

A importância da aerogeofísica de alta resolução no mapeamento geológico: exemplo Domínio Erepecuru-Trombetas noroeste do estado do Pará

Cristiane Silva de Sousa¹, Marcelo Lacerda Vasquez¹
CPRM – Serviço Geológico do Brasil

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

The integration of high resolution airborne geophysical data and remote sensing images has been applied to support the geological mapping, especially in remote areas poorly known with limited exposure as the Amazon. This work is focus on magnetometry and gamma-spectrometric data from the northwest of the Pará State in Brazil, the Erepecuru-Trombetas Domain. These geophysical data were integrated with SRTM images and scarce geological field data. In the selected examples to illustrate the potential of these products the gamma-spectrometric maps allowed to distinguish lithological units with different composition, while magnetic maps were applied to delineate structural lineaments, swarm mafic dykes and carbonitite complexes. These integrated products have been fundamental tool improve the geological mapping in the Amazonian areas.

Introdução

A CPRM-SGB - Serviço Geológico do Brasil retomou os levantamentos aerogeofísicos de alta resolução a partir de 1999, localizado em diversas áreas do território brasileiro, principalmente na Amazônia, tendo como principal objetivo contribuir para o conhecimento geológico e impulsionar as perspectivas no setor de prospecção mineral no país.

O Domínio Erepecuru-Trombetas (DET) localizado na porção noroeste do estado do Pará é uma das regiões de menor conhecimento geológico do território paraense, devido ser uma área de densa cobertura vegetal, grande dificuldade de acesso e espesso capeamento de solo. Os dados analisados pertencem aos Projetos Aerogeofísicos Paru do Oeste, Trombetas e Mapuera (Fig.1), o qual foi levantado com linhas de voo de direção N-S e espaçamento de 1 km a uma altura de 100 metros sobre o terreno. Maiores detalhes sobre estes projetos podem ser encontrados no site da CPRM www.cprm.gov.br. O objetivo deste trabalho é ressaltar a importância da utilização dos dados aerogeofísicos, especificamente os magnetométricos e gamaespectrométricos integrados as imagens de radar e satélite no auxílio a cartografia geológica, principalmente em regiões ínvias com poucos

trabalhos geológicos de campo, como é o caso desta área. A interpretação qualitativa dos dados aéreos magnetométricos e gamaespectrométricos de alta resolução integrados as imagens de satélites, SRTM e levantamentos geológicos anteriores, permitiram uma ampla visualização da distribuição e configuração espacial das unidades litológicas e estruturas tectônicas, tendo uma grande contribuição na elaboração do Mapa Geológico do Estado do Pará (Vasquez *et al.* 2008) (Fig. 2).

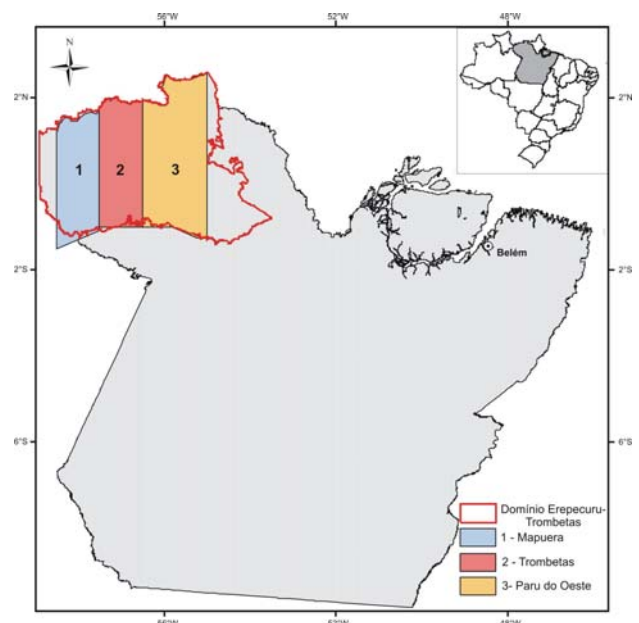


Figura 1 – Localização das áreas dos levantamentos aerogeofísicos e do Domínio Erepecuru-Trombetas.

