



Estudo das anomalias magnéticas na Bacia de Pimenta Bueno, SW do Cráton Amazônico, Rondônia, Brasil.

Adolfo Barbosa da Silva* (CPRM/SGB), Gil Barreto Trindade Netto (CPRM/SGB), Loiane Gomes de Moraes Rocha (CPRM/SGB).

Copyright 2016, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no VII Simpósio Brasileiro de Geofísica, Ouro Preto, 25 a 27 de outubro de 2016. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do VII 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.

Resumo

This paper presents the results of processing and interpretation of aeromagnetic data of the Pimenta Bueno Basin, located in Brazil. It is an important area with highly economically valuable mineralizations, including diamantiferous complexes. The interpretation of magnetometric thematic images, magnetometric lineaments and Euler solutions, allowed us to identify twenty areas with relevant magnetometric signatures. Sixteen magnetic anomalies are aligned along a NNW - SSE trend, and three of them coincide with outcropping kimberlites. However, it was not possible to ascertain whether the other magnetic anomalies were caused by kimberlitic bodies or civil constructions. Two E - W direction magnetometric features occur in the center of the Pimenta Bueno Basin, probably related to elongated bodies, and were interpreted as a structural elevation. The magnetometric lineaments delineated in the southern portion of the studied area are probably related to the basement of the Pimenta Bueno Basin, in a region that is believed to be thinner than the others. The depths of the magnetic sources acquired by the Euler Deconvolution solutions correspond to the results obtained in earlier studies.

Introdução

Por ocasião da construção da abertura da rodovia BR – 364, na década de 1960, e pela política de colonização implantada pelo Instituto Nacional de Reforma Agrária, em 1969, a cidade de Pimenta Bueno experimentou um crescimento econômico e populacional vertiginoso. Esse crescimento propiciou uma diversificação na economia da região que passou a ter a lavoura de arroz/café e extração de borracha como atividades principais. Porém, foi somente a partir de 1977 que a mineração começou a se tornar importante na região. Desde então, a mineração foi se desenvolvendo e concentrando suas atividades na extração de argila, pedras preciosas (diamante e ametista) e exploração de águas termais (NESTH, 2008). As atividades das empresas de mineração e outras instituições propiciaram um ganho no entendimento da evolução da Bacia Pimenta Bueno (BPB) e seu potencial para conter recursos minerais. Um bom exemplo são os trabalhos executados pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (CPRM/SGB). Dentre esses trabalhos podemos destacar: Soeiro *et al.* (1981), que utilizaram a integração de dados geológicos, geoquímicos, geofísicos e de furos de

sondagens para identificar áreas potenciais de depósitos de carvão energético. O trabalho dos citados autores também propiciou a descoberta de depósitos de calcário e barita no sul da BPB; Castro *et al.* (2010) utilizaram dados de furos de sondagens e identificaram áreas potenciais para a exploração de argila que poderiam abastecer a indústria cerâmica da região e, por fim; Silveira *et al.* (2010) publicaram um trabalho sobre os principais polos diamantíferos do Brasil, com ênfase nos polos de Mato Grosso e Rondônia. No estudo, os autores apresentaram o Distrito Diamantífero Espigão D'Oeste, no domínio da BPB, como o principal distrito diamantífero de Rondônia.

Outros trabalhos com uma abrangência mais regional também foram realizados. Siqueira (1989) integrou dados geológicos com dados geofísicos no intuito de fazer uma síntese da Bacia dos Parecis, que engloba a BPB, a fim de estabelecer correlações estratigráficas com outras bacias interiores brasileiras visando identificar potenciais sistemas petrolíferos. Bahia *et al.* (2007) fez uma nova análise da evolução tectono-sedimentar da Bacia dos Parecis com base em dados geológicos e geofísicos (gravimetria e magnetometria) mais recentes e compartimentou a Bacia dos Parecis em domínios tectônicos.

