



Processamento e Interpretação dos Dados Aerogeofísicos de Alta Resolução do Greenstone Belt Palmeiras, Pará.

Andréia Cristina Ruy, Adalene Moreira Silva, Walid El Koury Daoud

Copyright 2009, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 11th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil, August 24-28, 2009.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 11th 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 paper presents a way for mapping in highly weathered terrains using derivative products of high-density airborne geophysical data and their integration with geological data. The airborne survey was realized using gamma-ray spectrometry and a tree magnetometer configuration to improve the accuracy and resolution of the magnetic field.

The new products allowed a better definition of important geological features. The derivative products were grounded checked to examine the efficiency of the magnetic and gamma-ray responses to delineate geological domains. The magnetometric maps provided information to the structural framework and about specific lithological units like mafic and ultramafic bodies, while the gamma-ray spectrometric data brought strong insights about lithological better define geological contacts and tectonic structures

This products integrated with geological data mapped the favorable settings for the known gold mineralization, that represent a combination of structural and lithologic factors. The magnetic data were able to map shear zones and faults developed along lithologic contacts between units of contrasting competencies.

Introdução

O uso de dados multi-fontes no mapeamento geológico tem permitido o acesso a informações importantes sobre o arcabouço tectônico e unidades litoestruturais. Estas técnicas são especialmente difundidas em regiões com limitações naturais, como a amazônica. Nestas áreas, sensoriamento remoto orbital e a aerogeofísica tem sido protagonistas de um enriquecimento de informações geológicas (Paradella et al. 1999, Cunha et al. 2006).

O *Greenstone Belt* Três Palmeiras representa as supracrustais neoproterozóicas do Domínio Bacajá, compreendendo corpos alongados paralelos ao *trend*

WNW-ESSE, cuja composição litológica distingue metandesitos, metabasaltos, metadacitos, metatufos, xistos máficos, anfíbolitos, BIFs, quartzito, mica-quartzito xisto. As mineralizações auríferas estão relacionadas à zona de cisalhamento, margeando com contato destes corpos com granitóides (Vasquez *et al.* 2008).

Localização e Contexto Geológico

A área de estudo situa-se na porção central do estado do Pará, as margens do Rio Xingu, a sudeste da cidade de Altamira (Figura 01). A região é formada por rochas do Domínio Bacajá, Cráton Amazônico.

O Domínio Bacajá é composto pelo magmatismo transamazônico com fontes juvenis e de contribuição crustal arqueana (Macambira *et al.*, 2004, Vasquez, 2008). As unidades geológicas estruturam-se segundo NW-SE e WNW-ESSE, caracterizando uma tectônica transcorrente, marcada por extensas zonas de cisalhamento, paralelas e contínuas (Faraco 2005). Barros *et al.*(2007) definiu uma foliação em intensidades variáveis, nas direções entre N60°W a WNW-ESSE e mergulhos altos. Os autores evidenciam também uma cinemática dextral.

Vasquez *et al.* (2008), diferentemente das propostas de Jorge João *et al.* (1987) e Faraco *et al.*(2005) agrupa a litologia do Domínio Bacajá em seis associações litológica: ortognaises, rochas metassedimentares, ortogranulitos, sequências metavulcanosedimentares, granitóides e rochas charnoquíticas.

A sequência metavulcosedimentar compreende metaandesitos, metabasaltos, metadacitos, metatufos, xistos máficos, anfíbolitos, BIFs, quartzito, mica quartzito xisto. Na região em estudo, destaca-se o *Greenstone Belt* Três Palmeiras, cujos representantes metavulcânicas são Anfíbolito Itatá e Micaxisto Bacajá (Jorge João *et al.* 1987, Vasquez *et al.* 2008). A unidade encontra-se balizada por zona de cisalhamento (Faraco *et al.* 2005).

