



BODOMINAS METALURGIA E INDÚSTRIA S.A.

7-96

	SUREMI SECCIE
ARQUIVO TÉCNICO	
Relatório n.º	1098
N.º de Volumes:	2 v: 1-S
Phl 008508	

PROJETO REAVALIAÇÃO DAS RESERVAS DE SCHEELITA  
DA MINA BODÓ - 2ª ETAPA

RELATÓRIO

DOS SERVIÇOS DE GEOLOGIA E CUBAGEM

VOLUME I - TEXTO

Execução: CPRM/SUREG-RE

Autores: Geólogo Edilton J. dos Santos ✓

Geólogo Antonio Maurílio Vasconcelos ✓

Engº de Minas Marcelo Soares Bezerra ✓

Colaboração Especial: Geólogo Luiz Fernando P. Zanini ✓

NOVEMBRO/1981

## APRESENTAÇÃO

O presente relatório enfeixa os resultados das inves tigações efetuadas na mina Bodó, de conformidade com o contra to nº 470/DAD/78, celebrado entre a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM e a Bodominas Metalurgia e Indústria S.A. As referidas investigações referem-se à 2ª etapa do Projeto de Reavaliação das Reservas da Mina Bodó, de acordo com a cláusula 2.1.2 do citado contrato e expedientes normativos complementares, acertados de comum acordo entre as duas emp re sas.

Foram executados serviços de abertura de inclinados, galerias e chaminés, num total de 1113,65 m, assim discrimina dos:

Inclinados .....	315,80 m
Galerias .....	591,05 m
Chaminés .....	206,80 m

Os serviços de geologia e cubagem incluíram:

- 1) Atualização do mapa geológico de superfície com adensamento dos dados de microestrutura;
- 2) Análise estrutural da área e seu relacionamento com a mineralização;
- 3) Mapeamento geológico de subsolo escala 1:250, com mapa de serviço escala 1:50, abrangendo cerca de 1029 m linea res;
- 4) Locação e orientação dos furos de subsolo, visando a cubagem dos blocos de minério; foram executados cerca de 26 furos, correspondentes a 385,27 m;

- 5) Indicação e marcação de canais de amostragem para cálculo do teor médio dos blocos (aproximadamente 400 canais);
- 6) Cálculo das reservas (medida, indicada, inferida) e recursos da mina;
- 7 ) Análise da viabilidade econômica da jazida.

O trabalho teve início em novembro de 1980, com os serviços de campo desenvolvendo-se até março de 1981; durante os trabalhos de escritório, ocorreram várias paralisações, em virtude de problemas relacionados com a base cartográfica e com atrasos relacionados com o processamento das análises químicas.

Os serviços de desmonte subterrâneo foram desenvolvidos pelo engenheiro de minas Francisco Prazeres Ramalho de Castro, enquanto que os trabalhos de geologia e cubagem estiveram a cargo do geólogo Antonio Maurílio Vasconcelos, com assessoria do geólogo Edilton J. dos Santos da CPRM/SUREG-RE. Durante os trabalhos de levantamento de subsolo e cubagem, contou-se também com a assistência do geólogo Evenildo Bezerra de Mello, da UFPE, contratado pela CDM-RN; bem como do geólogo Julio de Rezende Nesi e engenheiro de minas Gilson Cabral de Medeiros, respectivamente, da CDM/RN e Bodominas Metalurgia e Indústria S.A.

O texto do presente relatório abrange exclusivamente os resultados da investigação geológica e de cubagem.

S U M Á R I O

1 - INTRODUÇÃO .....	1
1.1 - Cartografia .....	1
1.2 - Análise Estrutural e "trend" da Mineralização..	3
1.3 - Acervo Geológico .....	4
1.4 - Sondagem .....	5
1.5 - Desenvolvimento dos Trabalhos Subterrâneos; Mapeamento de Subsolo; Amostragem de Canal.....	6
2 - CONTEXTO LITOLÓGICO DA REGIÃO DE BODÓ .....	7
2.1 - Sequência Gnáissica .....	7
2.2 - Horizonte Calcissilicático .....	8
2.3 - Outros Níveis de Rochas Calcissilicáticas.....	9
2.4 - Complexo Granítico .....	10
3 - CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS .....	13
4 - SÍNTESE DOS TRABALHOS MINEIROS .....	17
5 - DESCRIÇÃO DOS NÍVEIS MINERALIZADOS .....	20
5.1 - Níveis IVb e IVb <sub>1</sub> .....	20
5.2 - Nível IVa .....	22
5.3 - Nível III .....	23
5.4 - Níveis I e II .....	23
5.5 - Endoskarn .....	24
6 - CARACTERÍSTICAS E CONTROLES DA MINERALIZAÇÃO .....	25
6.1 - Características Mineralógicas-petrográficas da Mineralização .....	25

6.2 - Granito, endo e exoskarn .....	26
6.3 - Os "ore shoots" Antigos .....	27
6.4 - Considerações sobre o controle estrutural dos "ore shoots" .....	28
7 - RESERVAS .....	31
7.1 - Reserva Medida .....	31
7.2 - Reserva Indicada .....	33
7.3 - Reserva Inferida .....	33
7.4 - Síntese das Reservas e Recursos da Mina Bodó...	34
8 - RECOMENDAÇÕES PARA BLOQUEIO DE NOVAS RESERVAS .....	36
8.1 - Setor Pajeú .....	36
8.2 - Setor Zé Quitéria .....	37
8.3 - Setor "Novo Ranulfo" .....	38
9 - VIABILIDADE ECONÔMICA DA JAZIDA .....	40
9.1 - Considerações Preliminares .....	40
9.2 - Custos de Lavra e Beneficiamento .....	41
9.3 - Investimentos .....	41
9.4 - Operação .....	43
9.5 - Fluxo de Caixa e Análise Econômica .....	43
10 - BIBLIOGRAFIA .....	45

RELAÇÃO DAS FIGURAS

- FIGURA 1 - Mapa de Localização da Área de Bodó
- FIGURA 2 - Mapa Demonstrativo dos Desmontes a Céu Aberto e Subterrâneos no Vietnam, em 1946.
- FIGURA 3 - Seções Representativas da Área de Desmonte a Céu Aberto - Setor Vietnam.
- FIGURA 4 - Seção 1 - F7 - F10 - AFL.
- FIGURA 5 - Seções 2 e 6 - F8 - F6 - F13 - F4 - AFL.
- FIGURA 6 - Seções 3 e 11 - F9 - F5 - F15 - F12 - AFL.
- FIGURA 7 - Seção 4 - F16 - AFL.
- FIGURA 8 - Seção 5 - F11 - AFL.
- FIGURA 9 - Seção 7 - NV52OSP - AFL/Seção 12 - F22 - AFL.
- FIGURA 10 - Seção 8 - F2 - AFL.
- FIGURA 11 - Seção 9 - F3 - F1 - F21 - AFL.
- FIGURA 12 - Seção 10 - F14 - FSS8 - FSS9 - F23 - AFL.
- FIGURA 13 - Mapa de Contorno Estrutural - Topo do Nível IVb.

