

CONTROLE ESTRUTURAL DA JAZIDA DE ESMERALDAS DE SANTA TEREZINHA
DE GOIÁS: IMPLICAÇÕES NA GÊNESE, TECTÔNICA REGIONAL
E NO PLANEJAMENTO DA LAVRA

Luiz José D'El-Rey Silva

Gaston Giuliani

MINERAÇÃO CARAÍBA LTDA.

ABSTRACT

Detailed geological mapping (1:50 scale) carried out in the emerald underground mine TN-167, in Santa Terezinha de Goiás - Goiás, Brazil, has shown strong lithological and structural controls of the mineralizations. The emeralds are hosted by biotitites (phlogopitites) which were derived from metassomatism of ultramafic lavas belonging to the volcanic-sedimentary sequence of Mara Rosa, which encloses acid volcanic rocks represented by quartz-sericite schists (QSS).

All the rock units are strongly deformed and metamorphosed to green schists facies. The deformation pattern can be described as the result of a single and progressive tectonic event, the main structural feature being centimetre-to metre scale sheath folds. The fold axes are statistically parallel to the strong stretching lineation ($L = 13^\circ/145^\circ$) which is regionally widespread. The sheath folds also affect the mineralized biotitites layers, which were injected parallel to the regional foliation, therefore the mineralization is clearly stratiform and early-to syn-tectonic. The development of the sheath folds in a regular and geometric pattern has been facilitated by lubricant lithologies like carbonate-talc schists (CTS) and talc schists (TS) which also host emerald mineralizations.

The structural controls constrains the genesis of Santa Terezinha emerald deposits, eliminating hypothesis of derivation from late granitic bodies. The genetic process comprises two stages: the first is related with regional metamorphism, and the second with infiltration metassomatism plus the percolation of hydrothermal fluids whose source is still to be defined.

Moreover, the structures in Santa Terezinha de Goiás and those observed regionally bring important contribution for the building of the tectonic evolution of that central part of Goiás state.

INTRODUÇÃO

São poucos frequentes na literatura trabalhos que tratem do controle estrutural em jazimentos de esmeraldas. A gênese, quase sempre atribuída -por vezes a priori- a corpos graníticos tardios, tende a levar à imaginação de filões e veios geralmente erráticos, quando muito subordinados à faixa lateral próxima ao contato intrusão-encaxantes. Em função disso, corre-se o risco de negligenciar as observações dos dados estruturais, independentemente de que eles existam ou não, no campo, atribuindo-se tudo a "fraturas" de difícil explicação e concepção espacial.

Esse quadro tem conduzido inclusive à crença de que o garimpeiro ou o minerador leigo são mais capacitados a rastrear as zonas mineralizadas do que os geólogos e engenheiros de minas.

ORSTOM Fonds

Nº : 26.7

Cote : B

22 SEP. 1989

11

Uma simples comparação entre os mapas geológicos regionais dos dois campos maiores de jazimentos esmeraldíferos brasileiros, os de Campo Formoso, na Bahia, e os de Goiás, já induz o geólogo à necessidade de uma reflexão desapassionada sobre diferenças que não podem ser desprezadas.

As esmeraldas de Socotó e Carnaíba, na Bahia, ocorrem tão somente ao longo do contato muito bem definido entre o Granito de Campo Formoso e serpentinitos, os quais foram comprimidos pela intrusão granítica contra os quartzitos do Grupo Jacobina.

No caso de Santa Terezinha de Goiás, as relações entre as diferentes unidades, no campo, não são claras em superfície e não há corpo granítico diretamente associado às mineralizações nos mapas geológicos mais atualizados. Com base em mapeamento de detalhe (1:2.000) Souza e Leão Neto (1984) citam o corpo granítico de São José do Alegre como "granito porfirítico com cristais de plagioclásio e microclínio de até 5 cm de tamanho, intrusivo no complexo granito-gnássico e, aparentemente, na sequência Santa Terezinha". Reportam ainda que as rochas que hospedam a mineralização esmeraldífera foram afetadas por três fases de deformação que geraram duas xistosidades regionais, ortogonais entre si, sendo S_1 sub-horizantalizada e S_2 sub-verticalizada, além de uma forte lineação de interseção entre ambas, com caimento suave, de 15° a 20° para NNW. "Os corpos mineralizados têm disposição geral alongada, eixo maior segundo $N10^\circ-15^\circ W$ e caimento de 20° para NW e seção transversal com forma de bumerangue. As esmeraldas ocorrem controladas na xistosidade regional das rochas".

No conjunto, esses dados deixam margem a dúvidas quanto à origem das esmeraldas, sugerindo mesmo que estão relacionados aos eventos deformacionais regionais e não a granitos tardios.

No presente trabalho é descrito o controle espacial do depósito de Santa Terezinha de Goiás e suas implicações nas possibilidades genéticas, com base nos dados estruturais. Saliente-se que a definição das estruturas e seu real significado só foi possível após mapeamento de detalhe (1:50) em dezenas de metros de galerias subterrâneas, tendo as paredes sido devidamente lavadas, de modo a permitir o acesso visual às estruturas e rochas. A experiência mostrou, inclusive, que apenas com o mapeamento da superfície da Reserva Garimpeira é virtualmente impossível o entendimento do que realmente se passa em profundidade, dada a escassez de afloramentos e o elevado grau de intemperismo das rochas.

METODOLOGIA DE TRABALHO

O trabalho foi realizado em duas etapas, uma na mina subterrânea do lote TN-167, no Trecho Novo, e outra na observação de testemunhos de sondagem de áreas vizinhas, e ainda através de visitas a afloramentos na superfície do garimpo como um todo.

Na figura 1 é mostrado o lay out da mina subterrânea em questão. O poço encontra-se a uma profundidade de 86 metros e o reticulado de galerias da parte sul do lote corresponde a um amplo salão que foi lavrado pelo método câmaras e pilares, através das galerias denominadas G1 a G4, de direção $080^\circ-260^\circ$, e das travessas T1 a T5, que têm direção $170^\circ-350^\circ$.

O salão foi aberto, pelo conhecimento prático dos mineradores leigos, ao longo do caimento dos corpos de minério, de modo que as travessas descem cerca de 15° a 18° de sul para norte. A cota do piso de G1 é aproximadamente 76 metros abaixo da superfície. As galerias G1 a G4 são horizontais.

O mapeamento cobriu a parede sul de cada galeria e as paredes leste das travessas T2 e T4. As partes retangulares entre galerias e travessas (ver figura 1) correspondem a material até então não lavrado, que servia como sustentação. Em vista de tal disposição geométrica favorável, o mapeamento possibilitou o acompanhamento das estruturas em três dimensões, o que facilitou muito a caracterização das mesmas.

