

ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO LITOESTRUTURAL DE IMAGENS.
UMA APLICAÇÃO DO CONCEITO "MULTI" NA FAIXA METAMÓRFICA
AO SUL DE SANTANA DA BOA VISTA - RS

Marisa T.G. de Oliveira Schuck
Departamento de Geodésia do Instituto de Geociências
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Rua Gen. Vitorino, 255 - 90020 Porto Alegre, RS

Nelson Amoretti Lisboa
Departamento de Geodésia do Instituto de Geociências
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Rua Gen. Vitorino, 255 - 90020 Porto Alegre, RS

Nilo Clemente Eick
Departamento de Geodésia do Instituto de Geociências
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Rua Gen. Vitorino, 255 - 90020 Porto Alegre, RS

RESUMO

Estudamos uma faixa de rochas metamórficas através da análise e interpretação visual de imagens, aplicando o conceito multi.

Em imagens de radar foi possível definir regionalmente parte de uma grande estrutura dobrada, do tipo antiformal, fragmentada por falhamentos.

Em aerofotos, detalhamos setores desta estrutura através de fotoanálise e fotointerpretação litoestrutural, individualizando sete unidades fotogeológicas, definindo qualitativamente tipos de falhamentos por critérios fotogeológicos, bem como movimentos relativos de blocos em alguns casos.

Comparamos as diferentes imagens, quanto às informações geológicas que delas pudessem ser extraídas.

Estabelecemos uma possível sequência de eventos geológicos para a área, com base nos dados obtidos exclusivamente das imagens.

ABSTRACT

A belt of metamorphic rocks was analysed through the visual interpretation of radar and photographic images, applying the "multi" concept.

On the radar images we could regionally define part of a big folded structure, of the antiformal type, which is fractured by faulting.

On the airphotography we could make a detail work through the litho and structural photoanalysis and photointerpretation; and seven photogeologic units could be defined. By means of photogeologic criteria we could qualitatively define the kind of faultings as well as the relative block movements in some cases.

Comparing these different images a lot of geologic information could be obtained.

A possible sequence of geologic events, which have caused the actual rock spatial position, could also be established.

INTRODUÇÃO

O presente artigo faz parte de um projeto de estudo de áreas do Rio Grande do Sul a partir da análise conjunta de produtos do Sensoriamento Remoto. Pretendemos obter o máximo de informações geológicas das imagens disponíveis: radar, satélite e aerofotos, com objetivo de esgotar a quantidade de dados desta análise inicial, direcionando um estudo específico para cada área escolhida. Neste artigo, analisamos imagens de radar e aerofotos em três escalas e os dados obtidos nos levaram a uma interpretação litoestrutural de uma faixa escolhida, situada no escudo sul-riograndense.

1. LOCALIZAÇÃO

A área estudada é uma faixa alongada no sentido NE-SW e situa-se entre as longitudes $53^{\circ}30'W$ e $53^{\circ}26'W$; é atravessada na sua porção mediana pelo Rio Camaquã e é limitada pelas latitudes $30^{\circ}50'57''S$ e $31^{\circ}14'27''S$. Foi determinada a partir de um mosaico de radar (SLAR) do Projeto RADAM-BRASIL na escala de 1:250000 e abrange as folhas SH-22-Y-A e SH-22-y-C.

2. O CONCEITO "MULTI"

A metodologia utilizada baseia-se no conceito "multi", que se refere ao uso de imagens de diferentes bandas do espectro em diferentes escalas, fato que permite a obtenção de uma maior quantidade de informações das imagens do que se

as mesmas tivessem sido usadas isoladas e individualmente. Cada imagem fornece um aspecto complementar não visualizado ou mal visualizado em outras. Deste modo, para a análise da estrutura regional, utilizamos as imagens de radar (SLAR) Radam-Brasil na escala 1:250000 e para a análise litoestrutural das estruturas menores utilizamos aerofotos nas escalas 1:110000, 1:60000 e, subsidiariamente, 1:20000, datadas respectivamente de 1975, 1964 do SGE e 1978 DAER.

3. ANÁLISE DA ESTRUTURA REGIONAL EM IMAGEM DE RADAR (SLAR) 1:250000

a. Particularidades relativas às imagens utilizadas.

É necessário abordar algumas particularidades na obtenção das imagens, para melhor entender o processo de obtenção de informações geológicas das mesmas. Trabalhamos com mosaicos constituídos a partir de faixas que foram imageadas por vôos realizados segundo o sentido S-N. A emissão lateral dos pulsos pela antena do radar é aproximadamente E-W e é perpendicular à linha de vôo. As estruturas alinhadas (vales e cristas) são realçados quando se encontram perpendiculares, ou quase, à linha de emissão; acontece o contrário com aqueles que se afastam muito desta direção, ocorrendo o efeito de filtragem, isto é, aqueles alinhamentos quase paralelos à emissão do pulso são pouco realçados.

O parâmetro tonalidade, que nas fotografias aéreas pode indicar variação litológica, na imagem de radar deve ser analisado com outro enfoque. As oito tonalidades que ocorrem na imagem e que graduam do preto ao branco, resultam da rugosidade do terreno que intercepta ou não as microondas, ocasionando um maior ou menor retorno à antena. As tonalidades claras significam que o terreno interceptou e refletiu a microonda e o retorno à antena é forte. O preto parece onde não houve retorno da microonda à antena, sendo que as diversas tonalidades de cinza significam maior ou menor retorno à antena, dependendo não só da rugosidade do terreno como também da constante dielétrica do solo. O retorno da energia emitida é determinado também pelas propriedades do sistema de radar: polarização, ângulo de depressão, comprimento de onda. Este assunto está bem comentado em Sabins (1978). Portanto, na imagem de radar, a tonalidade não deve ser considerada na análise dos tipos litológicos como se faz na fotografia aérea, e sim, como um fator que resulta da expressão morfológica do terreno, a qual, por sua vez, pode estar relacionada a distintos tipos litológicos.

b. Procedimento no Traçado e Análise da Estrutura Regional.

Na imagem de radar usamos o critério de traçar os lineamentos visíveis e nunca prolongar traços por inferência, de modo que todo o traçado corresponde a fatos geológicos seguramente existentes no terreno. Os lineamentos geológicos são de três tipos: vales retilíneos que aparecem como linhas escuras, como em a, fig.1; cristas que aparecem como faixas retilíneas brancas, como em b, fig.1, e "hogbacks" que aparecem como faixas brancas sinuosas, como em c, fig.1. Convém salientar o efeito da filtragem

(que ocorre na imagem de radar) que dá pouco realce a lineamentos paralelos à direção da emissão do pulso, no caso E-W, como em d, fig.1, que é bem mais nítido em aerofotos. Sobre um acetato traçamos os lineamentos correspondentes a cristas isoclinais e "hogbacks" com linhas contínuas, os lineamentos correspondentes a vales foram traçados com linhas tracejadas e os "dip slopes" foram assinalados com simbologia apropriada. A única simbologia inferida, na imagem, foi o eixo de dobramentos, traçado com linhas interrompidas intercaladas com pontos. A figura 2 foi construída com o traçado dos lineamentos obtidos da imagem de radar. Utilizamos o termo "lineamento" para designar qualquer feição linear encontrada, seja em linha reta ou encurvada e que difere do padrão das feições adjacentes e, provavelmente, reflete um fenômeno de subsuperfície.

c. Análise do traçado dos lineamentos geológicos.

