

**ELEMENTOS DA ZONA DE CISALHAMENTO DÚCTIL DA BORDA ORIENTAL
DA SERRA DO ESPINHAÇO, MINAS GERAIS**

Pedro Angelo Almeida Abreu*
Pedro Celso de Oliveira Fernandes*
Luiz Guilherme Knauer*
Marcos Borghetti Hartmann**
Marcia Thelma Rios Donato*
Hans Daniel Schorsch***

*ESCHWEGE/UFMG/MG
**DEGEO/UF/CE
***IG/USP/SP

ABSTRACT

At the Eastern border of the Serra do Espinhaço in the region comprised by the Alvorada de Minas, Itapanhoacanga, Jacém and São Sebastião do Bonsucesso Quadrangles, four major lithostratigraphic sequences were distinguished: the intracrustal sequence (basement consisting of gneisses, migmatites and granites), the mafic schists sequence (green schists and interbedded gray phyllites correlationable to the Rio das Velhas and/or Rio Paraúna Supergroups); the ultramafic rocks belt (schists with chlorite, talc, serpentine and amphiboles - perhaps and Alpine-type serpentinitic belt) and quartzitic and itabiritic sequences (metasediments correlationable to the Espinhaço and Minas Supergroups).

Such units are tectonically piled up, by means of thrusts and low-angle faults, structures are represented by: a schistosity $S_n \approx S_o$; extension lineations, universally distributed and modulated on minerals or pebbles, with approximate attitudes 90/25 (parallel to the "a" tectonics axis and the "X" axis of the strain ellipsoid); isoclinal recumbent microfolds, mainly with "b" axis, sometimes "a" axis and even sheath folds; roughnesses and/or disordered crenulation cleavages; and "s"/"c" mylonitic foliations and boudinage.

The spatial arrangement of these units as well as the types and associations of the tectonic structures, indicate a tangential tectonic regime, within a ductile-simple shear, non-coaxial structure domain responsible for tangential displacements like nappes.

1 - INTRODUÇÃO

A Serra do Espinhaço Meridional é constituída por um conjunto de elevações alinhadas na direção N-S desde os arredores de Belo Horizonte até Olhos D'Água, ao norte de Diamantina. Esta denominação bem como os primeiros estudos de cunho geológico-estratigráfico, recorrem à Eschwege (1833). Derby (1906) retoma os trabalhos com abordagem regional sobre a serra, assim como Harder & Chamberlin (1915), Moraes (1927), Moraes e Guimarães (1930), Freyberg (1932, 1934) e Barbosa (1954).

Com os trabalhos de mapeamento geológico sistemáticos iniciados na década de sessenta (Pflug, 1963, 1965 e 1968), foi dado um novo impulso ao conhecimento da geologia da região e também abriu novos horizontes para pesquisas, estudos e discussões sobre a Serra do Espinhaço e áreas adjacentes.

Sobre a borda oriental da serra recai as discussões mais polêmicas e controversas motivadas por diferentes interpretações das sequências

as aflorantes, abordando principalmente as relações entre os Supergrupos Minas-Espinhaço, como p.ex. Pflug e Renger (1973), Paternoster (1979); Uhlein (1982); Assis & Marini (1983); Herrgesell & Pflug (1985) e Almeida Abreu & Knauer (1985).

Este trabalho é resultado de mapeamento geológico na escala 1:25.000 nas Quadriculas de Alvorada de Minas, Itapanhoacanga, São Sebastião do Bonsucesso e Jacém situadas na fôlha de Serro-MG (SE-23-Z-B-VI) 1:100.000 IBGE, 1978.

2 - UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS

O mapeamento geológico em escala 1:25.000 permitiu a individualização de quatro conjuntos litoestratigráficos maiores (Fig.1 e 2) a saber:

2.1 - Sequência Infracrustal

Este conjunto é caracterizado por dois domínios litológicos distintos, um granítico e um gnaíssico. O domínio granítico, com rochas do tipo "Granito de Gouveia" (Hoffmann, 1983), ocupa a faixa ocidental das Quadriculas de Itapanhoacanga e São Sebastião do Bonsucesso e é constituído por rochas de composição geral granodiorítica, maciças e sem orientação mineralógica (a não ser nas proximidades dos grandes falhamentos). Localmente foram observados corpos isolados de migmatitos dentro destes granitos.

O segundo domínio, cujas rochas afloram na faixa leste das quadriculas de São Sebastião do Bonsucesso e Itapanhoacanga e na maior parte das quadriculas de Alvorada de Minas e Jacém, é constituído predominantemente por gnaisses com forte e persistente foliação. As rochas dos dois domínios encontram-se afetados por variáveis processos de milonitização (no sentido de Sibson, 1977), formando localmente milonitos de aspecto algo xistoso ou até rochas de aspecto nitidamente quartzítico (Herrgesell, 1985). Seus contatos com outras unidades são marcadamente tectônicos.

2.2 - Sequência de xistos máficos

Esta sequência é constituída predominantemente por rochas de aspecto filítico, ora com predomínio de clorita, ora com predomínio de sericitita, localmente com cristais euédricos milimétricos de martita/magnetita. O enriquecimento local em quartzo ressalta nestas rochas, o seu aspecto xistoso.

Estas rochas afloram como uma faixa alongada na direção N-S, com espessuras estimadas por volta da centena de metros, estendendo-se por toda a Quadricula de São Sebastião do Bonsucesso até o sul da Quadricula de Itapanhoacanga. Apresenta contatos com as outras unidades sendo, provavelmente, correlacionável ao Supergrupo Rio Paraúna (Fogaça et al., 1984) e/ou Supergrupo Rio das Velhas (Dorr II, 1969; Herrgesell 1985).

2.3 - Cinturão de rochas ultramáficas

Ocorrendo principalmente como faixas estreitas, alongadas na direção N-S na Quadricula de Alvorada de Minas e parte da Quadricula de Jacém, é representado por xistos a clorita, talco, serpentina e anfíbios. Se posicionam em regra, nos contatos entre os metassedimentos e a Sequência Infracrustal e serviram de "lubrificantes" aos grandes empurrões e cavalgamentos.

