



**SIMULAÇÃO MAPSAR EM PESQUISA MINERAL NA PROVÍNCIA
MINERAL DE CARAJÁS (AMAZÔNIA) E NO DISTRITO CUPRÍFERO
DO VALE DO RIO CURAÇÁ (SEMI-ÁRIDO DA BAHIA)**

Apresentador: Athos R. Santos

Principais pesquisadores: Álvaro P. Crósta (UNICAMP)

Athos R. Santos (INPE)

Carlos R. de Souza Filho (UNICAMP)

Maria Carolina de Moraes (UFOP)

Paulo Veneziani (INPE) *in memoriam*

Tiago N. Rabelo (INPE)

Waldir R. Paradella (INPE)

OS MOTIVOS DA ESCOLHA DAS ÁREAS TESTE

PROVÍNCIA MINERAL DE CARAJÁS



- INTERESSE ECONÔMICO
- FLORESTA OMBRÓFILA Densa
- INTEMPERISMO PROFUNDO
- RELEVO MONTANHOSO
- DIFÍCIL ACESSO
- CHUVA/BRUMA/FUMAÇA

DISTRITO CUPRÍFERO DO VALE DO CURAÇÁ



- INTERESSE ECONÔMICO
- CAATINGA
- ROCHA/SOLO RESIDUAL
- RELEVO PLANO
- FÁCIL ACESSO
- PERÍODOS DE CHUVA/SECA



ÁREAS TESTE DE AVALIAÇÃO GEOLÓGICA

HIPÓTESES DE PESQUISA



Lago S11 – Serra Sul, Carajás

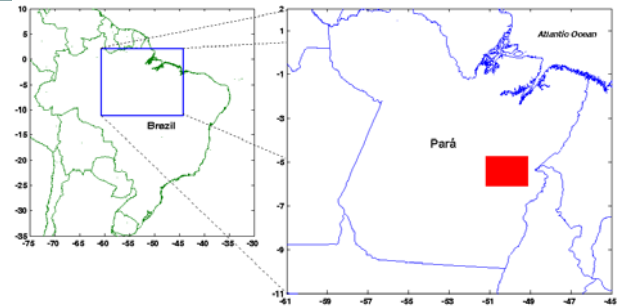
Aplicações avaliadas:

- 1- Análise Estrutural;
- 2- Mapeamento Geológico/Prospecção (integrações com dados geofísicos e sensores ópticos);
- 3- Classificação de alvos de interesse geológico



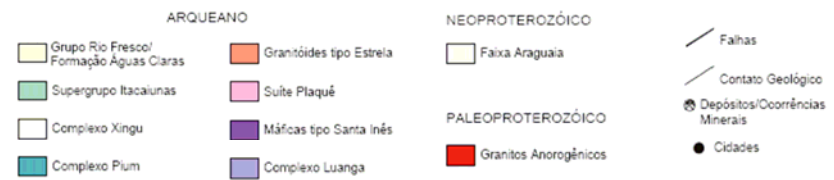
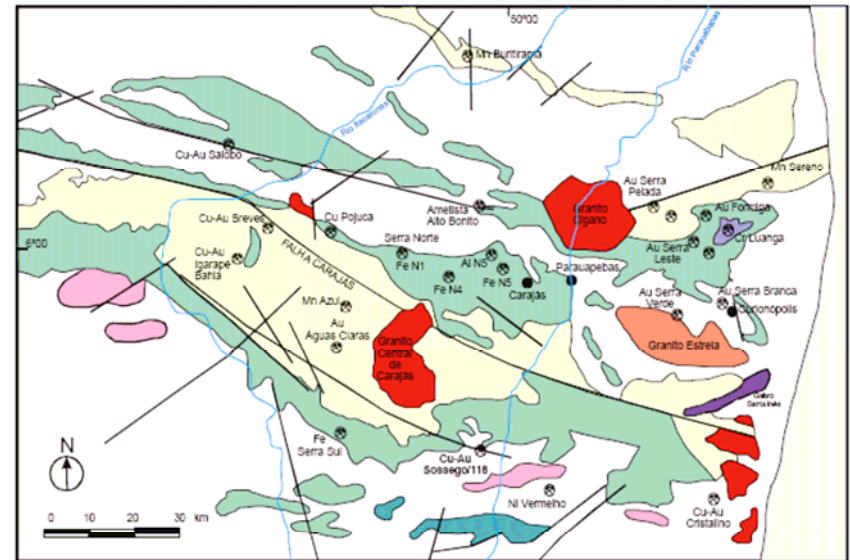
Mandacarú, Curaçá

PROVÍNCIA MINERAL DE CARAJÁS



SÍNTESE GEOLÓGICA

- SW do Craton Amazônico: integra o Cinturão de Cisalhamento Itacaiúnas, de idade arqueana
- Serra dos Carajás: rochas metavulcânicas e metassedimentares (Supergrupo Itacaiúnas) e sedimentos arqueanos (Formação Águas Claras).
- Entorno: gnaisses tonalíticos à granodioríticos e meta-supracrustais (Complexo Xingu), rochas granulíticas e charnoquíticas (Suite Monte Bacajá)
- Granito Central Serra dos Carajás e outros maciços anorogênicos: Idades cerca de 1,88 Ga
- Importantes depósitos minerais:
 Fe: maiores reservas do planeta
 Au, Cu, Ni, Mn: maiores reservas do Brasil