Observando a fig. 2, verificamos que os lineamentos correspondentes às cristas isoclinais e "hogbacks", guardam disposição simétrica em relação a uma faixa central, onde há escassez ou ausência destes lineamentos. As cristas isoclinais convergem em (1), e formam a charneira de uma estrutura dobrada. A aplicação da regra dos "V" nos "hogbacks" a Norte do Rio Camaquã, permite definir "dip-slopes" divergentes com relação aos eixos da estrutura, configurando uma dobra do tipo antifórme, com eixo mergulhante para Sudoeste. Este eixo, inferido pela direção das cristas simétricas, sofre mudanças de direção, passa de N20°E a Norte do Rio Camaquã para N40°E a Sul deste rio e, finalmente, para N60°E na extremidade Sul da faixa estudada. A figura 2 mostra que o dobramento foi entrecortado por um padrão de fraturamento multidirecional, dividido em 5 séries:

- série (a) - N70°-80°W
- série (b) - N30°W
- série (c) - N60°E
- série (d) - N20°-30°E
- série (e) - N40°E

Série (a) - N70°-80°W - o primeiro grande lineamento da série (a), coincide, localmente, com o curso do Rio Camaquã. A Sul deste lineamento, as cristas isoclinais de ambos os flancos estão mais afastadas da parte axial da estrutura. Outra grande fratura deste sistema pode ser visualizada a Sul do Rio Camaquã. Observa-se no extremo Oeste deste lineamento, encurvamento das cristas isoclinais de ambos os lados da fratura. Analisando a disposição espacial desta série de fraturas, verifica-se a tendência das mesmas convergirem a Sudeste da área estudada, sugerindo uma disposição radial. O centro de convergência coincide com o campo de intrusões alcalinas, a Sudeste de Santana da Boa Vista, nas folhas Arroio Barroco e Arroio da Bica, já fora da área estudada.

Série (b) - N30°W - é menos importante que a anterior, quantitativamente e, também quanto à extensão das fraturas.

Série (c) - N60°E - de ocorrência restrita ao extremo Sul da dobra. Estes lineamentos jun-

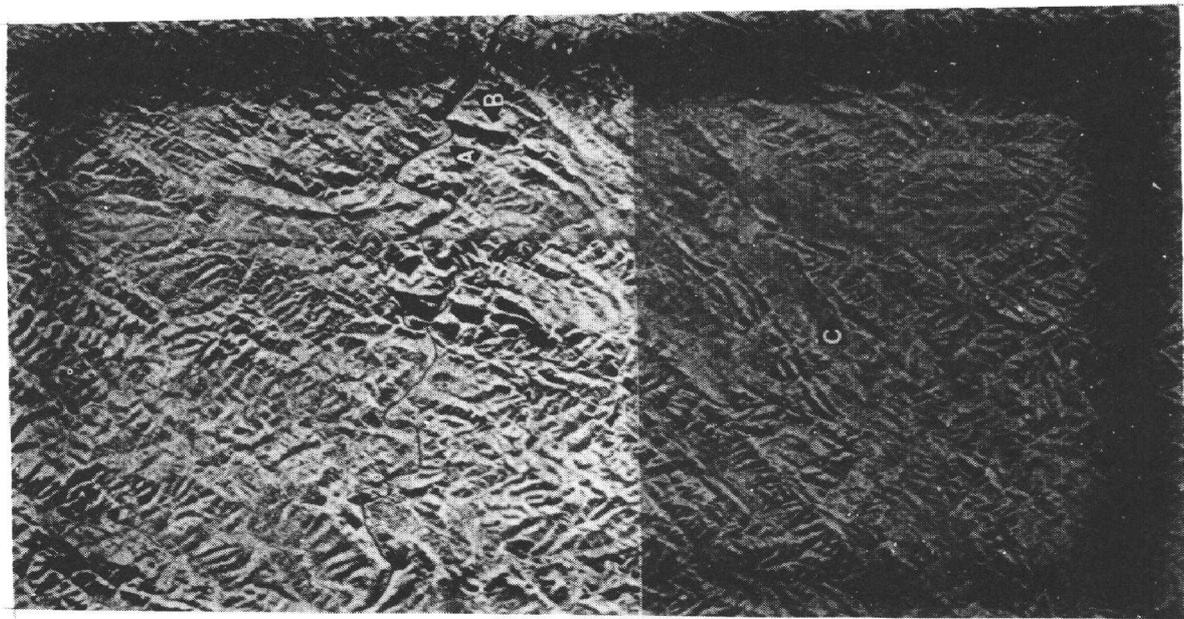


Fig. 1

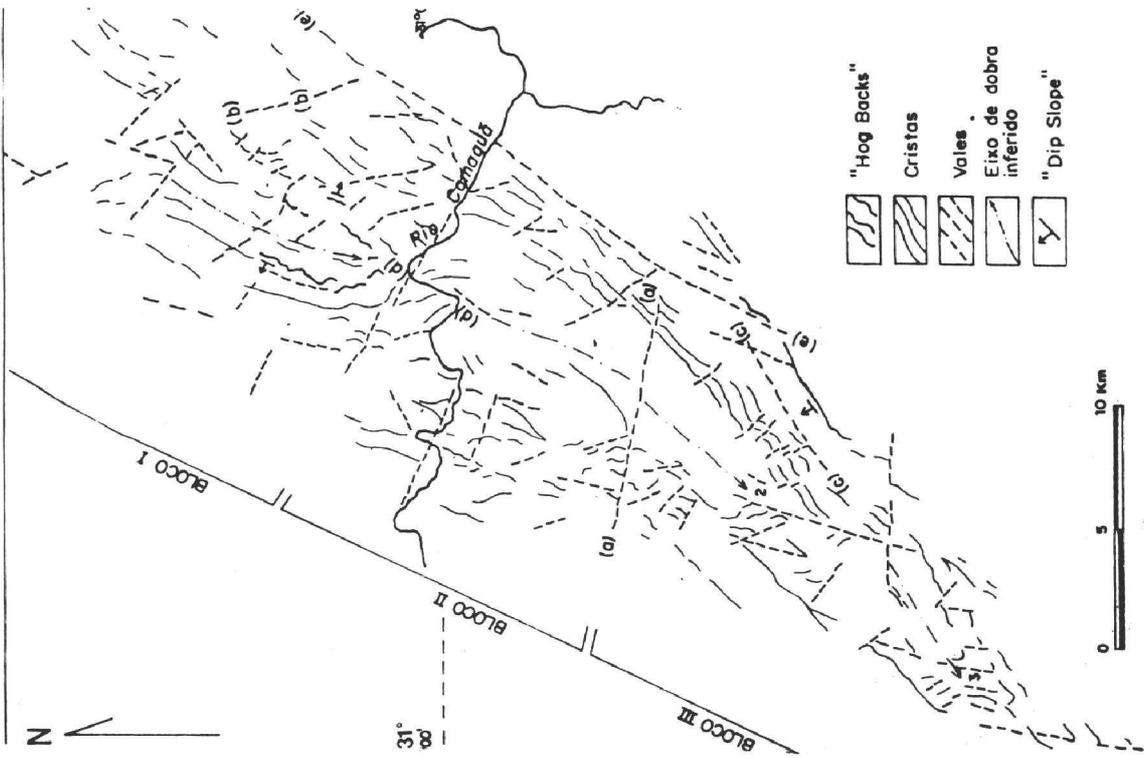


FIG. 2- TRACADO DOS LINEAMENTOS TIRADOS DA IMAGEM DE RADAR

tamente com outros de direção N20°E fragmentam a charneira da dobra em seu extremo Sul. Os lineamentos com direção N60°E coincidem com "cuestas" que ocorrem a Sudeste da faixa e que possuem "dip-slope" na direção Noroeste.

Série (d) - N20°-30°E - esta série de fraturas é particularmente intensa no extremo Sudoeste da estrutura, onde encurva e desloca as cristas isoclinais que, neste setor, apresentam direção N60°E.

Série (e) - N40°E - esta série é pouco representativa no interior da estrutura, mas ocorre como uma falha de extensão regional no limite Leste da faixa estudada.

d. Relações das cristas isoclinais e "hogbacks" com as séries de fraturas.

