

Elementos radargráficos de corpos máfico-ultramáficos na Folha SB.22-Z-A (Serra dos Carajás) (PA) e seu significado metalogenético

Mário Ivan Cardoso de Lima¹
Camila Nascimento Alves²
Erika Carla de Avelar Lobato²
Rudson Negrão Fonseca²

¹ Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/GRN/UE/PA
Av. Serzedelo Correa, 331 – 66.035.400 – Belém – PA
mario.lima@ibge.gov.br

² Instituto de Geociências/Faculdade de Geologia – Graduação/UFPA
Caixa Postal 479 -Campus Guamá – 66.075.110 – Belém – PA
{camilametista,erika_carla86,rudsongeo}@hotmail.com

Abstract. Based on SLAR images of the GEMS-1000, band X, made interpretation of mafic-ultramafics bodies in the domain of Sheet SB.22-ZA (Carajás Range), in the portion center-east of the State of Pará . Was used radargraphics elements: texture, tone, drainage , linear features (positive , negative and tabular), shape, size, and top and slope types of the hills. Of these bodies in form of stocks two they are mineralized a nickel: Puma and Vermelho, as given of geological literature; and five bodies they had been confirmed as mafic-ultramafics in posterior works. They show elliptical form, laterites in the top with ravines in the edges, giving the aspect of a “*myriapode*”. A methodology of Radargraphics Elements Sistematic is used aiming at stimulates a of analogical interpretation , as an important starting point to digital one. News perspectives are open new bodies in neighbour sheets to nickel mineralization.

Palavras –Chave : bodies mafic-ultramafics, nickel, SLAR image GEMS-1000, X band, corpos máfico-ultramáficos, níquel, imagem RVL GEMS-1000, banda X.

1. Introdução

A Amazônia brasileira começou a ser descoberta graças ao levantamento radargramétrico inicial (Radar de Visada Lateral - Banda X - GEMS – 1000) realizado na década de 70, no período de 1971/1972, com vistas ao levantamento de Recursos Naturais e Meio Ambiente dessa imensa região, como parte integrante do Projeto RADAM. Isto por conta das nuvens eternas que sempre cobriram a mesma e que impediam um levantamento globalizado da região, em curto período de tempo. Na verdade, a utilização do sensor Radar foi pioneira, haja vista que até aquele momento inexistiam experiências semelhantes, em especial em terrenos cobertos por floresta ombrófila densa e clima quente–superúmido, próprio da região amazônica. Felizmente, tal projeto surtiu os efeitos desejados e constituiu-se na caminhada inicial para um melhor conhecimento desse imenso rincão brasileiro, com aproximadamente 4.800.000 km². Como resultado desse importante empreendimento com custos para o governo federal, cerca de 185 milhões de dólares em seus 15 anos de existência, houve a formação de uma elite de cerca de 630 pesquisadores, envolvendo geólogos, engenheiros agrônomos, engenheiros florestais, geógrafos, engenheiros cartógrafos, biólogos, naturalistas, jornalistas, administradores, bibliotecários e advogados, especialistas nas lides amazônicas e Brasil como um todo. (Lima, 2008). Pelo exposto pode-se dizer que o Brasil tornou-se um dos países que detém os segredos de interpretação de imagens de Radar, em termos de recursos naturais e meio ambiente.

Uma das regiões que dentro da Amazônia brasileira sempre despertou atenção do restante do Brasil e do mundo é a da serra dos Carajás, centro-leste do Estado do Pará e famosa por encerrar fabulosos depósitos minerais dentre os quais ferro, manganês, ouro,

cobre, níquel, alumínio, cromo, platina, dentre outros. No contexto amazônico retrata a região que apresenta o melhor conhecimento geológico.

Em vista disso, procurou-se utilizar como área de ensaio para a presente pesquisa uma Folha 1:250.000 que se situa no âmago dessa interessante região, Folha SA.22-Z-A (Serra dos Carajás), porção centro-leste do Estado do Pará, por se constituir um trato com vias de acesso relativo, grande incidência de ocorrências e depósitos minerais, e bom conhecimento geológico do terreno. A Folha SB. 22-Z-A (Serra dos Carajás) dispõe-se entre os paralelos 06° 00' e 07° 00' Sul e meridianos 49° 30' e 51° 00' W Gr.