2.4 - Sequência quartzítica e itabirítica

Formam serras alongadas grosseiramente na direção N-S, configurando uma morfologia tipo "hog backs" constituídas principalmente por quartzitos e metaconglomerados (Serras do Pinho, Monteiro, Escadinha, Boa Vista e Moranga) e itabiritos-filitos-quartzitos (Serras de Itapanhoacanga, Sapo e da Ferrugem). As três primeiras serras constituídas por quartzitos e metaconglomerados apresentam continuidade física para as unidades do Supergrupo Espinhaço a oeste do distrito Deputado Augusto Clementino. E as formações ferríferas se continuam por Conceição do Mato Dentro, Morro do Pilar e Santa Maria de Itabira, sendo correlacio-

náveis ao Supergrupo Minas. O contato desta Sequência com as adjacências é de caráter tectônico por falhamento de empurrão.

Metavulcânicas ácidas ocorrem intercaladas a estes dois conjuntos podendo ser sin a pós sedimentar e tardi-tectônico, seus contatos são através de falhamento de empurrão.

2.5 - Rochas Metabásicas

Ocorrem na forma de diques (metadiabásios e similares), cortando todas as sequências, relacionados a um período tardi-a-pós tectônico em relação a deformação principal.

O empilhamento dos conjuntos litoestratigráficos obedecem uma sequência assim distribuída da base para o topo: 1-3-4-3-2-4-3-1. Este arranjo, aliado às observações nas estruturas sedimentares eventualmente preservadas demonstram que não ocorrem inversões de camadas. O empilhamento e repetições das unidades foi construído a partir dos cavalgamentos e falhamentos de baixo ângulo.

3 - ASPECTOS DEFORMACIONAIS

3.1 - Feições Planares

A análise da orientação dos minerais planares, particularmente da chamada foliação sin-milonítica, que desenvolve-se tanto em rochas da infra-estrutura como nos metavulcanitos e metassedimentos, fornece importantes dados para a caracterização da deformação regional. As atitudes de Sn (via de regra paralelo a So) mostram um mergulho com valores normalmente entre 20 e 30° para E ou ENE, estes valores tornando-se algo maiores (entre 40 e 60°) nos xistos máficos (Fig.4 e 5).

Nas rochas do Complexo Basal, as superfícies "S" apresentam um desenvolvimento geralmente discreto e caracteristicamente muito heterogêneo, sendo que esta menor penetrabilidade é devida à existência de anisotropias anteriores a deformação principal. Deve-se notar que todos os litotipos estão mais ou menos afetados, e o caráter não homogêneo da deformação é claramente demonstrado por porções com preservação total das estruturas migmatíticas que gradam paulatinamente a milonitos. A existência de uma milonitização anterior, nas rochas da Sequência Infracrustal, posta em evidência por Fogaça (1982) na região de Costa Sena, é bastante provável, mas a superimposição dos efeitos da última dificulta sobremaneira o seu estudo.

Nas sequências metasedimentares, o desenvolvimento da foliação sin-milonítica pode ser acompanhado por dobras isoclinais intrafoliais com ou sem raízes, sendo esta a marcadora do cisalhamento. A relação angular entre as foliações "S"/"C" observado nas rochas ortoderivadas é variável, via de regra não ultrapassando os 20°, com tendência local à subhorizontalidade. Com isso torna-se possível a caracterização dos planos de movimento relativo, claramente correlacionáveis aos planos "c" de Berthé et al., (1979).

3.2 - Dobras e Crenulações

A região em questão está caracterizada por diferentes estilos de dobramentos e tipologias de crenulações, claramente associados com o transporte ao longo de cisalhamentos de baixo ângulo.

Apesar da relativa abundância, as dobras em escala mesoscópica aparecem em todas as litologias, especialmente nas formações ferríferas bandadas. Em termos geométricos são, mais frequentemente, isoclinais recumbentes (sin-miloníticas), com ou sem raiz, mili a centimétricas. Predominam as dobras do tipo "b" (Mattauer e Mercier, 1980), com eixo N-S e espessamento das charneiras. Estão associadas a falhas inversas e sub-paralelas ao seu plano axial (com frequente rompimento dos flancos), e vergência compatível ao movimento ao longo das superfícies planares, conforme deduzido dos demais elementos (Hartmann, 1985).

Dobras do tipo "a", com eixo aproximadamente E-W, também aparecem especialmente nas regiões mais afetadas pela deformação cisalhante. Dobras em bainha ("sheath folds"), apesar de raras, também ocorrem, principalmente nas serras de Itapanhoacanga e do Sapo (Herrgesell, & Pflug, 1985; Hartmann, op.cit.). A presença das dobras em bainha, embora não

sejam diagnósticas deste regime, quando considerados em conjunto com as demais evidências, auxiliam na sua caracterização. O aparecimento de lineações de interseção curvilíneas, postas em evidência pelo comportamento de Sn, parecem demonstrar a evolução das dobras do tipo "b" para a geometria em bainha.

Com relação ao seu desenvolvimento, deve-se frisar que estas dobras em escalas micro a mesoscópicas são estruturas acidentais, já que, geralmente estão relacionados a pequenos obstáculos que interceptam as camadas. Todas as dobras estão moldadas em Sn, sendo esta paralela ou sub-paralela ao acamamento (conforme visualizado nos diagramas das figuras 4 e 5).

Também abundantes são as clivagens de crenulação, caracterizadas por relativa desorganização, assumindo em um mesmo afloramento atitudes diversas e podendo até mesmo desaparecer.

A presença de uma lineação de crenulação sub-paralela à lineação de estiramento é marcante nos filitos, principalmente nas proximidades dos veios "boudinados", com sua geração podendo estar associada à regiões de intensa deformação dúctil, em regime de cisalhamento simples. Esta ligação entre lineações de estiramento e crenulação é explicada facilmente por anisotropia planar, com concentração em posições privilegiadas (Hartmann, 1985).

Ocorre associada uma segunda crenulação com orientação NNE e fortes mergulhos para ESE (Fig.5), que aparece principalmente em filitos ou como clivagem de fratura em quartzitos. A formação destas clivagens devem ser relacionada a manifestações tardias do cisalhamento dúctil já em nível crustal mais superior uma vez que suas características regulares evidenciam deformação mais ruptural.

3.3 - Lineações de Estiramento

Lineações de estiramento são observadas nos planos de foliação, marcadas com maior ou menor intensidade na dependência da litologia afetada, moldando-se principalmente na sericita, no quartzo e nos seixos dos metaconglomerados. Estas lineações ressaltam-se nos planos de Sn com atitudes 90-100/25, similares às apresentadas pelos estiramentos dos seixos (Fig.5).

Este estiramento produz seixos com dimensões superiores a um metro principalmente no caso de filitos e itabiritos, assumindo forma de "charuto" e denunciando as atitudes do eixo "x" do elipsoide de deformação. A variação da deformação é clara pela comparação entre níveis com seixos não alongados e níveis com estruturas laminar desenvolvida a partir de estiramento máximo dos mesmos.