GEOLOGIA REGIONAL

O mapa geológico da figura 2 situa o ambiente dos garimpos de esmeraldas de Santa Terezinha de Goiás no contexto regional, como parte da sequência de topo do greenstone belt de Crixás (Sabóia 1979) conforme proposição de Machado (1981) ambos em Costa (1986). Por razões de espaço e escopo do presente trabalho, recomenda-se ao leitor interessado, a síntese da geologia regional apresentada por Costa (1986).

GEOLOGIA DA SEQUÊNCIA SANTA TEREZINHA

Na figura 3 é mostrado o mapa geológico simplificado da Reserva Garimpeira onde está situado o Trecho Novo, área objeto do presente trabalho. A sequência Santa Terezinha (Souza e Leão Neto 1984) é constituída por conjunto litológico vulcano-sedimentar metamorfizado ao fácies xistos verdes.

Na área do garimpo propriamente dito, Costa (1986) refere que "uma unidade intermediária, rica em metamorfitos de rochas ultramáficas, vulcanoclásticas ácidas, cherts, formações ferríferas e manganíferas, sedimentos carbonáticos e sedimentos grafitosos, separa um conjunto meridional, preferencialmente constituído por clorita-quartzo xistos e sericita quartzitos, de um pacote setentrional com um nível contínuo de magnetita-muscovita xistos associado preferencialmente a clorita-quartzo xistos e xistos feldspáticos".

No interior da mina TN-167 as rochas enquadram-se na unidade intermediária, existindo principalmente carbonato-talco xistos (CTS) talco xistos (TS) clorititos, biotititos e quartzo-sericita xistos (QSS).

GEOLOGIA ESTRUTURAL

Nas figuras 4 e 5 são mostrados os mapas de detalhe das paredes das galerias e travessas estudadas, conforme já explicado. Os seguintes elementos estruturais são marcantes na região:

S_0 - definido pela alternância de rochas com espessuras decimétricas, métricas e decamétricas.

S_1 - nítida foliação penetrativa, marcada pela orientação planar de minerais como clorita, sericita, talco e biotita; é quase sempre paralela a S_0 , sendo produto do escamamento advindo de empurrão de baixo ângulo verificado de 345° para 165° e com atitude regional segundo $340^\circ/20^\circ$; em função da evolução dos dobramentos, a atitude de S_1 varia substancialmente; na foto 1 é mostrado exemplo típico de S_1 ; os biotititos são produto de injeção de fluidos dos hidrotermais ao longo dos planos de S_1 , visto que essa rocha "recente" é paralela a S_0/S_1 e foi deformada posteriormente com o conjunto como um todo; o caráter de injeção e circulação de fluidos é muito bem exemplificado em vários locais (ver nos mapas de detalhe das galerias e na foto 2).

L_x - lineação muito bem marcada por estrias de deslizamento tectônico entre camadas; a atitude média estatística é $345^\circ/15^\circ - 18^\circ$; a feição é penetrativa em todos os afloramentos de superfície e em sub-superfície; nas fotos 3 e 4, L_x é marcada por cristais de pirita estirados e com sombra de pressão, além das estrias; a lineação é tão intensa que chega a produzir canaliculos muito finos na superfície de S_0/S_1 , os quais bem podem ter funcionado como dutos de aporte das soluções mineralizadas em Be ao sítio dos talco xistos hospedeiros.

Dobras em bainha - as estruturas em Santa Terezinha de Goiás são dobras geradas em um regime tectônico progressivo, reponsável inicialmente pelos empurrões e pela geração de S_1 , bem como pelo desenvolvimento de dobras isoclinais recumbentes a inclinadas, com plano axial segundo $340^\circ/20^\circ$ e eixos transversais (NE-SW) provavelmente; na etapa seguinte, a charneira dessas dobras foi progressivamente deslocada para sul, movimento este facilitado pela existência de rochas muito sedosas no pacote intermediário da sequência Santa Terezinha; as dobras ocorrem com grande regularidade nas galerias do lote TN-167, onde apresentam amplitudes de 2 a 3 metros e extensão de embainhamento da ordem de 10 a 12 metros; na superfície do garimpo existe exemplar métrico no afloramento do corte do Trecho Damião, cerca de 1 km a sudoeste da área central; em testemunhos de sondagem de vários lotes, tanto na área central como no trecho Damião, as dobras são muito frequentes, em escala centimétrica-decimétrica (ver fotos 5 e 6).

O bloco diagrama da figura 6 foi construído pela simples disposição dos mapas das galerias e travessas das figuras 4 e 5, ortogonalmente entre si, respeitando-se a perspectiva e o caimento das travessas ao longo de Lx. A reconstituição das estruturas foi possível graças ao acentuado contraste composicional e de cores entre as rochas (foto 7) o que permitiu sair-se de uma galeria E-W e entrar-se em uma N-S, seguindo o mesmo horizonte em grande detalhe. A foto 8 equivale ao croqui feito no detalhe 1 da figura 4.

A estrutura mapeada como sinclínório do rio do Peixe (Souza e Leão Neto 1984) é, na realidade, o invaginamento das charneiras das dobras iniciais D₁. Como se ilustra na figura 7-1, as dobras em bainha erodidas produzem as formas em bumerangue dos corpos de minério em superfície, bem como a variação de mergulho de S₀//S₁ resulta em uma série de sinformes e antiformes de "2a. fase", por "afetarem" S₁, sem exibirem, no entanto, a xistosidade S₂. O embainhamento foi acentuado, visto que os eixos das dobras são estatisticamente paralelos à atitude de Lx.

As esmeraldas ocorrem litologicamente controladas nos CTS, TS e flogopititos, principalmente. Como regra geral, ocorrem também controladas nos planos de S₁ (foto 9). Os veios pegmatóides clássicos são ausentes ao nível de observação atual. Os biotititos truncam localmente as camadas, mas 98% das centenas de esmeraldas observadas e fotografadas ocorrem ao longo de S₁. Não se conseguiu comprovar, no entanto, que ocorram deformadas ao longo de S₁ (estiradas, fraturadas extensionalmente) como estão as piritas nas fotos 3 e 4.

A evolução estrutural da região é mostrada na sequência de desenhos da figura 7, com textos auto-explicativos.

IMPLICAÇÕES NO PLANEJAMENTO DA LAVRA

Conquanto os garimpeiros e mineradores leigos sejam ótimos farejadores dos minérios que exploram, a falta do conhecimento estrutural adequado de seus jazimentos leva a que pratiquem lavra predatória, visto que deixam de recuperar um percentual significativo do bem econômico.