Objetiva esta pesquisa contribuir em termos de elementos radargráficos no sentido de melhor identificar corpos máfico-ultramáficos jacentes, em especial, na Folha SA.22-Z-B, embora ocorra, também, nas folhas vizinhas, haja vista que os mesmos são mineralizados em níquel. Tal trabalho visa promover pesquisas em outras áreas, em especial nas folhas circunjacentes, onde já se conhecem algumas exposições com mineralizações em níquel, a exemplo da Folha SB.22-Y-B (São Félix do Xingu) onde assomam os corpos do Jacaré e Jacarezinho. Por outro lado, procura-se motivar a interpretação radargeológica analógica com a aplicação da metodologia SER (Sistemática de Elementos Radargráficos) de Lima (1995b), para ser usada paralelamente à interpretação digital.

Em razão dos resultados obtidos e pelas suas características intrínsecas, o sensor Radar foi objeto de lançamentos acoplados a satélites, a partir da década de 80 do século passado, com destaque para o SEASAT, SIR-A, SIR-B, SIR-C, ALMAZ, JERS, ERS, RADARSAT, SRTM, PALSAR (ALOS). O que de certo modo tem contribuído bastante para um melhor conhecimento deste sensor. No entanto, muito se tem avançado em termos de interpretação digital, procurando-se acompanhar o avanço dos sensores no que tange as suas resoluções radiométrica, espectral, espacial e temporal, como também no que concerne a multipolarização, interferometria e estereoscopia. No entanto, pouco se tem contribuído em termos de interpretação analógica enfocando os elementos radargráficos, o que é uma característica do sensor Radar. Neste trabalho procura-se motivar tal tipo de interpretação, embora não sejam descartada os dados digitais, que são, indubitavelmente, de grande valia

2. Metodologia

LIMA (1995a) introduziu a metodologia de interpretação geológica em imagens de Radar codinominada de "Lógica das Chaves", constituindo, segundo este autor, um somatório envolvendo vários aspectos dos métodos "das Chaves" e "da Lógica. Posteriormente, Lima (1995b) renomeou-o como Sistemática das Chaves, explicando que o mesmo constitui uma sistematização de "chaves". Este termo aplicado no sentido de "elementos radargráficos". No entanto, a fim de evitar qualquer conotação do termo "chaves", com o Método das Chaves, redominou tal método de "**Sistemática de Elementos Radargráficos**" (SER). Elementos radargráficos significando "feições", ou seja, conjunto de elementos de imagem, os quais são sistematizados nos quatro primeiros estádios (Leitura, Reconhecimento, Identificação e Análise), a fim de fornecer subsídios para o estágio Interpretação (s. s.). Adotou-se tal metodologia no presente estudo.

Os elementos radargráficos utilizados foram: textura, tom, drenagem, feições lineares (positivas, negativas e tabulares), forma, tamanho, e tipo de topo e de encostas dos morros.

3. Material Utilizado

A pesquisa foi realizada essencialmente em imagens de Radar de Visada Lateral: utilizadas pelo Projeto RADAM/RADAMBRASIL, GEMS-1000, que apresenta as seguintes características:

- Nome: Sistema GEMS-1000 - Good Year; Aeronave: Caravelle ;Velocidade: 700 km/h;Altura: 11 000 m ;Linhas de vôo: N-S com visada para Sul; Espaçamento entre as

Linhas: 15' ; Recobrimento: 10% ;Tipo de Antena: Abertura Sintética Banda: X; Comprimento de Onda: 3,12 cm ;Frequência: 9,6 GHz ; Potência: 100 watts ; "Dynamic Range": 20 a 28 db ;Polarização: HH ;Resolução Espacial: 16 m ; Ângulos de Incidência: 77° e 45° ; Escala Original: 1:400.000.