Nos metavulcanitos ácidos a lineação é marcada pelo estiramento de biotitas e muscovitas metamórficas, pelo alongamento de "ribbons" de quartzo e pelo "fabric" de forma alongada. Já em rochas do embasamento está marcada por estiramento e recristalização tanto de quartzo como de feldspato (Tagliani et al., inédito).

É notável a existência, em litologias sem contraste de ductilidade de um tipo particular denominado "boudinage de foliação" (Platt e Visser, 1980). Nos filitos esta "boudinage" é caracterizada pela presença de mobilizados quartzosos nos narizes, sendo o alongamento dos "boudins" sistematicamente perpendicular à direção da lineação.

Para Lacassin (1984), as lineações paralelas à direção "x" do elipsoide de deformação finita representam a direção de transporte decorrente da tectônica tangencial.

3.4 - Características Petrográficas

A análise micropetrográfica das rochas do embasamento denunciam transformações de uma assembléia constituída de ortognaisses e gnaisses, gradando lateralmente para quartzo milonitos e/ou filonitos, dependendo do estágio deformacional e do posicionamento dentro das zonas de cisalhamento dúctil (Hartmann, 1985; Herrgesell, 1985).

Na Sequência Infracrustal, as sombras de pressão desenvolveram-se com maior intensidade nos porfiroblastos de K-feldspato dos gnaisses miloníticos feldspatizados e nos quartzos dos xistos miloníticos. São representados por grãos sub-retangulares de quartzo, com quantidades subordinadas de finas palhetas de muscovita. Quando observadas no

plano XZ, mostram dissimetria relacionada as superfícies planares "S" e "C" (Berthé et al., 1979) e que, tratada estatisticamente corroboram com as demais evidências do sentido de transporte tectônico. Geralmente estão associados a sombras de pressão, "ribbons" de quartzo, que correspondem a agregados policristalinos contidos na foliação e paralela a lineação de estiramento (Fig. 6a, b e c).

A deformação nas metavulcânicas ácidas está representada através dos processos de cisalhamento simples destacando proeminente foliação milonítica subhorizontal. Nesta, ocorre orientação de micas, fábrica de forma alongada de "ribbons" de quartzo e feldspatos. O quartzo apresenta uma variação nos incrementos de deformação dúctil, principalmente pela presença de cristais com extinção ondulante passando a bandas de deformação e alguns podendo atingir o estágio de individualização de subgrãos. Os feldspatos possuem fraca extinção ondulante, alguns "kink bands" e fraturamento antitético, sendo este último um marcador do sentido de deslocamento. Alguns apresentam-se fragmentados, mostram pouca deformação interna, refletindo assim o comportamento frágil.

O regime de deformação é não coaxial caracterizado pela presença de cristais com formas sigmoidais, sombras de pressão assimétricas em porfiroblastos de feldspatos e quartzo magmático, fraturamento antitético e rotação das superfícies "S" (Sibson, 1977; Burg, 1981).

Nos planos de foliação desenvolvem-se faixas estreitas formando uma trama anastomosada de material fino recristalizado que grada lateralmente para zonas menos deformadas, ou seja, o aparecimento de bandas miloníticas (Lacassin, 1984) ou "Shear bands" (Burg, 1981), e estas por vezes ocorrem interceptando a foliação.

No geral as sombras de pressão são caracterizadas por um agregado granoblástico poligonal constituído de quartzo, feldspato e mica. Forma-se por dissolução e recristalização de material da matriz, associado a fenômenos de deformação progressiva dos porfiroblastos. As variações de tais feições são consequências da distribuição heterogênea da deformação cisalhante (Tagliani et al, inédito; Hartmann, 1985).

4 - AS ZONAS DE CISALHAMENTO E O CONTEXTO REGIONAL

O arranjo espacial das grandes unidades, assim como o elenco e a associação das estruturas tectônicas indicam que os conjuntos litoestratigráficos da região foram submetidos a um regime de tectônica tangencial em domínio estrutural dúctil (no sentido de Mattauer e Mercier 1980).

No contexto geral, as principais falhas de empurrão são acompanhadas por zonas de cisalhamento, caracterizadas por uma assembléia de estruturas mesoscópicas tais como dobras em bainha, lineações de estiramento, "boudinage" e "boudinage" de foliação. A sistemática assimetria das meso e microestruturas quando observadas no plano "XZ" denunciam o regime não-coaxial de deformação, indicando um movimento para W (Herrgesell, 1985; Hartmann, 1985).

Por outro lado, o aparecimento de bandas miloníticas associadas à variações não contínuas no ângulo entre os planos "C" e "S", observados em contatos entre protomilonitos e milonitos, demonstram nitidamente o caráter heterogêneo da deformação.

Considerando o metamorfismo que acompanha o cisalhamento como sendo sin-deformacional (Burg et al, 1978) pode-se estimar que este tenha atingido a isógrada da biotita. As associações mineralógicas que caracterizam as superfícies planares "S" e "C" são marcadas pela grande estabilidade da biotita, também cristalizada nas sombras de pressão. Herrgesell (1985) postula para a infraestrutura paragêneses que indicam re-trometamorfismo na fácies xisto verde de baixo grau, correspondente ao metamorfismo da supra-estrutura, marcado por cloritóide, stilpnomelano e clorita ferrífera.

As superfícies principais estão situadas (Fig. 1) na porção ocidental da Quadrícula de São Sebastião do Boncesso, mais precisamente nas Serras do Sapo e do Pinho, prolongando-se até a porção meridional da Quadrícula de Itapanhoacanga (Serras da Escadinha e Monteiro). Observa-se inflexão na porção centro-ocidental da Quadrícula de Jacém com prolongamento para a Quadrícula de Itapanhoacanga (Serras da Boa Vista e da Moranga). Associadas a estas ocorrem zonas de cisalhamentos de menor influência porém de fundamental importância na estruturação regio-

nal.

A inflexão das superfícies principais pode dar-se de várias formas sendo que a morfologia estaria relacionada às variações e heterogeneidades dentro da deformação. Embora os cisalhamentos desenvolvam-se tendo como caminho preferencial os contatos entre as diferentes unidades litoestratigráficas também ocorrem ao longo de outras descontinuidades, tais como contatos litológicos. Assim, todas estas superfícies aceitam movimentos cisalhantes, e que nos limites das unidades maiores foram sujeitos a movimentos tangenciais de dezenas de quilômetros.

