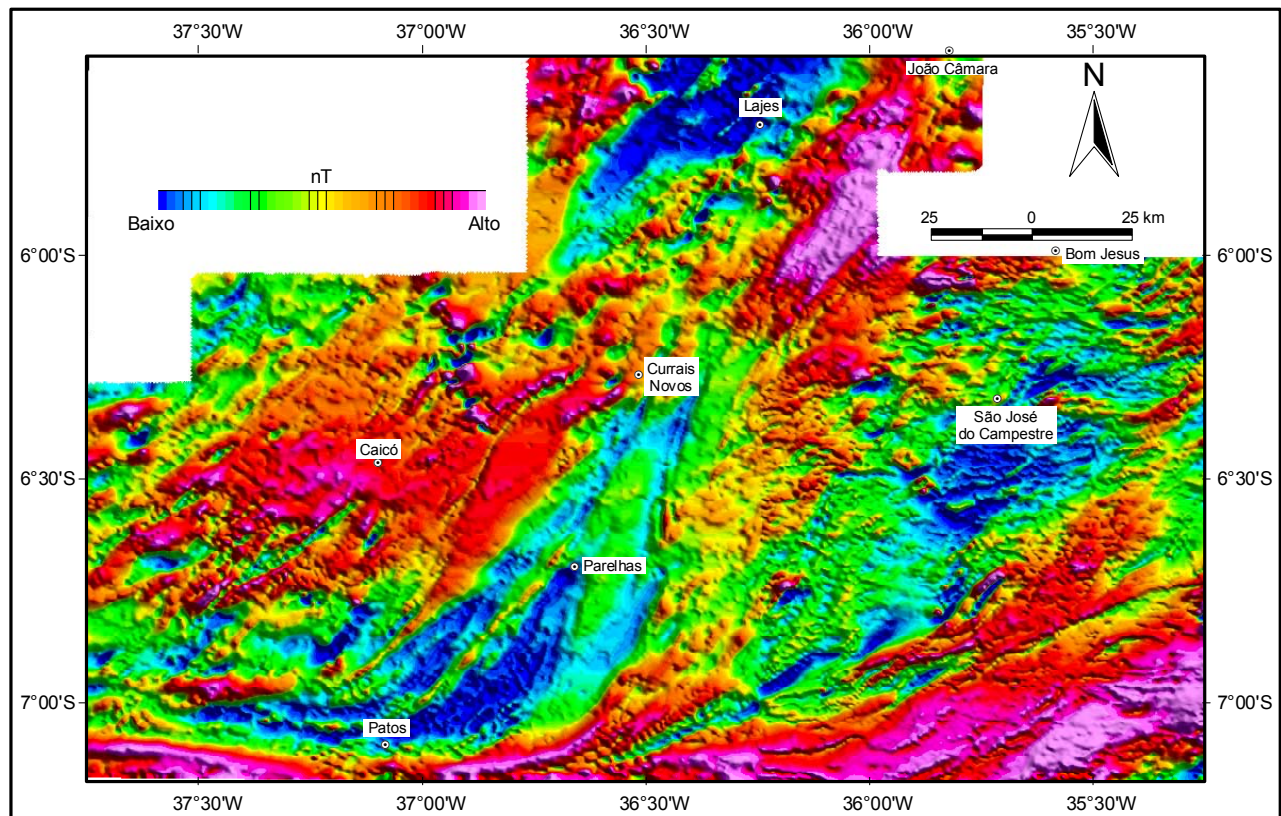


Figura 3 – Imagem da anomalia do campo magnético residual.