As cristas isoclinais posicionam-se nos flancos da estrutura dobrada. O flanco Oeste apresenta as cristas deslocadas em toda a extensão da estrutura. Observando-se este flanco, verifica-se que a Norte do Rio Camaquã, a direção das cristas é aproximadamente paralela à série de fraturas (d) N20°-30°E, a Sul deste rio, as cristas aparecem paralelas à série (e) N40°E e, finalmente, no extremo Sul, os lineamentos correspondentes às cristas, tornam-se paralelos à série de fraturas (c) N60°E.

As séries (a) N70°-80°W e (b) N30°W são sempre transversais às cristas, seccionando-as e deslocando-as.

A situação descrita leva-nos a inferir que as fraturas correspondentes às séries (c) N60°E, (d) N20°-30°E, (e) N40°E ocorreram, inicialmente, após o dobramento das cristas isoclinais, sofrendo, posteriormente, reativações. Já as séries (a) N70°-80°W e (b) N30°W correspondem a movimentos relativamente recentes, quando a faixa móvel já se encontrava consolidada em fase rígida.

A série (a) N70°-80°W fragmentou a estrutura em 3 blocos. Pode-se afirmar, em princípio, que cada um destes blocos se diferencia dos demais em pelo menos um aspecto: a direção das cristas isoclinais. No Bloco I, a direção N20°-30°E; no Bloco II é N40°E e no Bloco III esta direção é N60°E.

Na observação da figura 2 verifica-se que o bloco III é mais fragmentado, principalmente pela intensificação da série de fraturas (d) N30°E cuja representação é bem mais modesta nos dois outros blocos.

4. FOTOANÁLISE E FOTOINTERPRETAÇÃO DA ESTRUTURA POR SETORES

a. Particularidades relativas às fotografias aéreas.

Trabalhamos com aerofotos pancromáticas convencionais as quais registram comprimentos de onda no intervalo 0,4-0,7 micrômetros refletidos pelos alvos da superfície terrestre, rochas, solos, águas, vegetação, etc. A resposta dos alvos é variável e depende de suas características físicas e químicas, ocasionando, assim, tonalidades distintas na imagem fotográfica. O fator tonalidade, portanto, tem importância na

identificação de objetos do terreno, a partir da análise espectral das aerofotos. Por outro lado, a possibilidade de se obter visão tridimensional da região imageada, com exagero vertical do relevo do estereomodelo, permite acompanhar as "quebras" de relevo e drenagem e identificar feições de detalhe, como padrões de afloramento de rocha. Todas estas observações têm significado geológico, se convenientemente avaliadas. Dos fatores enumerados por Sabins (1978), comuns a todas as aerofotos (resolução, escala e deslocamento do relevo), a variação de escala é o que mais influi na interpretação dos fatos geológicos.

Em nosso trabalho, levando em conta o afirmado acima, utilizamos aerofotos em três escalas: 1:110000, 1:60000 e 1:20000, procurando extrair o máximo de informações geológicas que cada um desses produtos pudesse fornecer.

b. Método de Trabalho

Na fotoanálise e fotointerpretação, utilizamos um estereoscópio "Wild" de espelhos. O exagero vertical do relevo na observação das fotos realça o intemperismo e a erosão diferenciando os limites litológicos e estruturais, tornando o critério "quebra" de relevo, fundamental na separação das unidades fotogeológicas. Elementos acessórios nesta operação foram mudanças tonais, variações de textura e padrão da drenagem e do relevo.

Para o traçado de limites usamos linhas contínuas quando este é nítido e linhas tracejadas quando o mesmo é indefinido. Para o traçado de fraturas e falhas usamos linhas tracejadas. A simbologia para atitude de camadas, xistosidade, eixo de dobras, etc, foi a convencionalmente utilizada em mapas fotogeológicos. Na fotoanálise de cada unidade separada foram descritas sistematicamente feições geomorfológicas (padrões e texturas da drenagem e do relevo), variações de tonalidade e características dos afloramentos de rochas observáveis nas aerofotos. Na análise das estruturas dobradas usamos, com frequência, como elemento de referência, camadas de quartzito, as mais persistentes e nítidas do estereomodelo. O brusco truncamento e desaparecimento de unidades fotolitológicas de um lado e de outros dos lineamentos, foi levado em conta na interpretação de estruturas falhadas. A fotoanálise e fotointerpretação litológica, foram feitas nas aerofotos 1:60000; a fotoanálise e fotointerpretação estrutural foram desenvolvidas fundamentalmente nas aerofotos 1:110000 e acessoriamente, na de escala 1:60000, no que se refere a certas feições de detalhe. As aerofotos 1:20000 foram também analisadas, mas não ofereceram informações que não estivessem contidas nas outras escalas, e por isso foram postas de lado.

c. Fotoanálise e fotointerpretação litológica.

As estruturas rochosas, dentro da área delimitada, foram separadas em cinco unidades litológicas componentes da faixa metamórfica e suas limitantes do cinturão móvel, (figs. 4, 6 e 8). Todos os limites são nítidos, controlados estruturalmente, com exceção dos limites entre

os quartzitos e os conglomerados, no Bloco I (fig.4), onde não há controle estrutural evidente.

Descrição das unidades:

Quartzito: corresponde a rochas onde a drenagem com padrão ortogonal e pinado de textura fina se desenvolve sobre cristas isoclinais e "hogbacks" de tonalidade cinza-claro, que constituem camadas verticais e fortemente mergulhantes, (fig. 3a).

Gnaiss*: situa-se entre as camadas de quartzito. Nesta unidade a drenagem é de padrão misto angular-radial centrífugo de textura média e se desenvolve num relevo maciço cupuliforme. A tonalidade fotográfica desta unidade é cinza médio e os afloramentos, observáveis no estereomodelo, são raros, (fig.5a).

Xisto: aparece em faixas paralelas às cristas de quartzito, no Bloco I, a Norte do Rio Camaquã. A drenagem se desenvolve segundo um padrão pinado de textura fina e a tonalidade fotográfica é cinza-escuro, (fig. 3b). O relevo é maciço de textura fina e as rochas afloram nas ravinas.

Vulcano-sedimentar: aparece também em faixas paralelas às camadas de quartzito, principalmente a Norte do Rio Camaquã onde a drenagem tem textura média a grosseira com padrão de sub-paralelo a angular. O relevo é misto, variando de suavizado a irregular com intercalações de cristas e "hogbacks" multidirecionais, possuindo uma tonalidade variegada. As rochas afloram em camadas inclinadas, (fig.3c), evidenciando uma rochasedimentar de mediano grau de cimentação (tonalidade cinza-claro) perturbada por falhamentos multidirecionais, intercalada com rochas vulcânicas (tonalidade cinza-escuro).

Vulcânica-hipoabissal:** a baixa densidade da rede de drenagem não evidencia um padrão dominante. O relevo é do tipo tabuliforme e aparece como crista e mesa. A crista tem direção N80°W, e é perpendicular às principais estruturas metamórficas. Este comportamento discordante caracteriza um dique de diabásio que apresenta uma tonalidade cinza-escuro, (fig.5b). O morro achatado, rocha vulcânica, identificado a Norte do dique de diabásio, apresenta, em planta, o aspecto de uma lente côncavo-convexa. A textura fotográfica observada é de "couro de cobra" modificada, com pontos escuros espalhados numa superfície mais clara, (fig.5c). A superfície do topo é algo rugosa e, de uma maneira geral, achatada.

Arenitos:** são as rochas que constituem o

* Gnaiss é o termo empregado para designar rochas que sofrem erosão uniforme, observável no estereomodelo, e apresentam formas de relevo muito parecidas com as dos granitos, embora no campo estas mesmas rochas revelem grandes diferenças, podendo tratar-se desde meta-arcôsis até migmatitos ou granulitos.