A morfologia das zonas de cisalhamentos pode estar relacionada a uma tectônica de colisão (Leonardos et al., 1976; Hoppe, 1984), onde a diversidade de estilos das feições estruturais, intensidades e heterogeneidades da deformação, seria explicada pela situação geográfica-geomorfológica das paleolinhas de costa das áreas cratônicas em colisão (Tapponnier e Molnar, 1976; Hartmann, 1985) e também da estruturação inicial da Crosta.

Em síntese, a estruturação da área estudada é fundamentalmente determinada pela deformação e movimentos interestratais, ressaltados nos planos de descontinuidades mais significativas (contatos litológicos e/ou estratigráficos, zonas de fraqueza do embasamento, etc). O deslocamento das grandes unidades tectônicas - muitas vezes auxiliadas nos movimentos por rochas "lubrificantes" nos planos de descolamentos - com um transporte de dezenas de quilômetros de leste para oeste, ensejando o empilhamento de sucessivas nappes (Fig.3) na borda oriental da Serra do Espinhaço Meridional.

5 - AGRADECIMENTOS

São expressos ao Protocolo de Cooperação CNPq/UFGM/SBG-CGE pelos subsídios aos programas de graduação. Aos alunos graduandos que participaram nos mapeamentos da área: M.RADIGONDA; A.P.LACERDA NETO; A.DALL'ASTTA; M.Y.KADOMOTO, M.C.R.da SILVA; M.P.FRANCO; R.D.MOREIRA FILHO; R.M.DE OLIVEIRA; M.F.SAMPAIO; M.E.F.CARNEIRO; C.J.ALVES; C.PLESCHETTE; J.V.F.MARIANO; S.C.PARANHOS; V.S.CAMPINHO; F.R.DE ABREU. Ao Prof. M.H. ARTHAUD pelas prestimosas discussões. A Universidade de Fortaleza pela liberação de um dos autores e utilização dos laboratórios. Finalmente agradecemos a todos os funcionários do Centro de Geologia Eschwege em especial a Marta Maria Couto e Geraldo Dupim pela datilografia e desenhos, bem como ao aluno Claudio Borba

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

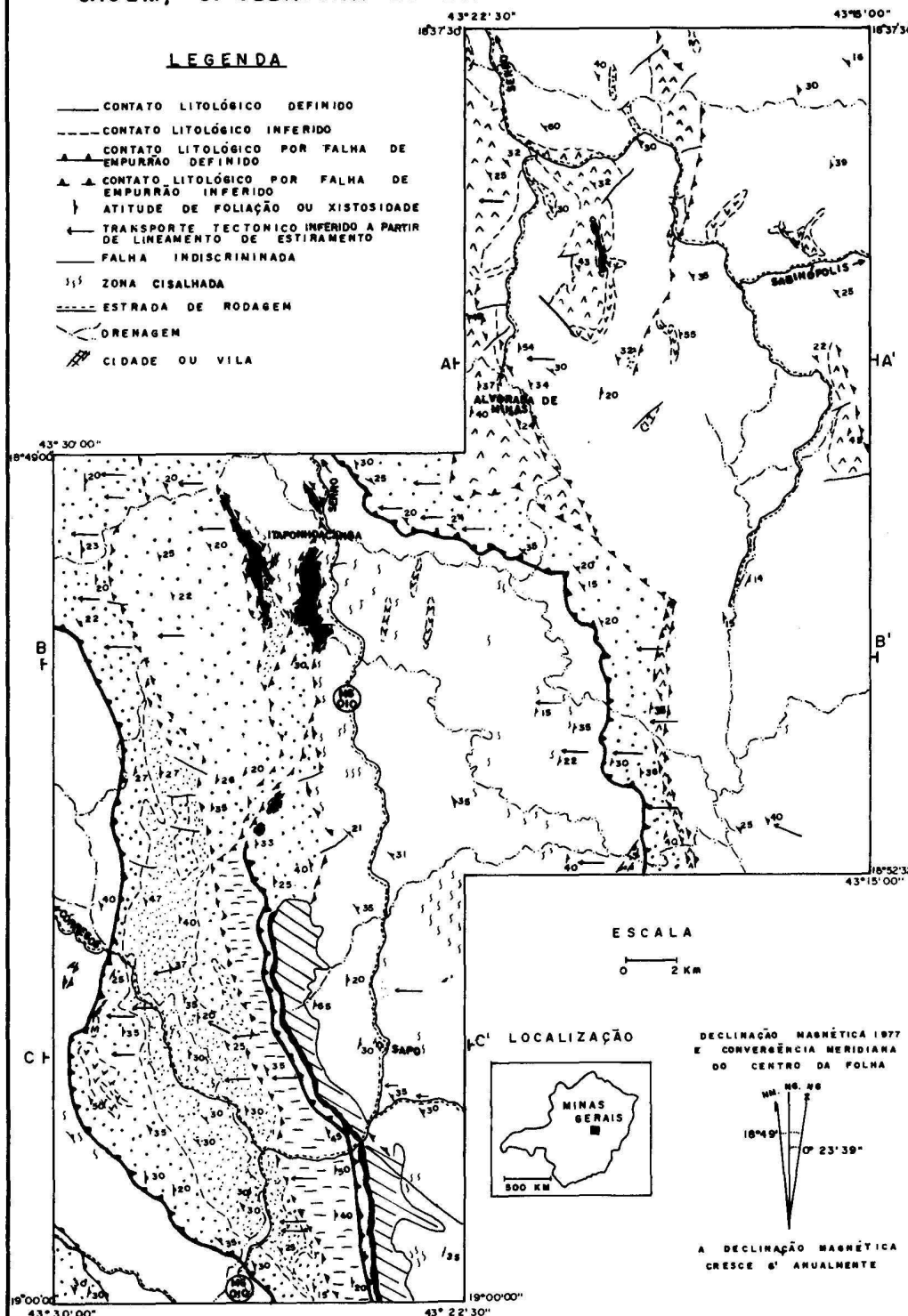
- ALMEIDA ABREU, P.A. e KNAUER, L.G. (1985) - "Estratigrafia e Tectônica da Borda Leste da Serra do Espinhaço Meridional" - 5º Encontro de Pesquisa - Inst. Geociências UFGM-Belo Horizonte, p.17.
- ASSIS, L.C.de & MARINI, O.J. (1983) - "Contribuição a controvérsia da correlação Espinhaço-Minas". Soc. Bras. Geol. Núcleo Minas Gerais Belo Horizonte. Bol.3: 361-375.
- BERTHE, D.; CHOUKROUNE, P. & GAPAIS, D. (1979) - "Orthogneiss, mylonite and non coaxial deformation of granites: The example of the South American shear zone". J. Struct. Geol., 1: 31-42.
- BURG, J.P. & LAURENT, Ph (1978) - "Strain Analyses of a shear zone in a granodiorite" Tectonophysics, 47: 15-42.
- BURG, J.P. (1981) - "Tectonique tangentielle hercynienne en Vendée littorale: signification des linéations d'étirement E-W dans les porphyroïdes à foliation horizontale". C.R.Acad.Sc.Paris, t. 293 S. II. pp.849-854.
- DERBY, O.A. (1906) - "The Serra do Espinhaço" J.Geol.14: 394-401.
- DORR II, J.V.N. (1969) - "Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil". U.S.Geol., Surv. Prof. Pap., 641-A, 110p., Washington.
- ESCHWEGE, W.L.v., (1833) - Pluto Brasiliense - Tradução em Portugues, 377-469p., (Compnh.Ed.Nac.), São Paulo, 1944.
- FOGAÇA, A.C.C. (1982) - "Geologia e Mineralizações Auríferas na Região de Costa Sena-MG: uma Abordagem Preliminar", Un.de Brasília, inédito, 28p.
- FOGAÇA, A.C.C.; ALMEIDA ABREU, P.A. & SCHORSCHER, H.D. (1984) - Estratigrafia da Sequência Supracrustal Arqueana na Porção Mediana-Central da Serra do Espinhaço, Minas Gerais. Anais do XXXIII Congr.Bras.Geol. Vol.VI 2654-2667, Rio de Janeiro.
- FREYBERG, B.V. (1932) - "Ergebnisse geologischer Forschungen in Minas Gerais (Brasilien)". N.Jb.Min.Geol.Paläont., Sonderbd. 2 403pp., Stuttgart.