Contexto Geológico

O DET possui um embasamento arqueano-paleoproterozóico composto pelos gnaisses, migmatitos e granitóides do Complexo Indiferenciado, e alguns restos de rochas metavulcano-sedimentares da unidade Rochas Supracrustais 2 (Fig. 2). A natureza das rochas do embasamento desse domínio é desconhecida, mas suas estruturas e texturas indicam que elas sofreram metamorfismo e deformação. Os eventos termo-tectônicos impressos nestas rochas estão relacionados às orogêneses do Ciclo Transamazônico, conforme sugerem os dados isotópicos K-Ar e Rb-Sr dos trabalhos pioneiros do Radam (Araújo *et al.* 1976). O embasamento do DET é amplamente cortado e recoberto por uma associação vulcano-plutônica intracontinental do Paleoproterozóico (Período Orosiriano) representada pelas rochas

vulcânicas e piroclásticas do Grupo Iricoumé, e pelas rochas graníticas das suítes intrusivas Água Branca e Mapuera (Fig. 2). Esta associação não sofreu metamorfismo e deformação dúctil relacionada a um evento orogênico, suas rochas são isotropas ou apresentam uma incipiente orientação primária por fluxo magmático ou acamadamento. Os batólitos de ambas as suítes em geral apresentam-se orientados segundo NW-SE, mas alguns corpos da Suíte Intrusiva Mapuera estão orientados segundo N-S. Os granodioritos e granitos da Suíte Água Branca apresentam uma assinatura cálcio-alcalina evoluída (tipo I), com magmas originados a partir de crosta paleoproterozóica mais antiga (TDM Nd de 2,47 a 2,14 Ga – Almeida 2006) e idades de cristalização entre 1901 e 1890 Ma (Almeida 2006, Valério 2006). Os dados de isótopos de Nd dos granitos da Suíte Intrusiva Mapuera também apontam para fontes crustais paleoproterozóicas (TDM Nd de 2,25 a 2,12 Ga – Reis *et al.* 2006), mas são granitos um pouco mais jovens (1865 a 1889 Ma – Santos 2003, Almeida 2006, Valério 2006) e com uma assinatura alcalina supersaturada (tipo-A). Também ocorrem associadas a este magmatismo tipo-A pequenas intrusões sieníticas (Sienito Erepecuru). As rochas vulcânicas reunidas no Grupo Iricoumé variam de riolitos a andesitos, com seus equivalentes piroclásticos associados, mas geralmente predominam rochas félsicas que correspondem aos equivalentes extrusivos dos granitos das suítes acima descritas (Almeida 2006). Por isso essas rochas com idades entre 1883 e 1896 Ma (Costi *et al.* 2000, Santos 2003, Almeida 2006, Valério 2006) mostram uma assinatura geoquímica que varia de cálcio-alcalina a alcalina (Jorge João *et al.* 1984). Em alternativa aos ambientes de arcos magmáticos de margem ativa seguida por riftes intracratônicos (ex. Santos 2003), Almeida (2006) propôs uma evolução para esses eventos magmáticos relacionada exclusivamente a processo de *underplating* em um ambiente extensional. Sobre as rochas vulcano-plutônicas do Orosiriano estão depositadas rochas sedimentares da Formação Urupi. Geralmente são cristas e platôs orientados segundo o trend NW-SE. Estas coberturas sedimentares são compostas de quartzo arenitos, arcóseos e arenitos líticos com contribuição de fontes vulcânicas félsicas, (Jorge João *et al.* 1984). Esta unidade marca uma sedimentação de rifte continental posterior ao vulcano-plutonismo félsico de cerca de 1870 Ma e anterior ao magmatismo máfico de 1780 Ma, representado pelos diques e soleiras de diabásio que cortam esta formação na região de Quarenta Ilhas mais a noroeste (Reis *et al.* 2003).