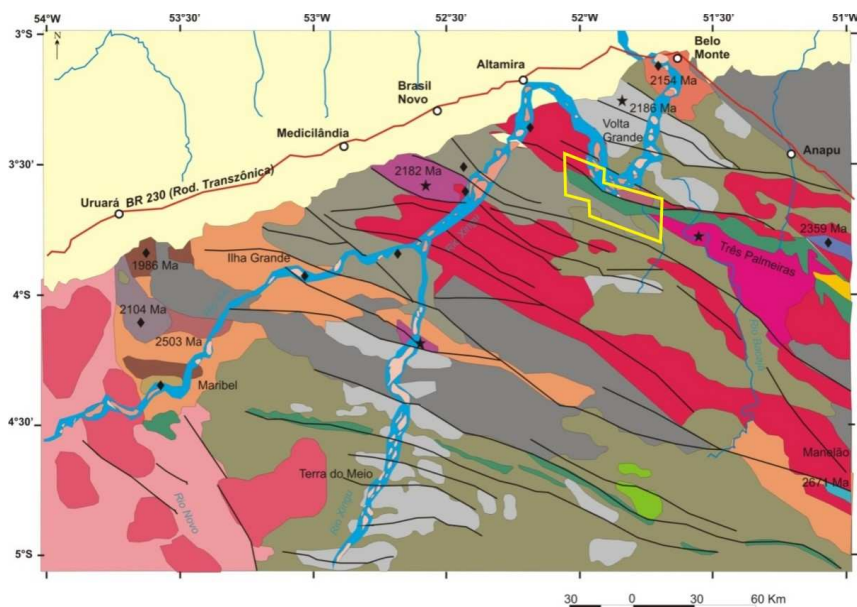


Figura 01 – Localização do Greenstone Belt Três Palmeiras, localizado na área do Volta Grande, PA. Unidades em verde representam as rochas supracrustais, incluindo a Sequência Três Palmeiras. Charnoquitos encontram-se representados pelas cores cinza e marrom., ortogneisses em laranja e demais tonalidades róseas representam diferentes granitos. O polígono amarelo representa a área estudada.

A mineralização aurífera está associada à zona de cisalhamento, no contato entre rochas metavulcânicas com rochas granitóides, sendo reconhecidos na área de estudo dois corpos mineralizados. Agnerian (2005) sugere que as zonas mineralizadas são tabulares, alongadas na direção NWN-ESSE, apresentando zonas silicificadas, com alteração hidrotermal e associadas a milonitos.

Natureza dos dados

Os dados geofísicos são oriundos de aerolevantamento particular realizado pela empresa LASA em junho de 2007. O levantamento totaliza aproximadamente 555 Km² e 3.087,00 km lineares de perfis de alta resolução. Os métodos empregados foram magnetometria gradiométrica e gamaespectrometria, com orientação N-S e espaçamento 200m e linhas de controle, perpendiculares, espaçadas a 2000m. As medidas foram realizadas com sobrevôo a 100 m de altitude. Os dados magnéticos foram captados em um sistema de três sensores, com resolução de 0,001 nT, com taxa de

amostragem de 10 Hz. O gamaespectrômetro composto por 256 canais espectrais possui dois conjuntos de cristais (NaI) de 1024 polegadas cúbicas cada (*downward looking*) e dois cristais, de 256 polegadas cúbicas cada (*upward looking*), com taxa de detecção por segundo (LASA 2007).

Processamento dos dados

O pré-processamento inicial foi realizado pela LASA pode ser consultado em Lasa (2007). O pré-processamento realizado pelos autores consistiu na interpolação dos dados, utilizando curvatura mínima (Briggs 1974) e geração de malhas regulares, com ¼ do espaçamento de linha de vôo. A interpolação adotada após testes foi 500 interações e foi seguida por uma etapa de micronivelamento (Blum 1999, Silva 1999).

Os procedimentos adotados para a interpretação dos dados magnetométricos seguiram o fluxo descrito: (i) Análise do campo magnético total, (ii) Cálculo das derivadas horizontais do campo magnético em horizontais em x(Dx) e y(Dy) e derivada vertical do

campo magnético (Dz) e a Amplitude do Sinal Analítico (ASA), (iii) Análise de Gradiente Horizontal Lateral dx (GRX) e Gradiente Horizontal Longitudinal dy (GRY), (iii) Discriminação dos lineamentos magnéticos, (iv) Delineamento de domínios com respostas magnéticas similares. (v) Elaboração de mapa integrado para as interpretações magnéticas

