

AEROGEOFÍSICA (MAGNETOMETRIA E GAMAESPECTROMETRIA) COMO SUPORTE AO MAPEAMENTO GEOLÓGICO DA FOLHA BATURITÉ, NORTE DO ESTADO DO CEARÁ.

Tercyo Rinaldo Gonçalves Pinéo, Roberto Gusmão de Oliveira, Simone Zwirtes, Antônio Maurílio Vasconcelos – CPRM, Serviço Geológico do Brasil

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

This work refers to the results from the processing and interpretation of airborne geophysical data (magnetic and gamaespectrometry) with the goal of give support to the geological mapping of the Baturité sheet (1:100.000), located in the north of Ceará state, northeast of Brazil and developed by the Geological Survey of Brazil (CPRM). The geophysical processing products together with the geologic mapping were able to determine the mains lithoestratigrafic domains and the structural framework of the study area.

INTRODUÇÃO

A retomada do mapeamento geológico sistemático do território brasileiro a partir do ano 2004 pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) envolveu também a aquisição de dados aerogeofísicos, com o objetivo de dar suporte às atividades de mapeamento, bem como a pesquisa mineral. Neste sentido, apresentaremos os resultados oriundos do processamento e interpretação de dados aeromagnéticos e aerogamaespectrométrico, que deram suporte ao mapeamento geológico na escala 1:100.000 da folha Baturité (SB.24-X-A-I), localizada na porção norte do estado do Ceará e, atualmente, em desenvolvimento pela CPRM, Residência de Fortaleza. A análise dos produtos aerogeofísicos foi de suma importância para o entendimento geológico da folha, que, por conseguinte, forneceu subsídios para a evolução do conhecimento geológico da Província Borborema, unidade geotectônica em que a folha está inserida.

CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

A área de estudo localiza-se no Domínio Ceará Central (DCC) da Zona Setentrional da Província Borborema (Almeida *et al.*, 1981), conforme divisão proposta por Delgado *et al.* (2003). O DCC limita-se, a norte, pela Zona de Cisalhamento Sobral-Pedro II, a oeste, pela Bacia do Parnaíba e, a leste e sul, pela faixa Orós-Jaguaribe, por meio da Zona de Cisalhamento Aiuaba-Orós. É constituído por um núcleo Arqueano (Complexo Cruzeta) composto por ortognaisses TTG, corpos máficos e ultramáficos, além de metassedimentos, tectonicamente associados a terrenos plutônicos e

metaplutono-vulcano-sedimentares paleoproterozóicos, constituindo as unidades Madalena, Algodões e Canindé do Ceará. Estas unidades formam o embasamento de seqüências sedimentares e metavulcano-sedimentares proterozóicas, representadas pelos complexos Ceará, Acopiara e Grupo Novo Oriente. Na porção oeste do DCC há um extenso contexto metaígneo/anatótico Neoproterozóico, com enclaves de rochas cálcio-silicáticas e anfibolitos, denominado de Complexo Tamboril-Santa Quitéria, interpretado por alguns autores como um arco magmático continental. Granitóides Brasilianos associados ou não a zonas de cisalhamento e granitóides pós-Brasilianos são característicos da Província Borborema (Cavalcante *et al.*, 2003, Martins, 2000, Fetter *et al.*, 2003, Arthaud, 2007, Castro, 2004) (Fig. 01).

A folha Baturité compreende rochas do Complexo Canindé do Ceará (metatexitos paraderivados, ortognaisses e anfibolitos), do Complexo Ceará (xisto, quartzito, mármore e rocha cálcio-silicática), do Complexo Tamboril-Santa Quitéria (granitóide porfírico gniássico, metatexitos e diatexitos), além de granitóides Brasilianos (monzogranitos e gabros) e coberturas sedimentares inconsolidadas, do Cenozóico (Fig. 02).