** As unidades vulcânicas e sedimentares foram estudadas porque são importantes na análise e interpretação da posição relativa dos blocos na faixa metamórfica

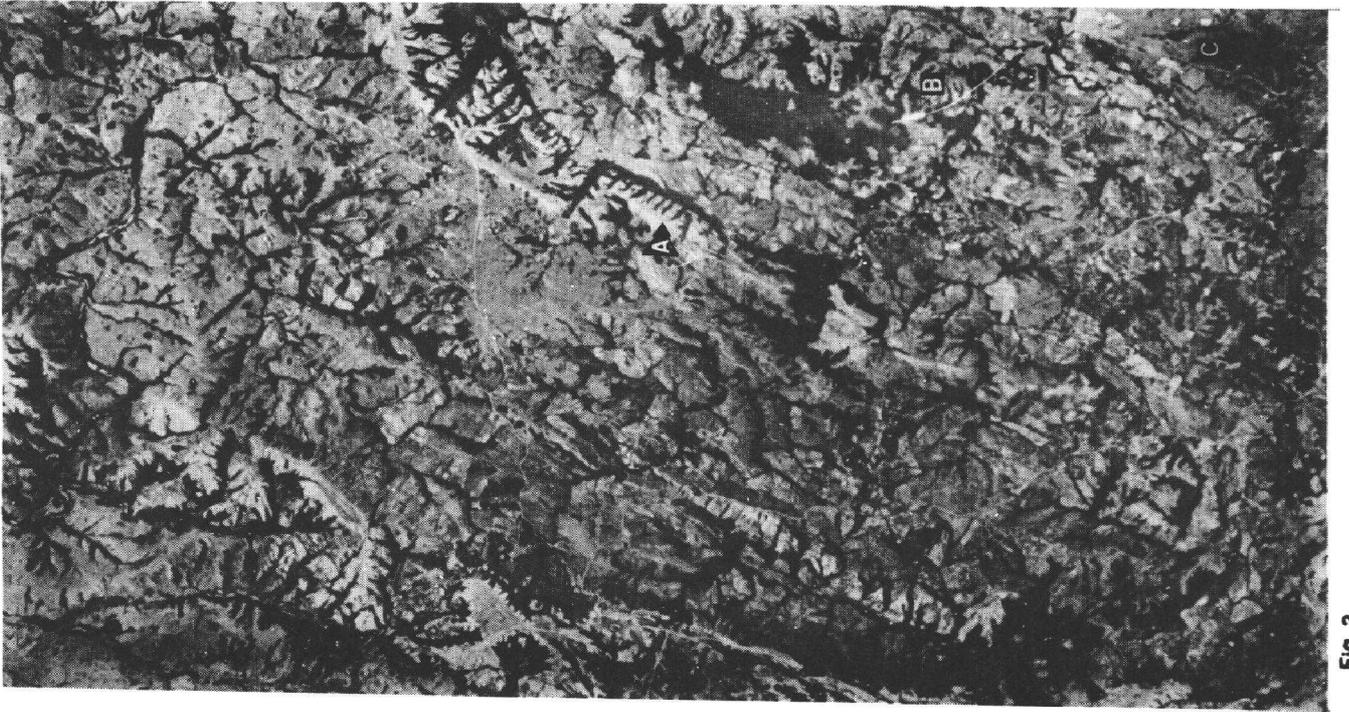
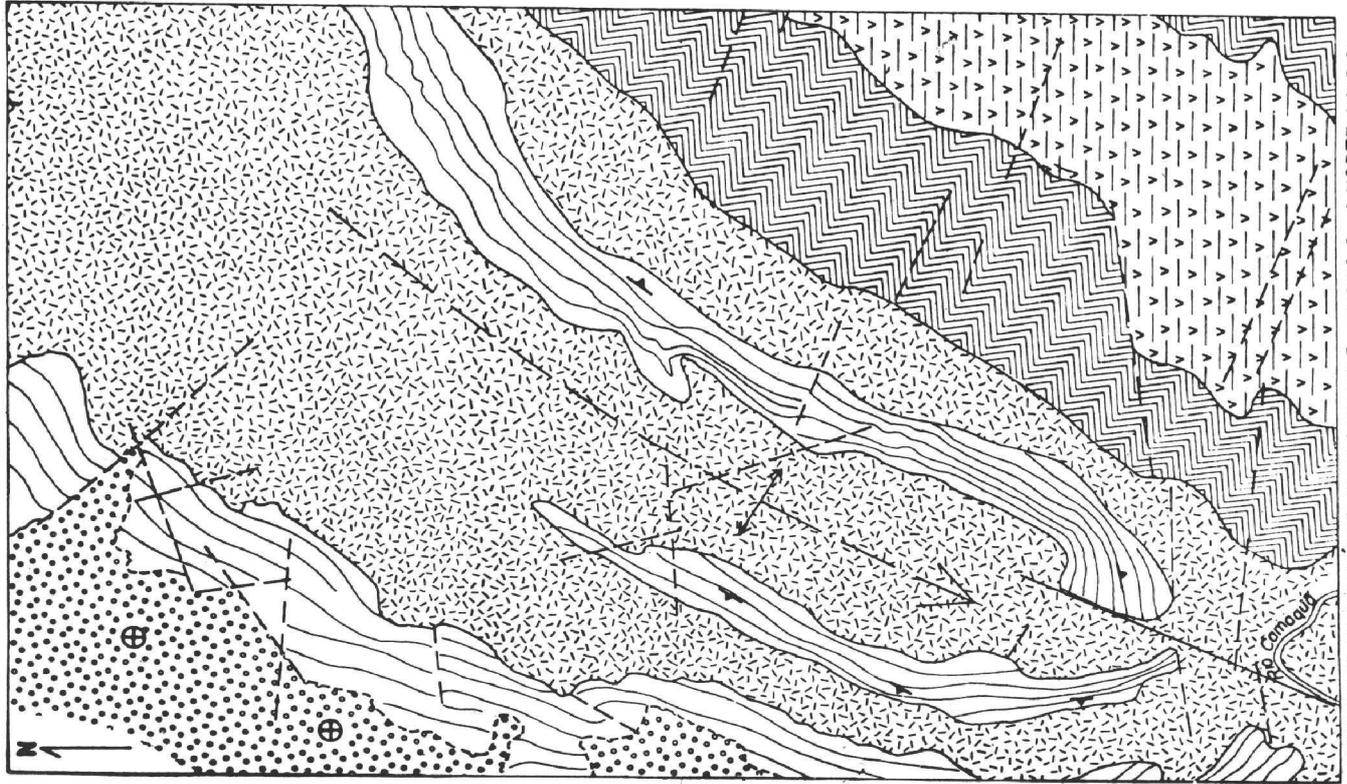
limite Leste da faixa estudada e estão separadas desta última por uma extensa falha que, a Norte do Rio Camaquã, tem direção N30°E e nos Blocos II e III apresenta direção N40°E e N60°E, respectivamente. A drenagem, aí, apresenta baixa densidade e um padrão retangular. O relevo é tabuliforme, representado por uma cuesta e morros achatados; a tonalidade fotográfica é cinza-claro e a rocha aflora em camadas e lajeados nas encostas dos morros, (fig.5d).