O magmatismo máfico intracontinental no DET é representado pelas Rochas Máficas Indiferenciadas e o Diabásio Suretama (Fig. 2). Os corpos de ambas as unidades ocorrem como platôs e cristas de orientação variada. O Diabásio Suretama apresenta uma assinatura geoquímica típica de basaltos intracontinentais (Jorge João *et al.* 1984) e idade K-Ar de 1420 Ma (Araújo *et al.* 1976). Os corpos das Rochas Máficas Indiferenciadas não contam com informação de campo foram mapeados principalmente por sensores remotos e aerogeofísica. Por analogia com as demais ocorrências de rochas máficas da região de estudo e adjacências, eles foram posicionados no Proterozóico. No entanto, também

ocorrem enxames de diques de diabásio do Mesozóico, denominados Cassiporé ou Penatecaua, de idades Ar-Ar triássicas (210 a 199 Ma – Cunha *et al.* 2007) e K-Ar (188 a 130 Ma – Araújo *et al.* 1976).

O magmatismo alcalino intracontinental está representado pelo Sienito Mutum e o Complexo Alcalino Maicuru. Este último é um complexo carbonatítico do Neoproterozóico (612 Ma – Lemos e Gaspar 2002) com rochas máficas e ultramáficas associadas e depósitos de Ti e P

Metodologia

Os dados originais xyz foram importados para o *Geosoft's Oasisi Montaj™ v.7.0*, delimitado para a área de interesse, foram gerados os *grids* (250x250 metros) dos diversos temas aerogeofísicos. Após a geração dos *grids* foram gerados os mapas aerogeofísicos magnetométricos (Campo Total, Primeira Derivada Vertical do Campo Magnético Total e Sinal Analítico do Campo Magnético Total) e gamaespectrométricos (Tório, Potássio, Urânio e Contagem Total). Após a interpretação dos dados aerogeofísicos, fez-se a sobreposição dos resultados com as imagens SRTM, visando uma melhor delimitação do sinal geofísico. O uso do radar SRTM contribuiu para a análise do relevo topográfico e dos sistemas de drenagem da região, além de auxiliar na delimitação de feições estruturais.

Gamaespectrometria

A gamaespectrometria é utilizada para mapeamento geoquímico dos elementos radioativos potássio, urânio e tório, porque refletem variações nos teores desses elementos nos primeiros 30-40 cm da superfície da Terra (Dickson & Scott 1997). No estudo dos dados radiométricos o canal do Th, Contagem Total e a Imagem Ternária (RGB e CMY) da composição dos elementos Th, U e K foram os que contribuíram com a maior parte das informações cartografadas. Destacando-se aqueles relacionados aos granitóides da Suíte Intrusiva Mapuera, normalmente representadas por valores radiométricos elevados e as rochas vulcânicas do Grupo Iricoumé apresentando valores de radiação gama que variam de intermediário a baixo. As rochas do embasamento representadas por rochas de composição básica a intermediária como os gnaisses, migmatitos e granitóide do Complexo Indiferenciado estão relacionados a fontes de baixa emissão de radiação gama. É importante salientar que diferentes litotipos podem estar em uma mesma faixa de valores de radiação gama, como também um mesmo litotipo podem apresentar porções quimicamente diferentes, mostrando valores radiométricos distintos. Foram também utilizadas as imagens de radar do SRTM com intuito de melhor delimitar as unidades definidas pela gamespectrometria.

Magnetometria

A aeromagnetometria é uma ferramenta importante para auxiliar no mapeamento geológico principalmente na identificação de lineamentos estruturas e na prospecção mineral fornecendo dados de fontes da superfície e subsuperfície, podendo determinada anomalia geofísica refletir estruturas não aflorantes na superfície do terreno. Portanto, os resultados da interpretação

magnetométricas devem ser integrados com os mais diversos sensores remotos. A interpretação dos dados magnéticos tem por objetivo separar grandes domínio/unidades e lineamentos a partir das características das feições magnetométricas (textura, forma das anomalias, intensidade, amplitude e direção magnetométrica predominante). Na área estudada foram identificadas feições magnéticas indicativas de falhas/fraturas, lineamentos estruturais, intrusões básicas/ultrabásicas e litologias ricas em minerais ferromagnesianos.