Apesar da existência dos excelentes trabalhos citados acima, ainda são poucos os trabalhos que tratam da BPB com a integração de dados geofísicos e informações geológicas. Nesse sentido, o presente trabalho procura ser uma contribuição ao conhecimento já existente, endossando as informações contidas nos trabalhos anteriores e trazendo novas interpretações e questões que poderão ser exploradas em trabalhos futuros.

Geologia

A área de estudo está inserida nos limites do Gráben Pimenta Bueno (GPB), parte integrante da Bacia dos Parecis (porção sudoeste do Cráton Amazônico - CA), no Estado de Rondônia (RO) (Figura 1). Durante o Paleozoico, o sudoeste do CA foi afetado por uma tectônica extensional que formou o GPB e que favoreceu a deposição dos sedimentos da Formação Pimenta Bueno (Trindade Netto *et al.*, 2015; Rizzoto e Quadros, 2005; Bahia, 2007).

Na região, somente a Formação Pimenta Bueno é aflorante, formada basicamente por folhelhos, arenitos, conglomerados, calcários e esporádicos siltitos carbonáticos depositados em ambiente glácio – marinho no Permocarbonífero (Bahia e Pedreira, 1996; Cruz, 1980 *apud* Bahia, 2007; Bahia, 2007; Siqueira, 1989). O embasamento na porção norte do GPB é formado por ortognaisses do Complexo Jamari e pelas rochas graníticas da Suíte Intrusiva Serra da Providência, enquanto que a porção sul é formada por paragneisses

do Grupo Nova Brasilândia (Rizzotto *et al.*, 1995; Scandola *et al.*, 1996; Rizzotto e Quadros, 2005).

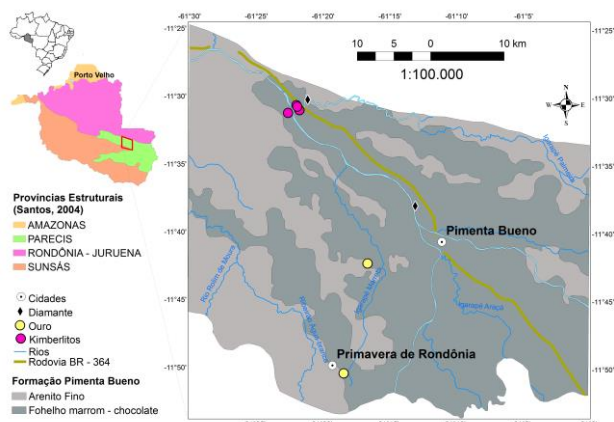


Figura 1: Localização da área de estudo (losango vermelho).

Durante o Mesozoico, uma nova fase extensional relacionada à abertura do Oceano Atlântico afetou a região sudoeste do CA possibilitando a intrusão de rochas kimberlíticas. Algumas dessas rochas ocorrem na porção norte do GPB (Figura 1) e caracteriza-se como corpos subcirculares com diâmetro variável e, em sua maioria, estão intemperizadas (Rizzotto e Quadros, 2007).

Por fim, ressalta-se a ocorrência de diamantes provenientes basicamente de aluviões recentes, mas há potencial para mineralizações primárias em chaminés de kimberlitos nas proximidades da cidade de Pimenta Bueno e em regiões adjacentes. Também são observadas ocorrências de ouro associadas à Formação Pimenta Bueno (Rizzotto e Quadros, 2007; Silveira *et al.*, 2010).

