

CARACTERIZAÇÃO DE MACIÇOS ÁCIDOS E DIFERENCIADOS DO SUL DO ESPÍRITO
SANTO, ATRAVÉS DE TÉCNICAS DE REALCES AUTOMÁTICOS DE DADOS DO LANDSAT

W.R. PARADELLA, C.C. LIU, P.R. MENESES

INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS
CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS - SP - BRASIL

RESUMO

Na parte sul do Estado do Espírito Santo, são reconhecidos quase duas dezenas de maciços intrusivos, ainda muito pouco estudados. De maneira geral, predominam nestes maciços, distribuídos preferencialmente na região central do Estado, rochas graníticas ou com filiação granítica, exibindo, entretanto, alguns corpos, diferenciações desde os tipos ácidos até básicos, estando também presentes termos mais alcalinos. Os tipos litológicos comumente incluem granitos, granodioritos, dioritos, sienitos, noritos e gabros. A utilização de imagens LANDSAT, realçadas automaticamente por computadores (Sistema I-100), forneceu alguns resultados interessantes na caracterização geológica de alguns destes maciços. Através de técnicas de filtragens bidimensionais, utilizando filtros digitais recursivos, realces de cenas, bem como, operações em vídeo, foi possível a obtenção de resultados sugestivos, relativos ao padrão estrutural, à geometria e às relações de contato com as encaixantes regionais de cinco destes maciços.

ABSTRACT

In southern Espírito Santo State, about 20 granitic massifs of pre-cambrian age are scattered and poorly studied until now. The utilization of LANDSAT images, enhanced by automatic techniques of "Digital Filtering" and "Contrast Stretch" in five of these bodys (Santa Angēlica, Afonso Cláudio, Venda Nova, Aracê and Castelo) revealed important details of their structural pattern, lithologic constitutions and contact relations with the metamorphic country rocks. All of these data integrated with results of field works got the first reconnaissance maps of these intrusive massifs of the SE of Brazil.

1. INTRODUÇÃO

O estudo do Pré-cambriano do Estado do Espírito Santo defronta ainda com problemas de difícil solução, basicamente relacionados à complexidade geológica da área, onde processos tectônicos, metamórficos e de migmatização repetitivos, de caráter polifásicos e polícíclicos, obliteraram em muito os indícios originais que permitiriam desvendar os traços evolutivos gerais da região.

Dentro deste contexto, quase duas dezenas de maciços, provavelmente, intrusivos (Figura 1), apresentando tipos litológicos diversificados, estão distribuídos na região sul do Estado, carecendo ainda de estudos de detalhe, que possibilitem caracterizá-los e situá-los em relação ao eventos regionais.

No levantamento geológico da área, desenvolvido a partir de interpretações convencionais de dados de sensores remotos [7], a utilização de técnicas de realces de imagens do LANDSAT, no analisador I-100, do INPE, permitiu a observação de algumas características importantes para cinco destes maciços, ainda muito pouco estudados.

Os esboços geológicos aqui apresentados, levantados a partir destas interpretações e apoiados nos poucos dados de campo disponíveis, pelo próprio caráter interpretativo do estudo, são hipóteses de trabalho, que visam oferecer uma contribuição, em nível de reconhecimento, à orientação de futuros estudos na região, e assim devem ser entendidos.

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Os maciços graníticos do sul do Espírito Santo representam estruturas de dimensões, formas e associações litológicas diversificadas.

Na maioria destes maciços estão presentes rochas graníticas ou de filiação granítica, existindo porém alguns corpos com diferenciações, desde os tipos ácidos até básicos a, eventualmente, alcalinos.

Os tipos litológicos mais comuns incluem granitos, granodioritos, dioritos, noritos, gabros e sienitos.

As rochas graníticas são constituídas predominantemente por feldspatos, quartzo, biotita e metálicos (magnetita), apresentando coloração variada e granulação média a grosseira.

Os dioritos são principalmente compostos por piroxênios, anfibólios, magnetitas e biotitas, de coloração escura e granulação fina a média, ocorrendo às vezes tipos porfiríticos, com fenocristais de feldspatos.

As rochas gabroicas incluem gabros e noritos, de granulação média a grosseira, constituídas de anfibólios, piroxênios, biotitas e feldspatos.

Com o representantes alcalinos, ocorrem sienitos compostos de feldspatos, biotita, quartzo, piroxênio e hornblenda, geralmente acinzentados e porfiríticos em feldspatos.

A interpretação regional das imagens do LANDSAT, com a análise das várias características destes maciços incluindo o padrão estrutural, relações de forma e dimensões, expressão topográfica, quando relacionadas com os tipos litológicos associados, permitem situá-los em 3 grandes conjuntos de ocorrência.