Resultados

A interpretação qualitativa dos dados aerogeofísicos da área estudada permitiram através da gamaespectrometria integrada as imagens de radar (SRTM) e somada aos dados de levantamento geológicos existentes nesta região, a identificação de feições relacionadas a rochas de composição ácidas associadas a Suíte Intrusiva Mapuera que se destaca pelo relevo gamaespectrométrico alto e concentrações muito elevadas marcadas pela cor magenta e destacado na imagem SRTM por sua expressão morfológica (Fig. 3). As rochas do Grupo Iricoumé (vulcânicas ácidas a intermediária) e as rochas do Complexo Indiferenciado (gnaiesses, migmatitos e granitóides) mostram relevo semelhante na imagem SRTM (arrasado), mas na gamaespectrométrico o relevo para as rochas vulcânicas é rugoso, com concentrações que variam de moderadas a baixas, representadas por tons verde e azul, e predominam na parte oeste da área (Fig. 4). Por sua vez, as rochas do embasamento apresentam relevo gamaespectrométrico mais suave com concentrações que variam de muito baixa (tons azul) a alta (tons vermelho) e predominam na parte leste do domínio (Fig. 5). Os dados aeromagnetométricos contribuíram na identificação dos lineamentos estruturais e associados à gamaespectrometria auxiliaram na delimitação e orientação de corpos máficos (gabros e diabásios) e complexos carbonatíficos. Contrastes magnéticos (sinal analítico e primeira derivada) exibiram feições dipolares alinhadas relacionadas a diques de grandes extensões quilométricas geralmente de direção aproximadamente N-S. Diques de menor comprimento foram observados também nas direções NE-SW e NW-SE (Fig. 2).

Conclusão

A aerogeofísica de alta resolução forneceu através do estudo dos dados gamaespectrométricos e magnetométricos uma grande variedade de informações geológica fundamentais para a melhoria da cartografia geológica da porção noroeste do Pará, provando ser uma ferramenta indispensável para mapeamento geológico, sobretudo em áreas como a estudada, que apresenta grande dificuldade de acesso e densa cobertura vegetal.

Referencias Bibliográficas

Almeida, M.E. 2006. Evolução geológica da porção centro-sul do Escudo das Guianas com base no estudo geoquímico, geocronológico (evaporação de Pb e U-Pb ID-TIMS em zircão) e isotópico (Nd-Pb) dos granitóides paleoproterozóicos do sudeste de

Roraima, Brasil. Universidade Federal do Pará, *Tese de Doutorado*, 227p.

Araújo, J.F.V. *et al.* 1976. Geologia. In: BRASIL. DNPM. Projeto Radambrasil. Folha SA. 21 - Santarém: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. 122p.

Costi, H.T.; Dall'agnol, R.; Moura, C.A.V. 2000. Geology and Pb-Pb geochronology of paleoproterozoic volcanic and granitic rocks of Pitinga Province, Amazonian Craton, northern Brazil. *International Geology Review*, v.42, n. 9, p.832-849.

Cunha, P.R.C., Melo, J.H.C, Silva, O.B. 2007. Bacia do Amazonas. *Bol. Geoc. Petrobras*, 15(2):227-251

Dickson, B.L. & Scott, K.M. 1997. Interpretation of aerial gamma-ray surveys – adding the geochemical factors. *AGSO Journal of Australian Geology & Geophysics* 17(2):187-200.

Geosoft – Oasis Montaj, 7.0 – 2008 – Technical Support. Jorge João, X. da S *et al.* 1984. Projeto Trombetas – Mapuera: relatório final. DNPM/CPRM, v.I e II.