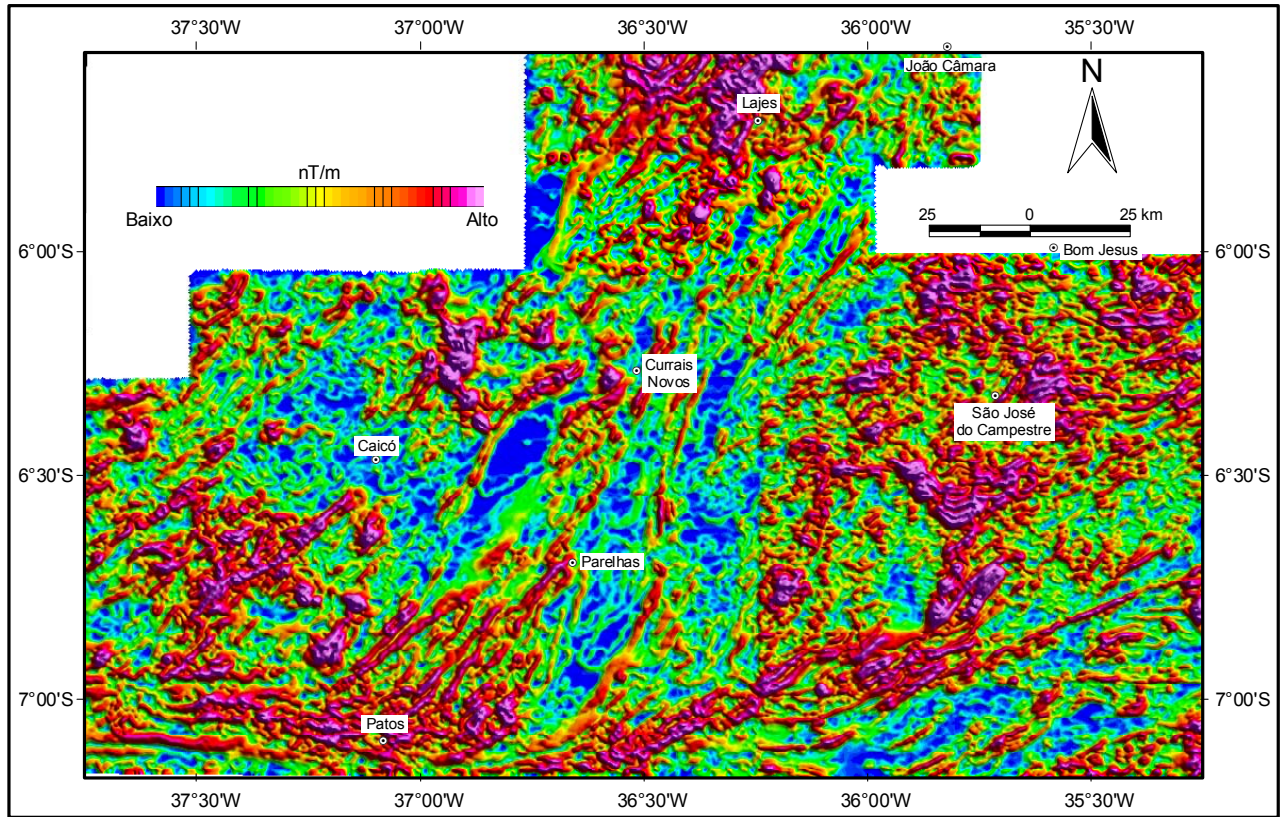


Figura 4 – Imagem da amplitude do gradiente horizontal total de ordem zero.