Para os dados gamaespectrométricos realizou-se: (i) Comparação da imagem correspondente a cada canal discriminado (K, eTh e eU) com a topografia, para estudar a influência do relevo sobre estes dados; (ii) análise do canal de contagem total para a definição de grandes domínios gamaespectrométricos; (iii) uso de composições em falsa cor (imagem ternária) do tipo RGB e CMY, com os canais de K, Th e U, para definição de unidades com assinaturas gamaespectrométricas semelhantes; (iv) cálculo das razões U/Th, Th/K e U/K na análise da sua correlação com os diversos domínios gamaespectrométricos e com as regiões onde estão mapeadas as mineralizações na região; (v) classificação hierárquica desses temas na elaboração do Mapa de Domínios Gamaespectrométricos ou Mapa Litogeofísico.

Interpretação dos dados

O realce das estruturas através da interpretação objetivou a demarcação de lineamentos magnéticos e domínios com padrões distintos. Os principais produtos utilizados nesta interpretação foram amplitude do sinal analítico (Figura 02) e o Gradiente Horizontal Lateral dx (GRX) e Gradiente Horizontal Longitudinal dy (GRY) (Figura 03 e 04).

A análise do relevo referente ao campo magnético anômalo foi auxiliada pela transformação linear amplitude do sinal analítico, demarcando a posição das fontes magnéticas e dos gradientes, cujo padrão textural é de suma importância na caracterização dos domínios magnéticos. Os gradientes horizontais, lateral (perpendicular a direção da linha de voo) e longitudinal (ao longo da linha de voo), promovem maior informação do campo magnético nos intervalos entre as linhas de voo (Redford 2006).

Optou-se pela apresentação integrada entre a interpretação dos domínios estruturais e feições

estruturais (Figura 05). Relatou-se alinhamentos magnéticos dominantes na direção NW-SE, acompanhando o alinhamento estrutural regional. Subordinadamente, a direção NE-SW apresenta dispersa. Entre seus lineamentos, destaca-se a presença de um dique na porção sul da região.

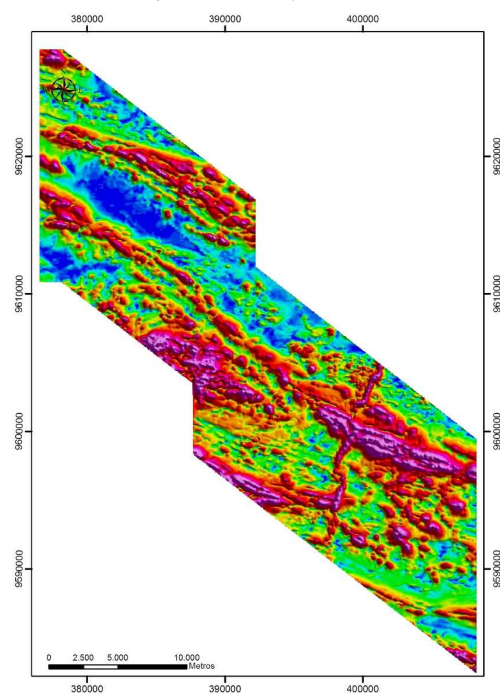


Figura 03 – Amplitude do sinal analítico do campo magnético

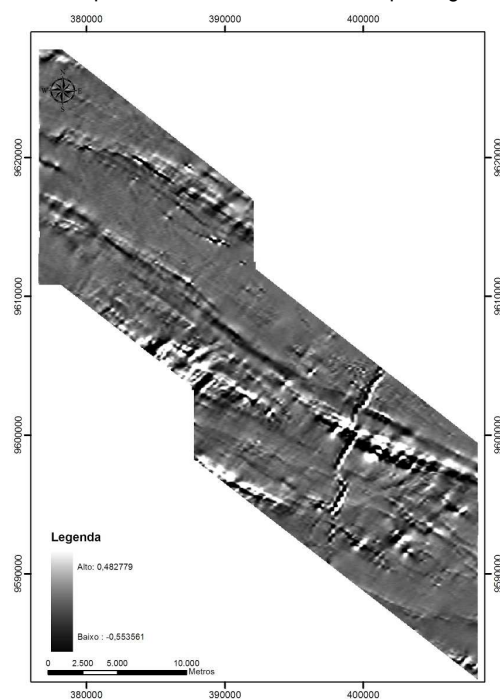


Figura 03 - Gradiente Horizontal Lateral dx (GRX)