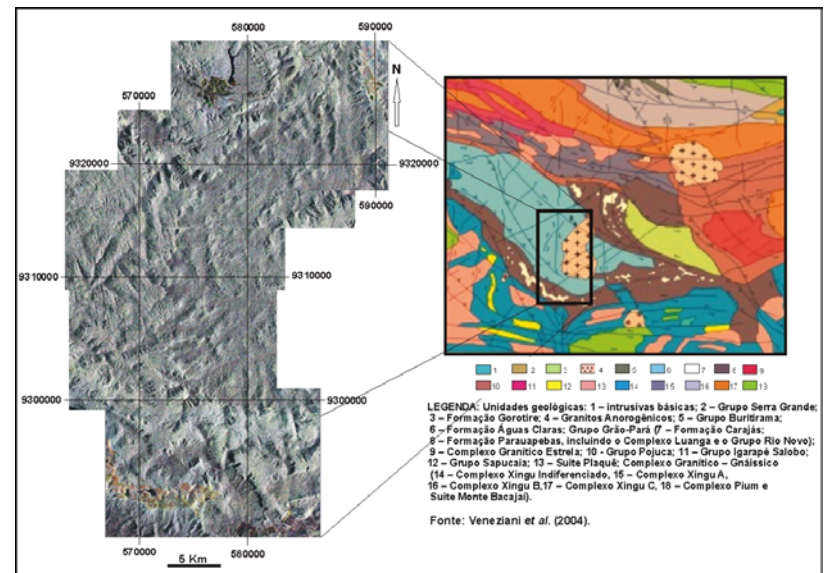


AREA TESTE: BORDA W DO GRANITO CENTRAL

ANÁLISE ESTRUTURAL

O papel de estruturas transtensivas no alojamento do Granito Central Serra dos Carajás: uma interpretação através de dados SAR banda L multipolarizados (HH, VV, HV), simulados do imageamento MAPSAR. PI: Dr. Athos R. Santos (INPE)

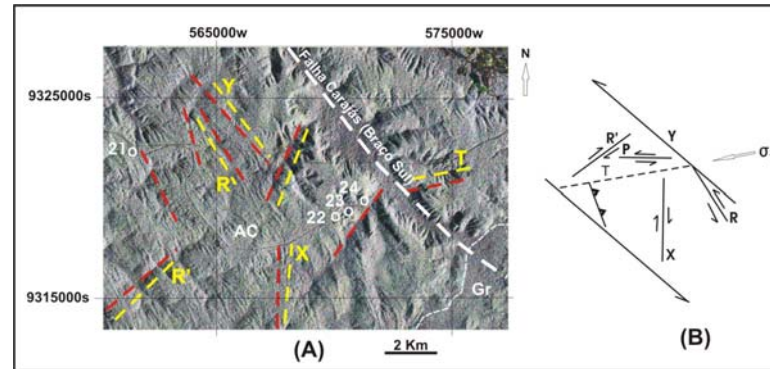
- Granito Central Serra dos Carajás e outros maciços anorogênicos: Idades de cerca de 1,88 Ga indicam um importante magmatismo anorogênico no final do Paleoproterozóico (Machado *et al.*, 1991).
- Importantes depósitos minerais (p. ex. Breves e Águas Claras – Au, Cu) mostram uma conexão genética com esse magmatismo granítico (Tallarico *et al.*, 2004).
- Objetivos: análise estrutural buscando entender o alojamento do Gr. Central e o papel das estruturas no controle das mineralizações



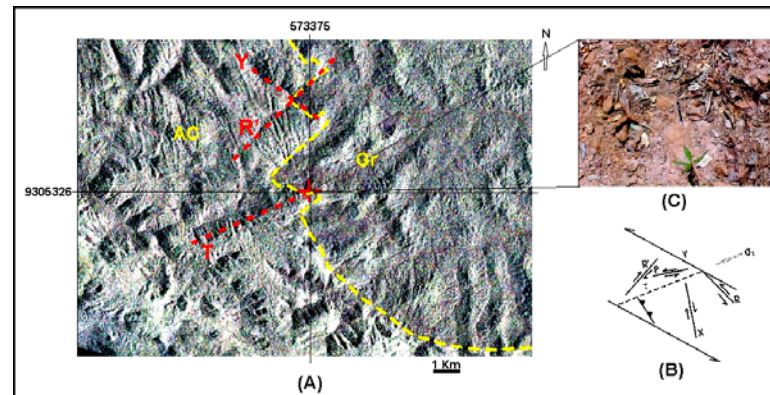
Localização da área de estudo em mosaico SAR banda L em composição colorida de três polarizações (L-HH, L-VV, L-HV), destacada a partir do Mapa tectono-estratigráfico da Província Mineral de Carajás (Veneziani *et al.*, 2004).

RESULTADOS

- Controle estrutural: três sistemas de lineamentos ENE-WSW, NE-SW e NW-SE que representam estruturas rúpteis (falhas e fraturas)
- Época do alojamento do Gr. Central: estruturas correlacionáveis a T, R' e Y, respectivamente (modelo teórico – empírico de deformação rúptil da terceira fase de movimentação).
- Foto: veio de quartzo N70E ver. (T) no arenito silicificado, paralelo ao contato brusco do granito



(A) Mosaico de radar banda L em composição colorida L-HH, L-VV, L-HV; Granito Central (Gr), Formação Águas Claras (AC), lineamentos estruturais, sistemas de fraturas, pontos de campo (22o); (B) Modelo teórico – empírico de ZCT rúptil.



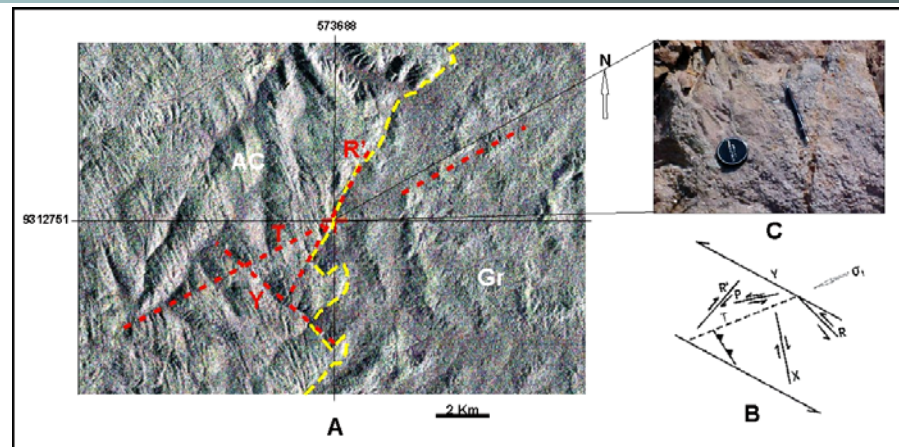
(A) Mosaico de radar banda L em composição colorida L-HH, L-VV, L-HV; contato Granito Central (Gr) – Formação Águas Claras (AC), lineamento estrutural; (B) Modelo teórico – empírico de ZCT rúptil; (C) Foto de campo com localização na imagem (+), caneta no veio de quartzo N70E ver. no arenito Águas Claras.