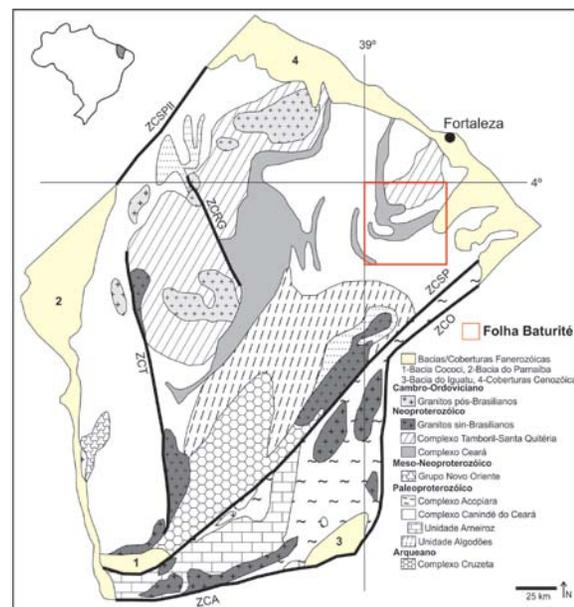


Figura 01 – Mapa geológico simplificado do Domínio Ceará Central com a localização da Folha Baturité. Zonas de Cisalhamento: ZCSPII: Sobral-Pedro II, ZCSPI: Senador Pompeu, ZCO: Orós, ZCA: Aiuaba, ZCT: Tauá, ZCRG: Rio Groairas. Fonte: Cavalcante *et al.* (2003).

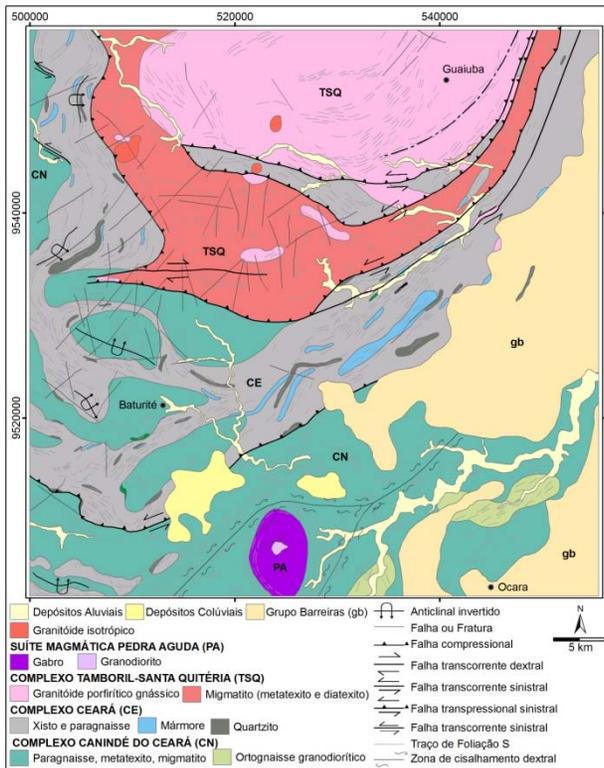


Figura 02 – Mapa geológico preliminar da folha Baturité (SB.24-X-A-I).

AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DOS DADOS

Os dados aerogeofísicos trabalhados (magnético e gamaespectrométrico) são provenientes do projeto Aerogeofísica Norte do Ceará. Este projeto teve início em 2008 e término em 2009, totalizando 111.080 km de perfil levantado, referente a uma área de 52.181 km². As linhas de vôo foram orientadas na direção N-S, espaçadas de 500 m; e as linhas de controle foram orientadas na direção E-W, com espaçamento de 10 km, sendo a altura do vôo de 100 m (\pm 15 metros) e a medição dos dados a cada 0,1 segundo.

O processamento dos dados aerogeofísicos teve início com o corte da área de interesse, seguido de uma análise da qualidade dos mesmos. Posteriormente foi realizada a interpolação dos dados aeromagnéticos e aerogamaespectrométricos através dos métodos bidirecional e mínima curvatura, respectivamente, utilizando uma malha de 125 m. Os dados foram então micronivelados com base na rotina de Blum (1999) de modo a remover os ruídos ocasionados ao longo das linhas de vôo, resultando numa homogeneização dos mesmos. Por fim, foram gerados os temas a partir dos dados magnéticos (campo magnético total, amplitude do sinal analítico, primeira derivada vertical do campo magnético total e campo magnético total reduzido ao pólo) e as imagens do canal de potássio, canal do equivalente tório, canal do equivalente urânio e composição ternária RGB entre os três canais radiométricos.

INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

Os dados aeromagnéticos foram utilizados para a caracterização da compartimentação tectônica e do arcabouço estrutural da área, enquanto que os dados radiométricos possibilitou a individualização de domínios geofísicos correlatos a unidades litoestratigráficas. A integração entre estas duas técnicas geofísicas possibilitou a individualização de três domínios geofísicos (A, B e C), conforme apresentado a seguir.

Domínio A

Geologicamente, abrange uma área onde afloram, predominantemente, paragneisses e metatextitos do Complexo Canindé do Ceará, além de sedimentos inconsolidados pertencentes ao Grupo Barreiras. Mostra um padrão homogêneo, em relação aos dados magnéticos, e enriquecimento em Th (tons mais esverdeados). A imagem de amplitude do sinal analítico mostra valores de susceptibilidade magnética variando de baixo a moderado (Fig. 04).

A análise do campo magnético total permite a identificação de uma anomalia magnética linear (a1), concordante a uma zona de cisalhamento de direção NE-SW com inflexão para WNW-ESE e uma anomalia magnética alongada (a2), na direção ENE-WSW, que corresponde a um corpo de ortogneisse de composição granodiorítica a tonalítica, cujo padrão radiométrico é marcado por um enriquecimento em K (tons em vermelho) (Fig. 03 e 05).

A porção ocupada pelo Grupo Barreiras, localizada no extremo leste da área, apresenta assinatura radiométrica que indica empobrecimento em potássio, tório e urânio (a3). Este mesmo padrão radiométrico acontece com a suíte magmática Pedra Aguda (a4), localizada no centro do Domínio A, que é composta predominantemente por um biotita-gabro, porém com núcleo de composição granítica, apresentando enriquecimento em K. Este corpo apresenta baixo valor de susceptibilidade magnética, conforme mapa do sinal analítico (Fig. 05).

Os litotipos localizados no extremo sudoeste deste domínio foram submetidos a alta taxa de anatexia, resultando em faixas de diatextitos ricos nos três radioelementos (K, Th e U) (tons esbranquiçados) (a5).

Domínio B

A imagem de amplitude do sinal analítico mostra que os valores de susceptibilidade magnética variam também de baixo a moderado e diminuem sutilmente de leste para oeste neste domínio, sugerindo um espessamento dos metassedimentos do Complexo Ceará e do Complexo Canindé do Ceará neste sentido (Fig. 04).

Anomalias magnéticas lineares, orientadas na direção NE-SW, associadas com zonas de enriquecimento em K (tons em vermelho) correspondem a *sheets* de ortogneisse ácido do Complexo Tamboril-Santa Quitéria intrudidos nos xistos do Complexo Ceará (b1) (Fig. 03 e 05). Há ainda casos onde estas anomalias magnéticas estão associadas a corpos ricos em minerais máficos, corroborados pela presença de lentes de anfibólito, em meio aos xistos e paragneisses do Complexo Ceará.

O padrão radiométrico do Domínio B é caracterizado por um leve enriquecimento em U (tons azulados), com a existência de faixas alongadas na direção NE-SW com alta contagem nos três radioelementos (K, Th e U), sendo que uma destas (b2) é concordante a uma extensa lente de mármore. Na porção centro-oeste deste domínio (b3) o enriquecimento em K deve-se provavelmente a diversos veios pegmatóides, de dimensões métricas, provenientes do magmatismo Tamboril-Santa Quitéria, localizado ligeiramente a norte. Conforme observado no Domínio A (a3), o empobrecimento em potássio, tório e urânio, no extremo leste, deve-se à presença de sedimentos inconsolidados do Grupo Barreiras (Fig. 05).

Domínio C

Corresponde a uma área onde afloram, predominantemente, rochas metaígneas do Complexo Tamboril-Santa Quitéria. A imagem de amplitude do sinal analítico mostra que este domínio apresenta altos valores de susceptibilidade magnética. A imagem do campo magnético total exibe uma anomalia bipolar alongada e flexionada, sugestiva de litotipos magnéticos cisalhados (c1) (Fig. 03 e 04).