Lemos, R.L.; Gaspar, J.C. 2002. O magmatismo kamafugítico em Maicuru e seu ambiente tectônico. In: Cong. Bras. Geol. 41, João Pessoa. *Anais...* p. 539.

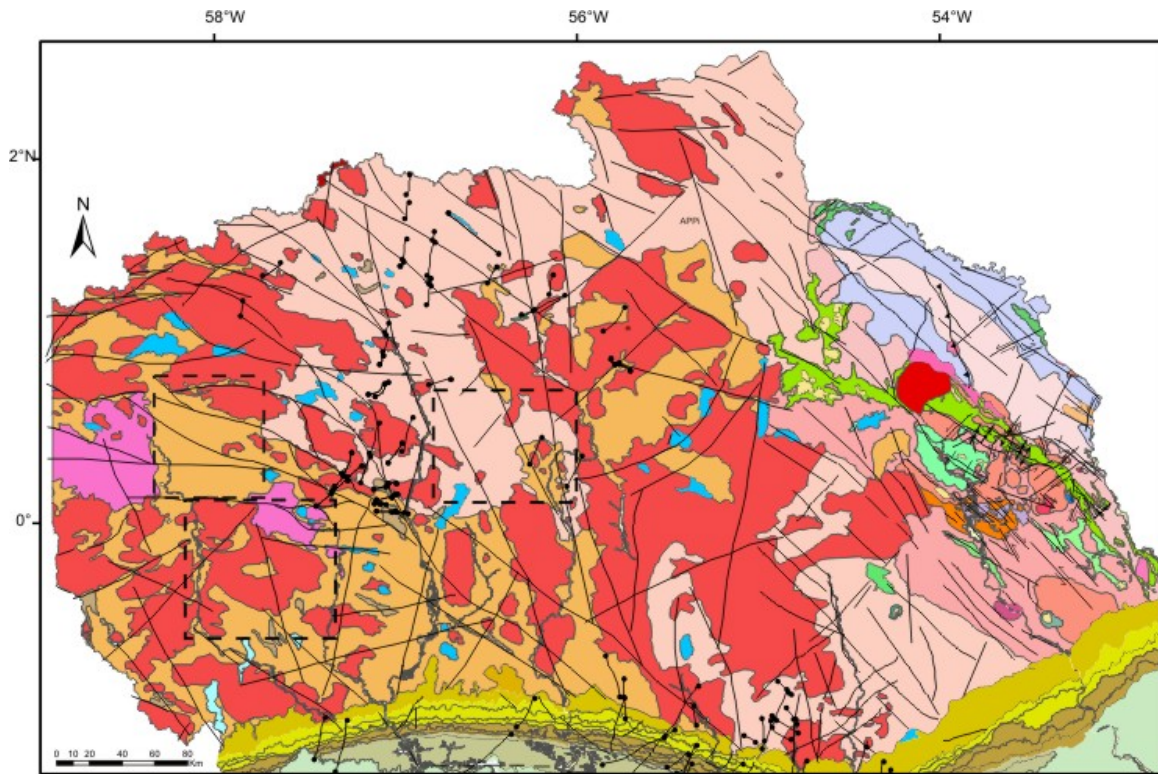
Reis N.J. *et al.* 2003. Geologia do Estado de Roraima, Brasil. *Géologie de la France*, p. 121-134.

Reis, N.J. O quadro estratigráfico da Bacia do Alto Tapajós na região de Apuí, Amazonas – implicações sobre seus status paleozóico. In: Cong. Bras. Geol. 43, Aracajú. *Anais...* p.104.

Santos, J.O.S. 2003. Geotectônica do Escudo das Guianas e Brasil-Central. In: Bizzi, L.A. *et al.* (Ed.). Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas e SIG. CPRM-Serviço Geológico do Brasil, p.169-226.