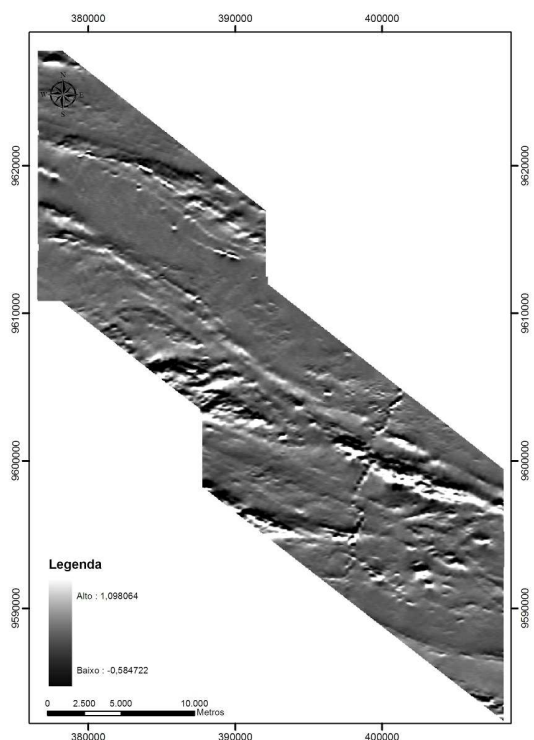


Figura 04 - Gradiente Horizontal Longitudinal dy (GRY)

Caracterizaram-se quatro domínios magnéticos: D1 - caracterizado por assinaturas muito baixas, localizado na porção noreoeste da área; D2 - com assinaturas baixas; D3 - de valores médios que possui ampla distribuição espacial e D4 - com os maiores valores de amplitude. Os dois últimos configurando corpos alongados NE-SW.

O Mapa Litogeofofísico foi interpretado a partir da integração entre a composição ternária RGB (K, eTh, eU) e o MDT (Figura 06), auxiliando na caracterização de bordas e contatos entre os domínios. Foram individualizados 26 domínios, interpretados qualitativamente, baseando-se no percentual de radioelementos (Figura 07).

Correlação com Geologia e Mineralização

Genericamente, a geologia da área pode ser dividida em rochas metasedimentares, metavulcânicas e granitóides. A seqüência do *greenstone belt* é bem evidenciada nos dados magnetométricos, devido à presença de magnetita em sua composição. A Amplitude do sinal analítico pode ser utilizada como um excelente guia para mapeamento desta unidade.

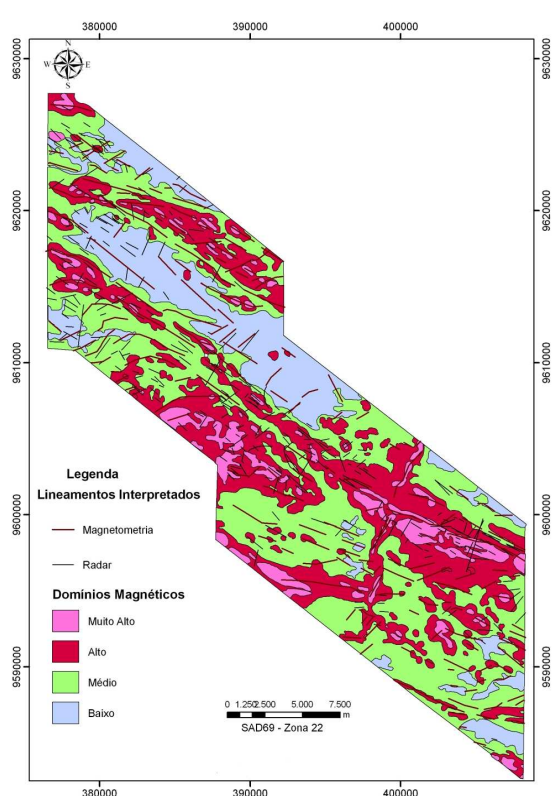


Figura 05 - Mapa integrado dos domínios e lineamentos magnéticos. Ressaltando corpos magnéticos com direção NE-SW, assinatura das rochas metavulcanosedimentares do *Greenstone Belt* Três Palmeiras.