RESULTADOS

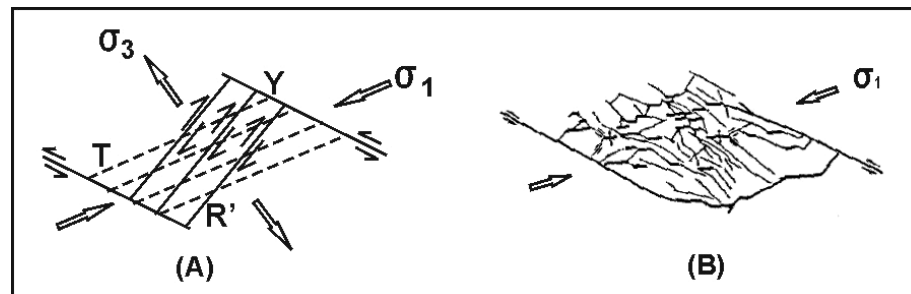
- Controle estrutural: mesmos três sistemas de lineamentos ENE-WSW, NE-SW e NW-SE (contatos parecem estar essencialmente alinhados segundo as direções NE-SW, e NW-SE)
- Na borda oeste do batólito: contatos com um bom nível de detalhe nas imagens SAR (em parte confirmados no campo) posicionam-se, preferencialmente, segundo ENE-WSW, NW-SE e NE-SW (direções predominantemente trativas).
- Estudo sugere: condições transtensivas localizadas favoreceram a formação de estruturas do tipo *rhombo-chasms*, exerceram um importante controle no alojamento do Granito Central de Carajás.

CONCLUSÕES

- O ótimo realce morfológico e o bom nível de detalhe garantiram a precisão na identificação do contato do Granito Central com as encaixantes e a definição dos principais lineamentos estruturais que determinam este contato.
- A identificação de direções transtensivas, em particular a T durante a colocação do Granito Central é importante pela associação genética entre esse magmatismo e os depósitos de Au e Cu (Águas Claras, Breves)
- Próximo passo: integração com dados gama de alta resolução para detectar possíveis atividades hidrotermais ao longo dessas direções



(A) Mosaico de radar banda L em composição colorida L-HH, L-VV, L-HV: — contato Granito Central (Gr) – Formação Águas Claras (AC), - - - lineamento estrutural; (B) Modelo teórico – empírico de ZCT rúptil; (C) Foto de campo com localização na imagem(+), tampa da câmara no arenito Águas Claras e lapiseira no granito.



(A) Disposição dos três principais sistemas de lineamentos estruturais, sua associação às estruturas do modelo teórico – empírico de zona de cisalhamento rúptil, evidenciando seu caráter transtensivo; (B) Estrutura interna de um rhombo-chasms (Modificado de Sibson, 1986)

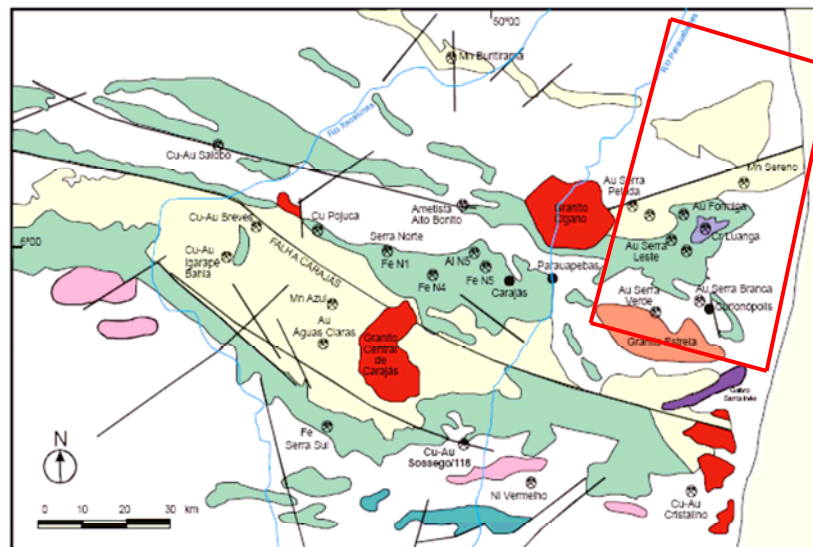
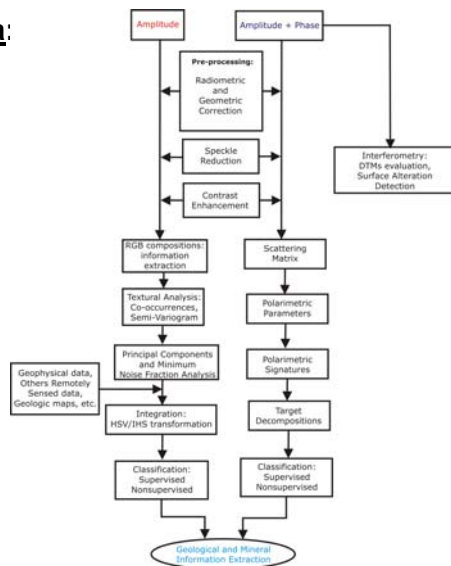
Área Teste: Serra Leste

Título: Definition of Signatures and Exploration Models for Au-(Pd-Pt) and Cu deposits (Serra Leste test-site) in the Carajás Region, Using SAR-R99B Imagery of the MAPSAR Simulation Campaign, Optical Remote Sensing and Airborne Geophysical Data. PI: **Dr. Carlos Roberto De Souza Filho** (University of Campinas)

Geologia: embasamento por rochas gnáissicas do Complexo Xingu, rochas vulcano-sedimentares do S. Itacaiúnas Grupo Rio Novo), sedimentos do Grupo Rio Fresco/Formação Águas Claras (Arqueano) e intrusões de diversas idades e composições.