Metodologia

Os dados magnetométricos são provenientes do aerolevantamento geofísico do Projeto Rio Machado, adquiridos em 2009 pela Lasa Engenharia e Prospecção S/A, de domínio da CPRM. A altura de voo é de 100 metros, o espaçamento entre as linhas de voo é de 500 metros na direção N-S e das linhas de controle é de 10.000 metros na direção E-W. Para o processamento dos dados geofísicos foi utilizado o *software* Oasis Montaj™ 8.5 da Geosoft®. Os dados foram interpolados pelo método bidirecional, com tamanho de célula de 125 m (Billings e Richard, 2001), a partir dos quais foram geradas as imagens: Campo Magnético Anômalo (CMA) e suas derivadas direcionais (DX, DY e DZ), Amplitude do Sinal Analítico (ASA) (Nabighian, 1972; Roest *et al.*, 1992), Amplitude do Gradiente Horizontal Total (AGHT; Cordell e Grauch, 1982), Inclinação do Sinal Analítico (ISA; Miller e Singh, 1994) e Amplitude do Gradiente Horizontal Total da Inclinação do Sinal Analítico (AGHT-ISA; Verduzco *et al.*, 2004) (Figuras 2 e 3a). Por fim, foram feitas estimativas de profundidades utilizando-se o método de deconvolução de Euler (Thompson, 1982; Reid *et al.*, 1990) (Figura 3c). Para a análise das imagens e interpretações foi utilizado o *software* ArcGis 10.2 da ESRI®. Todo o processamento descrito acima foi feito no sistema de coordenadas UTM Zona 20S e datum SIRGAS 2000.

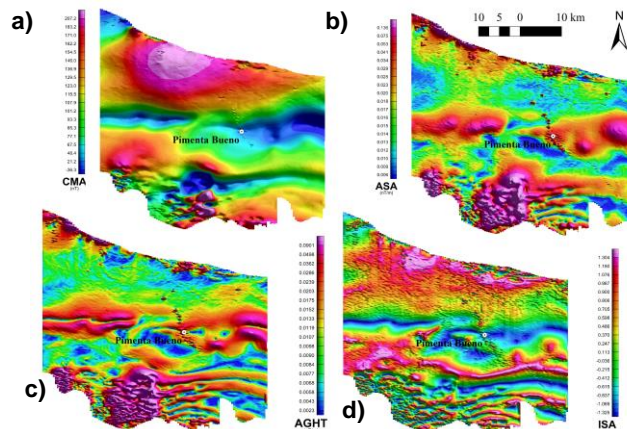


Figura 2: a) Imagem do CMA; b) Imagem da ASA; c) Imagem da AGHT; d) Imagem da ISA.

Resultados

A partir das imagens mencionadas no item anterior e diversas combinações entre elas, foram produzidos os seguintes mapas de interpretação: lineamentos e domínios magnetométricos (Figuras 3b e 3e).

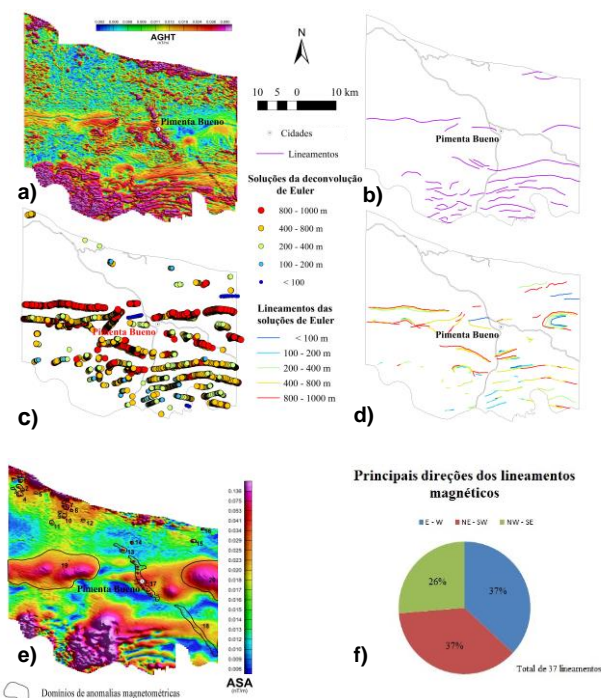


Figura 3: a) Mapa da AGHT-ISA; b) Mapa de lineamentos magnetométricos; c) Mapa apresentando as soluções da deconvolução de Euler; d) Mapa dos lineamentos interpretados a partir das soluções de Euler; e) Domínios de anomalias magnetométricas. Notar a tendência NNW – SSE que as anomalias de 1 a 14 e 17 e 18 formam e; f) Direções principais dos lineamentos magnetométricos.