Conglomerado/Arenito:** situa-se no limite Oeste da faixa metamórfica. Este limite não é nítido em toda sua extensão. No Bloco I, o limite é principalmente erosivo e pouco nítido. No Bloco II o limite é por falha, (fig.6a), e no Bloco III o limite é novamente erosivo mas o reconhecimento desta zona de contato é facilitado pelas diferenças fotogeológicas das rochas justapostas. No conglomerado os cursos de água são na maior parte retilíneos; localmente aparece o padrão "pincer" contornando morros arredondados. As confluências são em ângulo (reto ou agudo) evidenciando um padrão geral de drenagem angular. As formas de relevo predominantes são morros alongados e fracamente achatados e a rocha aflora em camadas e lajeados. No Bloco II, os conglomerados são cortados por diques de diabásio, (fig.5e). Um arenito friável recobre alguns morros de conglomerado e também as cristas de quartzito do extremo Oeste do Bloco III, (fig. 5f). Este arenito aflora em camadas horizontais de tonalidade cinza-claro.

d. Fotoanálise e fotointerpretação estrutural.

Nas aerofotos 1:110000 e 1:60000, foram confirmadas e traçadas todas as séries de lineamentos evidenciados na imagem de radar (figs. 4, 6 e 8).

Na figura 4 podemos observar o mapa fotogeológico do Bloco I; na figura 6, o mapa fotogeológico do Bloco III; e na figura 8, o mapa fotogeológico dos Blocos I e II. Os comentários a seguir referem-se a estas figuras. A série de lineamentos (N80°W) foi melhor interpretada nas aerofotos do que nas imagens de radar, pois o detalhe que as primeiras oferecem, no que se refere a tipos litológicos e seu truncamento pelas fraturas, permite uma inferência mais significativa do que na imagem de radar. Observando na figura 8 a fratura N80°W que coincide parcialmente com o curso do Rio Camaquã, podemos verificar o seguinte: esta fratura trunca as camadas de quartzito, que, a Sul deste alinhamento, estão deslocadas para fora da linha axial da estrutura dobrada em relação às que afloram a Norte. Os xistos, bem como a seqüência vulcano-sedimentar, também estão truncados e desaparecem a Sul da fratura N80°W. O grau de dissecação do Bloco II (Sul) em relação ao Bloco I (Norte), é mais pronunciado. Este fato pode ser verificado parcialmente na observação dos estereogramas das figuras 10 e 11. Nestes mesmos estereogramas pode ser observado que a fratura N80°W coincide parcialmente com possante crista isoclinal, onde se encaixa um trecho retilíneo do Rio Camaquã (fig.10a). Todas estas observações permitem classificar a fratura como falha de deslocamento vertical do tipo transversal, definindo um