O território brasileiro está coberto por essas imagens em formato analógico, mosaicos 1:250 000, os quais são propriedade do IBGE, embora CPRM desenvolva o Projeto RADAM-D - Preservação e disseminação das imagens originais geradas pelos projetos RADAM e RADAMBRASIL – que consiste na realização de um processo que permite a preservação das informações dos negativos e diafilmes originais (data film), a partir da sua digitalização. Na sua execução pode-se distinguir as seguintes atividades: inventário do material existente; esquematização da distribuição espacial das faixas imageadas; digitalização das imagens em "scanner" de alta resolução; tratamento e edição das faixas imageadas e divulgação. Por sua vez, a ADIMB (Agência para o Desenvolvimento Tecnológico da Indústria Mineral Brasileira) escaneou 551 mosaicos de Radar da GEMS-1000, escala 1:250 000, armazenados em 55 CD's, os quais são comercializados.

Foram também utilizadas imagens de Radar interferométricas SRTM (NASA), mas que devido ao tamanho do pixel, em torno de 90 m, não ressaltaram os “elementos radargráficos” necessários à identificação dos litotipos pesquisados, embora com ressaltos morfológico dos corpos como um todo.

4. Contexto Geológico

A geologia da Folha SB.22-Z-A (Serra dos Carajás) é apresentada de forma bem simplificada consoante Lima (1988), com o fito posicionar os corpos máfico-ultramáficos no tempo e no espaço. A geologia da folha em questão é tipificada por um substrato neoarqueano (Complexo Xingu) e supracrustais neoarqueanas (Seqüência Gradaús, Formação Salobo e Grupo Grão Pará).As coberturas remontam ao paleoproterozóico sendo tipificadas por granitóides, máfica-ultramáficas e sedimentos psamíticos. O *trend* estrutural é principalmente E-O , o qual é truncado no quadrante sudeste por metassedimentos neoproterozóicos do Grupo Tocantins, com orientação estrutural meridiana (Figura 1).

Como pode ser observado na figura em lide os corpos máfico-ultramáficos mostram uma orientação dominante cerca de E-O, acompanhando o *trend* estrutural regional e assomam sob a forma de *stocks*. Representam-se por gabros, dunitos (serpentinizados), peridotitos e piroxenitos. Desses corpos dois apresentam mineralizações em níquel derivados de rochas serpentinizadas: Puma e Vermelho. O minério é do tipo laterítico sob a forma de garnierita e goethita-niquelífera.

5. Corpos Máfico-Ultramáficos

Os corpos máfico-ultramáficos ocorrem em *stocks* elípticos, com eixo maior variando de 8 km a 5 km e eixo menor de 1,5 km a 0,7 km. Comumente, se apresenta com topo plano, ou convexo bem aberto, devido ao processo de laterização, constituindo, em verdade, um nível de aplanamento. Associado a este plano ocorrem uma grande incidência de ravinas, perfeitamente explicadas pelo ressaltado dado na camada mais resistente sustentada pelo laterito. A associação forma alongada a elíptica, topo plano de tom cinza claro a cinza escuro e a grande incidência de ravinas empresta a esses corpos uma feição que lembra um “*miriápode*”. Na Figura 2 apresenta-se uma interpretação expedita dos corpos Puma e Vermelho. Em razão da presença de lateritos é possível a formação de lagos em seu topo. As imagens de Radar ressaltam muito bem determinados elementos radargráficos, em especial ravinas (feições lineares negativas), mesmo as mais incipientes e quanto melhor a resolução espacial do Radar utilizado muito mais será alcançada este elemento radargráfico. Tal assertiva é válida para o RADARSAT-1 e -2, em razão de melhor resolução espacial,

polarização distinta e pela estereoscopia. Por sua vez, os radares aerotransportados também são válidos, haja vista os levantamentos realizados pelo SIPAM/PR, nas bandas X e L, com boa resolução espacial e polarizações cruzada e paralela.

Considerando que as folhas circunvizinhas ocorrem grande incidência corpos máfico-ultramáficos cogenéticos de relacionados a uma mesma fase metalogenética, abrem-se perspectivas de novos depósitos de níquel.