A partir da realização de vários testes (Reid *et al.*, 1990), as soluções de profundidade Euler mais adequadas foram aquelas calculadas considerando o índice estrutural de 0,5, erro máximo entre 5 e 10 % na estimativa da profundidade e janela de 10 x 10 do tamanho da célula. As profundidades estimadas obtidas

foram plotadas em mapa (Figura 3c) e os lineamentos foram traçados observando a tendência linear que as soluções formavam e a intersecção entre elas (Figura 3d). A figura 3d, mostra que as maiores profundidades ocorrem mais na porção central da bacia, atingindo valores entre 800 – 1000 m.

As direções predominantes dos lineamentos magnetométricos são: E – W, NE – SW e NW – SE (Figura 3f). Os lineamentos NE – SW e NW – SE ocorrem, predominantemente, na porção sul da área, enquanto que os lineamentos E – W aparecem mais na região central da área. Alguns lineamentos com direção E – W possuem inflexão para NW ou NE (Figura 3b).

Algumas anomalias magnéticas de curto comprimento de onda foram agrupadas em 20 domínios magnetométricos (Figura 3e). Esses domínios foram selecionados com o intuito de se fazer uma correlação com os afloramentos de rochas kimberlíticas ou com os lineamentos que possivelmente possam ter alguma expressão na superfície. Por fim, vale ressaltar a existência de outras anomalias de comprimento de onda maiores que possam futuramente ser alvos de outros estudos de abrangência mais regional.

Discussão

As assinaturas magnéticas que mais chamam atenção no mapa de domínios magnetométricos da figura 3e são os domínios de 1 a 14, 17 e 18, que juntos formam um *trend* de anomalias magnetométricas, e os domínios 19 e 20, que são os maiores domínios (Figura 4).

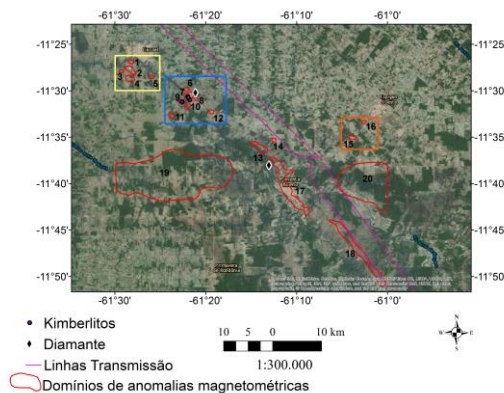
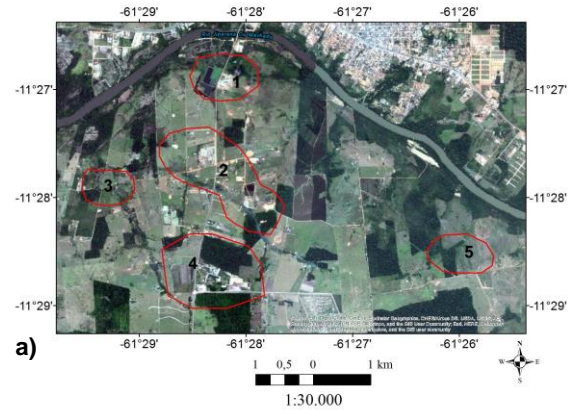