Mineralização: Au (Pd-Pt) localiza-se na charneira de um sinclinal recumbente, tendo na base mármore dolomítico e é superposto concordantemente por meta-siltitos

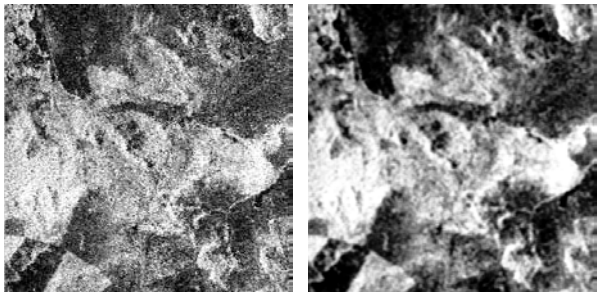
Metodologia:



Composição colorida HH(R), HV(G) e VV(B) com contraste linear

Resultados Preliminares:

Speckle: Filtros: Enhanced Lee e
MAP Gamma (3x3, 5x5, 7x7)

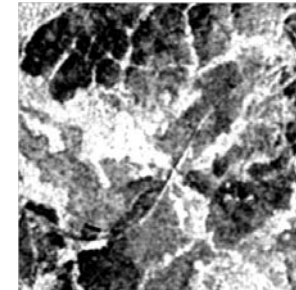


Comparação:

RADARSAT Fine -D



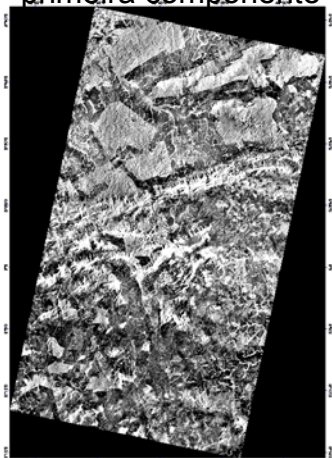
SAR L-HH



L-HH: maior conteúdo de informação de textura e de feições de borda (alta frequência)

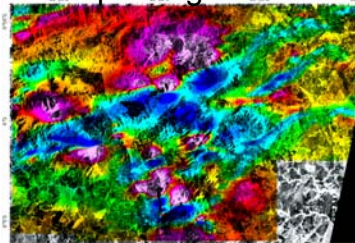
Transformação por principais componentes

primeira componente

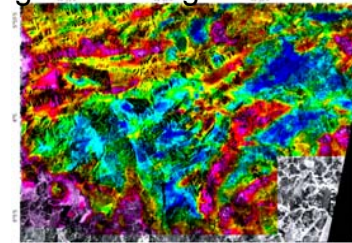


Integração IHS com dados geofísicos:

campo mag residual



gama contagem total



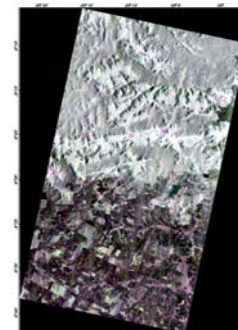
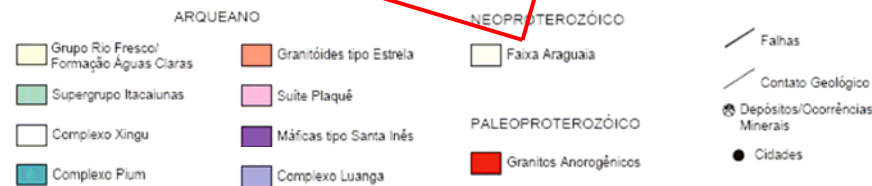
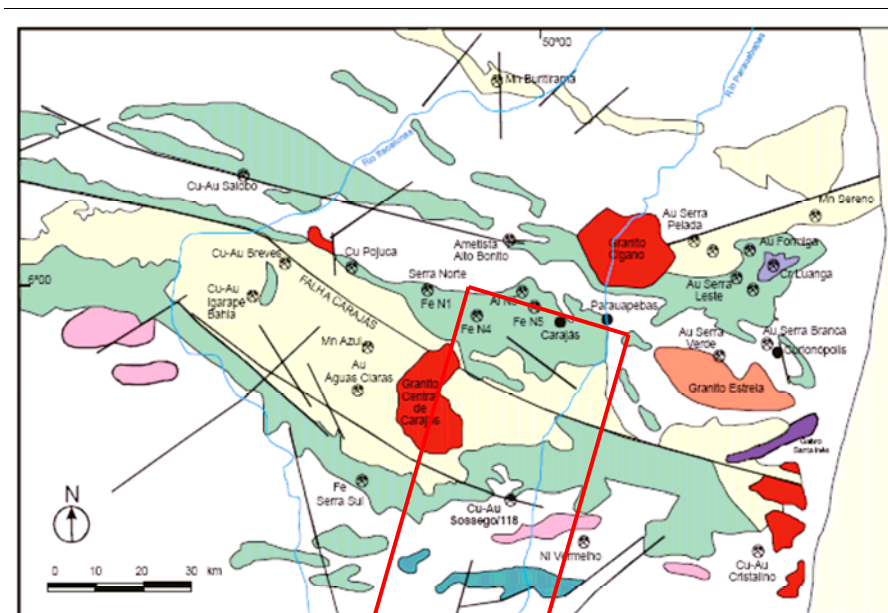
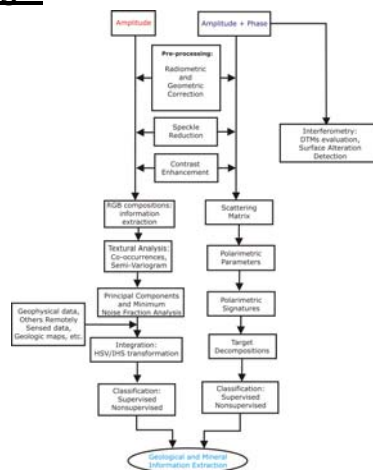
Área Teste: Sossego/118

Título: Definition of Signatures and Exploration Models for Cu-Au-Fe-oxide deposits (Sossego and 118-type) in the Carajás Region, Using SAR-R99B Imagery of the MAPSAR Simulation Campaign, Optical Remote Sensing and Airborne Geophysical Data. **PI:** Dr. Carlos Roberto De Souza Filho (University of Campinas)

Geologia: gnaisses do Xingu, com granitos Plaquê (0,7 Ga). Rochas vulcano-sedimentares do S. Itacaiúnas e sedimentos do Grupo Rio Fresco.