Lima (1984) identificou vários corpos máfico-ultramáficos no âmbito da Folha SB.22-Z-A, fundamentado essencialmente nas características de elementos radargráficos obtidos em imagens do GEMS- banda X, conforme explicitado na Figura 1 . Desses corpos apenas dois eram conhecidos Puma e Vermelho. Os outros seis corpos, numerados na Figura 1 , cinco foram constatados pela CPRM (2001) dentro do Programa PLGB, havendo dúvida apenas ao corpo 6 que não foi confirmado . Na verdade, tal corpo está muito dissecado e não tem um bom ressaltado morfológico.

A produção mineral do Pará, que hoje já responde por mais de 75% da pauta de exportações do Estado, vai incorporar, ainda nesta década, mais um produto de alto valor comercial que é o níquel. Iniciando o Ciclo do Níquel Depois do cobre, que a Companhia Vale do Rio Doce começa a produzir em abril deste ano em Canaã dos Carajás, através da Mineração Serra do Sossego, será a vez do níquel, cujo ciclo foi iniciado por volta de 2007. No Pará existem hoje dois projetos aprovados pelo Departamento Nacional da Produção Mineral para a pesquisa do níquel. Um é o Puma-Onça, já definida a presença do níquel e está no momento reestudando os depósitos nela existentes. A outra reserva de níquel está localizada no município de Canaã dos Carajás, com direitos pertencentes à Companhia Vale do Rio Doce, a área, localiza-se no rio Vermelho, e vem sendo pesquisada há bastante tempo.

6. Conclusões

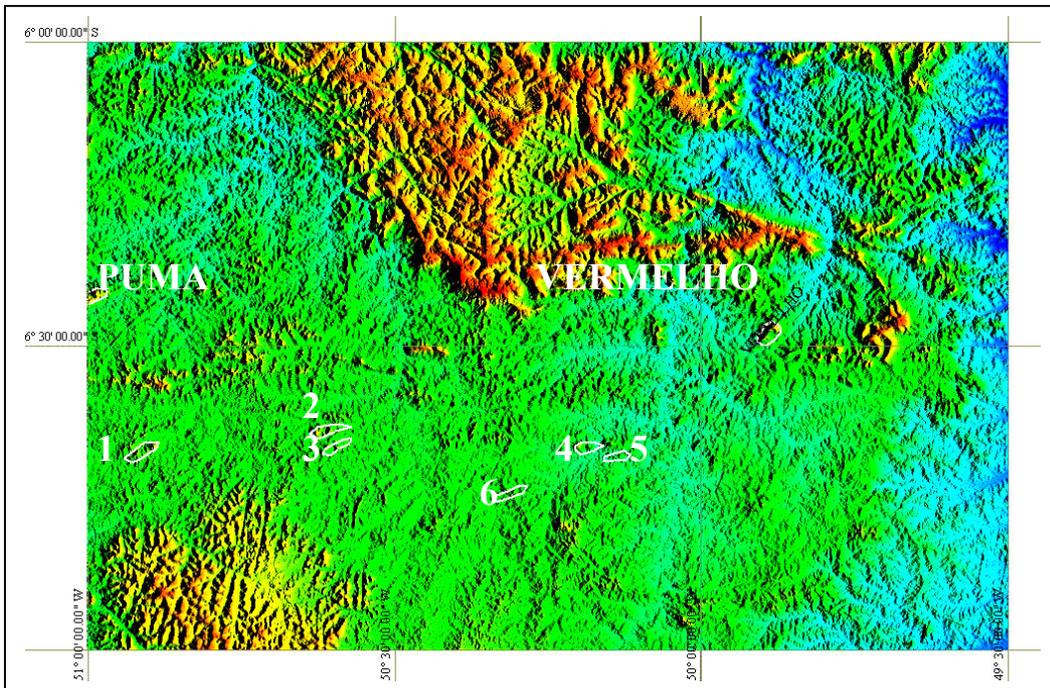
- confirmou-se a associação dos elementos radargráficos no que tange a identificação de corpos máfico-ultramáficos apresentados por Lima (1984) , os quais revestem-se de significado metalogenético , em razão da estreita associação com depósitos de níquel;