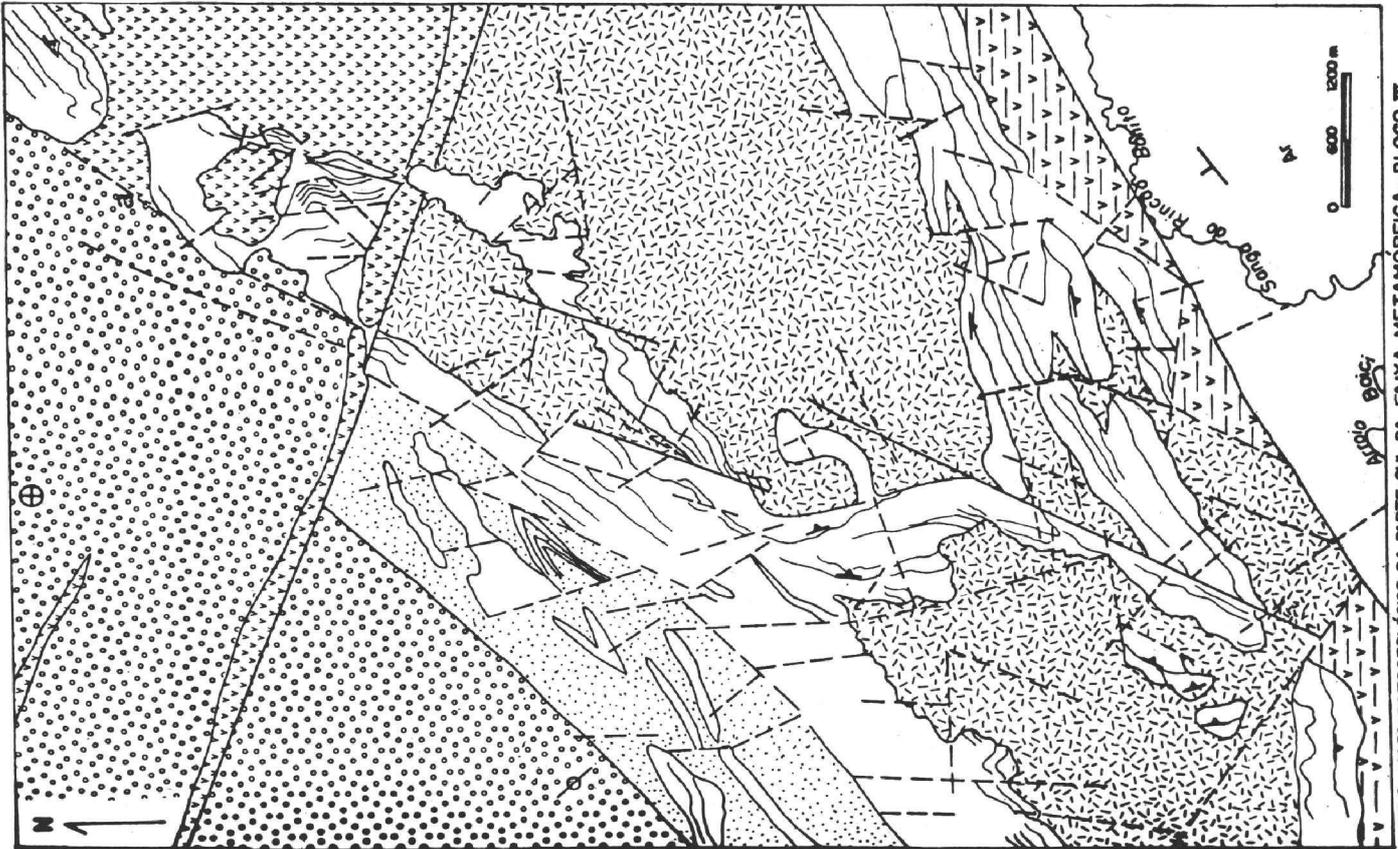


FIG. 6 - MAPA FOTOGEOLOGICO DA PARTE SUL DA FAIXA METAMORFICA - BLOCO III



Fig. 5



Fig. 7

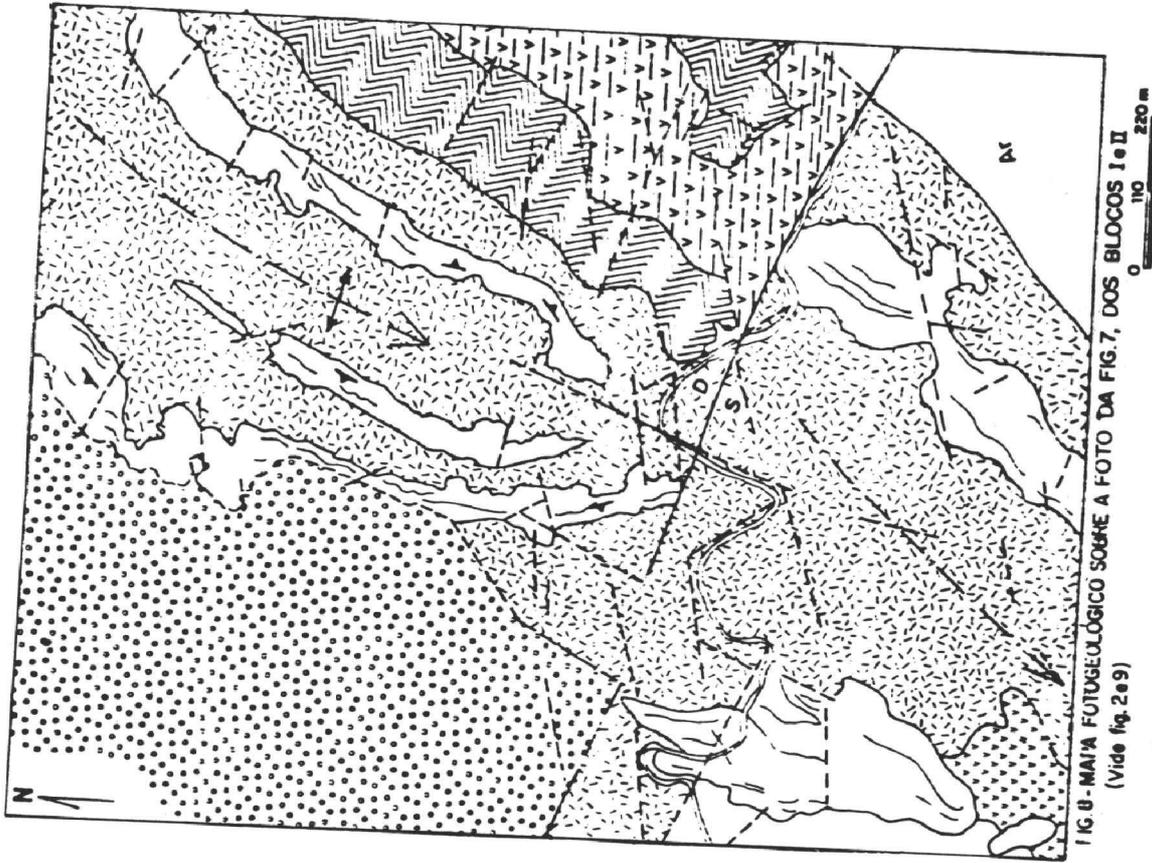


FIG. 8 - MAIA FOTOGÉOLOGICO SOBRE A FOTO DA FIG. 7, DOS BLOCOS I e II
(Vide fig. 2 e 9)

UNIDADES FOTOGEOLÓGICAS	
	Vulcânicas e Hipobissais
	Arenitos / Conglomerados
	Arenitos a leste do cinturão móvel
	Vulcano-sedimentares
	Quartzitos
	Xistos e Filitos
	Rochas maciças-gnoisses
	Fraturas
	Falhas
	Falha com movimento vertical de blocos
	Atitude da xistosidade
	Eixo de dobra
	Camada inclinada
	Camada horizontal
	Camada vertical

FIG. 9 - CONVENÇÕES FOTOGEOLÓGICAS DAS FIGURAS 4, 6 E 8

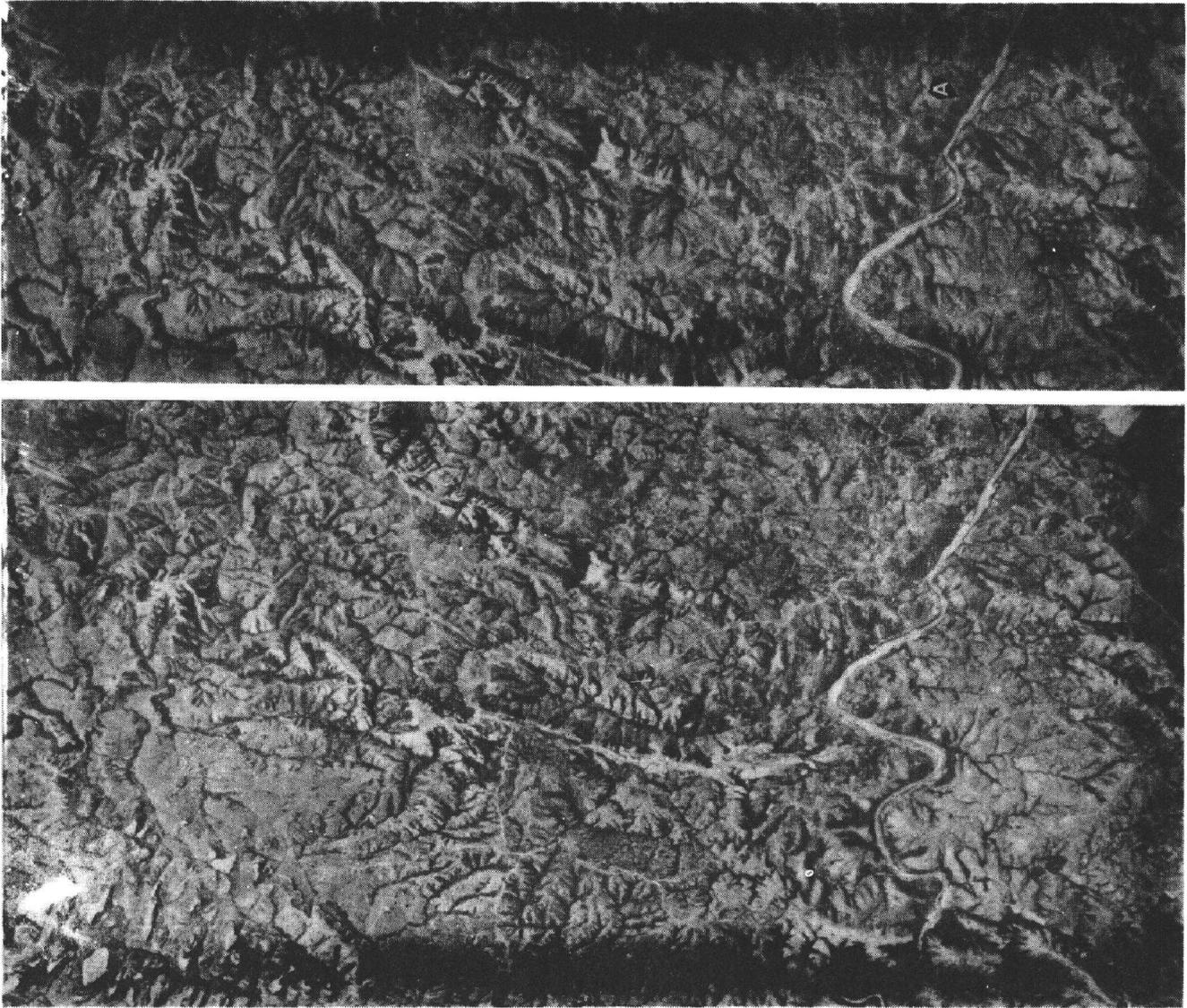


Fig. 10

bloco abatido a Norte (Bloco I) e um bloco soerguido a Sul (Bloco II) Esta falha é também responsável pela mudança de direção do eixo da estrutura dobrada que passa de N20°E no Bloco I a batido, a N40°E no Bloco II soerguido.

O outro lineamento da série N80°W que merece ser discutido é o que limita o Bloco II com o Bloco III, (fig.6). É a fratura mais extensa desta série. Ao longo dela ocorre o truncamento e o encurvamento das camadas de quartzito, e está preenchida por um corpo de rocha hipobissal do tipo dique. Este lineamento trunca a unidade vulcânica a Norte do dique. A sul do mesmo, esta a unidade vulcânica não aparece mais. O mesmo lineamento trunca rochas sedimentares a Oeste da faixa metamórfica, colocando em contato arenitos e conglomerados a Norte com arenitos friáveis sobre quartzitos a Sul (fig.11a). O grau de dissecação é maior a Sul do que a Norte do dique de diabásio. Este fato pode ser parcialmente observado nos estereogramas das figuras 10 e 11. As observações acima e o encurvamento das camadas de quartzito permitem classificar este lineamento N80°W como uma falha onde ocorreram movimentos verticais e, provavelmente, horizontais, (fig. 11b).

A série N30°W é representada por fraturas pouco extensas, transversais às cristas de quartzito. Ao longo desta série ocorrem pequenos deslocamentos destas cristas, fato que pode ser observado na figura 11c, principalmente no flanco Sudeste da estrutura.