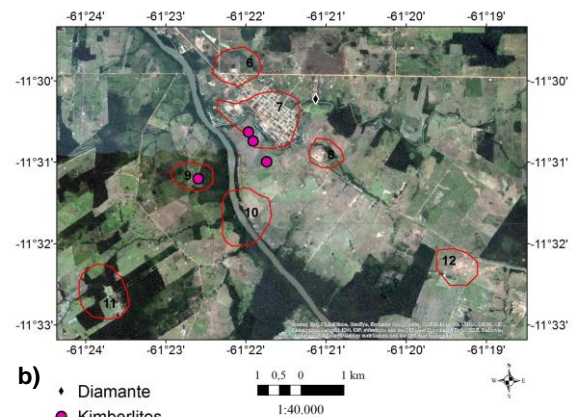
Figura 4: Mapa de domínios de anomalia magnetométrica e a localização de ocorrências de kimberlitos, diamante. Notar o trajeto das linhas de transmissão. Linhas de Transmissão (Classe A2 – tensão de fornecimento 88kV a 138kV). Fonte: ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (2010).

Os altos magnéticos dos domínios 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 13, 15 e 16 coincidem com locais de construção civil (Figura 5). No entanto, não foi possível determinar se tais construções são a real fonte desses altos magnéticos. Um fato interessante é que o domínio 7 também coincide com uma pequena cidade localizada no limite entre as cidades de Pimenta Bueno e Cacoal. Porém, nesse mesmo local, afloram três corpos kimberlíticos e, nas proximidades, há ocorrências de diamantes (Silveira et al., 2010)(Figura 5b). Desta forma, coloca-se em questão se as anomalias dos demais domínios (1, 2, 3, 4, 6, 13, 15 e 16) poderiam ser causadas por corpos kimberlíticos

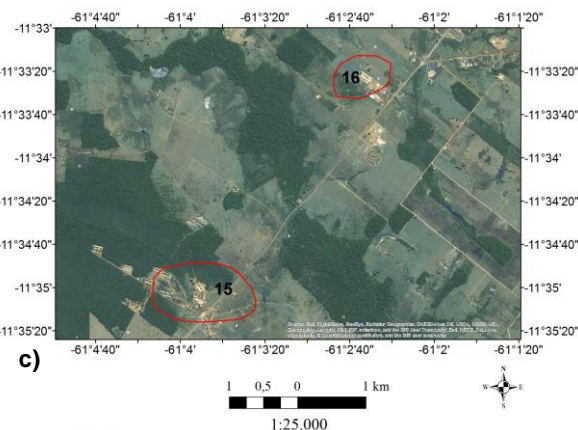
em subsuperfície ou se seriam assinaturas magnéticas associadas a construções civis. Não foi possível visualizar a localização do domínio 14 nas imagens devido à interferência de nuvens atmosféricas.



Domínios de anomalias magnetométricas



Domínios de anomalias magnetométricas



Domínios de anomalias magnetométricas

Figura 5: Detalhes dos domínios magnetométricos destacados nos quadrados da figura 4. a) Quadrado em amarelo. b) Quadrado em azul. c) Quadrado em laranja. Notar que os domínios 5, 9, 10 e 11 não coincidem com locais de construção civil e que o domínio 9 coincide com a localização de afloramento de rochas kimberlíticas.

A mesma situação ocorre para os altos magnéticos dos domínios 17 e 18, pois estes podem ser causados por uma linha de transmissão de energia elétrica que

apresenta a mesma direção que essas anomalias possuem (Figura 4). Na figura 4, o deslocamento entre as linhas de transmissão e as anomalias dos domínios 17 e 18 pode ser devido a questões de georreferenciamento (datum) e escala.

Os domínios 5, 9, 10 e 11 tem em comum o fato de não coincidirem com a localização de cidades ou construções civis (Figuras 5a e 5b). O domínio 9 está associado a afloramentos de kimberlitos (Figura 6a). Os domínios 5, 10 e 11 podem corresponder a rochas kimberlíticas em subsuperfície. O domínio 12 coincide com a localização de uma construção civil e, de acordo com as análises das imagens, aparenta ser um empreendimento garimpeiro. (Figura 6b)