Em relação aos dados radiométricos, o extremo norte deste domínio é marcado por um forte enriquecimento em K, relacionado à presença de monzogranitos porfíricos gnáissicos. O centro do Domínio C é caracterizado por baixa contagem em K e alta contagem em Th e U (c2). Esta feição deve-se a existência de metasedimentos de trama xistosa, interpretado como um possível enclave do Grupo Ceará em meio ao contexto magmático. Já no seu extremo sul, além de alta contagem em K, ocorrem faixas com enriquecimento nos três radioelementos (K, Th e U) associado a rochas migmatíticas ortoderivadas (metatextitos e diatextitos). Granitos pós-orogênicos apresentam um padrão radiométrico caracterizado por enriquecimento em K, Th e U (tons claros), disposto em um formato circular (c3) (Fig. 05).

Lineamentos Magnéticos

O realce dos lineamentos magnéticos de fontes mais rasas foi possível através da aplicação da primeira derivada vertical ao campo magnético total (Fig. 06).

Os lineamentos magnéticos mais extensos e sinuosos, que estão orientados na direção NE-SW com inflexão para E-W, correspondem a zonas de cisalhamento. No Domínio A, um destes lineamentos magnéticos (I1) refere-se a zona de cisalhamento Vazantes, faixa milonítica de movimento dextral, com movimento transtensional localizado, que possibilitou a colocação da suíte magmática Pedra Aguda (a4). O Domínio C contém a maior ocorrência destes lineamentos, evidenciando um contexto magmático extremamente cisalhado, inclusive seu limite com o domínio B é marcado por uma destas descontinuidades geológicas, representada pelos dados aeromagnéticos (I2).

Lineamentos magnéticos menores e retilíneos, também orientados na direção NE-SW, ocorrem nos Domínios B e C. Estes truncam os lineamentos magnéticos referentes a zonas de cisalhamento com orientação E-W (após a inflexão), indicando que correspondem a estruturas mais

jovens. Tais lineamentos correspondem a falhas/fraturas geológicas, perfeitamente identificadas em imagens de satélite.

Em menor frequência, há lineamentos magnéticos retilíneos e mais curtos, orientados na direção E-W. Estes correspondem às estruturas mais jovens, pois cortam, quase ortogonalmente, as demais, e alguns são preenchidas por diques com minerais magnéticos (I3).

CONCLUSÕES

Os três domínios geofísicos provenientes da interpretação integrada dos dados aeromagnéticos e radiométricos para a folha Baturité são concordantes com as unidades litoestratigráficas cartografadas.

Os domínios A e B correspondem a áreas de exposição de duas unidades litológicas (Complexo Ceará e Complexo Canindé do Ceará) constituídas principalmente por metasedimentos pelíticos, portanto de difícil separação, mesmo após o mapeamento. Desta forma o sutil enriquecimento em Th no Domínio A, em relação ao B, permitiu traçar o contato geológico entre estas duas unidades. Os terrenos ocupados por ortognaisses do Complexo Canindé do Ceará (Domínio A) foram delimitados com base na correlação entre uma anomalia magnética, uma zona com enriquecimento em K e dados de campo (afloramentos). A cartografia de *sheets* de ortognaisses ácidos do Complexo Tamboril-Santa Quitéria nos xistos do Complexo Ceará (Domínio B) foi facilitada pela percepção de corpos enriquecidos em K em meio a um domínio com alta contagem em U.

A região ocupada por rochas do Complexo Tamboril-Santa Quitéria apresenta altos valores de susceptibilidade magnética, mostrando que é constituído por litologias portadoras de minerais magnéticos. Este contexto contém, também, várias zonas de cisalhamento, conforme observado em campo, porém previamente estabelecido com base na imagem de primeira derivada vertical. Por se tratar de rochas metaígneas, a contagem em K é alta, porém ocorre uma faixa enriquecida em Th e U, que corresponde a xistos, provavelmente disposto como enclave no contexto de rochas meta-ígneas.

O tratamento dos dados magnéticos, seguido do trabalho de campo, possibilitou a identificação de estruturas geológicas, até então não cartografadas, como a Zona de Cisalhamento Vazantes, localizada no Domínio A; bem como na melhor definição dos limites entre as unidades litoestratigráficas.