A série N60°W é a menos expressiva, pouco representada nas aerofotos e mais visível nas imagens de radar.

A série N20°-30°E, junto com a série N80°W são as mais importantes, tendo causado os maiores deslocamentos das cristas de quartzito com particular intensidade no Bloco III. A principal característica destes lineamentos é o encurvamento das cristas de quartzito nas suas proximidades, com a formação de "drags", como em d, (fig.11). Este fato permite classificá-las como falhas compressoriais longitudinais, onde podem ocorrer movimentos cavalgantes ou transcorrentes. Observa-se também que estes lineamentos localizam-se preferencialmente nas regiões axiais, seja da estrutura maior, como em e ou f (fig.11), seja em redobramentos secundários, ocorridos principalmente no flanco Oeste da estrutura, como em g, (fig.11). Neste flanco pode-se observar desde simples rompimentos na região axial dos redobramentos, sem deslocamento, passando para a formação de "drags" contrapostas, evidenciando cavalgamento, até o afastamento das "drags", indicando transcorrência. Esta descrição pode ser observada nos estereogramas da figura 11 e a localização dos lineamentos, na figura 6.

Diferenciar falhas de empurrão de falhas transcorrentes em aerofotos, torna-se difícil uma vez que ambas originam-se de esforços compressoriais e transicionam uma para a outra. Classificamos como prováveis falhas de empurrão aqueles lineamentos associados aos redobramentos do flanco Oeste do Bloco III, pois são de dimensões modestas, associados a regiões axiais de dobras, ou seja, continuidade por "drags" justa

postas, evidenciando pequeno deslocamento do bloco ativo (loczi-Ladeira, 1976). Classificamos como prováveis falhas transcorrentes, aqueles lineamentos N30°E localizados na região axial da estrutura que apresentam traços de falha retilíneos, com planos de falha vertical ou subvertical, de grande extensão, com excelente expressão topográfica que truncam camadas de quartzito tornando-as descontínuas e formando "drags", (fig.11h).

A série N40°E, como já foi verificado na análise das imagens de radar, não aparece no interior da estrutura e aparece apenas como um grande lineamento que delimita a faixa estudada a Leste, (fig.11i).

As séries de fraturas N70°-80°W, N30°W e N20°-30°E, principalmente, fragmentaram uma grande estrutura dobrada, originalmente contínua. O Bloco I, abatido pela falha N80°W (a-a), (fig. 8) é o mais preservado e pouco afetado pelas fraturas da série N30°E. Neste bloco foi possível definir a atitude das camadas de quartzito, (fig.8), configurando-se uma estrutura antiformal com eixo mergulhante para SW e direção N30°E, fato este já verificado na análise das imagens de radar.

No Bloco II as camadas de quartzito têm direção N40°E e tornam-se subverticais, expressas apenas por cristas isoclinais (fig.8).

No Bloco III, (fig.6), as camadas de quartzito têm direção N60°E, estão muito "amarrontadas" e descontínuas, especialmente no flanco Oeste, com direções e mergulhos variáveis. Os mergulhos observados nos estereomodelos variam de verticais até subverticais, neste caso mergulhando para os quadrantes Ne, S e SE. Não foram observados mergulhos para o quadrante Oeste, (fig.6).

Baseados nos fatos até aqui descritos, podemos estabelecer a seguinte sequência de possíveis eventos:

1. Dobramento segundo uma estrutura antiformal mergulhante para SW, redobramentos, especialmente no flanco Oeste da estrutura, tornando-se mais acentuados para o Sul.

2. Rompimentos, por compressão, nas regiões axiais da estrutura e nas regiões axiais dos redobramentos do flanco Oeste, segundo a série N20°-30°E. Deslocamentos do tipo transcorrente ao longo destas falhas na região axial da megadobra e do tipo cavalgante e em parte transcorrente, nos redobramentos do flanco Oeste.

3. Movimentos verticais de blocos ao longo da série N70°-80°W que fragmentou a estrutura nos Blocos I, II e III, sendo o Bloco I abatido em relação aos Blocos II e III. Concomitantemente, ocorreram rompimentos segundo a série N30°W e modestos deslocamentos das cristas de quartzito segundo esta direção.

5. CONCLUSÕES RELATIVAS À QUALIDADE DAS IMAGENS PARA A ÁREA ESTUDADA

Através do estudo de imagens de Radar e fotografias aéreas conseguimos destacar as principais direções de ruptura (falhas e fraturas), estabelecer um padrão de dobramentos, definir os

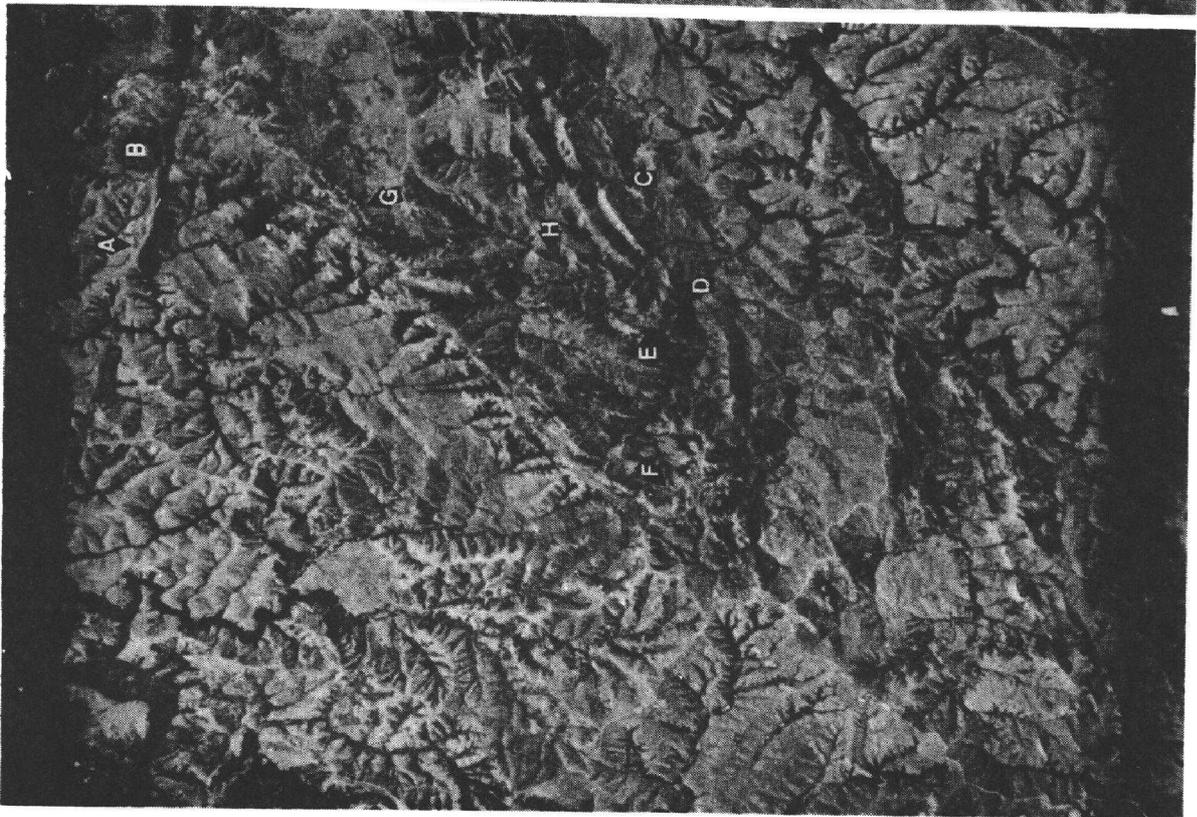
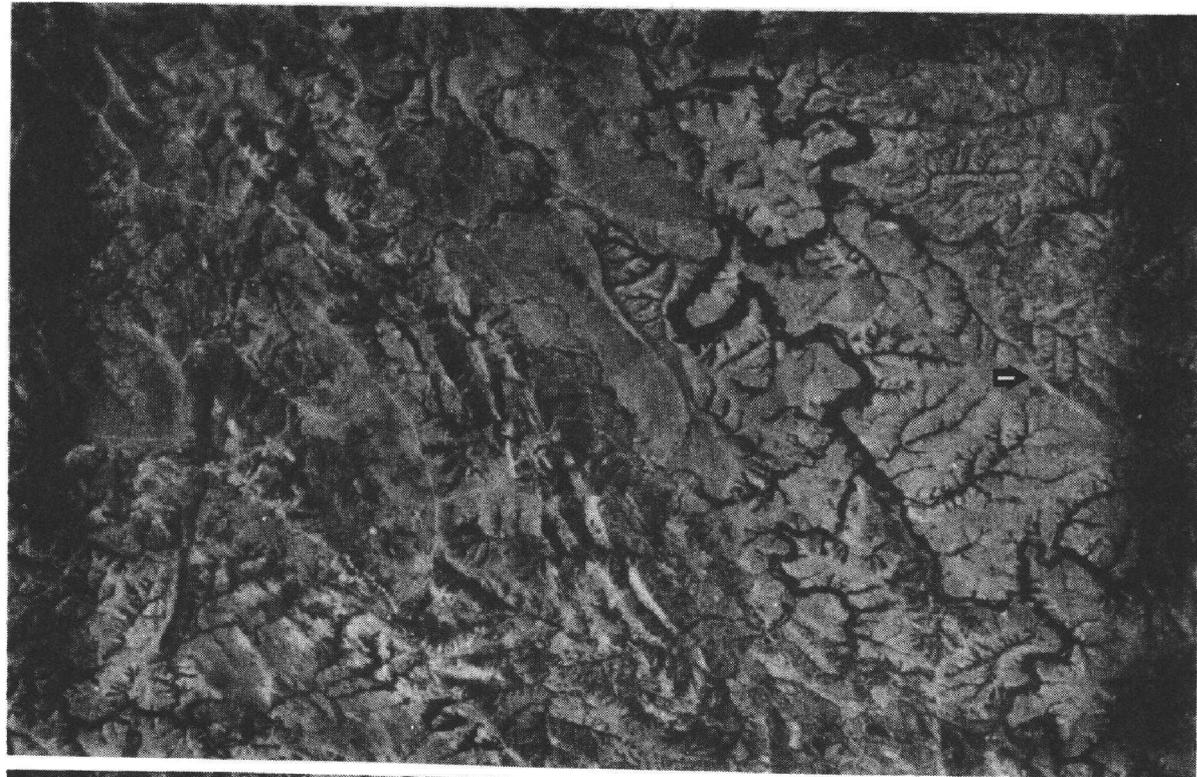