Mineralização: Depósito de Cu-Au (254 Mt a1,1% Cu e 0,28g/ton Au) Dois corpos principais separados por estruturas de alto ângulo. Localiza-se ao longo da zona de cisalhamento WNW-ESSE no contato Xingu-Itacaiunas. Mineralização em granitos, gabros e meta-vulcânicas félsicas

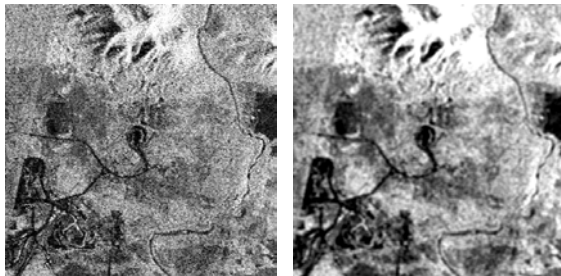
Metodologia:



Composição colorida HH(R), HV(G) e VV(B) com contraste linear

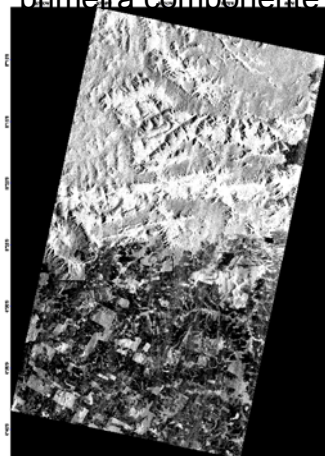
Resultados Preliminares:

Speckle: Filtros: Enhanced Lee e
MAP Gamma (3x3, 5x5, 7x7)



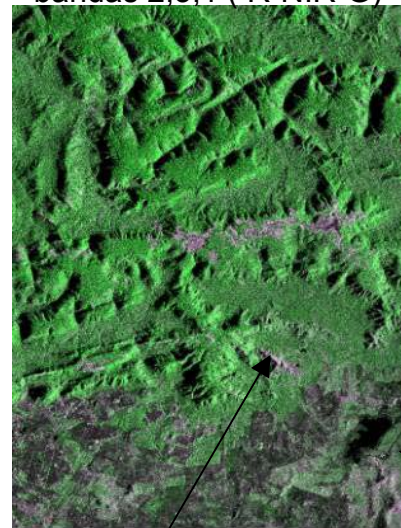
Transformação por principais componentes

primeira componente

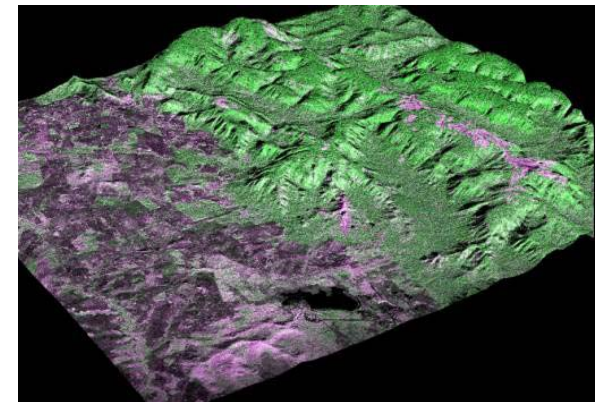


Integração IHS com imagem ASTER:

bandas 2,3,1 (R-NIR-G)



Depósito 118



Mina do
Sossego

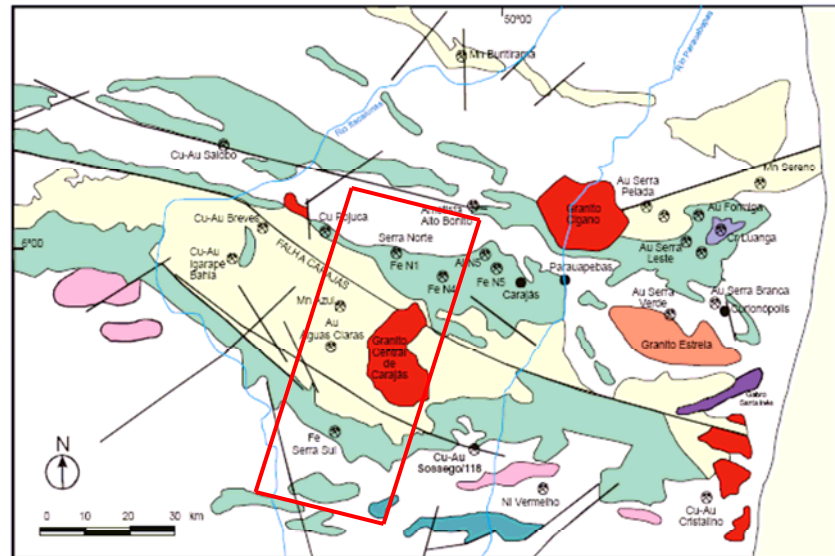
Área Teste: Região Central da Serra

Título: MAPSAR Simulation Report, Carajás Mineral Province: Evaluation of the SIVAM/SIPAM SAR System for Geologic Mapping. PI: . Dr. Alvaro Penteadó Crósta (UNICAMP)

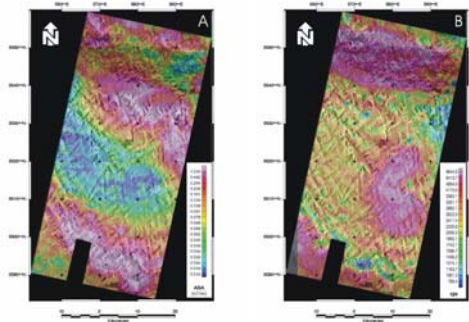
Geologia: gnaisses, granodioritos, granitos e anfibolitos; do Xingu, granitos sintectônicos (Plaquê, Igarapé Gelado), Grupo Grão Pará (S. Itacaiúnas) com rochas meta vulcano-sedimentares e BIF's; granitos anorogênicos proterozóicos, sedimentos da Formação Águas Claras e diques de diversas idades e composições