- constatou-se o controle estrutural E-O de tais corpos, amiúde sob a forma de stocks, e inter-relação com níveis de aplanamento devido a altimetria e o desenvolvimento de capas lateríticas;

- a forma elíptica e intenso ravinamento nas bordas parecem ser a forma mais comum desses corpos;

- abrem-se perspectivas de novas descobertas de corpos mineralizados nas folhas circunjacentes vizinhas , São Félix do Xingu (SB.22-Y-B), Serra Pelada (SB.22-X-C) , Alto Bacajá (SB.22-V-D), em razão da mesma ambiência geológica;

- insiste-se na necessidade de pesquisar com minudência os elementos radargráficos conforme metodologia apregoada por Lima (1995b), denominada de Sistemática de Elementos Radargráficos.



Estampa 1 – Imagem SRTM (NASA) - Visão geral da Folha SB.22-Z-A (Serra dos Carajás) com os corpos estudados de 1 a 6 , além de Puma e Vermelho

7. Bibliografia

CPRM - Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Programa Grande Carajás Serra dos Carajás. Folha SB.22-Z-A. Estado do Pará. Org. por Orlando José Barros de Araújo e Raimundo Geraldo Nobre Maia . Brasília. DNPM/CPRM, 1991

Lima, M. I. C. – Utilização de imagens de Radar na identificação de Maciços Básico-Ultrabásicos da Amazônia Brasileira. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR) 3., 1984, Rio de Janeiro . **Resumos.**

Lima, M. I. C. – Análise de Lineamentos, em imagens de Radar (SLAR), na região do alto rio Mapuera (PA). In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR) 5., 1988, Natal. **Anais ...**São José dos Campos :INPE 1988. Artigos, p. 303-312.

Lima, M. I. C. - Introdução à interpretação radargeológica. IBGE. Rio de Janeiro, 1995a. 124p. (Manuais Técnicos em Geociências, 3).

Lima, M. I. C. - Metodologia de interpretação radargeológica: exemplo da Sinéclise do Parnaíba e de seu embasamento. Belém: 1995. 283p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Pará, Centro de Geociências, 1995b.

Lima, M. I. C. – Projeto RADAM: uma Saga Amazônica. Editora Paka-Tatu. Belém. 132 p. il. 2008.