RELAÇÃO DOS QUADROS

- QUADRO 1 - Cálculo da Reserva do Bloco MA - Setor Pajeú
- QUADRO 2 - Cálculo da Reserva do Bloco MB - Setor Pajeú
- QUADRO 3 - Cálculo da Reserva do Bloco MC - Setor Pajeú
- QUADRO 4 - Cálculo da Reserva do Bloco MD - Setor Zé Quitéria

RELAÇÃO DAS TABELAS

- TABELA 1 - Cálculo da Reserva Indicada
- TABELA 2 - Cálculo da Reserva Inferida

FOTOS DE 1 A 8

RELAÇÃO DOS ANEXOS

- ANEXO 1 - Mapa Geológico da Área de concessão de Bodó - Município de Santana do Matos, Rio Grande do Norte, Escala 1:2.000.
- ANEXO 2 - Mapa Estrutural da Área de concessão de Bodó - Município de Santana do Matos, Rio Grande do Norte, Escala 1:2.000.
- ANEXO 3 - Mapa Demonstrativo dos Níveis de Skarn, Setores Mineiros e Serviços Subterrâneos, Escala 1:2.000.
- ANEXO 4 - Mapa Demonstrativo das Seções e dos Blocos de Reservas Indicada e Inferida, Escala 1:2.000.



ANEXO 5 - Setor Pajeú - Mapa Geológico de Subsolo, Escala 1:250.

ANEXO 6 - Setor Zé Quitéria - Mapa Geológico de Subsolo, Escala 1:250.

ANEXO 7 - Localização dos canais de amostragem e dos blocos para o cálculo da Reserva Medida do Setor Pajeú, Escala 1:250.

ANEXO 8 - Localização dos canais de amostragem e dos blocos para o cálculo da Reserva Medida do Setor Zé Quitéria, Escala 1:250.

## 1 - INTRODUÇÃO

A mina Bodó situa-se no município de Santana do Matos, Rio Grande do Norte, distando cerca de 12 km da cidade de Cerro Corá, à qual se liga por meio de estrada carroçável. Cerro Corá, por sua vez, liga-se a Natal, capital do Estado, por rodovia em parte asfaltada, numa distância de aproximadamente 190 km (figura 1).

Os serviços de geologia referentes à 2ª etapa do Projeto de Reavaliação das Reservas de Scheelita da Mina Bodó foram executados conforme se descreve abaixo:

1 - Serviços topográficos, sondagem, amostragem de canal e análises de laboratório, a cargo da Bodominas/CDM-RN.

2 - Serviços de geologia e demais atividades, sob a responsabilidade da CPRM.

A seguir serão abordados alguns tópicos da sistemática metodológica.

### 1.1 - Cartografia

A base cartográfica da área de concessão de Bodó é um elemento que poderá limitar consideravelmente a acuracidade do trabalho em apreço, assim como o planejamento dos futuros trabalhos da mina, razão pela qual merecerá uma atenção especial na presente introdução.

Durante a realização da 1ª etapa do projeto, a Bodominas colocou à disposição da CPRM dois documentos cartográficos: um mapa topográfico escala 1:1.000 da parte central da área de concessão e uma base planimétrica escala 1:2.000 de toda a área de concessão. Embora estivesse prevista a execução



de uma base topográfica escala 1:2.000, a CPRM, por razões contratuais, utilizou a planimetria 1:2.000 para execução do mapa geológico da área, que foi apresentado no relatório do mapeamento geológico da 1ª etapa do Projeto.

Com o advento da 2ª etapa e a necessidade de se cubar a jazida, tornou-se imperiosa a existência da base topográfica escala 1:2.000, optando então a Bodominas pela utilização de uma base restituída escala 1:5.000, obtida a partir de fotografias aéreas escala 1:70.000, a qual foi posteriormente ampliada fotograficamente para a escala 1:2.000. Como não existissem pontos de amarração séguros na base planimétrica antiga, tentou-se utilizar os pontos de locação de sondagens para transferir os elementos geológicos existentes da base antiga para a nova. Os resultados foram os mais discrepantes possíveis, porque não há congruência dos elementos cartográficos, quer em termos absolutos, quer em termos relativos.

Em função da necessidade de se elaborar o relatório desta etapa, ficou decidido, de comum acordo entre Bodominas, CDM/RN e CPRM, que seriam utilizados os dados dos levantamentos cartográficos executados pela CDM/RN durante a 1ª etapa do projeto; isto é, o mapa topográfico escala 1:1.000 e a base planimétrica de toda a área escala 1:2.000; para a construção das seções, foram utilizadas as cotas dos furos fornecidas pela equipe de topografia da CDM/RN.

Deve-se ressaltar que, no intuito de se obter os melhores resultados para a pesquisa encetada, foram feitas numerosas tentativas para conciliação das bases, fato que atrasou consideravelmente os trabalhos de cubagem, inclusive porque várias seções geológicas, construídas a partir do mapa topográfico restituído, tiveram que ser refeitas posteriormente, de acordo com a metodologia anteriormente indicada. Como se disse aci

ma, a precisão dos cálculos aqui apresentados, fica, por conseguinte, na dependência da precisão da base cartográfica utilizada.

Deve-se chamar a atenção ainda para o fato de que a locação dos furos e dos serviços subterrâneos fornecida pela equipe topográfica da CDM/RN foi efetuada em uma cópia heliográfica, carecendo da necessária precisão, relativamente ao objetivo que se destinava, qual seja de construção de seções geológicas para o cálculo das reservas indicada e inferida.

As bases cartográficas de subsolo também não harmonizam entre si em termos de coordenadas, pois a transferência das UTM's para o mapa geológico escala 1:2.000 foi tentada, constatando-se diferenças expressivas.

Para todos esses motivos, a primeira recomendação deste relatório refere-se à obtenção imprescindível de uma base topográfica definitiva da área de Bodó, escala 1:2.000, sem a qual serão infrutíferos quaisquer procedimentos em termos de implantação de um empreendimento mineiro de grande porte. Aliás, isto é excelentemente exemplificado pela antiga mineração desenvolvida em Bodó; a falta de um planejamento mineiro adequado, respaldado em uma cartografia hipsométrica e geológica eficiente, associado à lavra ambiciosa desencadeada na mina, trouxeram consequências irreparáveis para a jazida, tornando impraticável o acesso a antigos e ricos "ore shoots".

## 1.2 - Análise estrutural e "trend" da mineralização

Alguns itens recomendados pelos documentos normativos complementares deixaram de ser apresentados no presente relatório, tais como a "plotação" dos dados estruturais em projeção estereográfica e uma análise de superfície de tendência,

relativamente aos fatores estrutura e mineralização. Tal fato se deve, em grande parte, ao pouco acesso que se tem ainda aos "ore shoots", em consequência do pequeno desenvolvimento da mina (os serviços subterrâneos antigos estão entulhados). Os elementos estruturais compilados foram insuficientes para um diagnóstico durante a execução dos trabalhos. Só com uma análise final dos dados é que foi possível configurar um quadro mais claro, que aparece como um ensaio estrutural e de controle dos "ore shoots", ao longo do texto do presente relatório.

Dados para construção de um mapa de contorno estrutural e de superfície de tendência são muito esparsos (distâncias média entre os furos de aproximadamente 100 m) para se configurar tal relacionamento, quando as estruturas mineralizadas nunca untrapassam 25 a 30 m de largura. Ainda assim, foi construído um mapa de contorno estrutural do topo do principal nivel mineralizado (IVb), utilizando-se detalhes estruturais contidos em antigo relatório da mina.

Sem dúvida alguma, com a utilização de uma cartografia acurada e o consequente desenvolvimento subterrâneo da mina, tais tipos de análise serão de extrema valia para o correto acompanhamento da mineralização.