- FREYBERG, B.V. (1934) "Die Bodenschätze des Staates Minas Gerais, Brasilien" 453p., (Schweitzerbart) Stuttgart.
- HARDER, E.C. & CHAMBERLIN, R.T. (1915) - "The Geology of Central Minas Gerais, Brazil." J.Geol. 13, 341-378 - 385-424, Chicago.
- HARTMANN, M.B. (1985) - "Caracterização da Tectônica Tangencial e Estudo da Deformação em Metavulcânicas Ácidas-Serra do Sapo-Borda Oriental da Cordilheira do Espinhaço Meridional (Região Itapanhoacanga-Conceição do Mato Dentro-UFRN-Monografia Especialização - NATAL
- HERRGESELL, G. (1985) - "Uma margem continental Proterozóica na Serra do Cipó Setentrional (Serra do Espinhaço Meridional)". Anais 39 Simp.Geol.MG - Soc.Bras.Geol., Belo Horizonte, pp.1-15.
- HERRGESELL, G. & PFLUG, R. (1985) - "The thrust belt of the Southern Serra do Espinhaço, Minas Gerais, Brasil". Munster.Forsch.(in press).
- HOFFMANN, C. (1983 a) - "The Archean Peraluminous Gouveia Granite, Its Structure, Geochemistry and phase Petrology (Serra do Espinhaço, Minas Gerais, Brasil). N.Jb.Mineral.Abh., 146(2), p.359-371, Stuttgart.
- HOPPE, A. (1984) - "Geodynamic Evolution of the Serra do Espinhaço (Proterozoic, Eastern Brazil) - 279 Cong.Geol.Int.Moscou, II p.310.
- LACASSIN, R. (1984) - Etude des mecanismes de deformation dans le Versant nord de la nappe du mont Rose (Alpes Suisses) et relation avec les grands chevauchements". Montpellier. 221 p.
- LEONARDOS, O.H.; FYFE, W.S. & FUCHS, R.A. (1976) - "Panafrican thrusting and melting within the Brazilian continental margin". Anais Acad.Bras.Ciências (suplemento). Rio de Janeiro, 48: 153-158.
- MATTAUER, M.; MERCIER, J.L. (1980) - "Microtectonique et grande tectonique". Mém.H. Sér.Soc.Geol.de France. Paris, 10: 142-160.
- MORAES, L.J.de (1927) - "Algumas Jazidas de Diamante no norte de Minas Gerais Brasil". Serv.Geol.Mineralógico, Bol.nº 24, p.49-65, Rio de Janeiro.
- MORAES, L.J.de & GUIMARÃES, D. (1930) - "Geologia da região diamantífera do norte de Minas Gerais. An.Ac.Sci.Bras., II, 153-186, Rio de Janeiro.
- NICOLAS, A. (1984) - "Principes de Tectonique". Ed.Masson, Paris, 196p.
- PFLUG, R. (1963) - "Contribuição à paleogeografia da Serra do Espinhaço (quartzitos da região de Diamantina, Minas Gerais)" DNPM, Div.Geol.Min.Not.Pre.estud., 119, 16p., Rio de Janeiro.
- PFLUG, R. (1965) - "A geologia da parte meridional da Serra do Espinhaço e zonas adjacentes, Minas Gerais". Dep.Nac.Min.Div.Geol.Min.Rio de Janeiro, 226: 55p.
- PFLUG, R. (1968) - "Observações sobre a estratigrafia da Série Minas na região de Diamantina, Minas Gerais". DNPM-DGM, Not.Prel.Est., 142: 20pp.
- PFLUG, R. & RINGER, F. (1973) - "Estratigrafia e evolução geológica da margem SE do Cráton Sanfranciscano". Anais XXVII Cong.Bras.Geol.Soc.Bras.Geol. Aracaju, 2: 5-19
- PATERNOSTER, K. (1979) - "Faziesverzahnung zwischen diamantführende konglomeraten und Bändererzen (BIF) in der südlichen Serra do Espinhaço (Minas Gerais) Brasilien-Tese de doutoramento 83p.
- PLATT, J.P.; VISSERS, R. (1980) - "Extensional structures in anisotropic rocks". J.Struc-t.Geol.Oxford. 2: 397-410.
- RAMSAY, J.; HUBER, M. (1983) - "The Techniques of modern Structural Geology" - Vol.I, Strain Analysis Academic Press, Inc. 307pp. New York.
- SIBSON, R.H. (1977) - "Fault rocks and fault mechanisms". J.Struc.Geol.Soc.Lond. 133: 191-213.
- TAGLIANI, T.R.; HARTMANN, M.B.; ALMEIDA ABREU, P.A. & FERNANDES, P.C.de O. (1985) - "Estudo da Deformação em Metavulcânicas Ácidas na Serra do Sapo (Cordilheira do Espinhaço Meridional-MG)". CGE-UNIFOR, Inédito.
- TAPPONNIER, P. et MOLNAR, P. - (1976) - "Slip-line field theory and large scale continental tectonics" nature, London, 264: 319-324.
- UHLEIN, A. (1982) - "Geologia e Mineralizações de cromita e itabiritos da região de Serro -MG" - UnB, tese de mestrado - Brasília 189p.