Mineralização: Depósitos de Au-Cu de Águas Claras, Breves, Bahia, etc. (associação genética com magmatismo proterozóico). Maiores depósitos de ferro do mundo (Grupo Grão Pará)

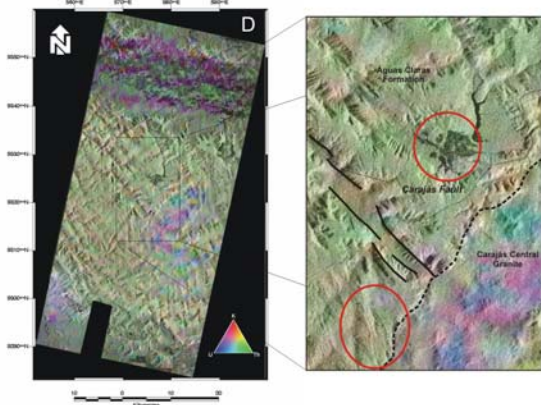
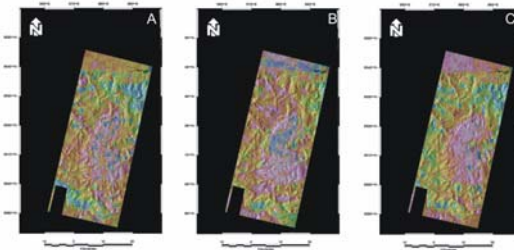
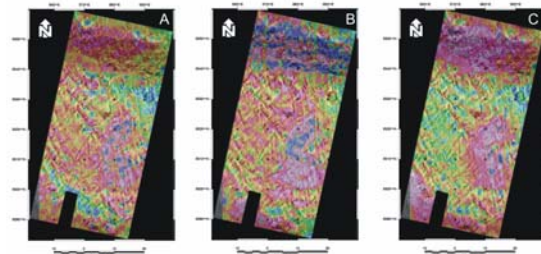
Objetivos: Avaliar a simulação MAPSAR integrada (*image fusion in the spatial domain*) com dados aerogeofísicos (Mag e Gama) no contexto de aplicações geológicas voltadas à exploração mineral



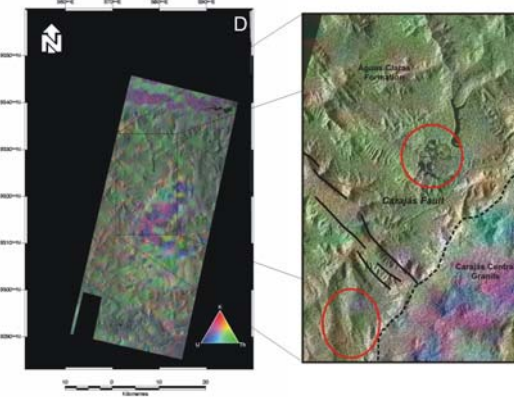
RESULTADOS PRELIMINARES



Fusão de imagem MAPSAR (HV) com Mag (amplitude do sinal analítico) e gama (contagem total).



Fusão de imagem MAPSAR (HV) com gama (K, Th, U); composição colorida K-Th-U, e detalhe



Fusão de imagem RADARSAT Fine com gama (K, Th, U); composição colorida K-Th-U, e detalhe

Área Teste: Depósito de Minério de Ferro N1

Objetivos: Classificação de atributos texturais da imagem MAPSAR buscando mapear as unidades lateríticas mineralizadas em ferro do plateau N1

Geologia: O depósito de ferro N1 relacionado ao Grupo Grão Pará (Formação Carajás). Principalmente jaspelitos com intercalações de hematita. Sob clima tropical úmido formou-se diversos tipos de de crosta ferruginosa

Metodologia: Classificação temática de textura baseada em Matriz de Co-ocorrência de Níveis de Cinza.

Definidas 9 classes

Título: Potential of SAR data (L-hh-hv-vv) to discriminate iron-mineralised laterites in the Amazon Region (Carajás Province) based on textural attributes. PI: Msc. Maria Carolina de Morais (UFOP)