Ao primeiro conjunto, representado principalmente pelos maciços de Safra e Aracuí, seria atribuída uma homogeneidade litológica maior, com a quase predominância de granitos, constituindo corpos de difícil individualização nas imagens de satélite. São normalmente

maciços de dimensões restritas, situados em regiões deprimidas e sem maior expressão topográfica. No levantamento regional [6] , o mapeamento destes corpos foi possível a partir dos perfis de campo, sendo constatado que se dispunham, preferencialmente, truncando as estruturas NE dos migmatitos regionais.

No segundo conjunto estaria incluída a maior parte dos corpos intrusivos do sul do Espírito Santo. São estruturas com litologias mais diversificadas que as anteriores, de composição variando entre granitos, granodioritos a dioritos. Nas imagens, estes maciços são circulares ou elípticos, com dimensões, em geral, maior que os anteriores, com relevo positivo e bem destoante das encaixantes regionais, principalmente, quando migmatíticas-gnáissicas. Tais estruturas são afetadas por sistemas de falhamentos e fraturas, provocando diversas discontinuidades nos seus limites. Entre os representantes mais típicos, ter-se-iam os maciços de Vitória, Iconha, Aracê, Castelo e Mestre Alvo.

Os maciços de maior complexidade na região, estariam incluídos no terceiro conjunto. São complexos dispostos na região mais interna do Estado, apresentando diferenciação entre termos ácidos - básicos a alcalinos, incluindo granitos, granodioritos, dioritos, gabros, noritos e eventualmente, sienitos.

Nas imagens LANDSAT, estes complexos de marcante contraste topográfico, constituindo estruturas elípticas-alongadas, são os de maiores dimensões entre os conjuntos considerados.

Tais maciços parecem ter sido os mais afetados pelos eventos regionais, posto que são truncados por sistemas de falhas que em alguns casos, como em Santa Angélica e Afonso Cláudio, provocaram deslocamentos e discontinuidades em seus limites.

Outro aspecto importante a ressaltar, refere-se ao padrão peculiar de estruturas internas destes maciços, variando desde re

giões centrais com relevo deprimido e plano, entre bordas elevadas e salientes (Santa Angélica e Afonso Cláudio), a marcantes estruturas circulares e elípticas quase totalmente preservadas (Venda Nova).

3. ASPECTOS GEOCRONOLÓGICOS

As datações radiométricas disponíveis para estes maciços são ainda insuficientes, não permitindo uma generalização mais segura sobre a cronologia dos eventos intrusivos na região.

Os resultados obtidos pelos trabalhos de Cordani (1973), [3]; e Cordani et al, (1973), [4], atribuem correlações entre os maciços graníticos da região de Vitória e episódios de intrusões graníticas pós-tectônicas do ciclo Brasileiro, representados mais ao sul da região estudada pelos granitos que ocorrem na Serra dos Orgãos, com idade Rb/Sr e U/Pb de 540 m.a.

Em 1977, Besang et al, [2]; publicam resultados de datações geocronológicas Rb/Sr para o maciço de Santa Angélica, com 4 amostras de granodioritos, monzo-dioritos e noritos definindo uma isocrona de 1014 m.a.; configurando, deste modo, segundo os autores, a presença na região sul do Espírito Santo, de eventos intrusivos anorogênicos entre os ciclos Transamazônico e Brasileiro.

Tal resultado pode sugerir, na ausência de melhores dados e em vista das similaridades envolvidas, uma possível correlação entre este evento intrusivo, acompanhado de diferenciação até termos básicos, de 1014 m.a., com processos semelhantes nas proximidades, responsáveis pela formação dos maciços de Afonso Cláudio e Venda Nova, que do mesmo modo que o de Santa Angélica, aparentemente exibem um magmatismo diferenciado. Aos restantes dos corpos, onde a manifestação ácida, com ausência de diferenciados básicos é característica, seria atribuída uma correlação com eventos pós-tectônicos do ciclo Brasileiro.

4. ANÁLISES AUTOMÁTICAS DE DADOS DO LANDSAT

Basicamente, a função primária do Analisador I-100 é a extração de informações temáticas de dados multiespectrais, através das várias técnicas de classificações automáticas.

Uma função secundária seria o realce de cenas, facilitando a análise visual, o que é realizado por meio de várias funções de pré-processamento de dados inerentes ao I-100.

No trabalho, foram aplicadas técnicas de realces automáticos de cenas, através dos Programas de "Contrast Stretch" e de "Filtragens bidimensionais de imagens utilizando filtros digitais recursivos de 1ª ordem", desenvolvidos por Bergamini (1976), [1]. Estas análises foram realizadas a partir dos 4 canais da imagem MSS do LANDSAT nº 176174-112416 de 22/junho/76.

Em essência, tais refinamentos, atuando sobre os diferentes níveis de cinza das cenas, visam ressaltar aspectos, através dos quais a interpretação convencional ou visual, possa ser facilitada ou mesmo enriquecida.

Inicialmente, as imagens foram ampliadas na escala 1:100.000, no I-100, e aplicaram-se as diferenças técnicas de realces de cenas, sendo os melhores resultados documentados através de "slides" do video de TV do sistema.