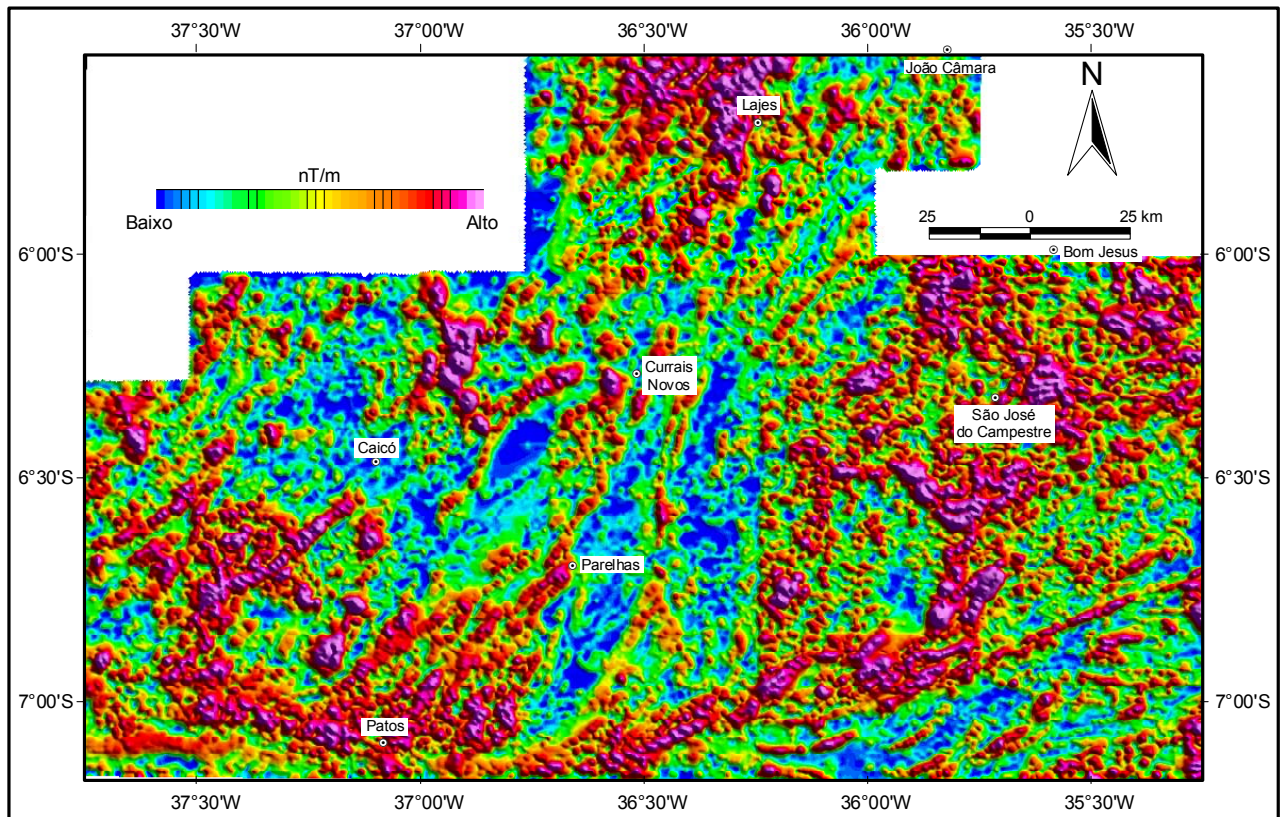


Figura 5 – Imagem da amplitude do sinal analítico de ordem zero.