As estruturas e os controles da mineralização esmeraldífera aqui apresentadas permitirão que os mineradores orientem espacialmente suas galerias no sentido de recuperarem o máximo, com o menor esforço em desenvolvimento e, ainda, com segurança, desde que contratem profissionais especializados para o mapeamento de seus "lotes" e amostragem das frentes subterrâneas, visando cartografia dos trechos ricos e pobres, bem como do condicionamento espacial dos mesmos.

IMPLICAÇÕES NA TECTÔNICA REGIONAL

As estruturas aqui descritas são também encontradas regionalmente, como, por exemplo, na estrada de Santa Terezinha para Hidrolina, já próximo a esta, distante cerca de 40 Km a sudeste do garimpo das esmeraldas. Na subida da serra de João Leite, em corte da estrada com cerca de 100 metros de comprimento, afloram anfíbolitos e gnaisses típicos, afetados por dobras em bainha igualmente de amplitude métrica e também distribuídas em sequência homogênea, caracterizando embainhamento acentuado. O próprio mapa regional da figura 2 mostra contatos litológicos com formas típicas de dobras em bainha de amplitudes que atingem dezenas de quilômetros, como por exemplo, na região de Mara Rosa. Essas feições são também observadas em imagens de radar e satélite da região.

Dobramentos dessa natureza, amplamente distribuídos, com lineação de estiramento de baixo ângulo de rake e com trend perpendicular à direção regional das camadas, são típicos de movimentos tectônicos ao longo de rampas frontais de caráter regional.

A tectônica tangencial assim caracterizada atuou no ambiente geológico no qual se encaixa a sequência vulcano-sedimentar de Mara Rosa, produzindo feições de escamamento (empurrões de baixo ângulo) correspondentes a movimentos de massa de NNW ou NW para SSE ou SE. Persistem ainda problemas na definição da idade do evento tectônico e na correspondência com eventos regionais que compartimentaram segmentos próximos.

Por exemplo, Danni et al. (1986) discutiram sobre a evolução geotectônica do GRUPO Pilar de Goiás, de idade arqueana, com base em trabalhos de campo realizados na região de Hidrolina, chegando a postular um tectonismo tangencial gerador de empurrões de oeste para leste, os quais são responsáveis pela compartimentação interna do Grupo. Esse evento teria sido o último a se verificar na evolução daquela região durante o Arqueano. Apenas como referência, vale citar que Drago et al. 1981, (in Danni et al. 1986) mostra que o maciço central goiano, onde se incluem os terrenos de Hidrolina e Santa Terezinha, foram envolvidos em eventos tectono-termiais posteriores, durante o Proterozóico Médio e mesmo Superior.

Os movimentos em Hidrolina são compatíveis com o transporte tectônico observado na região do garimpo de Santa Terezinha, admitindo-se que tenha havido ligeira inflexão na direção geral de transporte, o que é comum e perfeitamente plausível. A compatibilização final entre os empurrões que compartimentaram o Grupo Pilar de Goiás e os eventos aqui descritos para Santa Terezinha é matéria que, no entanto, carece de trabalhos de campo que englobem o conjunto regional.

Admitindo-se a colocação da sequência Santa Terezinha como integrante do ambiente greenstone belt de Crixás (ver discussão em Costa, 1986) à primeira vista a tectônica descrita no presente trabalho para a região do rio do Peixe estaria colocada no Arqueano, mas o assunto merece esclarecimento por meio de estudos específicos, não se podendo descartar, por enquanto, que sejam parte dos eventos tectono-termiais mais recentes que retrabalharam o maciço central goiano como um todo.

IMPLICAÇÕES NA GÊNESE DAS ESMERALDAS

A maioria das mineralizações de esmeraldas no mundo é geralmente associada a biotita xistos resultantes da interação química entre veios derivados de granitóides e rochas ultrabásicas: os chamados depósitos tipo xisto-berilo (Sinkankas e Read 1986) ou glimmerites, na conceituação de Smirnov (1977).

Os depósitos brasileiros não fogem à regra, embora Schwarz (1986) tenha distinguido aqueles diretamente vinculados a granitóides (como Carnaíba e Socotó, Bahia) daqueles onde as relações com veios pegmatóides é bastante incerta, como em Santa Terezinha de Goiás. Para este último, o controle estrutural descrito no presente trabalho abre debate envolvendo sin-gênese versus epigênese.

Alguns autores já trataram do assunto anteriormente. Schwarz (1986) sugeriu que rochas vulcânicas ácidas (quartzo-sericitizantes) seriam a fonte do berilo, posteriormente remobilizado durante a "fase metassomática-pneumatolítica". Cassedane e Sauer (1984) descreveram a presença de diversos veios pegmatóides interceptando os talcos xistos nos depósitos do Trecho Novo, em Santa Terezinha, classificando-os no tipo mica-oligoclásio-berilo. Costa (1986) discutiu algumas hipóteses interessantes: um processo metamórfico removendo Be dos QSS, que são muito comumente associados aos CTS mineralizados, ou um processo epigenético, no qual Be teria sido carregado por "soluções pneumatolíticas de um granito adjacente", ou ainda lixiviado dos QSS pelas mesmas soluções pneumatolíticas.

As evidências geológicas, estruturais, texturais e mineralógicas obtidas com a realização das etapas de campo serão nossas referências básicas para a discussão que se segue a respeito desses diferentes pontos.

As esmeraldas brasileiras estão sempre contidas em biotititos resultantes do metassomatismo de serpentinitos, talco xistos ou tremolita xistos de uma sequência vulcano-sedimentar, geralmente afetada por metamorfismo de fácies xistos verdes, o qual é relacionado a processo de infiltração que induz à formação de K-metassomatitos. Dois fatores devem aí ser considerados: a homogeneidade e composição da rocha hospedeira e também as estruturas e canais que permitem a percolação dos fluidos ascendentes.

Socotó e Carnaíba são exemplos perfeitos de séries homogêneas, os serpentinitos sendo intrudidos por veios pegmatóides relacionados a uma

intrusão granítica posterior e próxima ao sítio dos depósitos, segundo Rudowski et al. (1987 a,b). Os veios pegmatóides mostram uma disposição regular de zonas desenvolvidas simetricamente de cada lado do veio. As zonas têm diferentes composições mineralógicas e limites claramente definidos entre si, materializando frentes metassomáticas de percolação.

Santa Terezinha é um claro exemplo de séries não homogêneas de rochas que foram invadidas ao longo dos planos de S_0 e S_1 , bem como de fraturas, por soluções contemporâneas com a evolução tectônica regional. Os veios pegmatóides não são importantes ao nível de observação atual devido ao grande número de planos de S_0 e S_1 , os fluidos foram injetados do leito por leito, mantendo-se na estrutura acamada da pilha original. Veios largos de biotititos, com 50cm de espessura, não são tão comuns, mas exibem claramente o padrão de infiltração (foto 2). Desta forma as rochas de infiltração variam de composição entre flogopititos enriquecidos em flúor, flogopita-talco-carbonato xistos, carbonato-flogopita xistos e, pela extensão da zona mineralizada, deduz-se que a infiltração foi um fenômeno amplo, que ocorreu em vasta área.