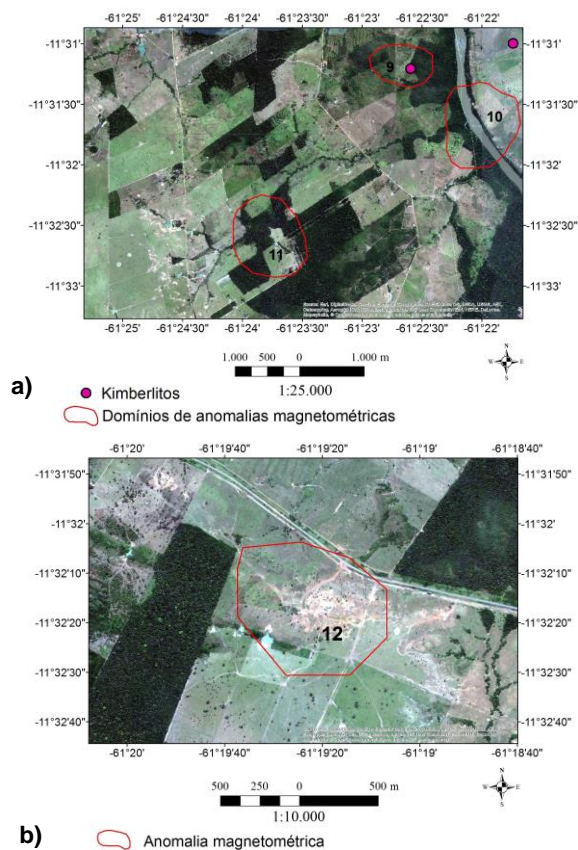


Figura 6: a) Domínios de anomalias magnetométricas. a) ocorrência de rocha kimberlítica próximo aos domínios magnetométricos 9 e 10. b) Possível empreendimento garimpeiro.

Por fim, têm-se os domínios magnetométricos 19 e 20, que são os maiores domínios identificados. O domínio 19 possui forma tabular, enquanto que o domínio 20 apresenta uma forma mais circular. Tendo como base os atributos dos mapas produzidos e analisando os mapas de interpretação, destaca-se que os lineamentos magnetométricos e lineamentos das soluções de Euler marcam o centro e o limite da fonte magnética, respectivamente (Ferreira *et al.*, 2010).

Com base em análise de estruturas rúpteis, Trindade Netto *et al.* (2015) identificaram quatro sistemas de falhas e juntas na porção do GPB que se encontra na folha Presidente Médici, à oeste da área estudada neste trabalho. Os dois sistemas mais significativos possuem direções N70W e E – W, que condicionaram a borda

norte do GPB. Um terceiro sistema de direção N – S caracteriza falhas de transferência como prolongamento das estruturas E-W e WNW-ESSE. O quarto sistema (NW – SE e NE – SW) forma pares conjugados (fraturas de cisalhamento), no domínio Nova Brasilândia. Os autores também identificaram janelas estruturais onde biotita paragneisse e metaturbiditos da Formação Migrantinópolis do Grupo Nova Brasilândia afloram mais a oeste da área estudada, onde a espessura dos sedimentos da Formação Pimenta Bueno é menor do que na porção leste.

Soeiro *et al.* (1980) utilizaram dados de sísmica de refração e de eletrorresistividade de três perfis orientados em SW – NE (perpendicular à estruturação ao GPB) e esboçaram a topografia do embasamento. O embasamento é irregular, com alternância de altos e baixos estruturais. Além disso, os valores de profundidades obtidas pelos autores são mais raso na porção sul da bacia, variando de 433 – 120 m (perfil R – 3) do que na porção central, variando entre 493 – 1000 m (perfil R – 1).

Os lineamentos magnetométricos interpretados neste trabalho estão em concordância com as análises feitas por Trindade Netto *et al.* (2015). O conjunto de lineamentos magnetométricos de direção NW – SE e NE – SW presentes no sul da área estudada podem estar relacionados ao embasamento da bacia (Grupo Nova Brasilândia), pois, como verificado por Soeiro *et al.* (1980), o embasamento é mais raso na porção sul do GPB. Além disso, as profundidades estimadas pela deconvolução de Euler neste trabalho sustentam os valores de profundidades obtidos por Soeiro *et al.* (2010), sendo que os maiores valores ocorrem na porção central da bacia (vide Figura 3c).