### 1.3 - Acervo Geológico

A precariedade do acervo geológico da mina Bodó é um fato realmente lamentável para uma jazida do seu porte. Visando a preservação da documentação rara e extremamente valiosa dos antigos trabalhos mineiros, procedeu-se uma análise minuciosa da documentação contida no processo DNPM nº 894/44, incorporando-se ao presente relatório alguns desses dados. Esta análise foi indispensável, haja vista que ela permitiu visuali

zar hipóteses de trabalho acerca da mineralização e seu controle.

Foi realizada uma correlação entre os diversos níveis de minério descritos nesta documentação e a nomenclatura atual. Além disso, foram posicionados os antigos serviços subterrâneos no mapa geológico definitivo, de modo a permitir correlações e fixar os "trends" mineralizados.

#### 1.4 - Sondagem

As reservas indicada e inferida da Mina Bodó foram calculadas com base em furos de sondagem. Estes estão distribuídos em uma malha irregular que, afora alguns poucos, não foram locados com a finalidade específica da cubagem. Os seis primeiros furos, desenvolvidos durante a primeira etapa do projeto, foram programados pela equipe da CPRM, na ocasião efetuando o mapeamento geológico da primeira etapa. Ao término desta etapa, foram sugeridas outras sondagens, muitas das quais deixaram de ser realizadas. Assim, a maior parte das sondagens realizadas nesta etapa foram locadas pela própria Bodominas.

As descrições dos testemunhos de sondagem foram efetuadas por ZANINI (1980) (os 6 primeiros furos), por geólogos da CDM/RN e pelo geólogo executor do atual projeto, Antonio Maurílio Vasconcelos. Certa heterogeneidade de nomenclatura é, portanto, encontrada. Com exceção dos furos descritos pelo primeiro autor, nenhuma das descrições subsequentes contém estimativas de teor do minério através de "mineralight". Além disso, a amostragem dos testemunhos foi realizada considerando-se todo ou quase todo intervalo do skarn atravessado, não se amostrando unicamente o nível mineralizado.

1.5 - Desenvolvimento dos Trabalhos Subterrâneos; mapeamento de subsolo; amostragem de canal.

A abertura dos inclinados do Pajeú e de Zé Quitéria, foram programados no relatório do mapeamento geológico da primeira etapa do projeto como duas alternativas, a do Pajeú sendo a primeira delas. Entretanto, as duas alternativas foram desenvolvidas simultaneamente e, em parte, sem contar com o indispensável apoio de uma equipe de geologia.

Os critérios de amostragem e de mapeamento de subsolo foram estabelecidos de comum acordo com as equipes técnicas da Bodominas e CDM/RN, contando com a orientação do geólogo Evenildo B. Mello, da UFPE. Os canais abertos foram verticais, com espaçamento médio de 3 m, abertos em ambas as paredes das galerias. As dimensões variaram de 0,20 m a 2,80 m (média de 1,50 m), largura aproximada de 10 cm e profundidade de cerca de 2 cm.

Os canais foram abertos em toda extensão do skarn; por isto, as amostras analisadas foram de todo intervalo de skarn e não apenas do minério.

## 2 - CONTEXTO LITOLÓGICO DA REGIÃO DE BODÓ

Os aspectos litológicos principais da região de Bodó já foram descritos anteriormente no relatório de mapeamento geológico constante da primeira etapa do Projeto. No presente texto serão abordadas apenas algumas características complementares e essenciais para compreensão da geologia da área. O mapa geológico apresentado neste relatório (anexo 1) é o mesmo apresentado no relatório da 1ª etapa, enriquecido apenas com detalhes litológicos e estruturais.

A mina Bodó está situada em um horizonte calcissilicático extenso, contínuo entre as minas Baixios e Riachão. Na área em foco, ele está encaixado em uma sequência gnáissica que envolve um complexo granítico, este último usualmente considerado como uma unidade litoestratigráfica inferior - o complexo Caicó. Investigações minuciosas na área comprovaram, entretanto, a existência de um conjunto de massas graníticas estratóides e subestratóides de natureza variada, compondo um complexo granítico de extensão ainda não definitivamente avaliada.

Assim, distingue-se uma sequência gnáissica fundamental, um horizonte calcissilicático e um complexo granítico, cujas características são apresentadas sumariamente a seguir.

### 2.1 - Sequência Gnáissica

Compreende principalmente biotita gnaisses, biotita-muscovita gnaisses e biotita-hornblenda gnaisses, com variações de facies para biotita xistos granatíferos; ocasionalmente, aparecem também hornblenda-gnaisses. ZANINI (1980) menciona a presença de facies pouco bandeados com cordierita, estau-

rolita, granada e andaluzita, na parte superior do pacote gnáissico. Tipos bandeados são usualmente associados a facies migmatíticos estromáticos, onde associam-se bandas graníticas ou pegmatíticas. Algumas faixas leucocráticas de granulometria fina são frequentemente de natureza duvidosa, se de caráter orto ou paramamórfico; mas algumas são tipicamente não intrusivas, já que constituem camadas de formas perfeitamente tabulares.

As intercalações mais frequentes são de leptinitos, muscovita gnaisses, muscovita quartzitos, gnaisses calcissilicáticos, skarns e calcários cristalinos, além de hematita quartzitos e anfibolitos; estes últimos aparecem comumente associados à rochas dioritóides e localmente incluem nódulos de rocha calcissilicática.

## 2.2 - Horizonte Calcissilicático

Constitui um horizonte com aproximadamente 2,6 km de extensão, com espessuras variáveis desde 1 até 5 - 6 m de espessura. Em certos locais, na realidade, compreendem uma alternância de vários níveis de rocha calcissilicática e gnaisses com espessuras frequentemente inferiores a 1 m, como se observa comumente nos testemunhos de sondagem. Calcário cristalino ocorre na parte leste da mina, nas proximidades do açude de Bodó, aparecendo na faixa média do horizonte inferior; também foi detectado no setor Pajeú, posicionado na base do horizonte calcissilicático. Na parte leste da mina, o calcário inclui facies fracamente skarnitizados, com epidoto e diopsídio, facies com wollastonita e facies silicificado, transformado em opala branca.

O horizonte calcissilicático inclui gnaisse calcissilicático, fels calcissilicático, hornfels calcissilicático, silicificado ou não, e skarns \*. Embora as investigações microscópicas sejam insignificantes, denota-se certas diferenças mineralógicas entre os facies essencialmente "calcissilicáticos" e os skarns; enquanto que os primeiros são de granulometria fina, estrutura gnáissica ou maciça e mineralogia simples - anfíbolios e diopsídio principalmente -, os últimos possuem granulometria grosseira a muito grosseira, facies porosos ou alterados e mineralogia variada, com epidoto abundante, granada e vesuvianita. Quartzo é um componente destacado entre os últimos, enquanto que os facies hidrotermalmente silicificados constituem opalas de cores verde e marrom. Frequentemente, os skarns apresentam zonas de alteração com caulim e nontronita, entre outras alterações ainda mal caracterizadas.

A scheelita aparece disseminada nestas rochas, na forma de cristais subcentimétricos, ou em "ore shoots" com cristais grosseiros de até 4 - 5 cm.

### 2.3 - Outros Níveis de Rochas Calcissilicáticas

Na região da mina Bodó, acima do horizonte principal, ocorrem outros níveis, mineralizados ou não. Estes horizontes são menos espessos, com predominância dos facies calcissilicáticos e anfíbolíticos, e mineralização de importância mais restrita.