MAPA GEOLÓGICO DAS QUADRÍCULAS DE ALVORADA DE MINAS, JACÉM, S. SEBASTIÃO DO BOM SUCESSO E ITAPANHOACANGA

LEGENDA

- CONTATO LITOLÓGICO DEFINIDO
- - - CONTATO LITOLÓGICO INFERIDO
- ▲ CONTATO LITOLÓGICO POR FALHA DE EMPURRÃO DEFINIDO
- ▲ CONTATO LITOLÓGICO POR FALHA DE EMPURRÃO INFERIDO
- ↗ ATITUDE DE FOLIAÇÃO OU XISTOSIDADE
- ← TRANSPORTE TECTÔNICO INFERIDO A PARTIR DE LINEAMENTO DE ESTIRAMENTO
- FALHA INDISCRIMINADA
- /// ZONA CISALHADA
- - - ESTRADA DE RODAGEM
- ~ DRENAGEM
- CIDADE OU VILA



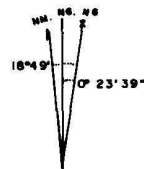
ESCALA

0 2 KM

LOCALIZAÇÃO



DECLINAÇÃO MAGNÉTICA 1977
E CONVERGÊNCIA MERIDIANA
DO CENTRO DA FOLHA



A DECLINAÇÃO MAGNÉTICA
CRESCERÁ ANUALMENTE

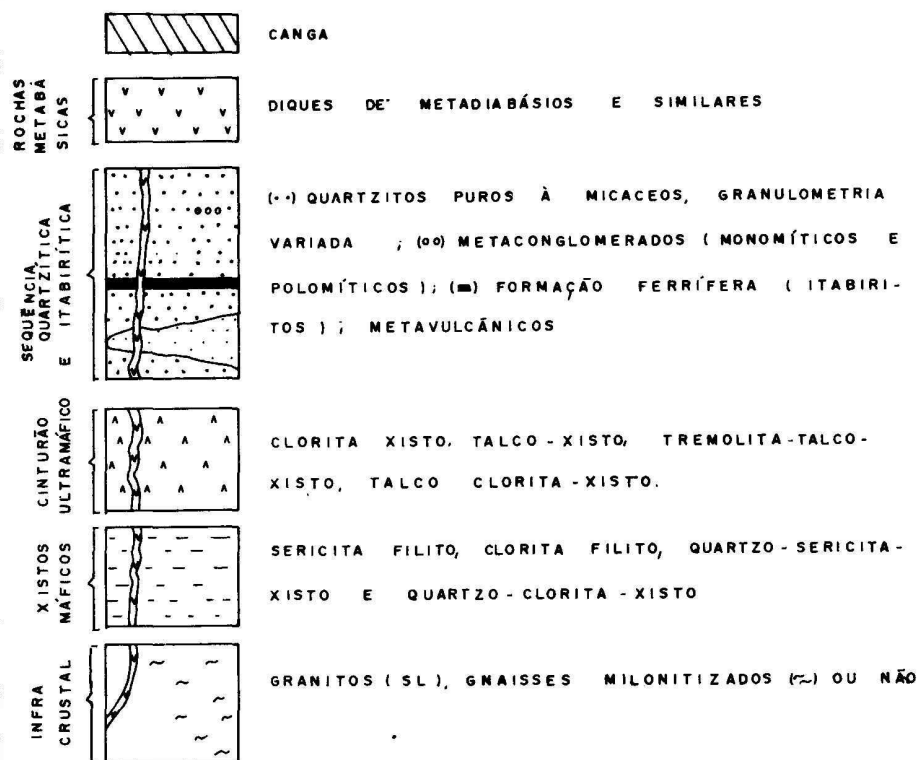


FIG. 2 : ESBOÇO ESTRATIGRÁFICO DAS QUADRÍCULAS DE ALVORADA DE MINAS, JACÉM, SÃO SEBASTIÃO DO BONSUCESSO E ITAPANHOACANGA

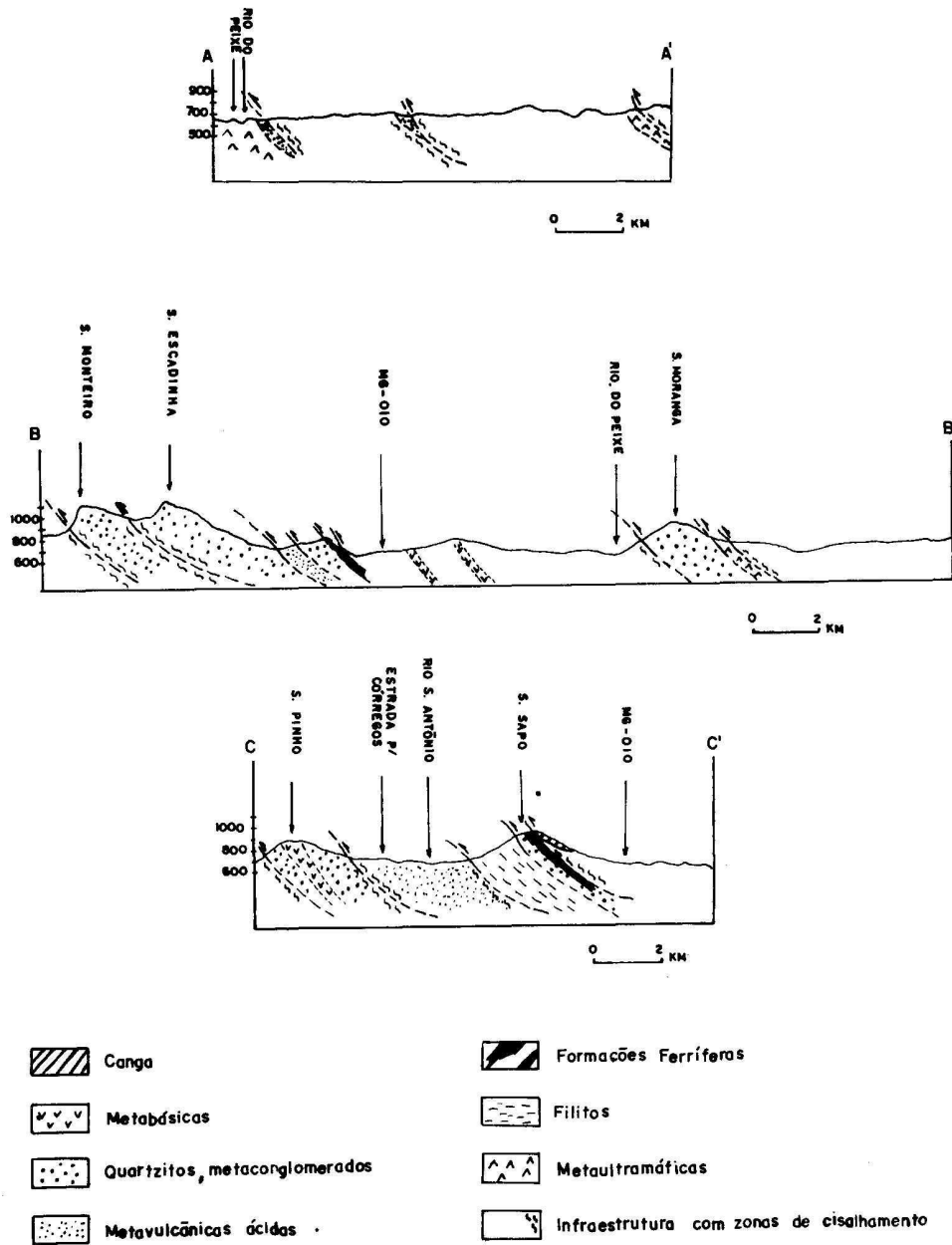
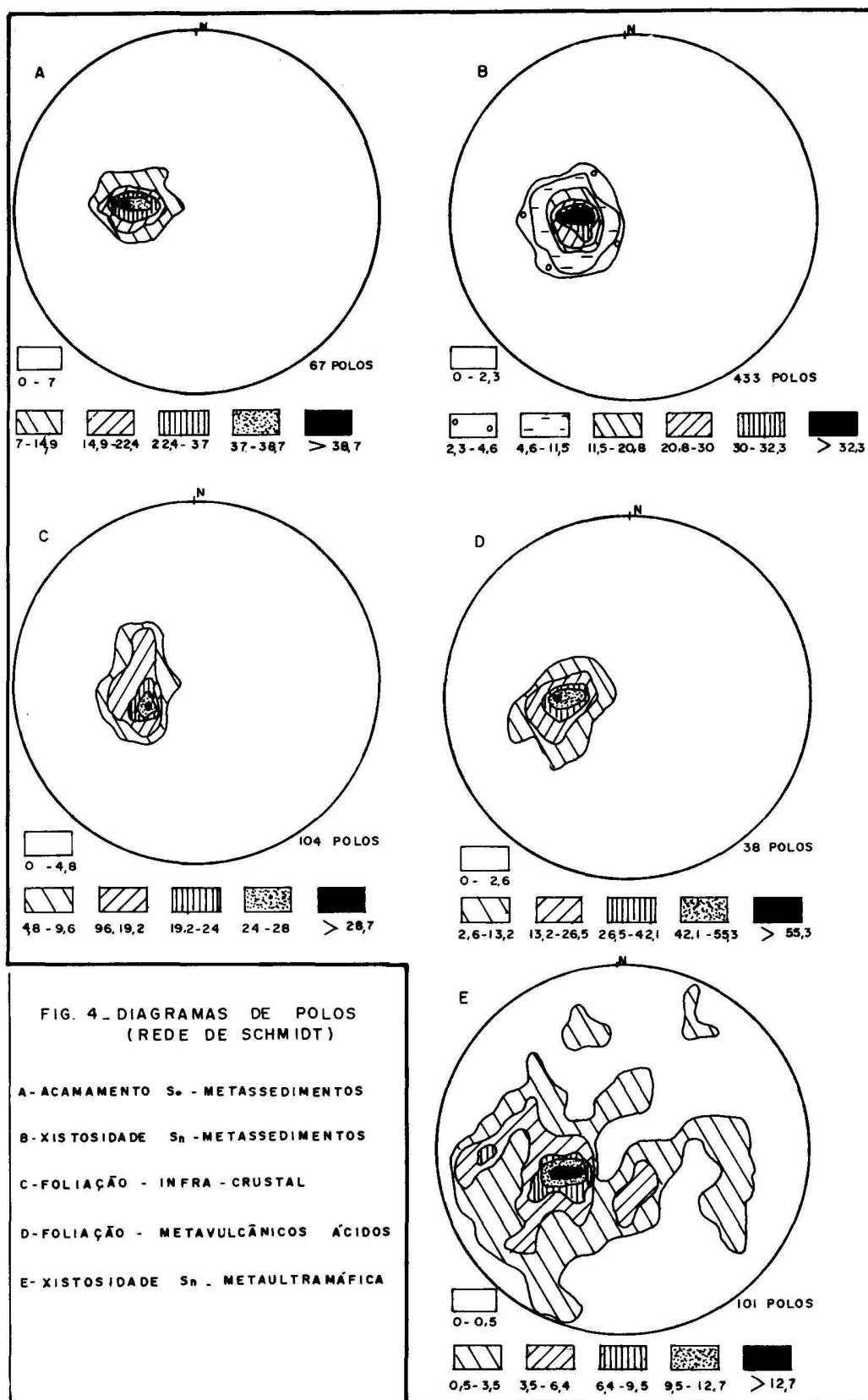
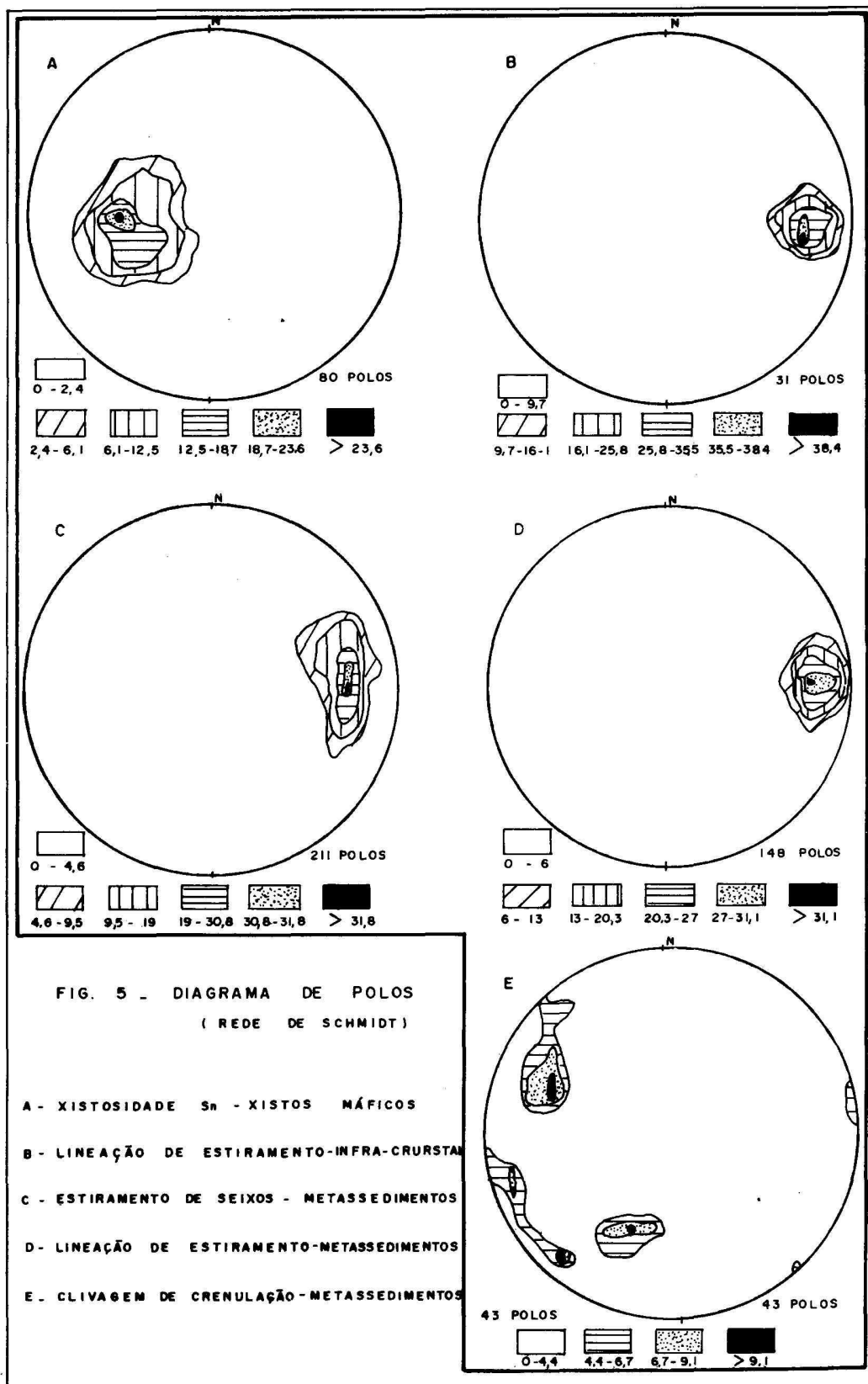