Valério, C.S. 2006. Magmatismo paleoproterozóico do extremo sul do Escudo das Guianas, município de Presidente Figueiredo (AM): geologia, geoquímica, e geocronologia Pb-Pb em zircão. Universidade Federal do Amazonas, Dissertação de Mestrado, 112p.

Vasquez, M.L.; Sousa, C.S.; Carvalho, J.M.A. (Orgs.). 2008. Mapa Geológico e de Recursos Minerais do Estado do Pará, escala 1:1.000.000. Programa Geologia do Brasil (PGB), Integração, Atualização e Difusão de Dados da Geologia do Brasil, Mapas Geológicos Estaduais. CPRM-Serviço Geológico do Brasil, Superintendência Regional de Belém.



Unidades Litoestratigráficas

Magmatismo Alcalino Intracontinental

- MP15su** **Complexo Alcalino Maicuru:** piroxenitos dominantes, dunitos, sienitos traquitos, carbonatitos, glimeritos e apatititos.
- MP16su** **Sienito Mutum:** nefelina sienitos médios a grossos, isotrópicos.

Magmatismo Máfico Intracontinental

- MP15su** **Diabásio Suretama:** olivina diabásios isotrópicos, subalcalinos a alcalinos.
- PP34a** **Rochas Máficas Indiferenciadas:** corpos máficos individualizados com base em sensores remotos, aerogeofísica e restritas informações de campo.

Cobertura Sedimentar

- PP3ur** **Formação Urupi:** arenitos (arcoseanos, micáceos, líticos e feldspáticos), conglomerados, argilitos e siltitos, com níveis de tufos e rochas vulcanoclasticas.

Legenda

- Contato geológico
- Anticinal ou antiforme normal
- Diques
- ↔ Falha contracional (inversa ou empurrão)
- - Falha encoberta
- Falha ou fratura
- Falha ou zona de cisalhamento
- ↔ Falha ou zona de cisalhamento compressional
- ↔ Falha ou zona de cisalhamento transcorrente dextral
- ↔ Falha ou zona de cisalhamento transcorrente sinistral
- - Lineamentos estruturais: traços de superfícies S
- ⋮ Polígonos destacados nas figuras 3, 4 e 5

Magmatismo Intracontinental

- MP16su** **Sienito Erepecuru:** hastingsita sienitos, feldspato alcalino sienitos e quartzo sienitos.
- PP3su** **Suite Intrusiva Mapuera:** sienos e monzogranitos, granitos alaskíticos, granófiros, tipo A.
- PP3su** **Suite Intrusiva Água Branca:** granodioritos dominantes, monzogranitos, quartzo monzonitos, quartzo monzodioritos, dioritos, quartzo dioritos e tonalitos.
- PP3su** **Grupo Iricoumé:** riolitos, riolacitos, dacitos e andesitos, além de traquitos, traquitos, tufos e brechas vulcânicas.

Seqüência Metavulcano-Sedimentar

- APPsu2** **Unidade Rochas Supracrustais 2:** corpo individualizado a partir de produtos de sensores remotos, possivelmente composto por rochas metamáficas e metultramáficas com subordinadas metassedimentares.

Complexo Metamórfico

- APP1** **Complexo Indiferenciado:** gnaisses granodioríticos de fácies anfibolito, migmatitos, granitóides de amplo espectro composicional.

Figura 2 – Mapa geológico simplificado do domínio Erepecuru-Trombetas (Vasquez *et al.* 2008).