---

(\*) O termo "skarn" é utilizado aqui, embora a nomenclatura americana "tactito" seja mais difundida entre os mineiros e na literatura geológica da região. Tal preferência advem da conotação do termo "tactito", que implica na presença de um contato intrusivo, as vezes não constatado. O termo sueco "skarn", por isso e pela própria tradição do uso, tem maior difusão fora dos Estados Unidos.

Uma outra variedade de rocha calcissilicática, aparece associada ao granito aplítico de Bodó, correspondendo ao que é denominado pela escola francesa de endoskarn, i.e., skarn resultante de metassomatose da intrusiva em contato com a rocha carbonática. Neste caso, a rocha mantém o aspecto textural do granito e a mineralogia da rocha calcissilicática (fotos 7 e 8); de modo geral, há uma predominância de epidoto entre os minerais calcissilicáticos, provavelmente resultante de transformação do plagioclásio original.

Um pequeno nível que passa na entrada da galeria 1, foi também denominado por ZANINI (op.cit.) de endoskarn; neste caso, o skarn aparece em estreita associação com um dique pegmatítico e sua natureza é, de certa forma, duvidosa.

#### 2.4 - Complexo Granítico

Nas investigações preliminares realizadas na primeira etapa do projeto, foram individualizadas 2 variedades de granitos: um facies concordante e subconcordante, denominado de Gr<sub>2</sub> e um facies discordante, denominado de Gr<sub>1</sub>. Na realidade, esta simplificação apenas tentou destacar o fato de que, os granitos, de forma usualmente estratóide a subestratóide, na área da mina Bodó apresentam um caráter claramente discordante; todavia, não se distingue nítida diferença petrográfica entre as duas variedades, destacando-se apenas a presença de enclaves de xistos, gnaisses e quartzitos nos granitos do primeiro tipo.

"Grosso modo", distingue-se dois maciços: 1) o maciço norte, que representa o plutão principal e ocupa o núcleo da anticlinal de Bodó; 2) o maciço sul, que distribui-se como uma massa parcialmente estratóide e parcialmente discordante, contígua ao horizonte skarnítico.

O maciço norte distribui-se ao norte da vila de Bodó, transcendendo os limites da área de concessão. Nele distingue-se duas facies predominantes: uma facies grosseira até porfiróide e uma facies médio/fino aplítica. São rochas de estrutura frequentemente orientada, que acentua-se com a presença de enclaves xistosos e gnáissicos; a rocha então assume o caráter de um migmatito com estrutura "schlieren" e nebulítica, com desenvolvimento de leucossomas pegmatóides e melanossomas biotíticos. Frequentemente há vestígios de pequenas dobras reviradas, sendo também comuns facies oftálmicas. De modo geral, os leucogranitos desde médios a finos são as facies predominantes.

Os enclaves mais comuns são de dioritos e de seus produtos metamórficos, anfibolitos e gnaisses hornblêndicos. Em afloramento no leito do rio Bodó, aproximadamente 1 km a montante da vila, afloram amplas massas de diorito, com finos veios retilíneos e subparalelos de material quartzo-feldspático. Este paleossoma é transformado em uma facies nebulítica e uma facies porfiróide oftálmica e, em estágios mais evoluídos, em leucogranitos aplíticos, tudo atravessado por diques aplíticos. Esse conjunto de facies graníticas encontra-se envolvido em micro e meso dobras reviradas, comprovando o caráter sin-cinemático do magmatismo.

No maciço sul predominam os leucogranitos estratóides a subestratóides, com facies mesocráticos grosseiros associados; não detectou-se facies porfiróides ou oftálmicas, nem enclaves dioríticos. A forma do maciço sugere uma fase acompanhando um dobramento antigo revirado, com formas em zig-zag segundo zonas de fechamentos de dobra; e uma fase discordante que, aparentemente, acompanha uma faixa de cisalhamento N-S, que afeta o flanco oeste da anticlinal de Bodó (foto 5). Um dique de microgranito-riolito, contendo drusas e fraturas preen-

chidas por quartzo, desenvolve-se nesta direção, mas há dúvidas quanto ao seu relacionamento com o estágio plutônico dominante. Uma rede de diques pegmatíticos associa-se a este maciço, distribuindo-se predominantemente na direção ENE-WSW.

No contato do maciço sul com o horizonte skarnítico desenvolvem-se bandas de endoskarns, já referidas anteriormente, o que demonstra claramente o caráter reacional de parte do magmatismo granítico.

O modo de jazimento e as relações de contato destes maciços sugerem um caráter sincinemático desse plutonismo, associado a uma primeira fase, de geração de dobras reviradas; e uma fase mais jovem, caracterizada por facies discordantes. Entretanto, não há nítida diferença entre os facies e o processo de evolução magmática não parece ter sofrido solução de continuidade, i.e., não existe grande diferença no tempo entre as 2 gerações. Uma alternativa seria de uma geração única de magmas graníticos, com uma fase final penetrando a foliação e zonas de cisalhamento.

### 3 - CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS

O anexo 2 representa o mapa estrutural da área de Bodó, que foi elaborado a partir dos parâmetros compilados no campo e sua compatibilização com os dados de ZEPERNICK(1969); a utilização dos dados deste autor, sobretudo, foram muito importantes, porquanto os enormes entulhos de rejeito dispersos atualmente na mina, impediram uma visão mais clara dos dobramentos de média escala, que são diretamente relacionados com a mineralização.

O traço estrutural predominante na região é a anticlinal de Bodó, uma estrutura simétrica, com mergulho dos limbos da ordem de 25 a 30° e "plunge" do eixo em torno de 20° para SSW. Esta estrutura, entretanto, é uma feição mais jovem, porque distingue-se um estilo mais antigo, preservado principalmente em dobras de dimensões mesoscópicas.

Esse estilo mais antigo (fase  $F_1$ ) é caracterizado por dobras reviradas, recumbentes e isoclinais ( $D_1$ ), que são bem visualizadas nas intercalações gnáissicas dentro do horizonte skarnítico. Essas dobras estão bem preservadas no setor "Vietnam" (foto 1), sob a forma de braqui-siniformes com extensões da ordem de 100 a 150 m, mergulho do plano axial de 25 a 30°, concordante com a foliação geral das rochas. Entretanto, não é improvável uma obliquidade entre a foliação de plano axial antiga e a foliação desenvolvida pela segunda geração de dobras, haja vista que há nítidos exemplos de transposição entre 2 foliações ao longo da sinforme da intercalação gnáissica mais setentrional do setor (na antiga área de garimpo denominada "Corte 2").

Os dois exemplos comprovados deste estilo de dobramento sugerem que intercalações gnáissicas similares no hori-

zonte calcissilicático sejam resultantes de tal estruturação; além disso, algumas secções geológicas obtidas a partir dos furos de sondagem (figuras 4, 5, 7, 8, 10, 11 e 12) são sugestivas de que o nível IVa (nível do inclinado 4) e o nível III (nível dos inclinados 2 e 3), sejam na realidade repetições do horizonte principal por efeito do dobramento revirado. Aparentemente existe uma antiforme entre o horizonte principal - nível IVb -, e o nível IVa, e uma sinforme entre o IVa e o nível III. Evidentemente que uma sinforme teria que ser inferida ao longo do nível IVb, coincidente com os dobramentos sinformes já referidos e, provavelmente, com a intercalação carbonática da margem do açude.

Esse estilo de dobramento está bem preservado também na microestrutura, principalmente na sequência gnáissica. Em alguns exemplos desenvolve-se um estilo em "chevron", com charneiras agudas e limbos paralelos, localmente com certo espessamento ao longo das charneiras (foto 2).