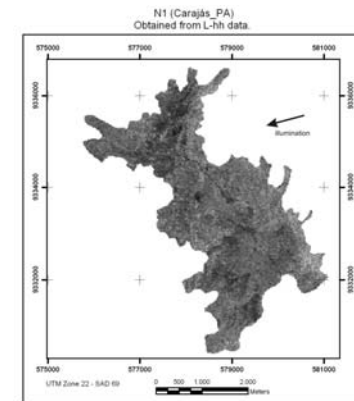
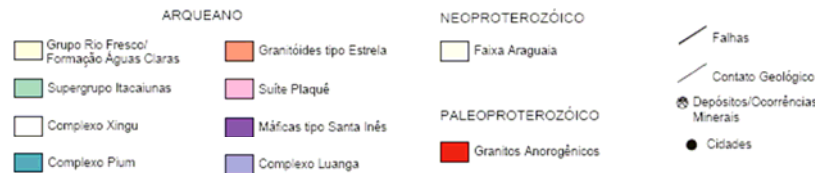
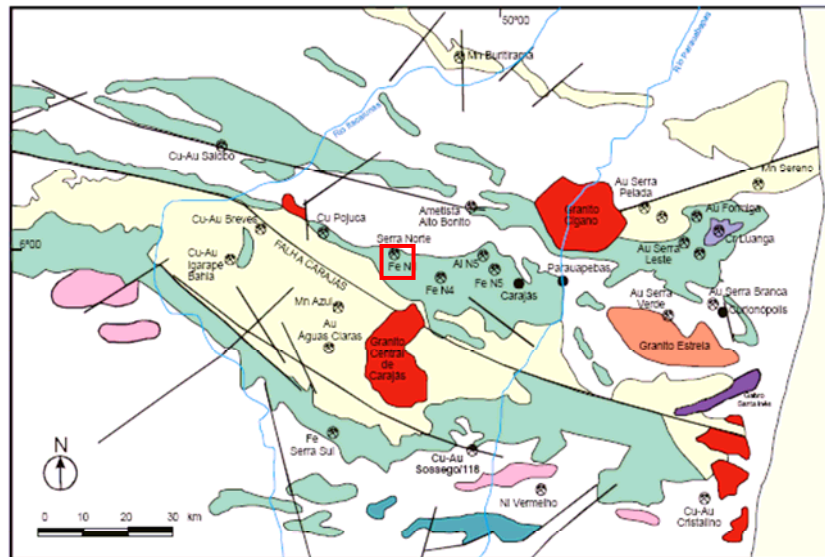
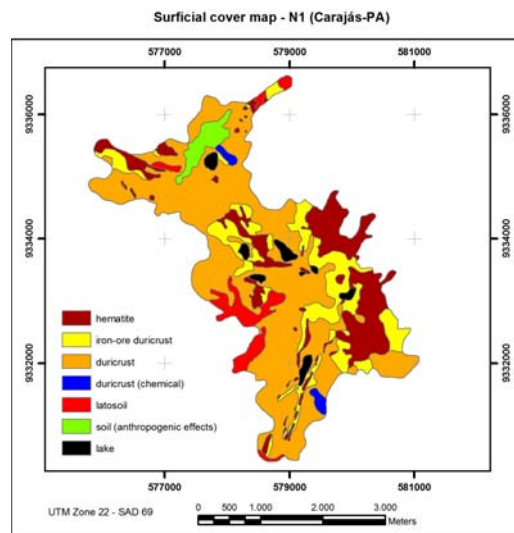


Imagem MAPSAR L-HH

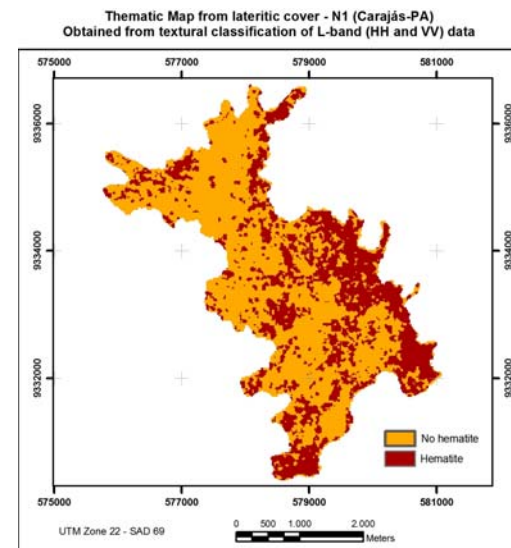
Resultados Preliminares



Vegetação de gramínea em lago seco sobre o plateau



Unidades lateríticas no plateau N1 (adaptado de Resende e Barbosa 1972)



Classificação Textural para os dados L (hh e vv).

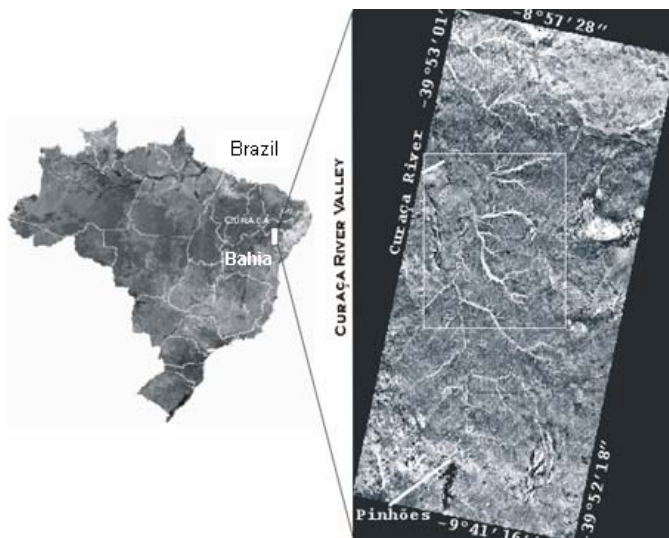
Área Teste: Vale do Rio Curaçá

Geologia: Situa-se no norte do Cráton São Francisco. É constituída por gnaisses e migmatitos, granitóides e uma seqüência de rochas máfico-ultramáficas mineralizadas em Cu, de idade paleoproterozóica. Subordinadamente, ocorrem seqüências de rochas metassedimentares, de idade neoproterozóica.

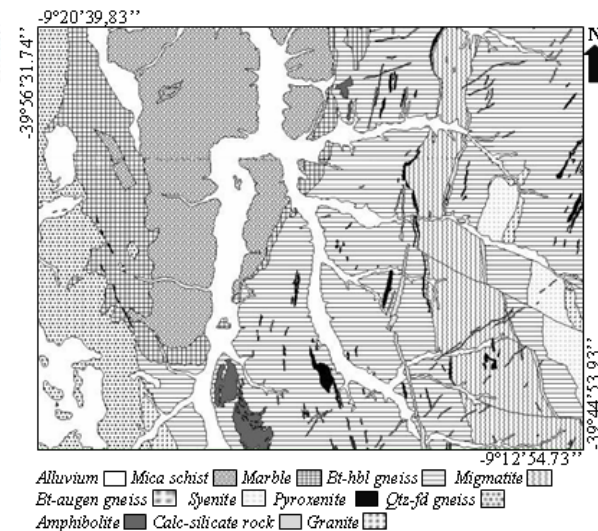
Objetivos: Avaliar a discriminação de produtos de alteração de rochas mineralizadas em Cu em imagens MAPSAR

Metodologia: Análise quantitativa para discriminação de classes temáticas, baseada nas distâncias JM obtidas de amostras de treinamento (valores de amplitude HH, VV e HV).