Posteriormente, a projeção destes "slides" sobre mapas de dados disponíveis de campo, incluindo os dados obtidos dos levantamentos regionais [7], e os que constam nos perfis de campo do Projeto Espírito Santo (CPRM), permitiu a obtenção dos esboços geológicos, a partir da fotointerpretação convencional dos maciços realçados nos "slides".

Apesar da grande dificuldade de superposição e comparação dos diferentes produtos, procurou-se na medida do possível, conduzir a fotointerpretação segundo os dados disponíveis de campo, incluindo a análise, extração e extrapolação das características fotográficas das diferentes litologias observadas no terreno, e o traçado das estruturas principais associadas.

5. RESULTADOS

1. Maciço de Aracê

A Figura 2 apresenta um dos produtos realizados no I-100 para o Maciço de Aracê e a Figura 3 mostra o esboço fotogeológico obtido a partir dos diferentes realces e dados de campo.

O Maciço de Aracê está situado próximo à cidade de Aracê, junto a BR-262, que liga Vitória a Belo Horizonte, possuindo um formato circular alongado seguindo NW e dimensões médias de 11 x 7 kms.

Este corpo, encaixado em gnaisses e migmatitos estromáticos, apresenta como litologia típica biotita-hornblenda-diorito e muscovita-biotita-granito [8]. Nas imagens, exhibe um relevo topograficamente elevado, bem destoante das encaixantes metamórficas regionais, com limites bruscos, o que sugere um caráter intrusivo, embora inexistam ainda dados de campo que revelem as relações do contato.

O maciço foi afetado por sistemas de Falhas e fraturas, que se prolongam indiscriminadamente pelas encaixantes regionais, principalmente na sua borda norte, dificultando o traçado, nesta área, de parte de seus limites.

2. Maciço de Castelo

Este maciço situa-se a NE da cidade de Castelo e é constituído por granitos, granodioritos e dioritos. Suas encaixantes são

representadas por gnaisses e migmatitos e, na borda sul, por granitoides.

O maciço dispõe-se segundo N-S, com dimensões médias de 15 x 6 km e conformação elíptica alongada.

No campo, é possível observar-se rochas graníticas de granulação média e termos mais porfiríticos, permanecendo ainda obscuras as relações de contato com as encaixantes.

A Figura 4 apresenta um dos produtos de realce do maciço no I-100 e a Figura 5 exhibe o esboço geológico levantado.

Do mesmo modo que no corpo anterior, não foram observadas diferenças que possibilitassem individualizar unidades litológicas distintas no Maciço. Seus contatos nas imagens geralmente são bruscos, existindo uma maior dificuldade de traçado do limite nas áreas adjacentes aos granitoides, em virtude da similaridade de expressão topográfica.

Este maciço parece ter sido afetado por 2 sistemas de falhamentos regionais e diversos sistemas de fraturamentos. Um tipo peculiar de lineamento ocorre paralelamente às bordas do corpo, podendo refletir, heterogeneidades de variações faciológicas, em diferentes níveis erosionais.

3. Maciço de Santa Angélica

O maciço de Santa Angélica, com formato elíptico irregular, disposto segundo NE, situa-se próximo à cidade de Alegre, englobando o povoado de Santa Angélica, com dimensões médias da ordem de 12 x 10 km.

Suas encaixantes são representadas em grande extensão por rochas granitoides e em parte por gnaisses e migmatitos.

O maciço exibe uma litologia complexa, incluindo granitos, dioritos e noritos. O granito grosseiro à porfirítico é cortado por pequenos diques de um granito aplítico [8].

No complexo, as rochas graníticas predominam nas regiões marginais, constituindo bordas elevadas, bem destoante das regiões centrais deprimidas, onde ocorrem rochas de caráter básico (noritos), originando um solo de alteração marrom amarelado característico.

Na Figura 6 é apresentado o resultado de um realce de imagens do LANDSAT e na Figura 7, o esboço geológico de Santa Angélica.

Baseada em caracteres texturais e tonais e, principalmente, no relevo associado, foi individualizada, na área central do maciço, uma unidade correspondente à região de predominância de rochas básicas vistas no campo.

Do ponto de vista estrutural, embora as relações de contato no campo ainda não estejam estabelecidas, a análise das imagens sugere contatos bruscos entre o maciço e as encaixantes, pelas diferentes morfologias associadas.

Cabe ainda salientar a intensa ação de sistemas de falhamentos NW regionais, provocando inúmeras discontinuidades e rupturas no maciço, principalmente na região central, onde, afetando indiscriminadamente as encaixantes granitoides e as rochas do complexo, chega a separá-lo em dois domínios.

Sistemas de fraturamentos e lineamentos estruturais também são observados, principalmente estes últimos, que tal como no maciço de Castelo, dispõem-se paralelamente aos limites do corpo.