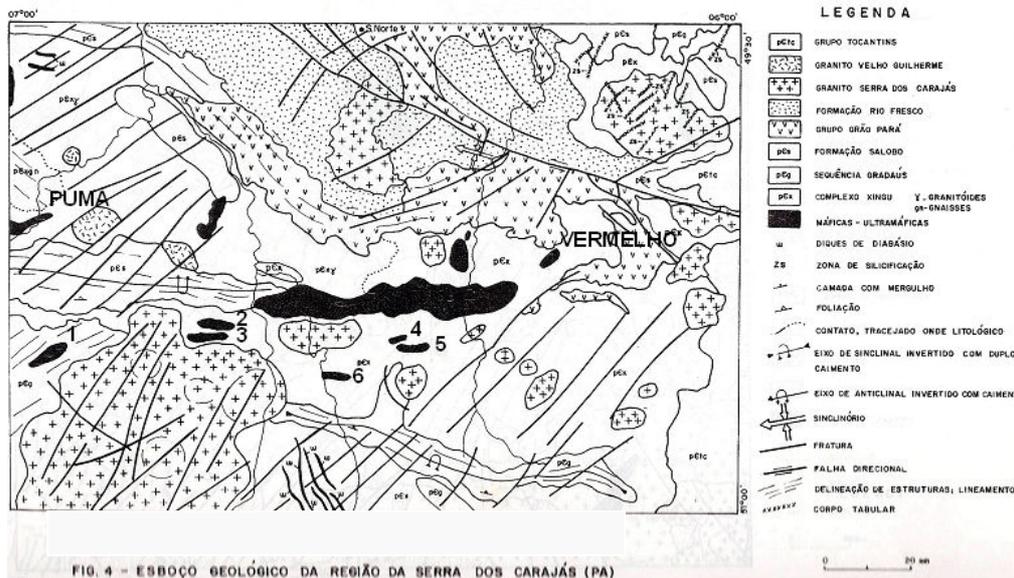


Figura 1 – Esboço Geológico da Folha SB.22-Z-A . Lima (1988). Em preto, os corpos máfico-ultramáficos numerados de 1 a 6 ; além dos corpos do Puma e do Vermelho , mineralizados em níquel.

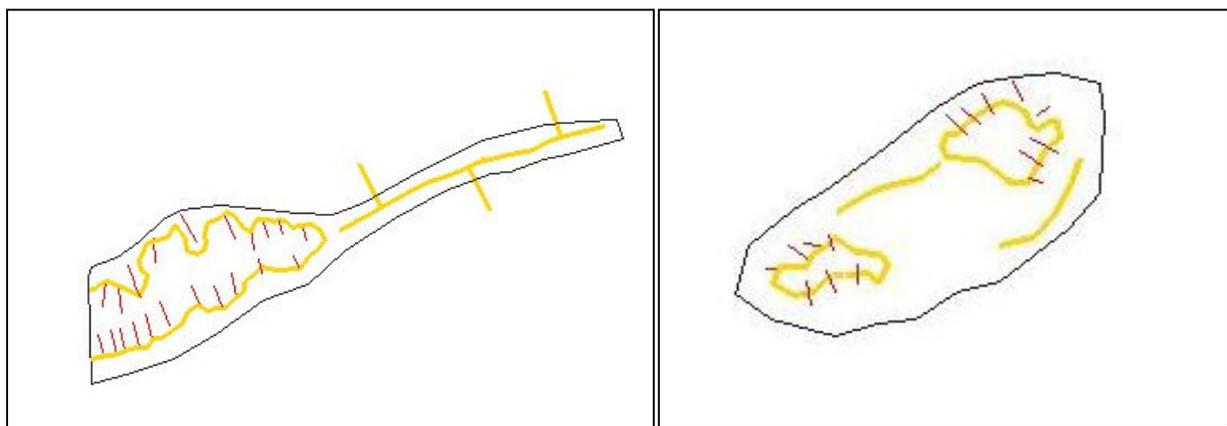
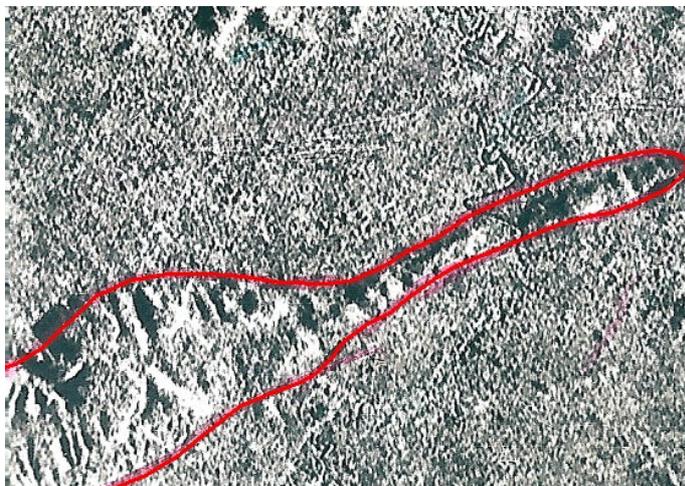