A formação de esmeraldas requer circulação de fluidos ácidos ricos em Be e também em F, Cl, K e Al, através de canais que cortam sequências ultrabásicas ricas em Fe, Mg e Cr. A importância do depósito depende de fatores como interação fluido-rocha, tempo de circulação do sistema hidrotermal e evolução termodinâmica da fase fluida associada.

No caso de Santa Terezinha de Goiás, a origem do Be é ponto ainda por ser definido. Entretanto, a evolução estrutural regional, o caráter cedo a sin-tectônico das infiltrações e o controle estrutural das mineralizações são incompatíveis com corpos graníticos tardios puros e simplesmente.

Várias hipóteses podem ser levantadas. Aquela que advoga geração dos fluidos a partir do metamorfismo regional (Costa 1986) se depara com o fato de que as zonas mineralizadas não se estendem a todas as unidades de CTS, vertical e lateralmente. Era de se esperar que fluidos metamórficos embebessem essas rochas como um todo. No entanto, dentro mesmo do garimpo de Santa Terezinha, lotes ricos se alternam com lotes pobres, sem razão estrutural aparente.

Dois estágios devem ser considerados na gênese dos TS esmeraldíferos: 1º: uma reação metamórfica entre xistos e calcários impuros interagendos, produzindo o bandamento característico, isto é, metamorfismo por troca de cátions; e 2º: infiltração posterior de fluidos hidrotermais ocasionando a substituição das camadas prévias e a formação das mineralizações estratiformes (processo epigenético, skarn hidrotermal básico).

Quanto à possibilidade de liviação do Be por fluidos hidrotermais atuando sobre os QSS, algumas questões afloram: qual é o conteúdo em Be dessas formações, por exemplo? Não existem dados concretos até o momento. Se são ricas em Be, os fluidos infiltrantes portadores de K, Al, F e Si não produziram berilos, reagindo com os QSS livres de Cr? Até o momento não se conhece mineralizações de berilo nos QSS.

Uma segunda hipótese, baseada na infiltração de uma solução hidrotermal portadora de Be e relacionada com corpo granítico adjacente pode ser discutida. Não foram encontrados no campo os veios pegmatóides citados por Cassedane e Sañer (1986) o que teria sido de relevância.

Já se admite atualmente, através de exemplos de depósitos de W do tipo skarn, em Sandong Coréia (Farrar et al. 1978; Moon 1984) King Islands, na Tasmânia (Kwak e Tan 1981) ou mesmo no distrito polimetálico de W, Pb e Zn (+Ag) do Marrocos Central (Cheilletz e Isnard 1985; Giuliani et al. 1987) que processos de infiltração metassomática podem contaminar rochas com espessuras de muitos quilômetros. O movimento dos fluidos seria facilitado em áreas com grande permeabilidade, resultante de falhamentos e fraturamentos interconectados, ou por meios químicos.

Em Santa Terezinha, as zonas mineralizadas contidas entre rochas relativamente impermeáveis explicam que o fluxo das soluções se deu longitudinalmente aos planos de S_0 e S_1 , ou mesmo ao longo de Lx (canalícu

los). A formação do depósito esmeraldífero estratiforme e seus biotitos associados não é um fenômeno simples, mas pode ser associado a uma importante anomalia geotermal oriunda da colocação de plutões graníticos não necessariamente presentes no mesmo nível crustal das formações mineralizadas.

Esta hipótese não requer uma fonte magmática direta para os fluidos mineralizantes, mas algum tipo de equilíbrio em longo espectro temporal. Estudos sobre inclusões fluidas, terras raras e isótopos estáveis podem ajudar a esclarecer este problema. Sem dúvida, existindo um plutão de tais características em Santa Terezinha, o esfriamento do mesmo favoreceria a instalação de sistemas convectivos hidrotermais que iriam misturar águas meteóricas ou metamórficas com soluções que evoluíram da cristalização do próprio corpo ígneo profundo.

Seguindo o modelo epigenético, as esmeraldas de Santa Terezinha podem estar indicando a convergência de um metamorfismo isoquímico inicial - skarn metamórfico bandado ou estratiforme, lembrando as bandas calcissilicatadas de Thompson 1975- e a circulação posterior de fluidos hidrotermais, ou estágio 2 - skarn hidrotermal estratiforme - responsável pela mineralização esmeraldífera.

AGRADECIMENTOS

Os autores são muito gratos à prestimosa colaboração dos engenheiros Annibal Crosara e Orlando Generoso, respectivamente presidente do Grupo EMSA e diretor técnico da Mineração PENERY (Goiânia, Go) possibilitando a execução dos trabalhos de campo e permitindo a divulgação dos dados. Ao geólogo Esperidião Amin, ex-PENERY, que acompanhou os trabalhos de mapeamento das galerias e travessas do lote TN-167, em 1986. E ao Prof. Reinhardt A. Fuck (UNB) pela revisão dos manuscritos e pelas críticas e sugestões apresentadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CASSEDANE, J. P. e SAUER, D. A. - 1984 - The Santa Terezinha de Goiás emerald deposit. *Gems and Gemology*, Spring, p.4-13.
- CHEILLETZ, A. e ISNARD, P. - 1985 - Contribution à la prospection des gisements hydrothermaux de tungstène sur l'exemple du district polymétallique W-Pb-Zn-Ag du Jbel Aouam (Maroc Central). *Miner. Deposita*, 20, p.220-230.
- COSTA, S.A. de G. - 1986 - Correlação da sequência encaixante das esmeraldas de Santa Terzinha de Goiás com os terrenos do tipo greenstone belt de Crixás e tipologia dos depósitos. *Anais do XXXIV Congresso Brasileiro de Geologia*, V. 2, p.597-614.
- DANNI, J.C.M.; JOST, H.; WINGE, M. e ANDRADE, G.F. -1985- Aspectos da evolução dos terrenos granito-greenstone: exemplo da região de Hidrolina-Goiás. *Anais do XXXIV Congresso Brasileiro de Geologia, Goiânia, Goiás - V. 2*, p.570-584.
- FARRAR, E.; CLARK, A.H., e KIM, O.J. -1978- Age of the Sangdong tungsten deposit, Republic of Korea, and its bearing on the metallogeny of the southern Korean peninsula. *Econ. Geology*, 73, p.547-566.
- GIULIANI, G., CHEILLETZ, A. e MECHICHE, M. -1987- Behavior of REE during metamorphism and hydrothermal infiltration associated with skarn and vein-type tungsten orebodies in Central Morocco. *Chem. Geology*, 64, p.279-294.
- GIULIANI, G. e COUTO, P. -1988- Emerald deposits of Brazil and its genetic link with infiltrational metassomatic processes. *International Conference on the continental crust, Poços de Caldas*, 11 to 16 of July, 1988.
- KWAK, T.A. - 1978 - The conditions of formation of the King Island Scheelite contact skarn, King Island, Tasmania, Australia. *Am. Jour. Sci.* 278, p.969-999.