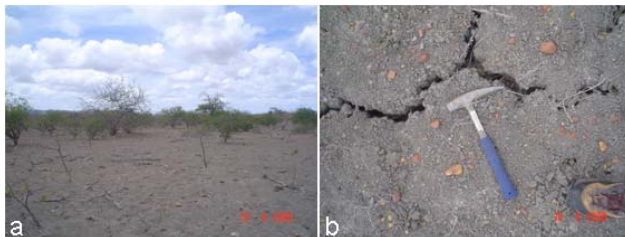
Título: Evaluating the discrimination of Cu-mineralized rock alteration products from simulated MAPSAR Images in the Curaçá Valley, Brazil. PI: Geol. Tiago N. Rabelo (INPE)



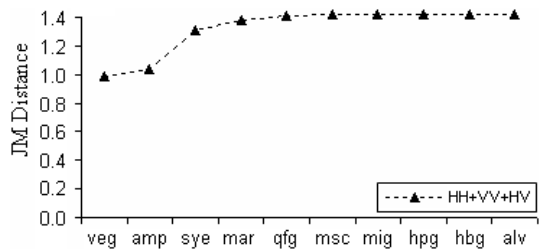
Localização da área em mosaico MAPSAR L-HH



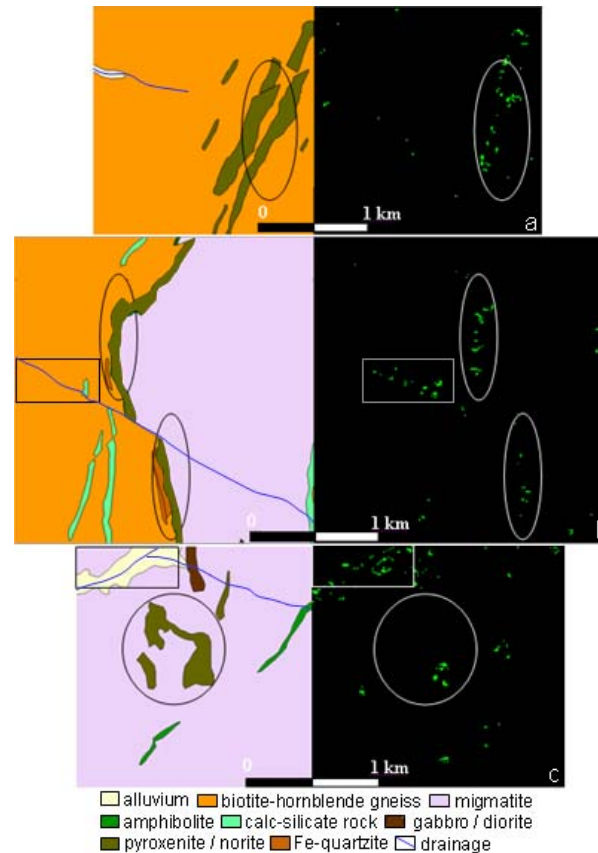
Resultados



Cobertura vegetal, raros fragmentos de rocha (a) e detalhe de vertissolo (b), produto de alteração das unidades máfico-ultramáficas (Vertissolo). Em b, detalhe das fraturas causadas pela forte contração devido aos argilo-minerais no Vertissolo (caráter vértico).



Distância JM média para piroxenito em relação as outras classes, considerando as três polarizações



Conclusões: A rugosidade não foi a responsável pela discriminação dos piroxenitos. Uma grande precipitação antes da data de aquisição dos dados e a alta capacidade de retenção de umidade do vertissolo foram os fatores importantes na classificação



INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

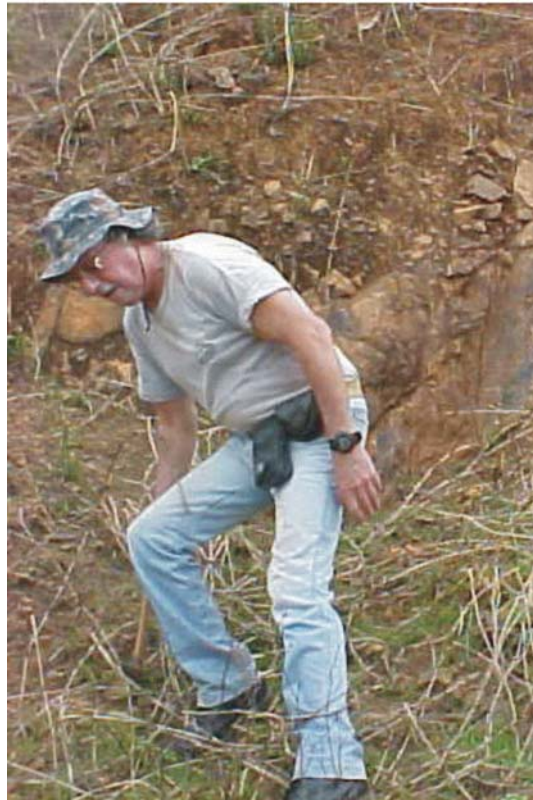
DIVISÃO DE SENSORIAMENTO REMOTO



Conclusões

Embora as avaliações ainda estejam, em sua maioria, em fase preliminar, pode-se concluir:

- 1 – O ótimo realce morfológico garantiu precisão na identificação e caracterização dos lineamentos estruturais, confirmando a sua alta potencialidade da banda L em análises estruturais, e como ferramenta prospectiva, para ambiente montanhoso e de densa cobertura vegetal como o de Carajás;
- 2 – O uso das imagens em banda L na integração com dados aero-geofísicos (mag, gama, etc.) e sensores ópticos, confirma a importância dos produtos integrados (SAR-Geofísica, SAR-Óptico) no mapeamento geológico e na prospecção mineral na Amazônia;
- 4 – Os testes de classificação por computador (banda L) de alvos geológicos mostraram resultados promissores (lateritas em Carajás e piroxenitos no Curaçá);
- 5 – Aparentemente a banda L-HV mostrou um melhor desempenho no realce de estruturas em Carajás;
- 6 – A polarimetria (amplitude + fase) ainda é um campo totalmente novo a ser explorado.



*Um reconhecimento ao geólogo Paulo Veneziani
pela contribuição ao MAPSAR*



FIM