Um outro estilo de dobras macro e mesoscópicas é caracterizado pelo plano axial em torno da vertical, flancos simétricos a levemente assimétricos, com mergulhos em torno de  $25^{\circ}$ , as vezes atingindo até  $60^{\circ}$ . O plunge mergulha entre  $15^{\circ}$  e  $20^{\circ}$  (raramente mais) para S e SW, parecendo haver 2 "sets" de direcções bem desenvolvidas: um em torno da direcção N-S (N10E a N10W) e outro em torno da direcção N40E (N55E a N30E). Esses dobramentos se fazem acompanhar por microdobras, lineações mineiras e crenulações.

Os dobramentos em torno da direcção N40E são dobras de carácter flexural a quase flexural, com suave mergulho dos flancos. Os dobramentos na direcção N-S são também flexurais em alguns casos, mas seus eixos são paralelos a zonas de cisalhamento, desenvolvendo-se frequentes lineações que parecem relacio

nadas com dobras de cisalhamento. Além disso, elas relacionam-se (fotos 3 e 4) com o dobramento sigmoidal que se desenvolve no horizonte skarnítico principal, de modo que um mecanismo cisalhante, com movimento lateral à direita parece responder pelo desenvolvimento desta geração de dobras.

As zonas de cisalhamento desenvolvem faixas fortemente clivadas com larguras de até 1 m de espessura, com mergulhos de  $60^{\circ}$  até vertical para WSW. Foram bem observadas em subsuperfície e, em superfície, bem caracterizadas nas margens da grande estrutura sigmoidal. Essa fase de dobramento - cisalhamento (fase  $F_3$ ) se superpõe ao dobramento flexural da anticlinal de Bodó (fase  $F_2$ ) e é responsável pelo acentuado espessamento dos níveis de skarn nesta parte da mina. Não é improvável também que a preservação das estruturas  $F_1$  neste local se deva ao mecanismo cisalhante, já que ele cria esforços tensionais capazes de manter bem exposta esta estruturação antiga.

Os dobramentos de direção N40E devem estar relacionados à fase  $F_2$ . Uma análise global do mapa estrutural expõe muito claramente essas fases, observando-se uma predominância dos dobramentos de direção N-S nas proximidades da zona sigmoidal e dos eixos de direção N40E fora desta zona.

Os granitos ocupam em parte o núcleo, em parte os flancos da anticlinal de Bodó. São massas estratóides a subestratóides (figura 6), aparentemente relacionadas à fase  $F_1$  de deformação, pois estão dobradas pela fase  $F_2$ . Entretanto, uma remobilização no âmbito da fase  $F_3$  é bem desenvolvida, o que deu lugar ao segmento discordante de direção NNW-SSW que trunca as camadas na parte central da mina (figuras 10, 11 e 12). É interessante observar que no paredão vertical do granito no setor Vietnam, o contato dessa rocha com os gnaisses se faz de

modo brusco, com desenvolvimento de dobramentos apertados, agudos, onde cunhas de gnaisse penetram no material granítico, indicando uma forte compressão e adaptação estrutural das encaixantes na zona de contato.

#### 4 - SÍNTESE DOS TRABALHOS MINEIROS

A mina Bodó iniciou suas atividades de lavra em 1943, sob regime de garimpagem. Os primeiros trabalhos desenvolveram-se a céu aberto, conforme consta dos relatórios de pesquisa da mina dos anos de 1945 e 1946. Essa primeira fase de exploração processou-se na parte alta da jazida, no Serrote de Bodó, sendo então concessionário o Sr. Sérvulo Pereira de Araújo. O "Corte 1" (figura 2, foto 6) representou a maior área de lavra a céu aberto, através do qual foram desenvolvidos trabalhos subterrâneos a partir do inclinado 1 ou Pageú\*; os "ore shoots" deste inclinado e suas ramificações apresentavam potências de 3 a 5 m, com teor médio da ordem de 3,5% de  $WO_3$  (ALMEIDA & ANDRADE, 1946). Na continuidade da faixa mineralizada para noroeste (figuras 2 e 3), os garimpeiros abriram novos acessos ao minério, então designados de Corte 2, Olímpio e J. Antonio. Da mesma forma como no Corte 1, o aprofundamento a céu aberto se fez até uma profundidade aproximada de 5 m, quando então se desenvolveram trabalhos subterrâneos acompanhando "ore shoots" em Olímpio e J. Antonio.

Com a criação da Bodominas Metalurgia e Indústria S.A., evoluíram os trabalhos de lavra subterrânea, ampliando-se as frentes de lavra tanto no Serrote de Bodó, quanto na parte baixa da jazida (anexo 3). O inclinado G do "ore shoot" J. Antonio deu origem ao inclinado atualmente denominado I-1 (foto 7); na suposta continuidade para noroeste das camadas AB e CD da lavra a céu aberto - na realidade uma faixa irregular de endoskarn -, foram abertas várias escavações e inclinados, referidos por ZEPERNICK (op.cit.) como desmontes (banquetas ?)

---

(\*) Mantida a grafia contida nos diversos relatórios e mapas de ALMEIDA & ANDRADE.