FIG. 3 - SEÇÕES GEOLÓGICAS NA BORDA LESTE DA SERRA DO ESPINHAÇO





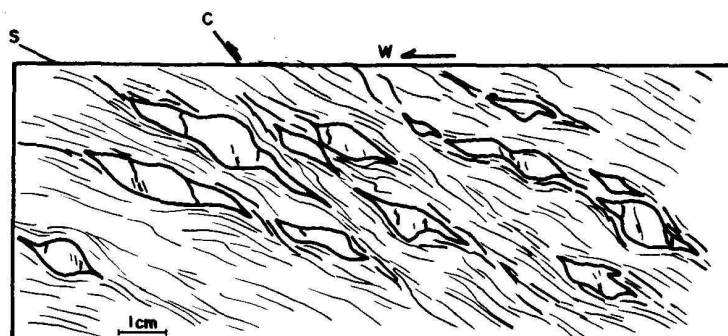


FIG. 6A - DEFORMAÇÃO DE GNAISSES MILONÍTICOS DA SEQUÊNCIA INFRACRUSTAL. DETERMINAÇÃO DO SENTIDO DE CISALHAMENTO (PORFIROCLASTOS DE FELDSPATOS E QUARTZO ROTACIONADOS E ACOMPANHADOS DE "SOMBRAS DE PRESSÃO").

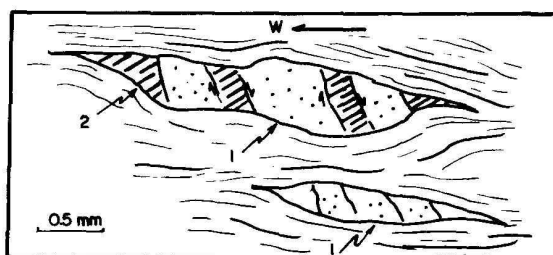


FIG. 6B - PORFIROCLASTO DE FELDSPATO DA SEQUÊNCIA METAVULCÂNICA ÁCIDA, APRESENTANDO FRATURAS ANTITÉTICAS, ONDE NAS SOMBRAS DE PRESSÃO OCORRE MATERIAL RECRISTALIZADO: 1 - PORFIROCLASTOS DE FELDSPATO, 2 - MICA + QUARTZO + FELDSPATO, MOVIMENTO PARA W (SENTIDO OBTIDO ESTATISTICAMENTE).

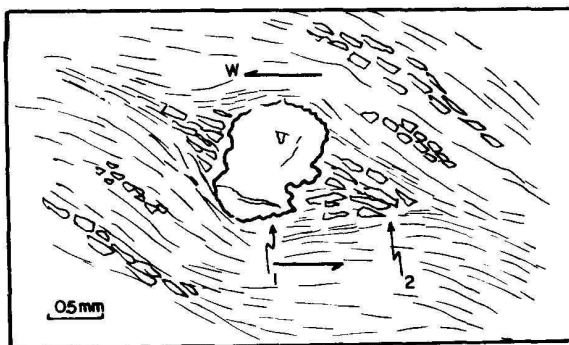


FIG. 6C - PORFIROCLASTO DE QUARTZO MAGMÁTICO (1), NOTANDO-SE SUPERFÍCIES "C" E "S" BEM MARCADAS. SOMBRAS DE PRESSÃO LEVEMENTE ASSIMÉTRICAS E FORMADAS POR AGREGADO GRANOBLÁSTICO POLIGONAL CONSTITUÍDO DE QUARTZO, FELDSPATO E MICAS (2) GERADAS POR DISSOLUÇÃO E RECRISTALIZAÇÃO DE MATERIAL DA MATRIZ, ASSOCIADO A FENÔMENOS DE DEFORMAÇÃO PROGRESSIVA.