4. Maciço de Afonso Cláudio

O maciço de Afonso Cláudio situado a NE da cidade de Afonso Cláudio, constitui uma estrutura de formato irregular, alongada do seguido NW, com dimensões médias entre 12 x 10 km aproximadamente.

O maciço está encaixado em gnaisses, migmatitos e granitoides, sendo observado em um afloramento próximo à cidade de Afonso Cláudio, um contato brusco, com a rocha granítica cortando migmatitos estromáticos regionais. Na estrutura, estão presentes granitos, dioritos e gabros.

Na Figura 8 apresenta-se um dos vários resultados obtidos dos realces no I-100 e na Figura 9, o esboço levantado a partir das interpretações de imagens do LANDSAT.

Dos complexos estudados, este foi o que maior dificuldade apresentou na interpretação, principalmente no traçado de seus limites, sendo de muita utilidade no trabalho, a utilização de produtos realçados através de técnicas de filtragens de imagens no I-100, com a análise atendo-se principalmente às variações texturais obtidas.

O contorno retilíneo de parte dos limites do maciço, realçado nas imagens, sugere algum controle estrutural para a intrusão, provavelmente relacionado a zonas de descontinuidades antigas.

O maciço parece ter sofrido a ação posterior de sistemas de falhamentos e fraturamentos, que são também observados nas encostas regionais.

Na região SW do corpo, ocorre uma estrutura muito similar à observada em Santa Angélica, representada por bordas salientes e elevadas, e uma zona plana e deprimida central, com tonalidade e textura bem característica, constituindo um quase anfiteatro.

Os dados de campo disponíveis indicam nesta região a presença de rochas básicas alteradas, associadas a rochas graníticas, inexistindo, entretanto, maiores detalhes sobre a extensão e o tipo de ocorrência, sendo deste modo, indicada no maciço, como possível área de ocorrência de tipos litológicos mais básicos.

5. Maciço de Venda Nova

Este maciço de configuração irregular, situa-se próximo a Venda Nova na BR-262, com dimensões médias de 17 x 8 km, disposto seguido NE.

Suas encaixantes são representadas ao norte e ao sul por gnaíesses e migmatitos estromáticos, e a leste e a oeste por rochas granitoides.

No campo, na borda ocidental do maciço, próximo à estrada que liga a BR 262 a Afonso Cláudio, foi possível observar um contato brusco, com o granito cortando a encaixante migmatítica.

Este complexo apresenta uma grande diversidade litológica, incluindo granitos, granodioritos, gabros, sienitos e anfibolitos.

Nas Figuras 10 e 11, são mostrados o Maciço realçado no Analisador I-100 e o esboço geológico obtido.

O primeiro aspecto ressaltado na análise das imagens é a presença de uma marcante estrutura semicircular disposta internamente no complexo, com diâmetro aproximado de 4 kms. Nas imagens do LANDSAT, esta estrutura apresenta caracteres fotográficos e estruturais, representadas por uma sucessão de pequenas fraturas entrecruzadas, bem destoantes dos exibidos pelas rochas que a envolvem.

No seu interior, os perfis de campo indicam a ocorrência de sienitos pórfiros, inexistindo ainda condições para esclarecer as relações entre esta estrutura e as rochas associadas com o restante

do complexo, caracterizado por granitos e granodioritos, predominantemente. Duas outras estruturas menores, uma circular e outra elíptica, com mesmo padrão de tonalidade e textura fotográfica, foram delimitadas a leste da estrutura anterior, e interpretadas como prováveis estruturas ligadas a rochas alcalinas, embora sem dados conclusivos de campo que atestem esta correspondência.

Completando, convém mencionar, que tal como no complexo de Afonso Cláudio, o traçado retilíneo de parte da borda do maciço denotando um provável controle estrutural para a intrusão e a presença, no seu interior, de falhamentos que afetam também as encaixantes, atestam uma evolução estrutural complexa, que deve ser analisada à luz dos eventos regionais.

BIBLIOGRAFIA

- [1] BERGAMINI, E.W. Filtragens Bidimensionais utilizando filtros digitais recursivos de 1^a ordem. São José dos Campos, INPE, 1976. no prelo.
- [2] BESANG, C.; EBERLE, W.G.; LAHNER, R.L.; LENZ, H.; MOLLAT, H.; MULLER, P.; PAULSEN, S. "Radiometrische alterbestimmungen and Gesteinen aus Minas Gerais und Espírito Santo/Brasília". Geologisches Jahrbuch, 24.1, Hannover, 1977. Heft. pp 150-181.
- [3] CORDANI, U.G. *Evolução geológica Pré-cambriana da faixa costeira do Brasil entre Salvador e Vitória*. Tese de Livre Docência. São Paulo, IGUSP, 1973, 98 p.
- [4] CORDAN, U.G.; DELHAL, C.J.; LEDENT, D. Orogeneses superposees dans le Pré-cambrien du Brasil Sud-oriental États de Rio de Janeiro et de Minas Gerais. Revista Brasileira Geociência 3(1): 1-22, 1973.
- [5] GENERAL ELECTRIC. *Image-100: User Manual*. Florida, 1975.
- [6] MENESES, P.R.; PARADELLA, W.R. Síntese Geológica preliminar da parte sul do Espírito Santo. Trabalho apresentado no Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 1. São José dos Campos, INPE, 1978. no prelo.
- [7] MENESES, P.R.; PARADELLA, W.R. Roteiro Geológico da Parte Sul do Espírito Santo - Fases I, II e III. São José dos Campos, INPE, 1979. no prelo.
- [8] SILVA, J.N.; FERRARI, P.G. Projeto Espírito Santo. Relatório Final. Belo Horizonte, DNPM. CPRM, 1976. 408 p.