- KWAR, T.A. e TAN, T. - 1982 - The geochemistry of zoning in skarn minerals at the King Island Porphyry Mine. Econ. Geology, p.468-497
- MOON, K.J. - 1984 - Condition of the Sangdong tungsten skarn formation. Jour. Korean Inst. Min. Geol., V.17, n94, p.259-272.
- RUDOWSKI, L., GIULIANI, G. e SABATÉ, P. - 1987a - The proterozoic granitic massifs of Campo Formoso and Carnaíba (Bahia, Brazil) and their Be, Mo, W mineralizations; Inter. Symp. Granites and Associated Mineralizations. Extended Abstracts, p.253-257, SALVADOR/BA
- RUDOWSKI, L., GIULIANI G. e SABATÉ P. - 1987 - Les phlogopitites à émeraude au voisinage des granites de Campo Formoso et Carnaíba (Bahia, Bresil): un exemple de minéralization protérozoïque à Be, Mo et W des des ultrabasites métasomatisées. C.R. Acad. Sc. Paris, t. 304, Série II, n9 18, p. 1129-1134
- SABÓIA, L.A (1979) - Os "Greenstone Belts de Crixás e Goiás, Go. SBG, Núcleo CEentro-Oeste, Bol. Inf. 9, Goiânia. 43-72
- SCHWARZ, D. - 1986 - Classificação genética das ocorrências de esmeralda. Anais do XXXIV Congresso de Geologia, Goiânia, V-4, p. 1854 - 1862
- SINKANKAS, J. e READ, P. - 1986 - Beryl. Butterworths Gem Books, 225 p.
- SMIRNOV, V.L. - 1977 - Ore deposits of the U.S.S.R., vol. 3, Deposit of beryllium. Pitman publications, England
- SOUZA, J.O. e LEÃO NETO, R. (1984) - Mapeamento geológico na área do Garimpo de Santa Terezinha de Goiás - MME/DNPM/CPRM - Goiânia (Inédito)
- THOMPSON, A.B., - 1975 - Calc-silicate diffusion zones between marble and pelitic schist. Jour. Petrology, vol.16, p. 314-346.

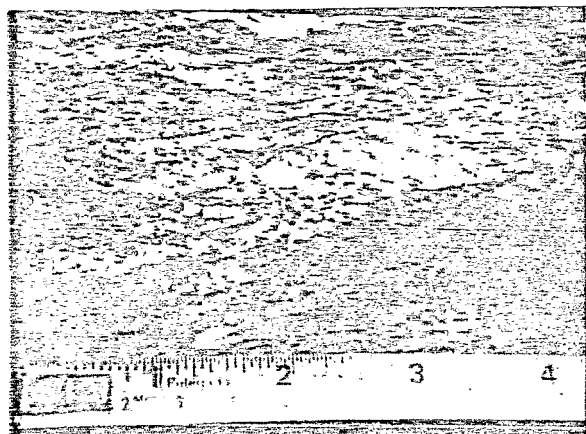


FOTO 1 - Aspecto típico da foliação S_1 nos clorita-talco xistos. no mesmo local foi feito o esquema da figura 7B. Escala em polegadas e em centímetros.

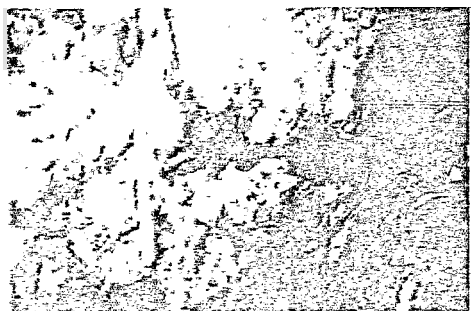


FOTO 2 - A caneta tem 12cm de comprimento. Injeção de filogopitito (preto), concordante com os talco xistos, em branco, embora trunque-os na parte central da foto. Lote TN-167.



FOTO 3 - Cristais de pirita alongados paralelamente a Lx . Na ausência dos marcadores, a lineação é identificada pelas estrias pronunciadas nas rochas. Notar sombra de pressão em alguns cristais. Caneta = 12cm.

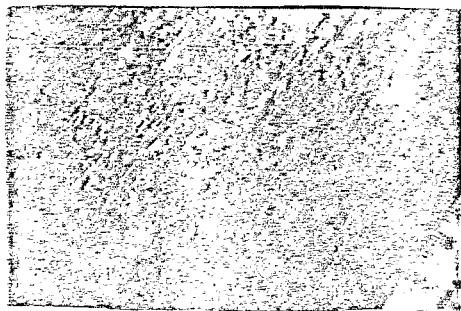


FOTO 4 - Cristais de pirita alongados paralelamente a Lx , com sombra de pressão. Trecho Damião, no garimpo de Santa Terezinha, afloramento em superfície. Escala = 1cm.

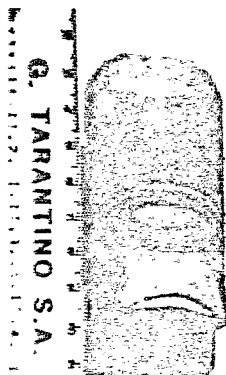


FOTO 5 - Exemplar típico das dobras em bainha de Santa Terezinha afetando CQS. Furo de sonda da EMSA no Trecho Damião. O mesmo é observado em furos executados no Trecho Novo, em outros lotes. Escala em centímetros.

FOTO 6 - Detalhe lateral da foto 5.

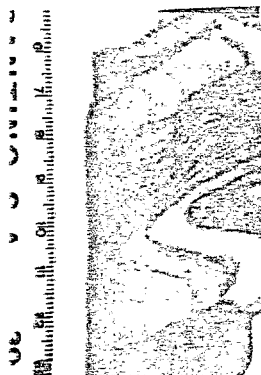




FOTO 7 - O martelo tem cerca de 32 cm de comprimento. Flogopitito (em preto) injetado entre CTS, em branco. Notar a foliação S_1 paralela ao contato. O contraste entre litologias e cores facilita muito o mapeamento das estruturas. Travessa T2, TN-167.



FOTO 8 - Foto que documenta o detalhe 1 da figura 4. A massa mineral branca é carbonato magnésiano. Notar a injeção leitosa por leito dos flogopititos, em preto. Galeria G4, TN-167. Martelo tem 32 cm de comprimento.