Considerando essas informações, a geometria e a estruturação das anomalias magnéticas dos domínios 19 e 20, altos estruturais do embasamento podem ser a causa dessas anomalias. Esses altos estruturais podem estar associados ao Grupo Nova Brasilândia e estariam cobertos pelos sedimentos da Formação Pimenta Bueno, aflorando na porção oeste e formando as janelas estruturais cartografadas por Trindade Netto *et al.* (2015).

Por fim, ressalta-se que trabalhos posteriores com etapas de pesquisa de campo são de extrema importância para que as informações geradas neste estudo sejam mais conclusivas.

Conclusões

Com este presente trabalho foi possível chegar às seguintes conclusões:

- Foram identificados 20 domínios magnetométricos principais, associados a anomalias magnéticas relevantes. Algumas dessas anomalias podem estar relacionadas a construções civis ou a corpos kimberlíticos em subsuperfícies, enquanto outras podem estar relacionadas ao embasamento da Bacia Pimenta Bueno.
- Os lineamentos magnetométricos e suas direções principais estão em concordância com os resultados obtidos em estudos anteriores. Os lineamentos na porção Sul da área estudada podem estar relacionados ao embasamento da bacia, sustentando a ideia de que a espessura de sedimento é menor nessa porção da bacia.

- Os lineamentos extraídos a partir das soluções de Euler mostraram correspondência com os lineamentos magnetométricos, sendo que os primeiros parecem delimitar as bordas das anomalias, enquanto que os segundos marcam o centro da fonte magnética anômala. Além disso, os valores de profundidades das fontes magnéticas observados neste estudo corroboram com aqueles obtidos por meio de outros métodos geofísicos em trabalhos anteriores.

Por fim, vale ressaltar a importância de pesquisas de campo e aquisição de novos dados para que as dúvidas acerca das fontes causadoras (se kimberlitos ou construções civis) possam ser elucidadas.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Divisão de Sensoriamento Remoto e Geofísica da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (DISEGE – CPRM/SGB) pelo fornecimento dos dados aerogeofísicos que foram utilizados no presente trabalho.