AGRADECIMENTOS

Ao Serviço Geológico do Brasil – CPRM.

REFERÊNCIAS

- Almeida, F.F.M., Hasui, Y., Brito Neves, B.B., Fuck, R.A. 1981. Brazilian structural provinces: an introduction. *Earth-Science Reviews*, 17, p. 1-29.
- Arthaud, M.H. 2007. Evolução neoproterozóica do Grupo Ceará (Domínio Ceará Central, NE Brasil): da sedimentação à colisão continental brasileira. PhD. Thesis, University of Brasília (Unb), 170p.

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.

Castro, N.A. 2004. Evolução Geológica Proterozóica da Região entre Madalena e Taperuaba, Domínio Tectônico Ceará Central (Província Borborema). PhD. Thesis, University of São Paulo (USP), 221 p.

Cavalcante, J.C., Vasconcelos, A.M., Medeiros, M.F., Paiva, I.P., Gomes, F.E.M., Cavalcante, S.N., Cavalcante, J.E., Melo, A.C.R., Duarte Neto, V.C., Bevenides, H.C. 2003. Mapa Geológico do Estado do Ceará – Escala 1:500.000. Fortaleza, CPRM-SGB Serviço Geológico do Brasil.

Delgado, I.M., Souza, J.D., Silva, L.C., Silveira Filho, N.C., Santos, R.A., Pedreira, A.J., Guimarães, J.T., Angelim, L.A.A., Vasconcelos, A.M., Gomes, I.P., Lacerda Filho, J.V., Valente, C.R., Perrotta, M.M., Heineck, C.A. Geotectônica do Escudo atlântico. In: Bizzi, L.A., Schobbenhaus, C., Vidotti, R.M., Gonçalves, J.H. 2003. Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas e SIG. Brasília: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, p. 227-334.

Martins, G. 2000. Litogeoquímica e controles geocronológicos da Suíte Metamórfica Algodões-Choró. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil.

Fetter A. H., Van Schmus, W. R., Hackspacher P.C., Brito Neves, B. B., Nogueira Neto, J. A., Arthaud, M. H. and Wernick E. 2003. Evidence for neoproterozoic continental arc magmatic in the Santa Quitéria Batholith of Ceará State, NW Borborema Province, NE Brazil: implications for the assembly of West Gondwana. *Gondwana Research*, 6: 265-273.

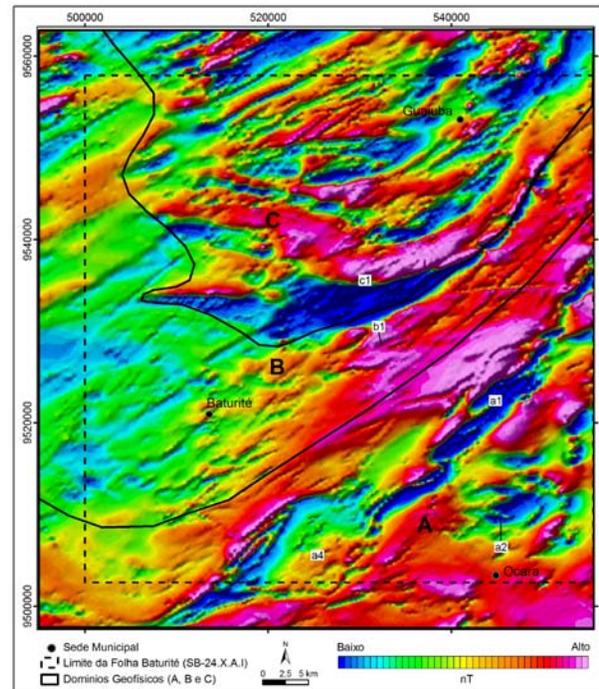


Figura 03 – Imagem do campo magnético anômalo com sobreposição dos domínios geofísicos.