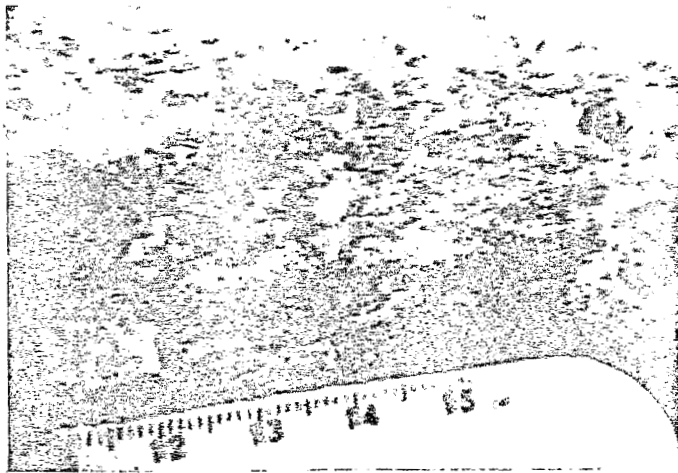
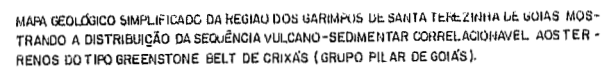
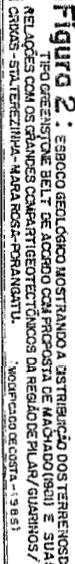


FOTO 9 - Escala em centímetros. Cristais de esmeralda, tanto em seção basal como longitudinal, controlados ao longo de S_1 nos CTS. Nas paredes das galerias e travessas, bem como em amostras de mão das pilhas de produção, pode-se observar que as esmeraldas são invariavelmente controladas ao longo de S_1 .



FOTO 10 - Dobramento na parede N-S da travessa T4. Observar o caráter de injeção dos flogopititos, em preto, que são contínuos estratiformes. Pelo mapa da T4, na figura 5, verifica-se que a foto abrange área de 4 x 2m.



(MODIFICADO DE COSTA - 1986)

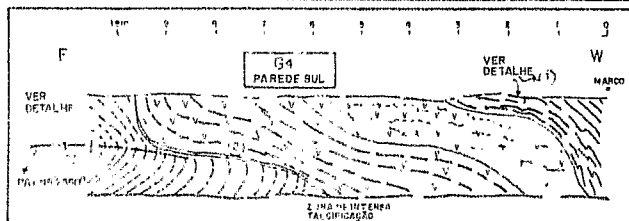
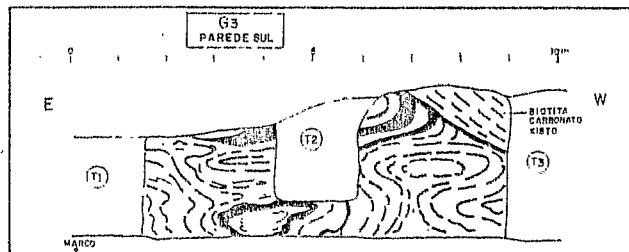
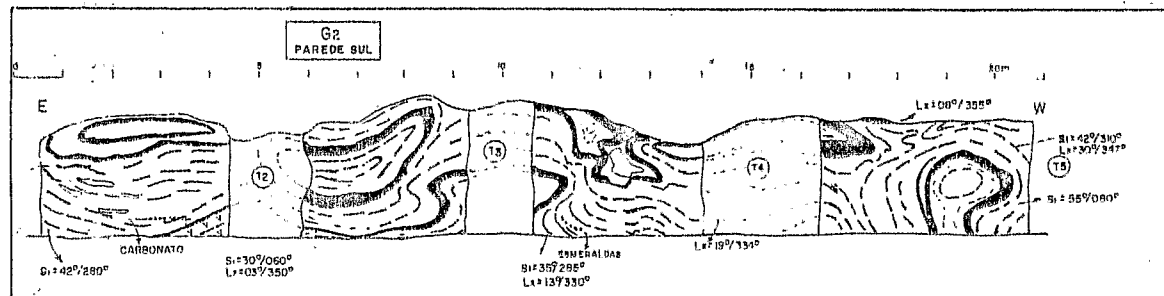
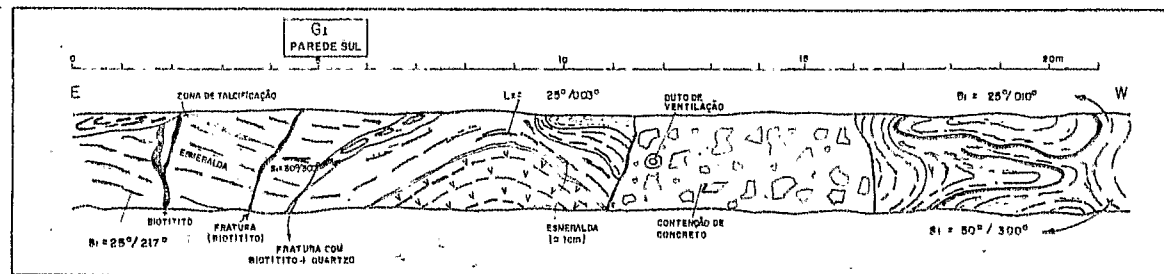


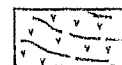
Figura 4:
MAPA LITO-ESTRUTURAL
DAS GALERIAS G1-G2-G3 e G4