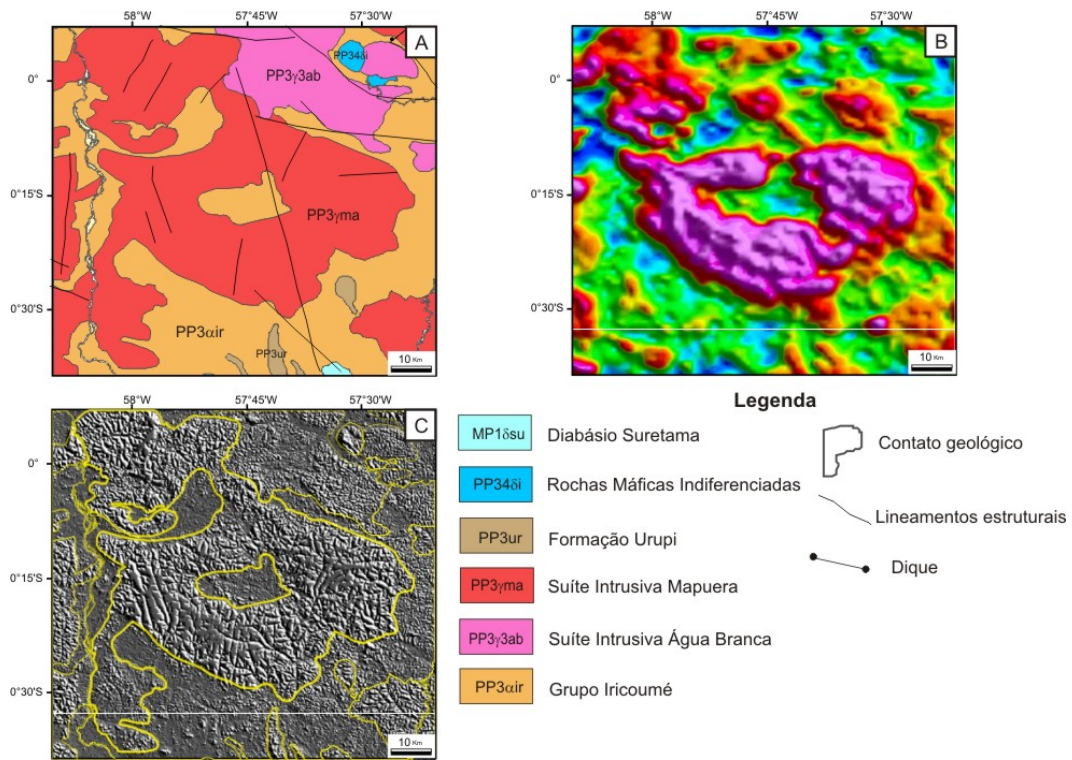


Figura 3 – A- Mapa geológico correspondente à área dos polígonos B e C; B – Mapa do canal de contagem total destacando os altos valores radiométricos da suíte intrusiva Mapuera; C – Imagem SRTM da geomorfologia da suíte intrusiva Mapuera.