Referências

- Bahia, R. B. C., Martins - Neto, M. A., Barbosa, M. S. C., Pedreira, A. J., 2005, Análise da evolução tectonossedimentar da Bacia dos Parecis através de métodos potenciais, *Revista Brasileira de Geociências*, 37 (4) 639 – 649.
- Billings, S. D. and Richards, D., 2001, Quality control of gridded aeromagnetic data: *Exploration Geophysics*, v. 31, p.611-616
- Castro, J. M. R., 2009, Projeto argilas da Bacia Pimenta Bueno, Informe de Recursos Minerais, Série Rochas e Minerais Industriais, 5, Porto Velho, CPRM, p. 102
- Cordell, L., and V. J. S. Grauch, 1985, Mapping basement magnetization zones from aeromagnetic data in the San Juan Basin, New Mexico, In: W. J. Hinze, ed., *The utility of regional gravity and magnetic anomalies maps*: SEG, 181–197.
- Ferreira, F. J., Souza, J., Bongioiolo, A. B. S., Castro, L. G., Romeiro, M. A. T., 2010, Realce do gradiente horizontal total de anomalia magnéticas usando a inclinação do sinal analítico. Parte I – Aplicação a dados sintéticos, IV Simpósio Brasileiro de Geofísica, Brasília – DF.
- Linhas de Transmissão – Agência Nacional de Energia Elétrica, 2010. Disponível em:
<https://www.arcgis.com/home/item.html?id=fabcf580486e4549a871aab043240243>
 Site acessado em 22/01/2016
- Miller, H. G., and V. Singh, 1994, Potential field tilt — A new concept for location of potential field sources: *Journal of Applied Geophysics*, 32, no. 2–3, 213–217.
- Mineração e desenvolvimento sustentável em Pimenta Bueno – Rondônia, Núcleo de Estudos Sobre o Trabalho Humano da Universidade Federal de Minas Gerais, NESTH / UFMG, 2008. Texto disponível em:
http://www.redeaplmineral.org.br/pormin/noticias/legislacao/Pimenta_Bueno.pdf
 Acessado em 06/01/2006
- Nabighian, M.N., 1972. The analytic signal of two-dimensional magnetic bodies with polygonal cross-section: Its properties and use for automated anomaly interpretation. *Geophysics*, 37(3): 507-517.
- Reid, A. B., Allsop, J. M., Granser, H., Millett, A. J., Somerton, I. W., 1990, Magnetic interpretation in three dimensions using Euler deconvolution, *Geophysics*, Vol. 55, No 1, p. 80 – 91
- Rizzotto, G.J., Quadros, M.L.E.S., Scandolara, J.E., Silva, C.R., Bahia, R.B.C. 1995. Posicionamento estratigráfico da seqüência metavulcanossedimentar Roosevelt na região limítrofe dos estados de RO-MT. In: SBG-UFRGS-CPRM, Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, 5, Gramado, *Boletim de resumos expandidos*, 310-312.
- Rizzotto, G. J., Quadros, M. L. (2005). Geologia do Sudoeste do Cráton Amazônico. In: Horbe, Adriana; Souza, Valmir da Silva. (Org.). *Contribuições à Geologia da Amazônia*. 1ed. Belém. V. 4, p. 69-84.
- Rizzotto, G. J., Quadros, M. L. E. S., 2007, Geologia e recursos minerais do Estado de Rondônia: Sistema de Informações Geográficas – SIG: Texto Explicativo do Mapa Geológico e de Recursos Minerais do Estado de Rondônia – Escala 1:1.000.000. – Porto Velho: CPRM, 2007. 153p.
- Roest, W. R., J. Verhoef, and M. Pilkington, 1992, Magnetic interpretation using the 3-D analytic signal: *Geophysics*, 57, 116–125
- Santos, J. O. S. (2004). Geotectônica dos escudos das Guianas e Brasil-Central. In: Bizzi, L. A.; Schobbenhaus, C.; Vidotti, R. M.; Gonçalves, J. H. (Coords.). *Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil*. Brasília: CPRM. Cap. 4, p. 169-226.
- Scandollara, J.E., Rizzotto, G.J., Silva, C.R., Bahia, R.B.C., Quadros, M.L.S.E. 1996. Revisão geológica do Estado de Rondônia e áreas adjacentes. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 39, Salvador, Bahia. *Boletim de resumos expandidos*, 1:47-50.
- Silveira, F. V., Mandetta, P., Brito, R. S. C., Nolasco, N., 2010, Aspectos da Geologia dos Polos Diamantíferos de Rondônia e Mato Grosso – o Fórum de Juína, Projeto Diamante, Informe de Recursos Minerais, Série Pedras Preciosas, 7, Goiânia, CPRM, p. 102
- Siqueira L.P. 1989. Bacia dos Parecis. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 3:3-16.
- Soeiro R.S. 1981. *Projeto Prospecção de Carvão Energético em Rondônia*. Relatório final. DNPM/CPRM, Porto Velho.
- Trindade Netto, G.B., Lima, A.F., Castro, C.C. (2015). Geologia e recursos minerais da Folha Presidente Médici (SC.20-Z-C), Estado de Rondônia: Sistema de Informações Geográficas-SIG. Porto Velho: CPRM
- Thompson, D. T., 1982, EULDPH: A new technique for making computer-assisted depth estimates from magnetic data: *Geophysics*, 47, 31–37.
- Verduzco, B., J. D. Fairhead, C. M. Green, and C. Mackenzie, 2004, New insights into magnetic derivatives for structural mapping: *The Leading Edge*, 23, 116–119