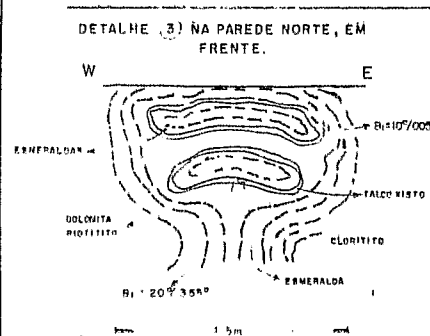
BIOTITOS OU
FLOGOPITOS



CARBONATO - TALCO
XISTOS

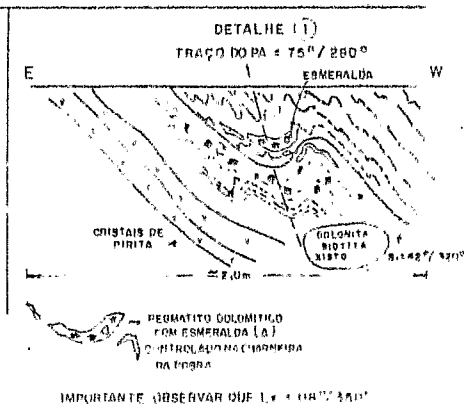


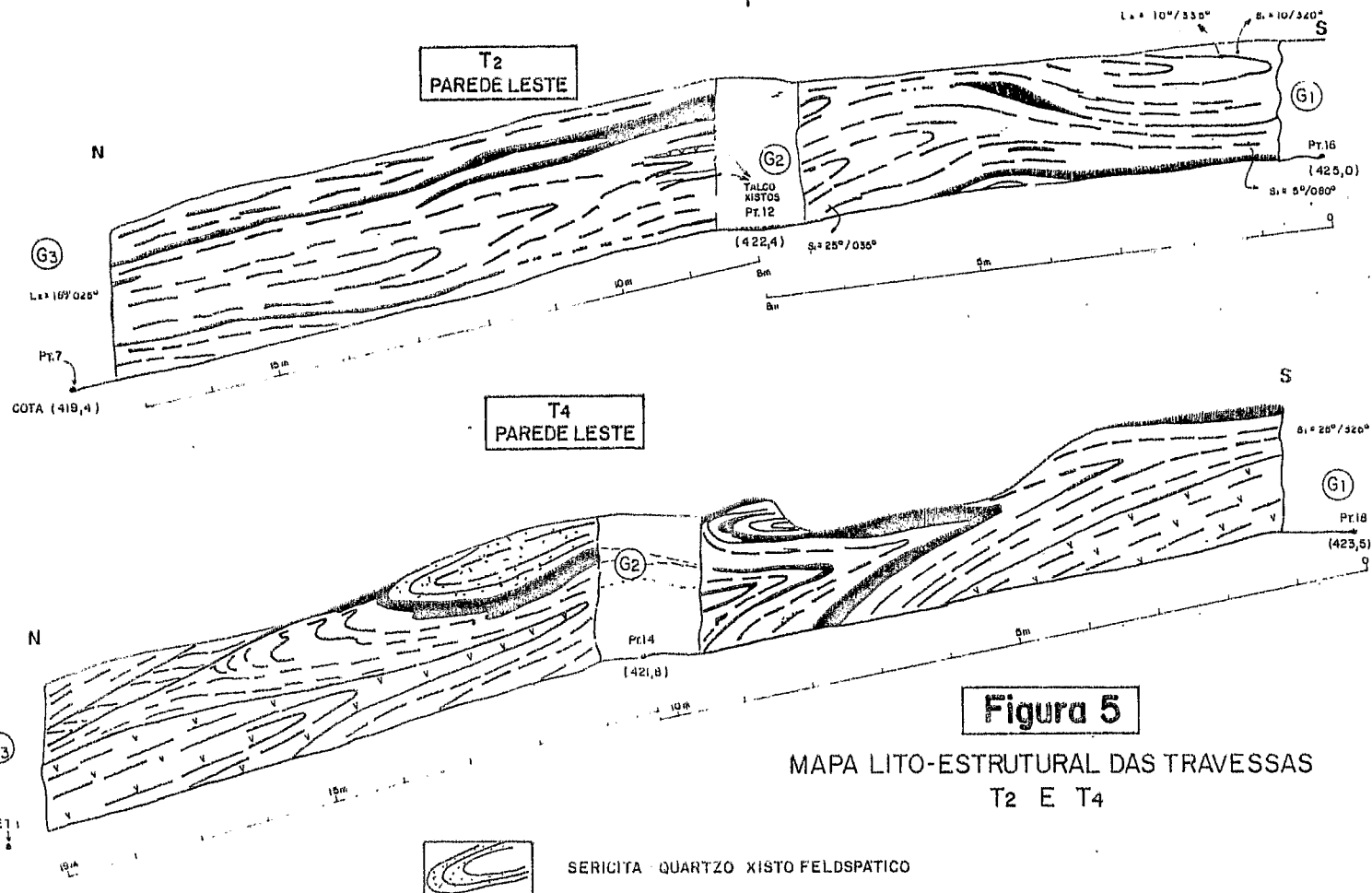
TALCO XISTOS



COQUELO TÍPICO DAS DOBRAS EM BAINHA
SEM RESEIÃO VIDA, EXIBINDO ESMERALDA DAS CON-
TROLADAS AO LONGO DE S1.

DETALHE (2)
S1 = 40°/308°
L1 = 15°/180°
NA PAREDE NOR-
TE, EM FRENTE
AO PONTO 2, FOI
ANOTADO:
L1 = 70°/350°





Pt.7 - Pt.12 : PONTOS DA MALHA TOPOGRAFICA (421,8) . COTA EM RELAÇÃO AO NÍVEL DO MAR

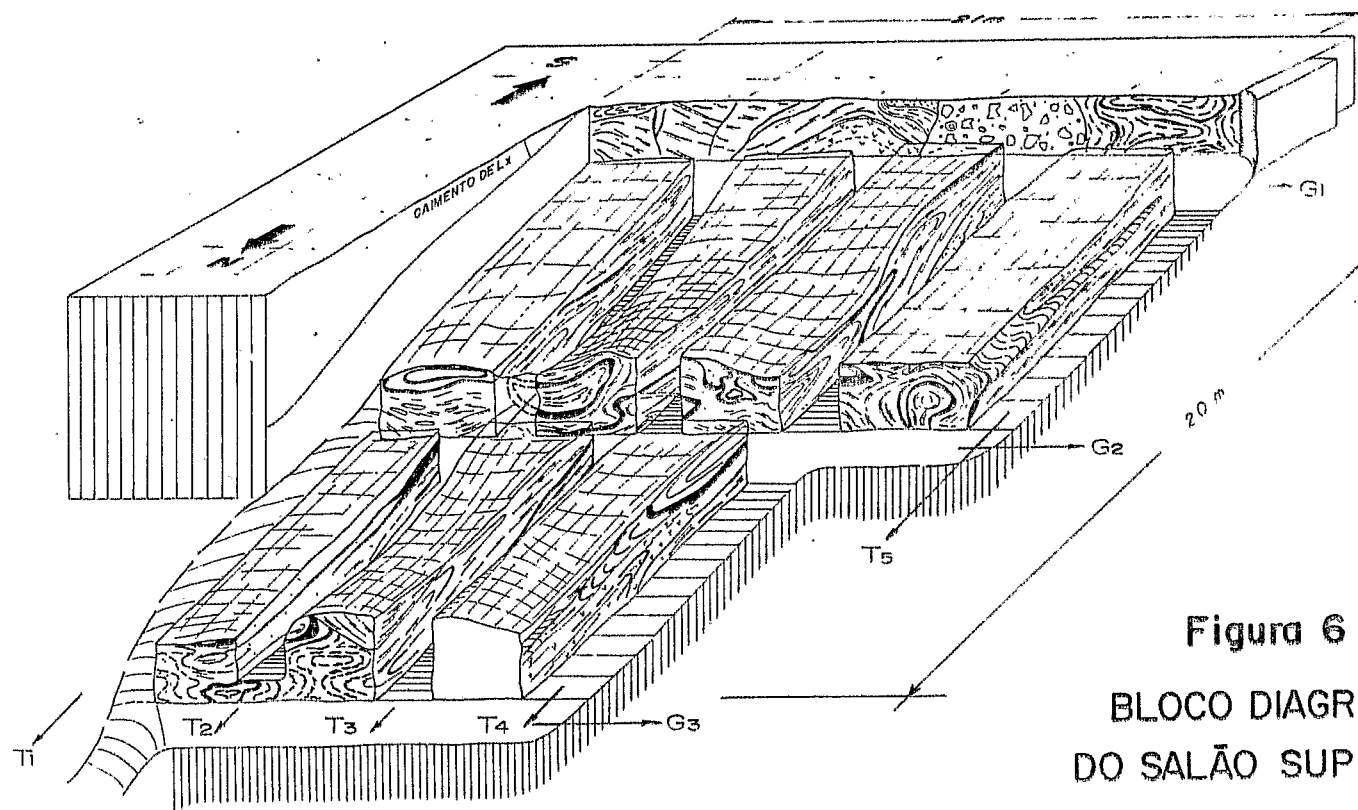
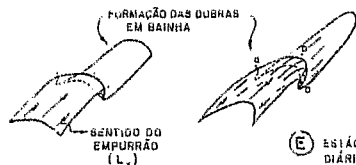
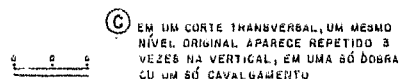
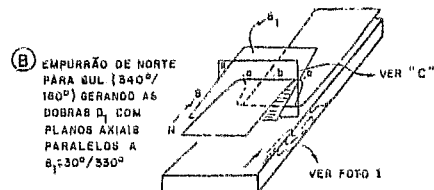
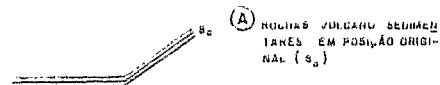