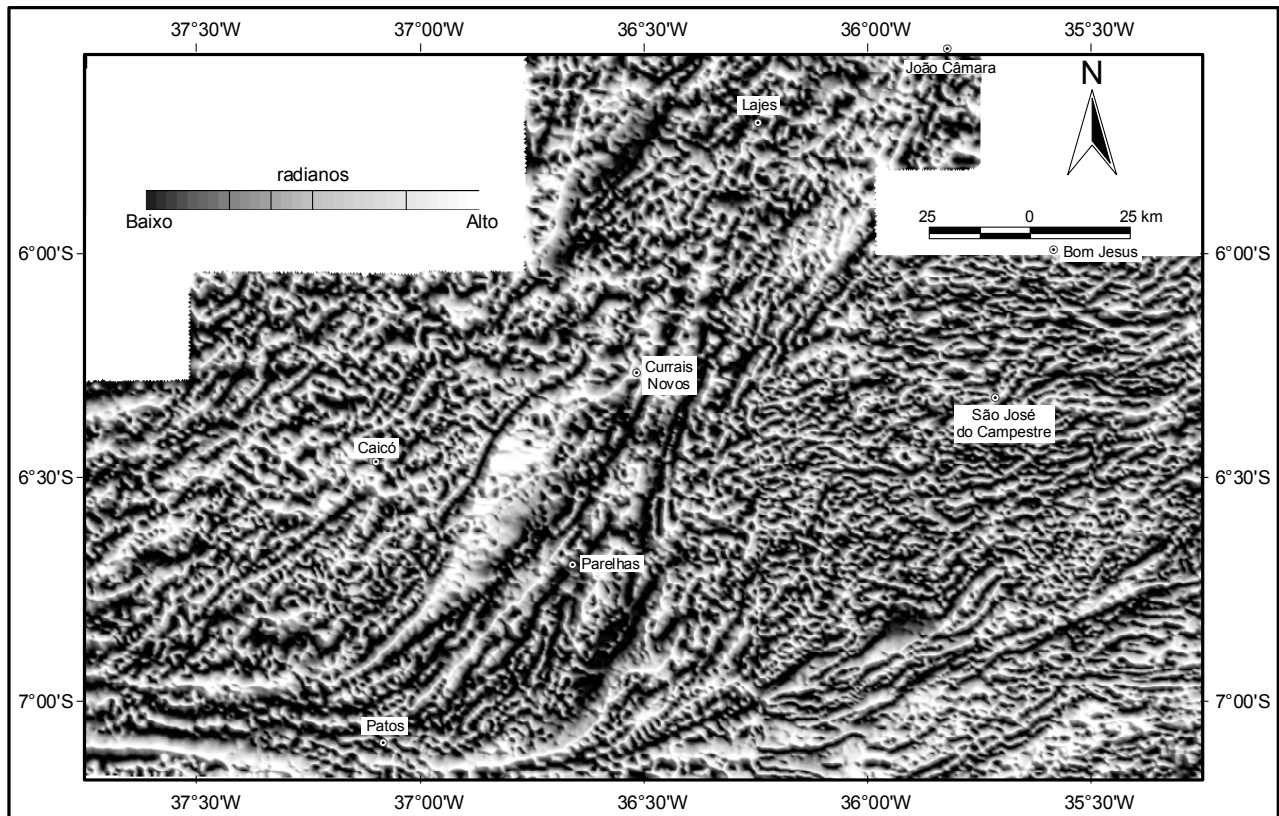


Figura 6 – Imagem da inclinação do sinal analítico de ordem zero.

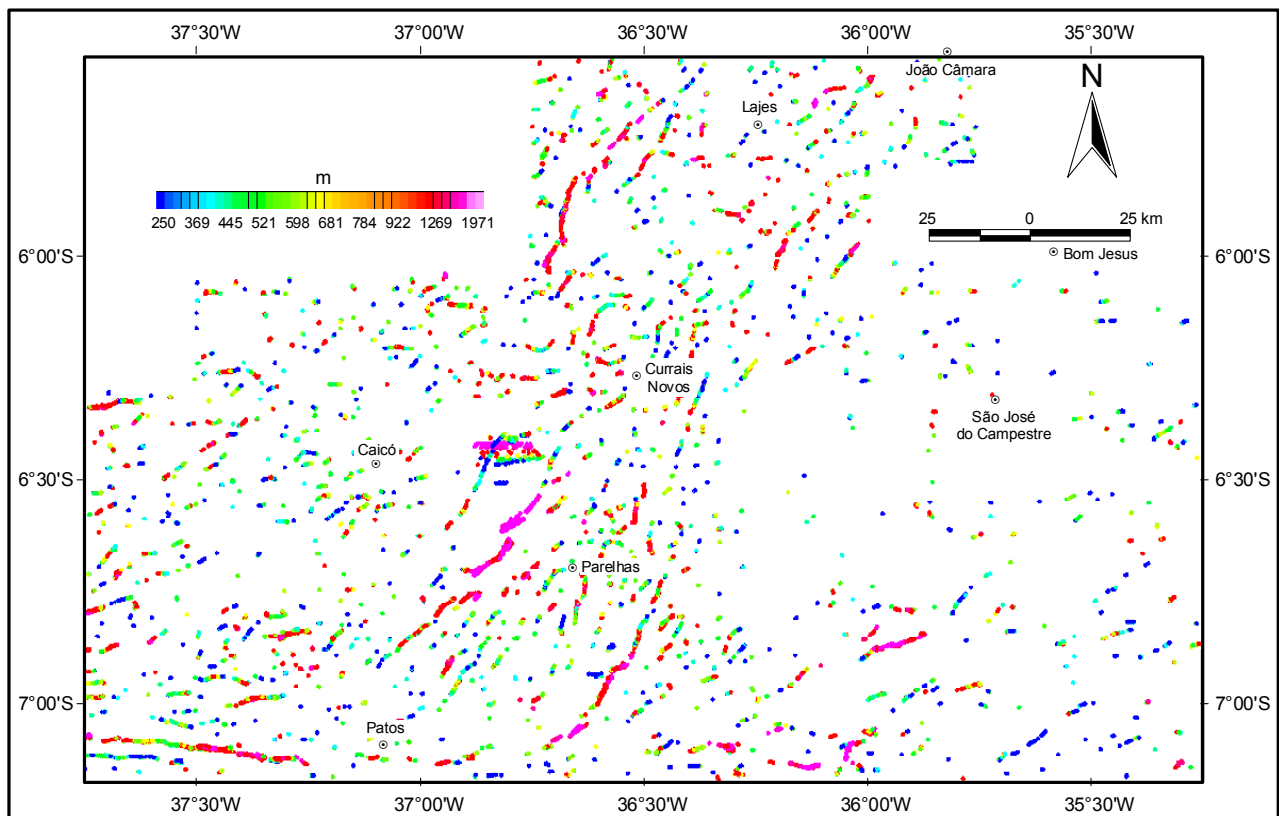


Figura 7 – Mapa das soluções da deconvolução de Euler (índice estrutural  $N=0$ , janela de 10 células e tolerância 7%).