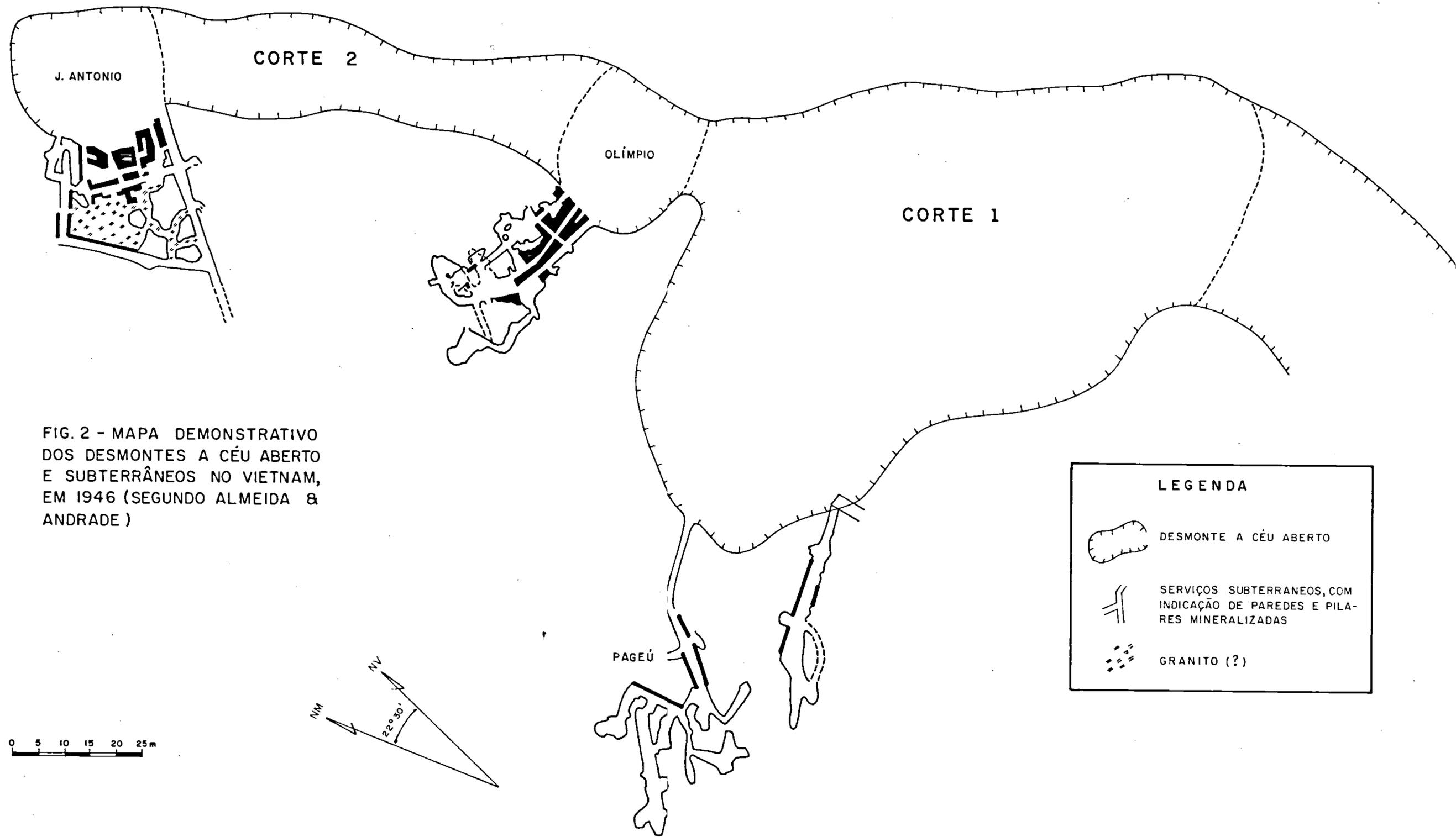


FIG. 2 - MAPA DEMONSTRATIVO DOS DESMONTES A CÉU ABERTO E SUBTERRÂNEOS NO VIETNAM, EM 1946 (SEGUNDO ALMEIDA & ANDRADE)

LEGENDA

-  DESMONTE A CÉU ABERTO
-  SERVIÇOS SUBTERRÂNEOS, COM INDICAÇÃO DE PAREDES E PILARES MINERALIZADAS
-  GRANITO (?)

0 5 10 15 20 25 m

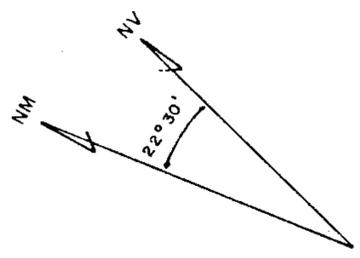
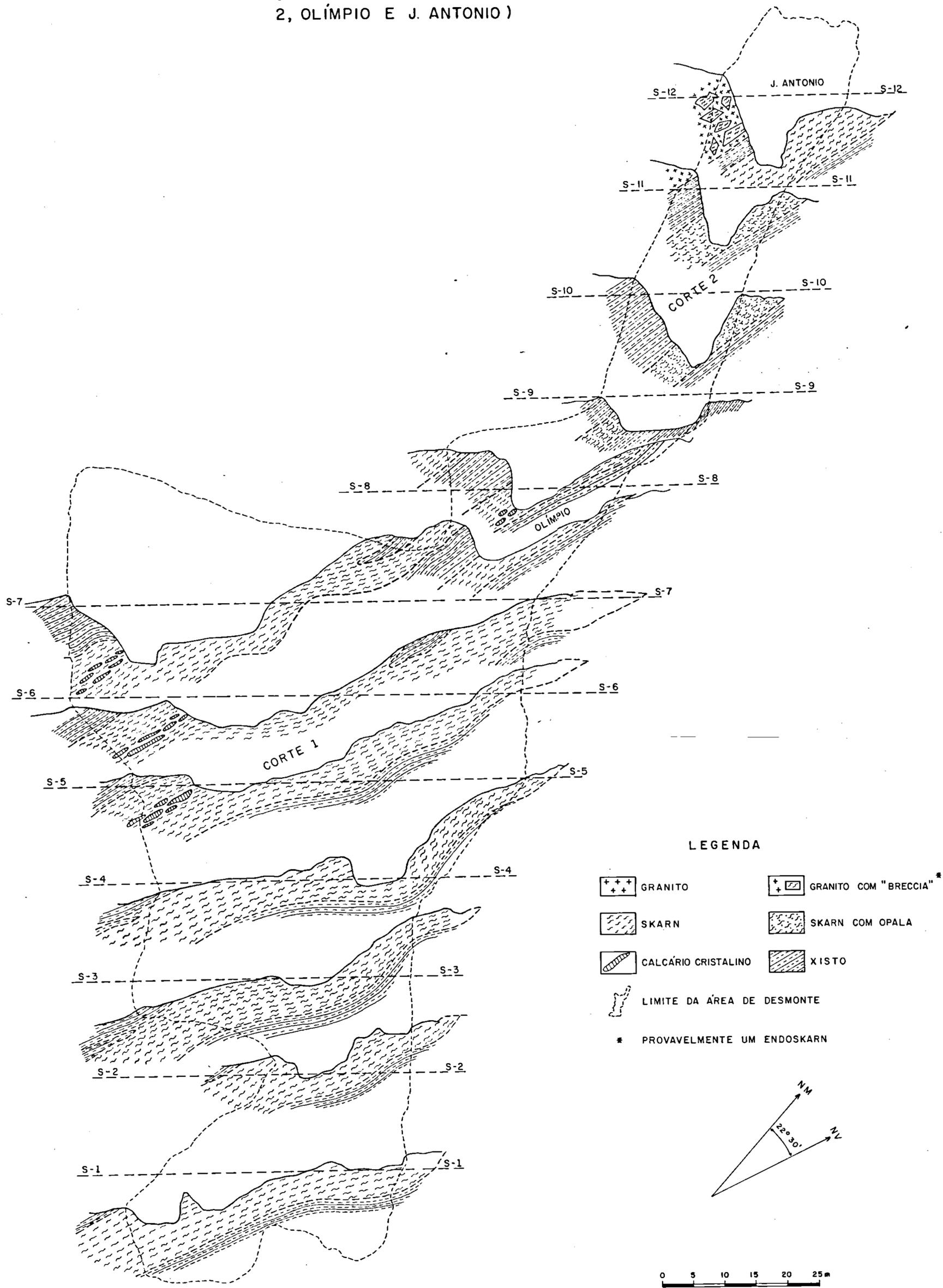


FIG. 3 - SEÇÕES REPRESENTATIVAS DA ÁREA DE DESMONTE A CÉU ABERTO-SETOR VIETNAM (SEÇÕES ELABORADAS POR ALMEIDA & ANDRADE, 1946, POR OCA-SIÃO DA GARIMPAGEM DOS CORTES 1, 2, OLÍMPIO E J. ANTONIO)



B-5, B-6 ("Moreira"), B-7 e B-8 (foto 8).

Na camada E descrita por SANDOVAL & ANDRADE (op.cit.) foram desenvolvidas as galerias G-1 (cota em torno de 515 m)\*, G-3 ou "Ranulfo" (cota aproximada de 550 m) e G-4 (cota em torno dos 560 m); este parece ter sido o setor subterrâneo onde foram encontrados os mais ricos "ore shoots" da mina, como indicam os dados de ZEPERNICK (op.cit.) para os 4 níveis de skarn das galerias 3 ("Ranulfo") e 4. O desenvolvimento dos trabalhos subterrâneos deste setor teve continuidade com aqueles do inclinado I-1. A galeria G-1 (cota 515) era conectada aos serviços B-4 (cota 535) e B-3 (cota 545) através de um inclinado, que provavelmente era o inclinado Pageú.