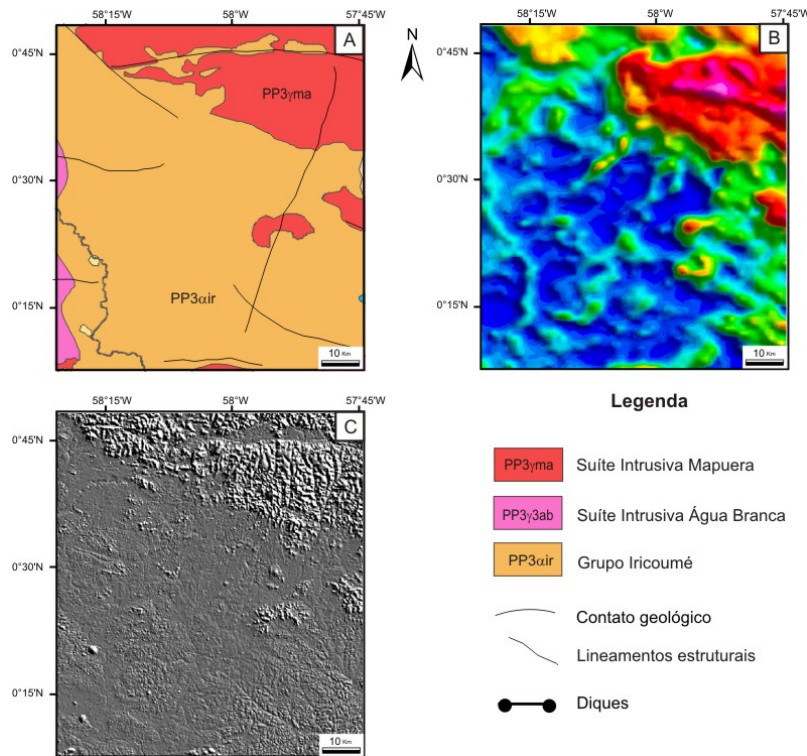


Figura 4 – A- Mapa geológico correspondente à área dos polígonos B e C; B – Mapa do canal de contagem total destacando os baixos valores radiométricos das rochas do Grupo Iricoumé; C – Imagem SRTM mostrando a morfologia do Grupo Iricoumé.

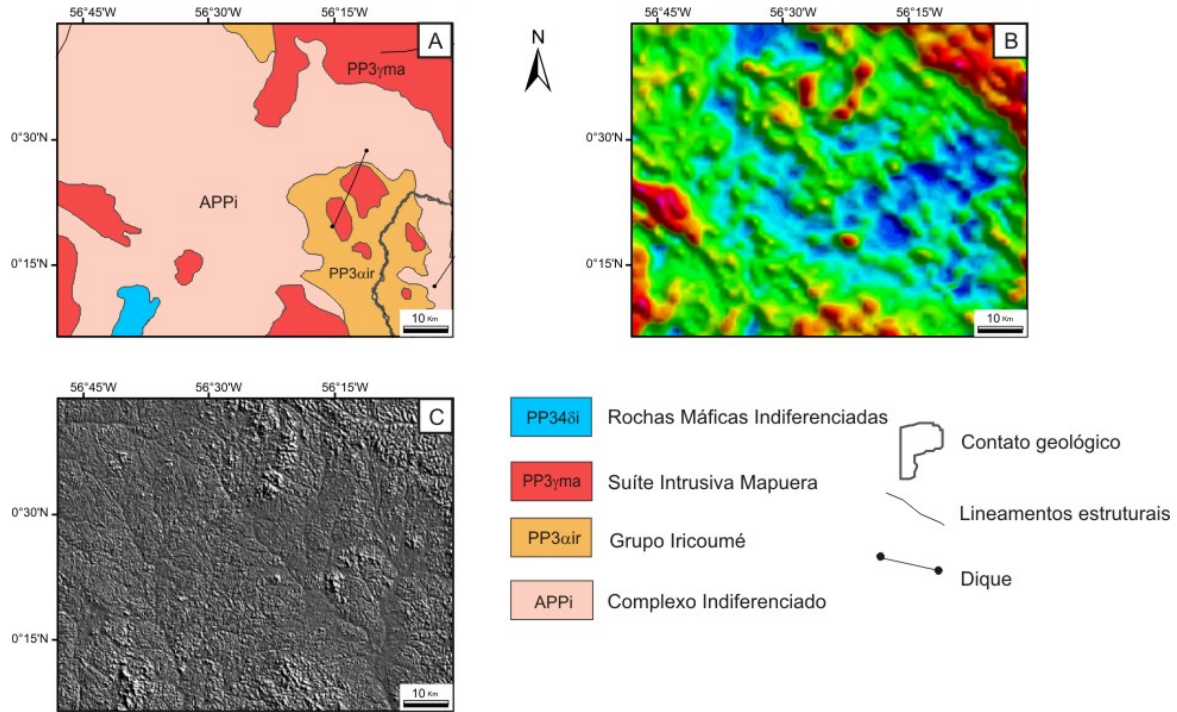


Figura 5 – A- Mapa geológico correspondente às áreas B e C; B – Mapa do canal de contagem total destacado por valores radiométricos que variam de baixo (azul) a moderados (verde) para as rochas do embasamento; C – Imagem SRTM das rochas do Complexo Indiferenciado mostrando semelhança com as rochas do Grupo Iricoumé