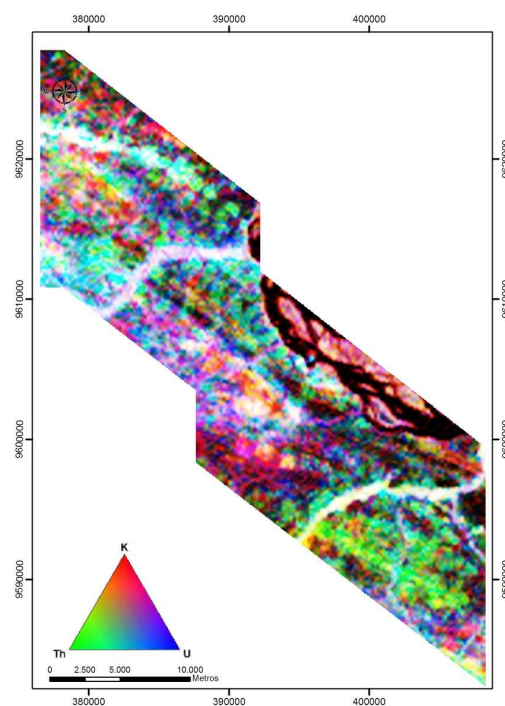


Figura 06 - Composição ternária RGB (K: eTh: eU).

A caracterização da assinatura gamaespectrométrica permitiu a delimitação de baixos radioelementos peculiar a rochas máficas/ultramáficas, caracterizadas por domínios em tons de preto, e em locais vermelho, evidenciando algum acúmulo de potássio e possível alteração hidrotermal. Este estudo permitiu a delimitação de uma nova porção de rochas máficas a extremo NW da área. Na porção central, sobre forte influência magnética e assinatura rica em radioelementos, exibindo uma coloração branca, e localmente alaranjada, foi mapeado em subsuperfície como uma rocha de composição granítica.

A integração dos dados geológicos e geofísicos foi efetiva na caracterização e delimitação dos dois corpos granitóides, associados à mineralização (Figura 08). Estes corpos apresentam assinaturas gamaespectrométrica distintas: do corpo a norte é clara, indicando alto dos três radioelementos, localmente porções com enriquecimento de tório e urânio, sendo classificado como diorito a partir de amostras e sondagem. No segundo corpo, de composição granodiorítica, apresenta assinatura mais difusa. Esta melhor delimitação das assinaturas e a compreensão das zonas de zona de cisalhamento culminaram em descoberta de alvos potenciais na região.

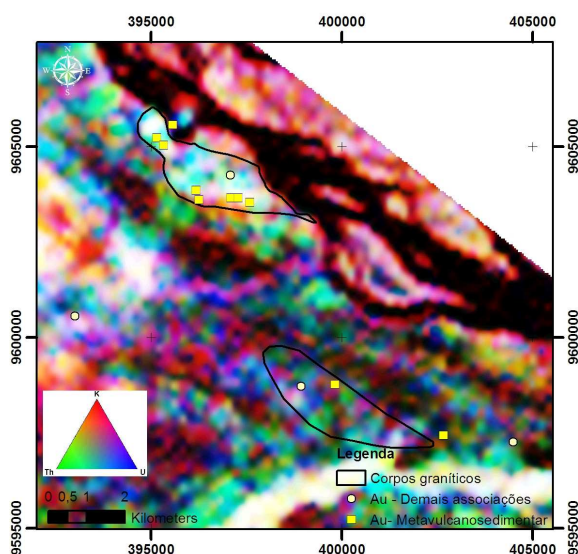


Figura 08- Interpretação dos corpos graníticos em contato com o greenstone belt e mineralizações auríferas associadas(Vasquez *et al.* 2008).

Conclusões

Os dados aerogeofísicos foram decisivos na delimitação dos corpos geológicos. A partir da perspectiva regional, os produtos geofísicos foram essenciais para a caracterização das unidades geológicas.