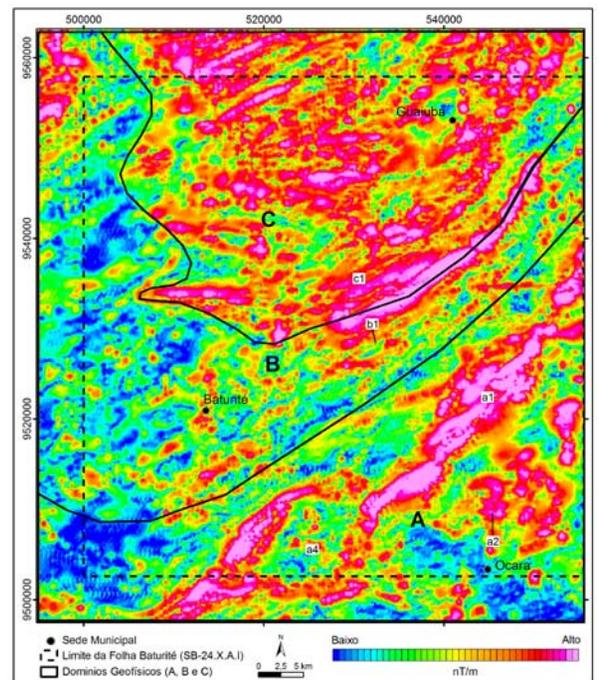


Figura 04 – Imagem da amplitude do sinal analítico com sobreposição dos domínios geofísicos.

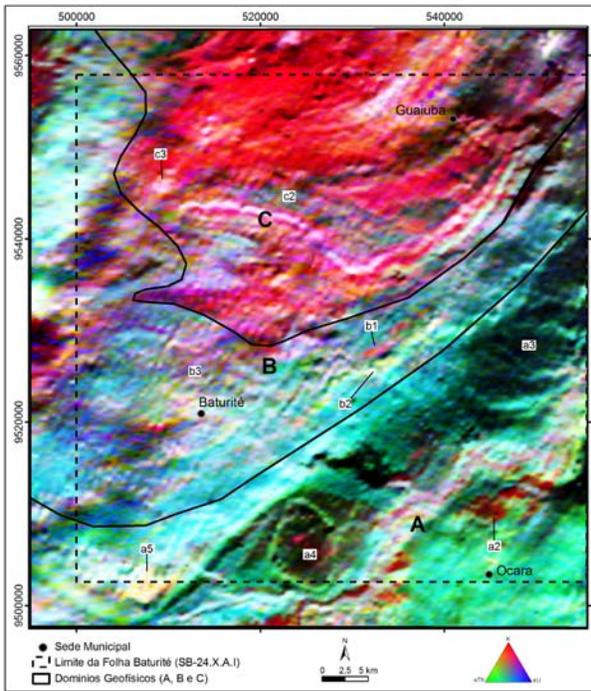


Figura 05 – Imagem da composição colorida RGB (K:Th:U) com sobreposição dos domínios geofísicos.

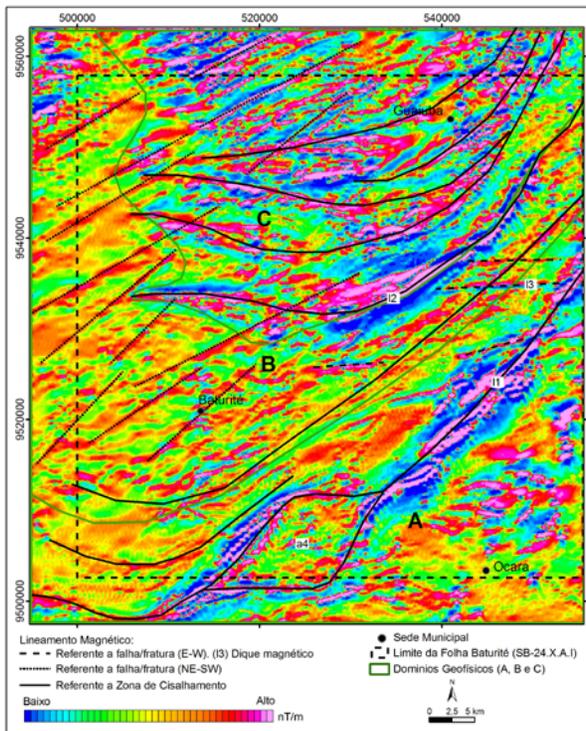


Figura 06 – Imagem da derivada vertical de primeira ordem, com sobreposição da interpretação das estruturas tectônicas e dos domínios geofísicos.