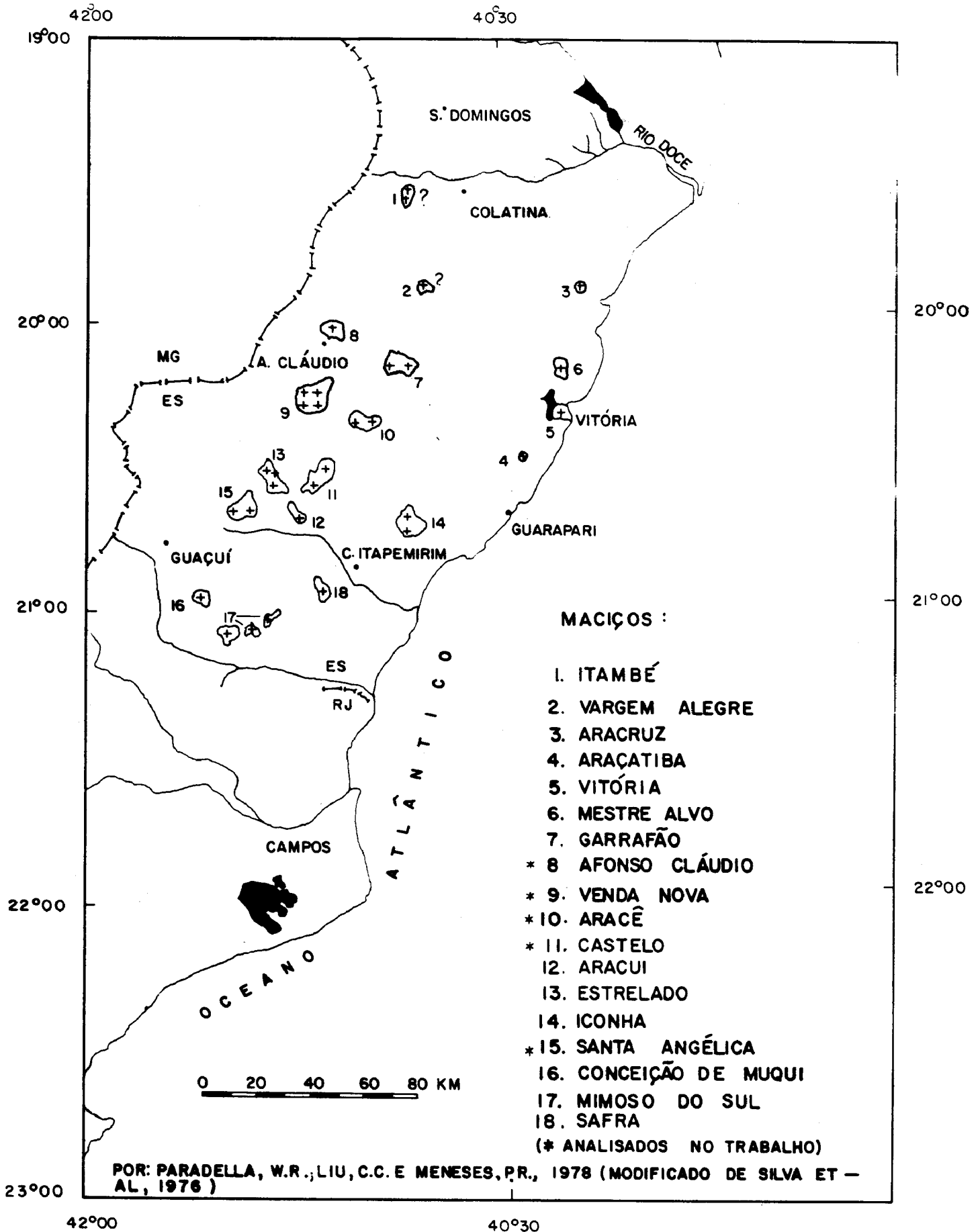


Fig. 1 - Localização dos maciços graníticos do sul do Espírito Santo.



Fig. 2 - Maciço de Aracê realçado no Analisador I-100, por técnicas de "Contrast Stretch" (Canal 7).