Figura 6 :
BLOCO DIAGRAMA
DO SALÃO SUPERIOR
LOTE TN-167

Figura 07:
EVOLUÇÃO ESTRUTURAL DA SEQUÊN
CIA STA. TEREZINHA E CONTROLES
DA MINERALIZAÇÃO DE ESMERALDAS



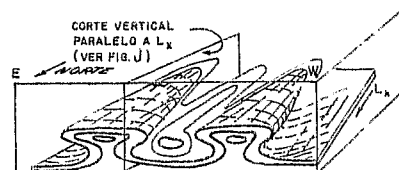
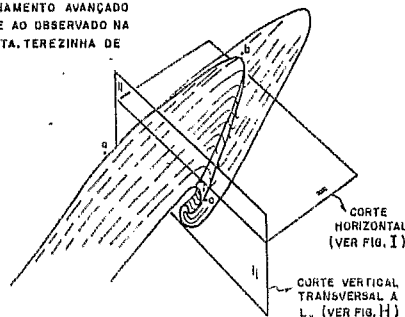
(D) A CONTINUAÇÃO DO MOVIMENTO DE EMPURRÃO, COM AS ROCHAS AQUECIDAS E EM ESTADO PLÁSTICO, IMPLICOU NA MIGRAÇÃO DAS CHARNEIRAS. AQUI SE ILUSTRA O ESTÁGIO INICIAL DO EMBAINHAMENTO DAS DOBRAS D_1 .

(E) ESTÁGIO INTERMEDIÁRIO DE EMBAINHAMENTO.

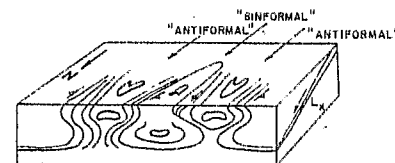
(F) OS TRÊS NÍVEIS REPETIDOS NA VERTICAL SERÃO DOBRADOS COMO DA FORMA AO LADO, POIS TODAS AS FEIÇÕES ANTERIORES TENDERÃO AO PARALELISMO COM AS LINHAS QUE MARCAM O SENTIDO E A DIREÇÃO DO EMPURRÃO, QUANDO O EMBAINHAMENTO FOR SEM DESENVOLVIDO.



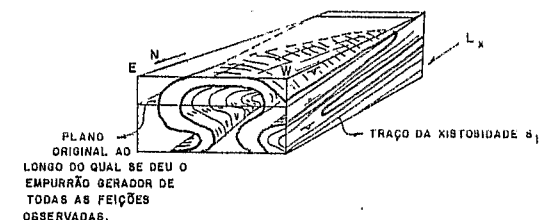
(G) EMBAINHAMENTO AVANÇADO SEMELHANTE AO OBSERVADO NA REGIÃO DE STA. TEREZINHA DE GÓIAS.



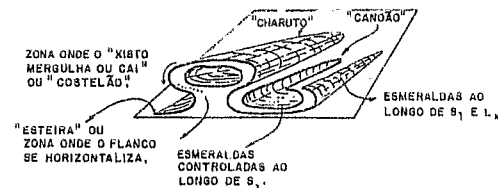
(H) DOBRAS EM BAINHA VISTAS EM 3 DIMENSÕES. OS "CHARUTOS" QUE CONTROLAM A MINERALIZAÇÃO ESMERALDÍFERA SÃO DOBRAS QUE FORAM PARALLELIZADAS A L_x .



(I) CORTE HORIZONTAL EVIDENCIANDO O FORMATO DE BUMERANGUES QUE OS LOMBOS MINERALIZADOS TÊM EM SUPERFÍCIE. OBSERVAR QUE AS CAMADAS TÊM MERGULHO MUITO VARIÁVEL, EM FUNÇÃO DO NÍVEL DE CORTE, E SUGEREM À PRIMEIRA VISTA DOBRAS SINFORMAIS E ANTIFORMAIS COMO SE FOSSEM DE UMA SEGUNDA FASE DE DEFORMAÇÃO AFETANDO S_1 .



(J) PERFIL VERTICAL PARALELO COM A DIREÇÃO DE ESTIAMENTO, MOSTRANDO A FORMA DAS DOBRAS EM BAINHA EM PAREDES DE ORIENTAÇÃO NORTE-SUL, COMO AS TRAVESSAS T_2 E T_4 . ESTE É O EXATO FORMATO TRI-DIMENSIONAL QUE SE OBTÉM COM A COMPOSIÇÃO DE PERFIS ESTE-OESTE E NORTE-SUL EFETUADOS NAS GALENIAS SUBTERRÂNEAS.



(L) O CONTROLE ESTRUTURAL E OS TERMOS DOS UNIMPEIROS.