Outro ponto importante foi a delimitação de assinaturas das áreas mineralizadas, auxiliando na previsibilidade de novos alvos, dentro e fora das áreas conhecidas como mineralizadas.

Agradecimentos

Agradecimentos especiais a empresa Verena Mineração Ltda. Pela concessão dos dados aerogeofísicos e geológicos. Ao LGA-UnB pela infra-estrutura e a UnB pela concessão do mestrado.

Referências

- AGNERIAN, H. 2005 Technical Report on the Volta Grande gold properties- Prepared by Verena Minerals Corporation. Relatório Técnico- 85 pag.
- BARRO, C. E. C. M. MACAMBIRA, M. J. B., SANTOS, M. C. C. S, SILVA, PALMEIRA, L. C. M. SOUSA, M. M. 2007. Estruturas sinmagmáticas e idade de zircão de granitos (evaporação de Pb) paleoproterozóicos da parte leste do domínio Bacajá, Província MaroniItcaíunbas. Revista Brasileira de Geociências, 37(2): 293-304.
- 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. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 229p.
- BRIGGS I.C. 1974. Machine contouring using minimum curvature. Geophysics, 39: 39-48.
- CUNHA, E.R. S. P., SANTOS, A. R. ; Paradella W. R. ; C. E. M. BARROS, A. G. do Vale, VENEZIANI, P.2006. Integração de Dados de Radar, Aerogamaespectrométricos e Geológicos nos Domínios do Complexa Granítica Estrela, Província Mineral de Carajás. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 36, n. 1, p. 327-335,
- FARACO, M. T. L., VALE, A. G., SANTOS, J. O., LUZARDO, R, FERREIRA, A., OLIVEIRA, M., MARINHO, P.A. C. 2005. Levantamento Geológico da Região ao Norte da Província Carajás. In: HORBE A. M. C. & SOUZA W. S. (Org.). Contribuições à Geologia da Amazônia. 1 ed. Manaus: SBG, 2005, v. 4, p. 32-47.
- JORGE JOÃO, X. da S.; VALE, A.G.; LOBATO, T. de A.M. Altamira: folha SA.22-Y-D, Estado do Pará. Texto explicativo, escala 1:250.000. Brasília: DNPM/CPRM, 1987. 31 p., il. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil (PLGB).
- LASA ENGENHARIA E PROSPECÇÕES S.A. 2007. Relatório final do levantamento e processamento dos dados magnetométricos e gamaespectrométricos. Área Volta Grande. Volume I, Texto técnico.
- MACAMBIRA, M. J. B., SILVA, D. C. C. ; VASQUEZ, M. L. ; BARROS, C. E. M. 2004. Investigação do limite arqueano-

paleoproterozóico ao norte da Província de Carajás, Amazônia Oriental. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 2004, Araxá. Anais, 2004. V. 42.

PARADELLA W. R.; SANTOS, A. R.; VENEZIANI, P.; MORAIS, M. C.. Synthetic Aperture RADAR for Geological Applications in the Moist Tropics: Experiences from the Brazilian Amazon Region. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 30, n. 1, 2, 3, p. 1-10, 2000.

Reford, S., 2006, Gradient enhancement of the total magnetic field: The Leading Edge, 25, no.1, 59-66.

SILVA, A. M. 1999. Integração de dados geológicos e geofísicos utilizando-se uma nova técnica estatística para seleção de alvos para exploração mineral, aplicada ao Greenstone Belt Rio das

Velhas, Quadrilátero Ferrífero. Tese de Doutorado nº 29. Instituto de Geociências- UNB. 195 p.

VASQUEZ, M. L.; ROSA COSTA, L.T.; SILVA, C M G; KLEIN, E. L.. Compartimentação Tectônica (Geologia e recursos Minerais do Estado do Pará). In: Vasquez, M.L.; Rosa-Costa, L.T. (Org.). Geologia e Recursos Minerais do Estado do Pará: Sistema de Informações Geográficas SIG: texto explicativo dos mapas Geológico e Tectônico e de Recursos Minerais do Estado do Pará. Belém: CPRM, 2008, v., p. 39-112.