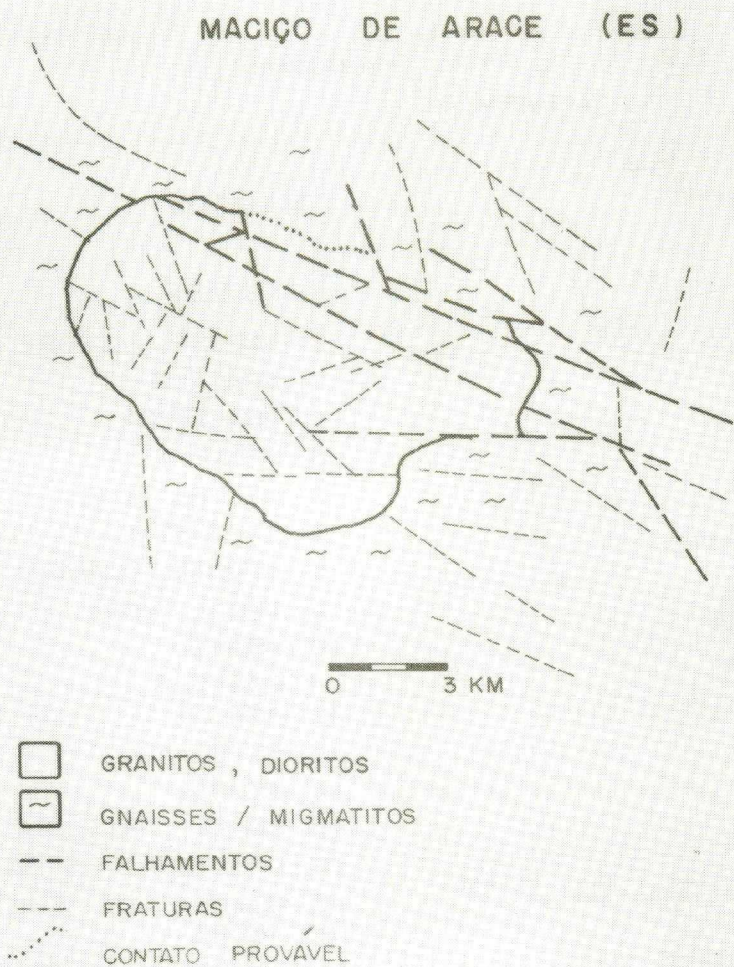


Fig. 3 - Esboço geológico do maciço de Aracê, baseado em imagens LANDSAT.

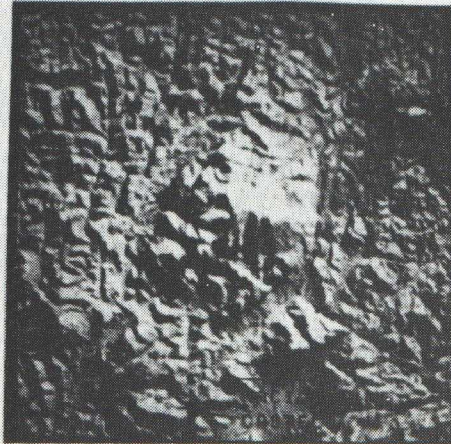


Fig. 4 - Canal 7 realçado por "Contrast Stretch", mostrando o maciço de Castelo.