Na parte baixa da mina, foram abertos a galeria G-2 e os inclinados I-2, I-3, I-4 e I-5, além de outras escavações pouco desenvolvidas ou abertas por garimpeiros e posteriormente desabadas e abandonadas. Nesta área destaca-se particularmente o desenvolvimento obtido pelos inclinados I-2 e I-3, que desceram até profundidades de 230 e 340 m respectivamente, segundo PIRES (1971).

Uma área isolada, com desenvolvimento incipiente de lavra, é a de Umbuzeiro, já referida por ALMEIDA & ANDRADE (op.cit.), os quais descreveram camadas com potências de 20 a 40 cm e teor médio de 3% de scheelita.

Em 1956, houve paralisação dos trabalhos de lavra e, por ocasião do arrendamento da mina à Mineração Sertaneja S.A. em 1968, os trabalhos subterrâneos estavam totalmente obstruídos e alagados. Esta empresa concluiu pela inviabilidade da retomada da lavra dos antigos serviços, conclusão idêntica à encontrada pela atual concessionária da jazida que, através do atual Projeto de Reavaliação das Reservas, desenvolveu duas novas frentes de pesquisa: os setores Pajeú e Zé Quitéria.

---

(\*) Todas as cotas citadas foram inferidas a partir do mapa topográfico 1:1.000 executado pela CDM/RN na 1ª fase do Projeto.

Para efeito de uma melhor compreensão dos trabalhos mineiros desenvolvidos na mina Bodó, adotaremos a seguinte nomenclatura dos setores (anexo 3):

1 - Setor Vietnam - corresponde à área de lavra a céu aberto dos antigos trabalhos de garimpagem; supostamente exaurida, poderá ainda incluir uma pequena reserva, nas proximidades da apófise granítica. Ainda hoje, os garimpeiros extraem scheelita deste setor.

2 - Setor Ranulfo - aqui designado para incluir os trabalhos desenvolvidos pelas galerias G-1, G-3 ("Ranulfo") e G-4; provavelmente exaurido, deverá ter seus ricos "ore shoots" encontrados na continuidade das estruturas mineralizadas para SSW.

3 - Setor Pajeú - corresponde à área atingida pelo inclinado Pajeú, desenvolvido ao longo do presente projeto.

4 - Setor Zé Quitéria - será aqui referido para incluir os trabalhos subterrâneos desenvolvidos ao longo do nível IVA adiante descrito, que inclui o inclinado de Zé Quitéria e o inclinado I-4.

5 - Setor III - individualiza-se este setor para incluir os trabalhos subterrâneos desenvolvidos ao longo do nível III (v. adiante), correspondendo aos inclinados I-2 e I-3.

6 - Setor Umbuzeiro - relativo aos antigos trabalhos de garimpagem desenvolvidos no inclinado principal do Umbuzeiro.

## 5 - DESCRIÇÃO DOS NÍVEIS MINERALIZADOS

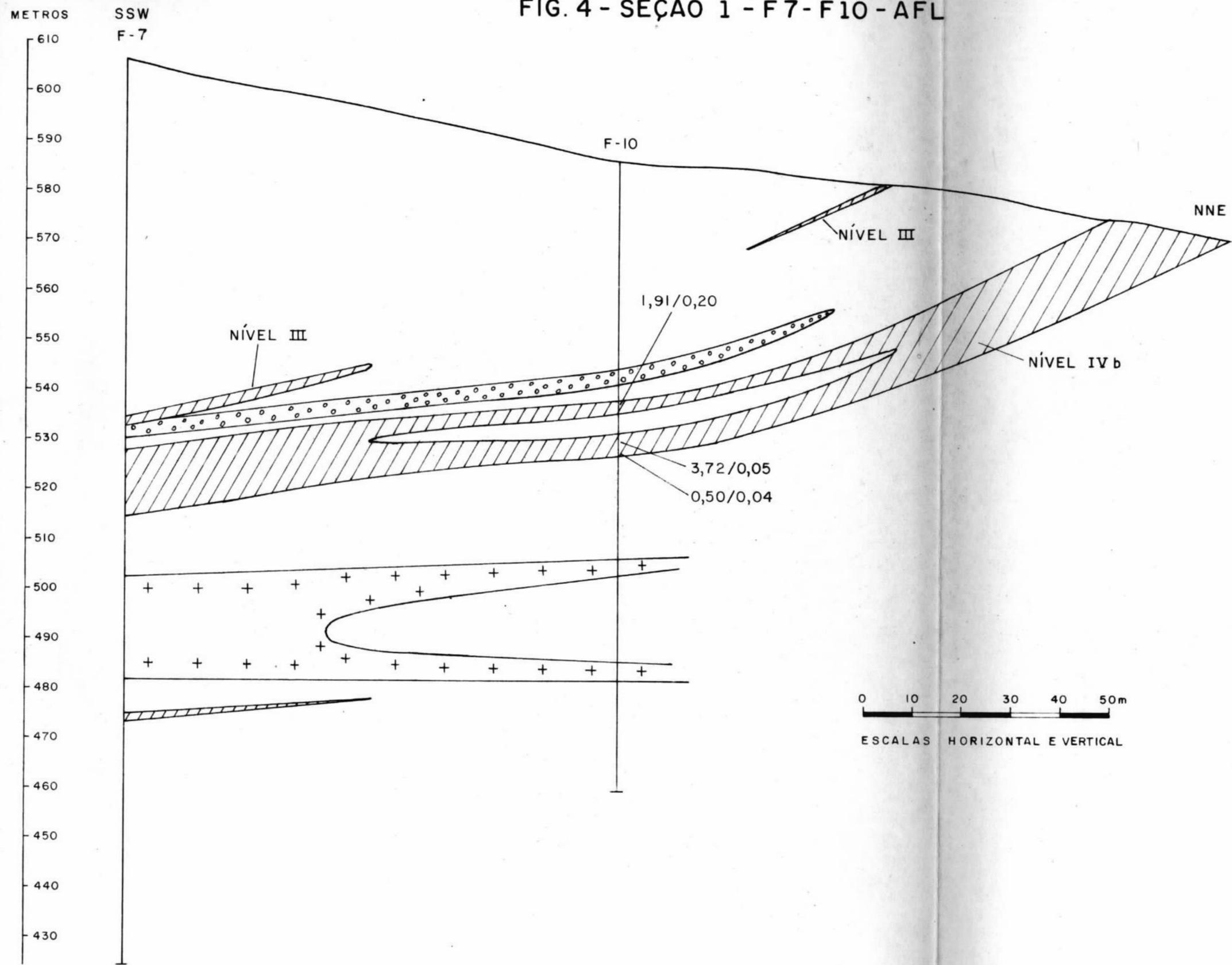
A mineralização scheelitífera ocorre regionalmente em um horizonte principal, já referido no capítulo 2 e apresentado no mapa geológico anexo. No detalhe, porém, observa-se que esse horizonte é constituído por vários subníveis de espessura mais reduzida, ocorrendo na área da mina propriamente dita outros níveis já individualizados no relatório da 1ª etapa. A caracterização destes níveis será melhor apreciada aqui, em face do avanço dos conhecimentos adquiridos ao longo da 2ª etapa e, sobretudo, pela sua importância na mineralização scheelitífera.