Fig. 11

prováveis tipos de rochas componentes e estudar os eventos tectônicos que afetaram tais rochas. Estas conclusões foram obtidas a partir do estudo de todos os produtos, mas podemos destacar que a análise de fraturas e dobras foi iniciada nas imagens de Radar e completada com aerofotos na escala 1:110000. A caracterização das unidades fotogeológicas foi feita principalmente com as fotos na escala 1:60000 e a interpretação estrutural teve total apoio nas aerofotos com escala de 1:110000. As aerofotos na escala 1:20000, tiveram pouca utilidade neste estudo, visto que devido à grande escala, perdemos a visão do conjunto que é essencial ao estudo geológico regional. Pedreira (1983) concluiu que para Geologia e Geomorfologia, as imagens de Radar e aerofotos convencionais são as mais indicadas ao reconhecimento regional e mapeamento de detalhe, respectivamente, e mostra como resultado de seu estudo a seguinte tabela:

Feature	Airborne X-band SAR	Landsat MSS-5	Landsat MSS-7	Conventional aerial photo
Synoptic coverage	++	+++	+++	+
Relief	+++	+	++	+++
Tone	++	+++	+	+++
Lithology differences	+++	+	++	+++
Folds on crystalline rocks	+	+	++	+++
Faults	+++	+	+++	+++

+++ Good ++ Fair + Poor

(de Pedreira, 1983, ITC Journal 1983-3).

Considerando a tabela acima e não levando em consideração os dados do Landsat, concordamos na superioridade do Radar para distinguir formas lineares de relevo e na equivalência entre este e a fotografia aérea convencional na determinação de falhas, com a ressalva de que, no Radar, as direções paralelas à direção do pulso, são pouco evidenciadas. Discordamos, com base nos dados obtidos no presente trabalho, dos outros itens da tabela e apresentamos uma tabela modificada, onde são avaliados os produtos por nós utilizados.

Feição	RADAR	Aerofotos convencionais
Cobertura Regional	+++	++
Lineamentos de relevo	+++	+++
Formas de relevo	+	+++
Tonalidade	+	+++
Dobras em rochas metamórficas	+++	++
Falhas regionais	+++	+
Deslocamento de blocos de falhas	+	+++

+++ Bom ++ Regular + Fraco

Concluímos que, quanto à cobertura regional, a superioridade do radar decorre da menor escala. Os alinhamentos de relevo são mais evidentes na imagem de radar, mas as formas de relevo, são melhor determinadas nas aerofotos convencionais com auxílio da estereoscopia. Quanto à tonalidade, podemos dizer que os critérios fotogeológicos nela baseados (Von Bandat, 1963) são bastante sólidos, ao passo que as imagens de radar, têm praticamente muito poucas informações relacionáveis com tonalidade. As dobras foram mais facilmente localizadas no radar, regionalmente. Os aspectos de detalhe, tais como pequenos dobramentos, atitude de camadas, são detectados com facilidade nas aerofotos 1:110000.

As falhas mais extensas podem ser acompanhadas regionalmente, no radar, mas não nas aerofotos, embora estejam bem evidenciadas em ambos. Os movimentos relativos de blocos e fatores determinantes dos tipos de falhas, foram verificados nas aerofotos 1:110000. Consideramos que o item "Diferenças Litológicas" é dependente de fatores como relevo, tonalidade, padrão de drenagem, que devem ser avaliados isoladamente (análise), para concluirmos por um tipo de rocha. Portanto, optamos por não incluir este item na tabela comparativa.

6. RECOMENDAÇÕES

1. O trabalho demonstra que a utilização simultânea de diferentes tipos de imagens na obtenção de informações de natureza geológica aumenta as possibilidades do pesquisador. Recomendamos esta sistemática na rotina de mapeamento geológico preliminar.

2. Nas imagens de radar foi possível definir uma disposição radial das fraturas N70°-80°W, em relação à concentração de ocorrências de intrusões alcalinas a Sudeste do Rio Camaquã, fora da área estudada. Recomendamos trabalhos de campo no sentido de comprovar a relação entre estes lineamentos e a ocorrência das aludidas intrusões.

3. A fragmentação da faixa metamórfica em blocos abatidos e soerguidos segundo N70°-80°W, foi comprovada no decorrer do presente estudo.

Recomendamos, finalmente, que este fato de cunho estrutural, seja levado em conta em futuros estudos do metamorfismo desta faixa móvel.

7. BIBLIOGRAFIA

- BANDAT, H.F. von. Aerogeology. Houston, Gulf. 1963, 350p. il.
- PEDREIRA, A.J. Spaceborne Sar imagery interpretation, Bahia area, Brazil. ITC Journal, Enschede, Neth., 3:241-245. 1983.
- SABINS JUNIOR, F.F. Remote sensing principles and interpretation. San Francisco, W.H. Freeman. 1978, 426p. il.