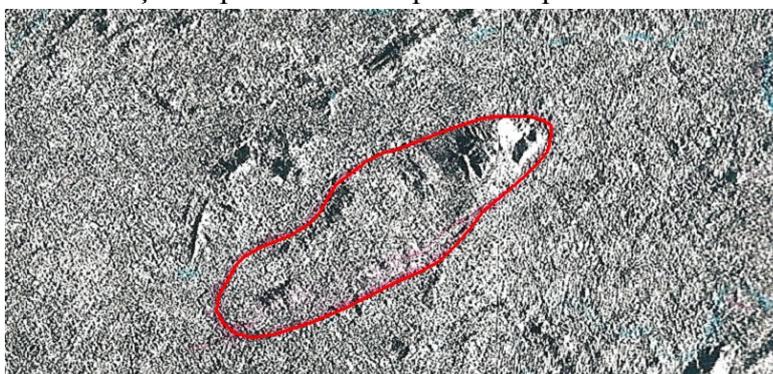
Figura 2 – Interpretação dos corpos Puma (parcial) (à esquerda) e Vermelho (à direita). Comparar com as estampas 2 e 3 em termos de feições e escala. Polígono amarelo representa o topo plano; linha amarela com traços constitui uma crista simétrica e sem traços crista assimétrica. Traços vermelhos são ravinas (feição linear negativa) e traço preto a delimitação do corpo. Atentar para a forma dos mesmos (elíptica). A crista simétrica sugere um controle por falha.



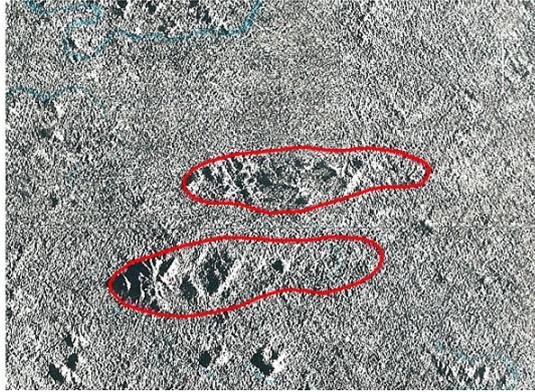
Estampa 2 – Imagem de Radar GEMS, banda X- Corpo Puma (parcial) com 10 km de comprimento e 2,5 de largura. As cristas a leste associam-se a uma zona de falha. Observar o topo plano e o intenso ravinamento. Mineralizado em níquel. Norte para cima



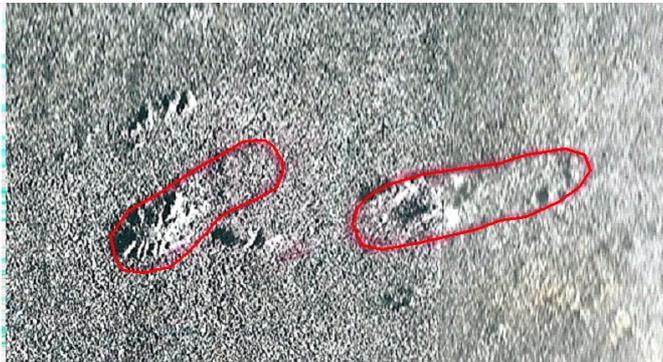
Estampa 3 - Imagem de Radar GEMS, banda X – Corpo do Vermelho com 5 km de comprimento e 2 km de largura. Mineralizado em níquel. Topo plano, fino ravinamento e forma elíptica são feições típicas desse corpo. Norte para cima



Estampa 4 - Imagem de Radar GEMS, banda X – Corpo 1 com 7,5 km de comprimento por 1,2 km de largura. Capeamento laterítico bem preservado a leste. Fino ravinamento. Norte para cima



Estampa 5 - Imagem de Radar GEMS, banda X – Corpos 2 (acima) e 3 (embaixo) com médio grau de dissecação. Atentar para a forma, restos de topo plano e ravinamento fino. Corpos com 7,5 km de comprimento. Norte para cima



Estampa 6 – Imagem de Radar GEMS – Banda X – Corpos 5 e 6 com 1 km de largura em estágio avançado de dissecação. Atentar para o capeamento laterítico do corpo 5 (a oeste) e intenso ravinamento. Norte para cima



Estampa 7 – Imagem de Radar GEMS – Banda X – Corpo 6 , com 5 km x 1 km, bem dissecado, com ravinamento incipiente. Norte para cima.