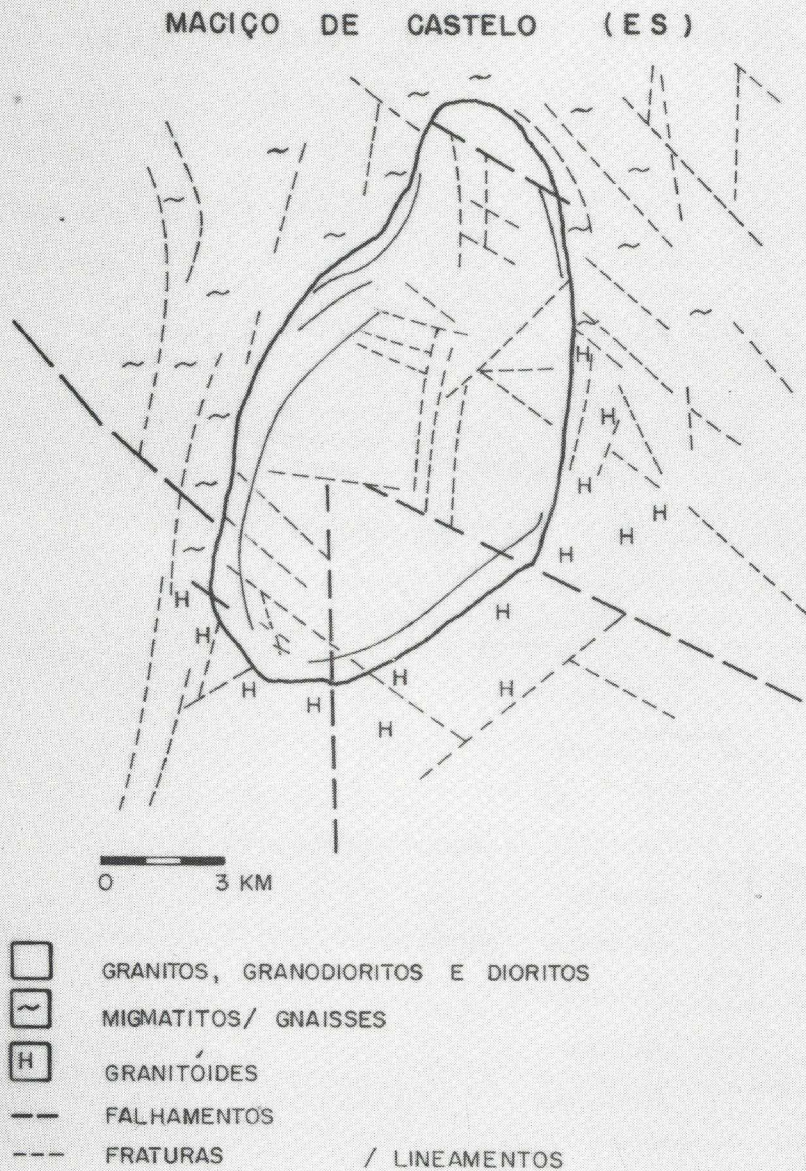


Fig. 5 - Esboço geológico do maciço do Castelo, a partir de imagens LANDSAT.



Fig. 6 - Canal 6 realçado no I-100, mostrando o Complexo de Santa Angélica.

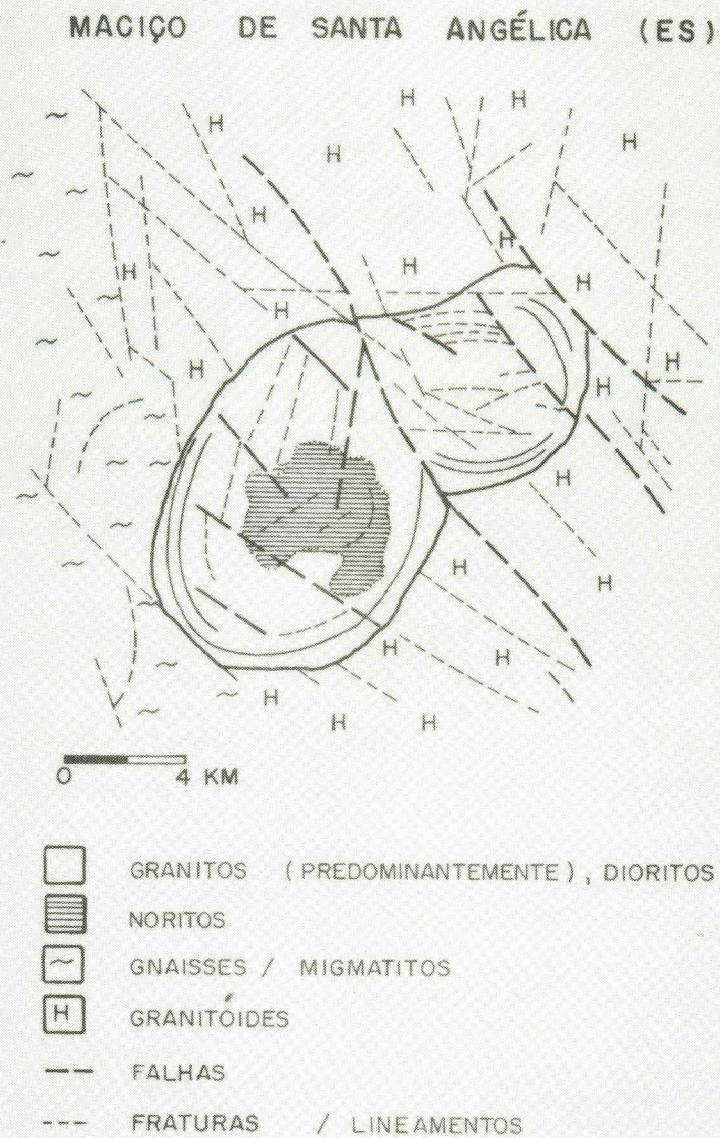


Fig. 7 - Esboço geológico do maciço de Santa Angélica obtido a partir de imagens LANDSAT.



Fig. 8 - Filtragem de imagens LANDSAT no I-100, mostrando o Maciço de Afonso Cláudio.