VASQUEZ, M. L., MACAMBIRA, M.J.B., ARMSTRONG, R.A. 2008. Zircon geochronology of granitoids from the western Bacajá domain, southeastern Amazonian craton, Brazil: Neoproterozoic to Orosirian evolution. Precambrian Research 161:279–302

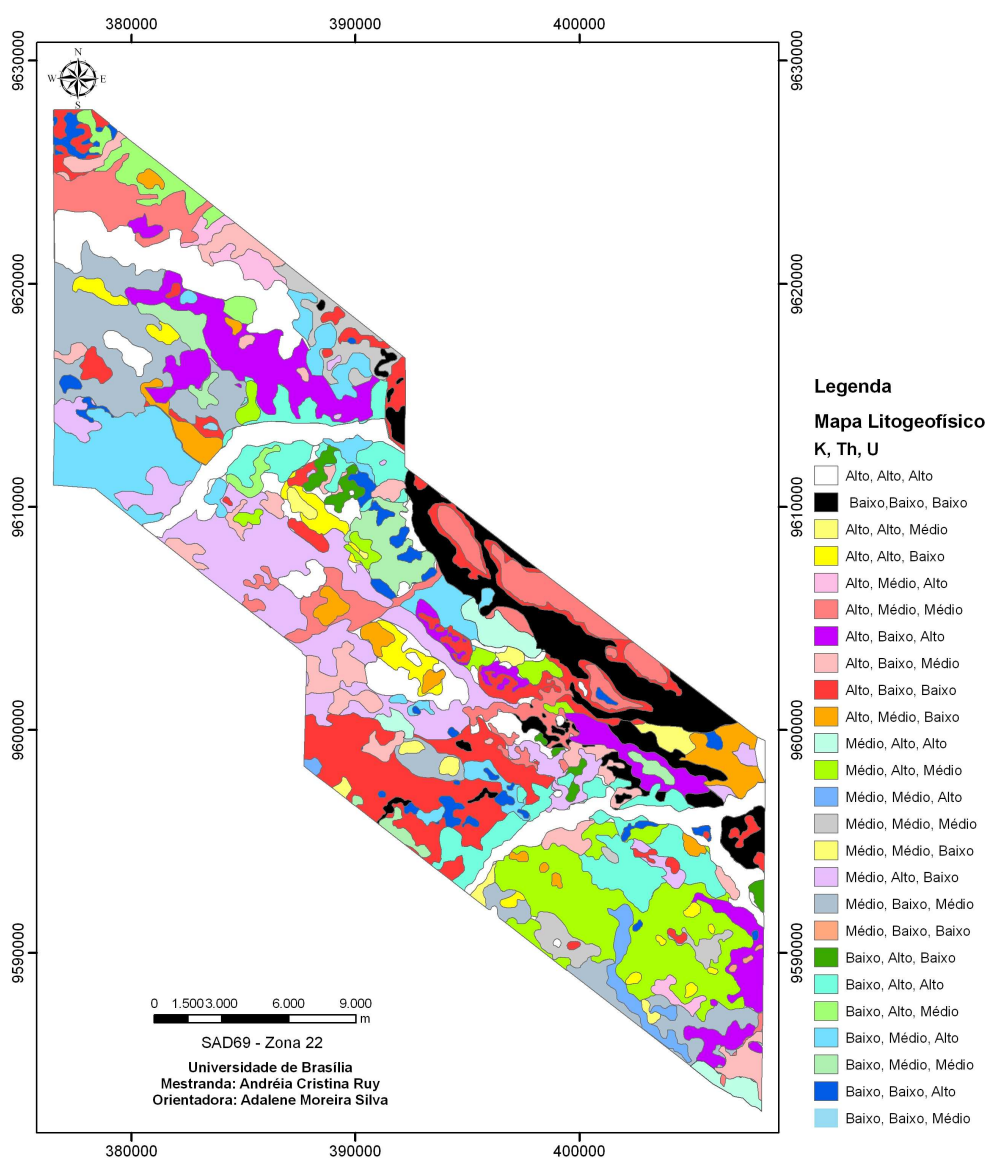


Figura 07– Mapa Litogeofísico para a região de Volta Grande do Xingu, interpretado em escala 1:100.000. Ressaltando 26 domínios e alongamento de corpos a NE-SW.