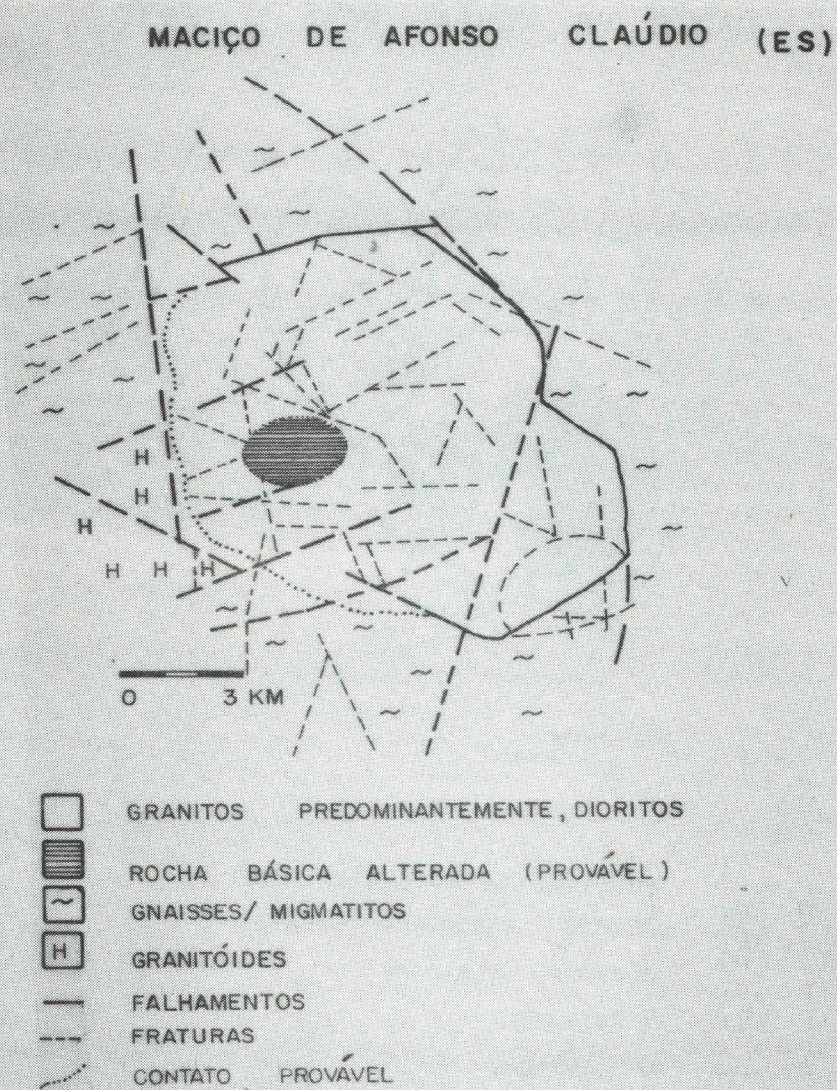
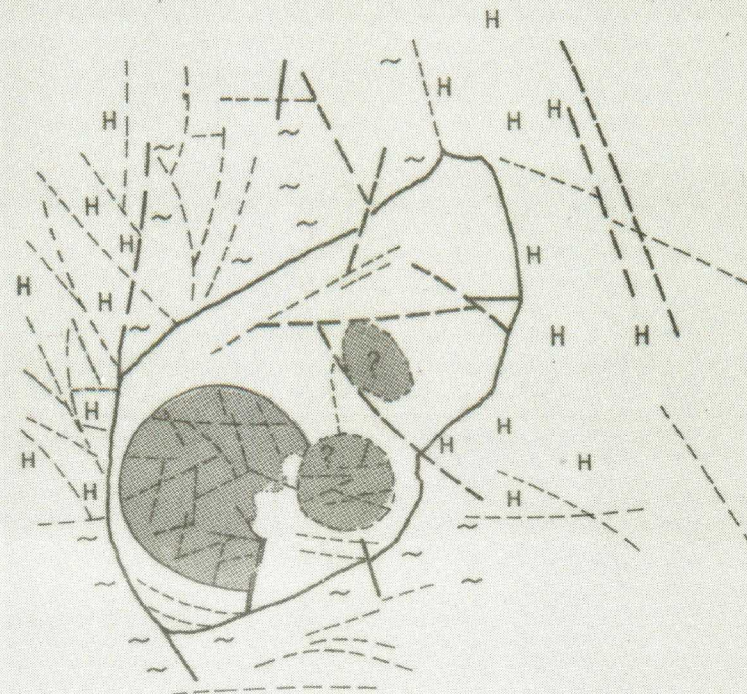


Fig. 9 - Esboço geológico do Maciço de Afonso Cláudio, obtido com base em interpretações de imagens LANDSAT.



Fig. 10 - Canal 7 do LANDSAT, mostrando estruturas circulares internas no Maciço de Venda Nova.

MACIÇO DE VENDA NOVA (ES)



0 4 KM







-  GRANITOS, GRANODIORITOS, GABROS
-  SIENITOS PREDOMINANTEMENTE
-  GNAISSES / MIGMATITOS
-  GRANITÓIDES
-  FALHAMENTOS
-  FRATURAS

Fig. 11 - Esboço geológico do Maciço de Venda Nova, obtido a partir de dados do LANDSAT.