O anexo 3 mostra a distribuição desses níveis, enquanto que os perfis ilustram o seu comportamento em profundidade. Foram individualizados os níveis I, II, III, IVa, IVb<sub>1</sub>, IVb e os endoskarns, os quais serão descritos a seguir, na sequência da base para o topo.

### 5.1 - Níveis IVb e IVb<sub>1</sub>

O nível IVb é o nível base inferior, que pode constituir efetivamente um único nível ou ser subdividido em diversos outros subníveis, ainda não bem caracterizados. Esses subníveis são separados geralmente por lentes de xistos granatíferos ou gnaisses fortemente micáceos. Esta subdivisão já havia sido sentida por ALMEIDA & ANDRADE (op.cit.) que distinguiram, na área de mineração a céu aberto, as camadas AB e CD; MELLO (1962) e ZEPERNICK (op.cit.) também individualizaram dois níveis no equivalente ao atual IVb, porém estenderam a faixa de xistos intermediária por toda extensão do nível, o que realmente não ocorre.

FIG. 4 - SEÇÃO 1 - F7-F10 - AFL



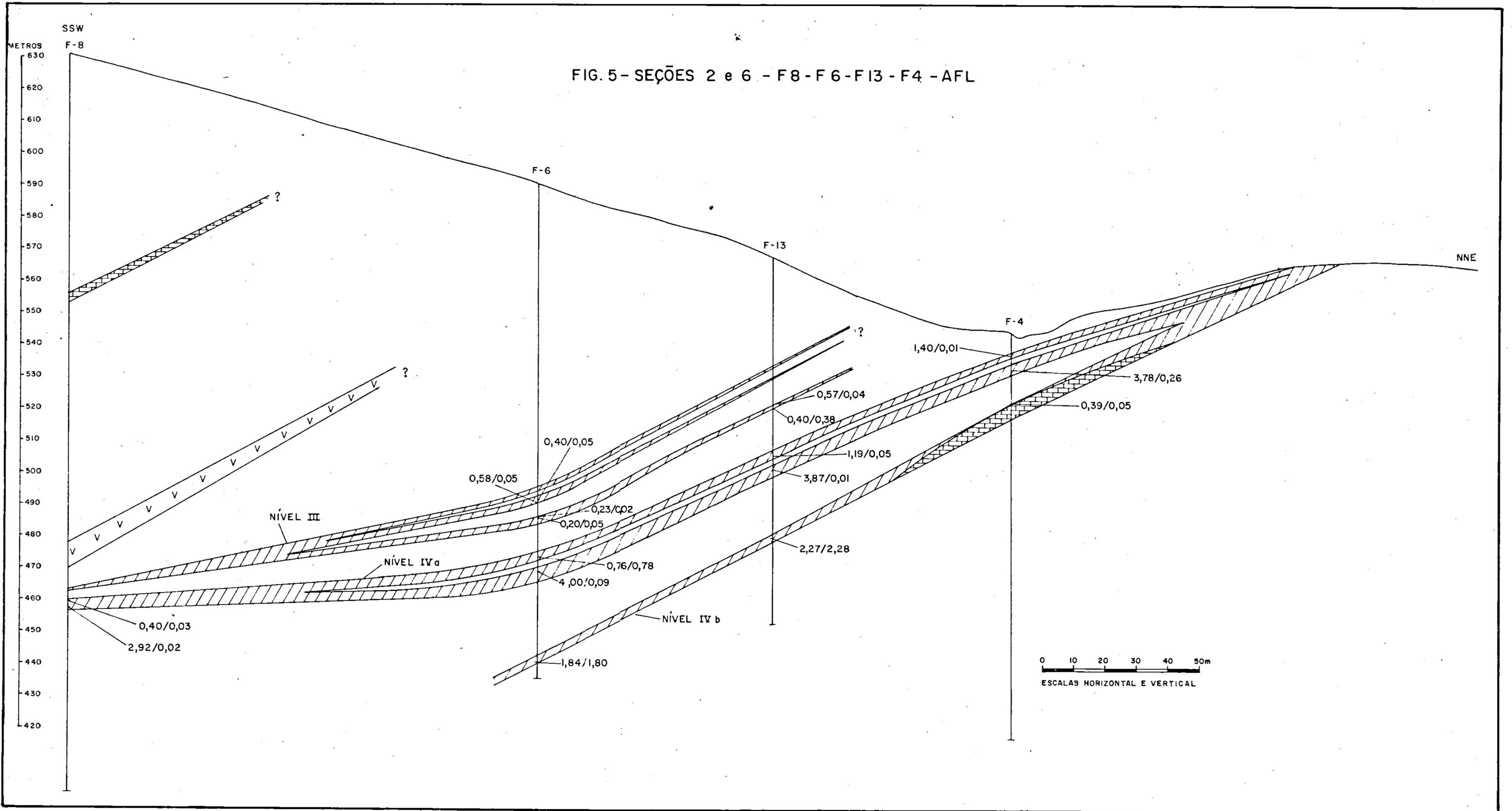
0 10 20 30 40 50m  
ESCALAS HORIZONTAL E VERTICAL

No setor Ranulfo, o nível IVb é muito espesso, embora sua expressão em mapa seja mais uma decorrência do comportamento topográfico, cuja encosta acompanha aproximadamente a foliação da rocha. O esboço geológico apresentado por ALMEIDA & ANDRADE (op.cit.) já destacava essa característica, os quais denominaram-no de "tactito E".

O nível IVb no Ranulfo contém as mesmas intercalações xistosas e gnáissicas do setor Vietnam, como mostra o mapa geológico. As intercalações gnáissicas mapeadas permitem que se vislumbre neste setor 3 subníveis, mas há possibilidades de mais, em virtude da grande dificuldade de mapeamento nesta área, com muitos rejeitos espalhados por toda a superfície. ZEPERNICK (op.cit.), por exemplo, distinguiu 4 camadas - OI, OII, OIII e OIV - no âmbito das galerias G-3 ("Ranulfo") e G-4, além de outro nível, no domínio da galeria G-1; entretanto, este autor interpretou as primeiras como sendo um nível inferior e a última como um nível médio; como se observa no mapa geológico da mina, tais níveis são uma extensão dos níveis do Vietnam.

No setor Pajeú, o nível IVb restringe-se a um único nível e apresenta uma lente carbonática na base (figura 5), embora mais para noroeste esta intercalação ocorra em profundidade entre 2 níveis de skarn (figura 8). Entre o Setor Vietnam e o setor Zé Quitéria, o nível IVb contém uma expressiva intercalação carbonática, que subdivide o nível em 2 subníveis, reconhecíveis até em subsuperfície (v. anexo 6). Neste caso, como o posicionamento estratigráfico da intercalação carbonática é bem conhecido, convencionou-se denominar o nível abaixo do calcário cristalino de IVb e o nível acima de  $IVb_1$  (v. também figura 6). Desta forma, o nível  $IVb_1$  é caracterizado apenas no

FIG. 5 - SEÇÕES 2 e 6 - F8 - F6 - F13 - F4 - AFL



intervalo entre os setores Vietnam e Zé Quitéria. A leste e nordeste, este nível é mais uniforme, como mostra o mapa geológico; entretanto na seção 4 (figura 7), o nível é subdividido em 4 subníveis.

O nível IVb possui a maior continuidade lateral, as maiores espessuras e a mais importante mineralização scheelitífera da área. Sua espessura atinge até 5 m, sendo a potência dos níveis mineralizados, muitas vezes, da ordem de 1 - 2 m.

## 5.2 - Nível IVa

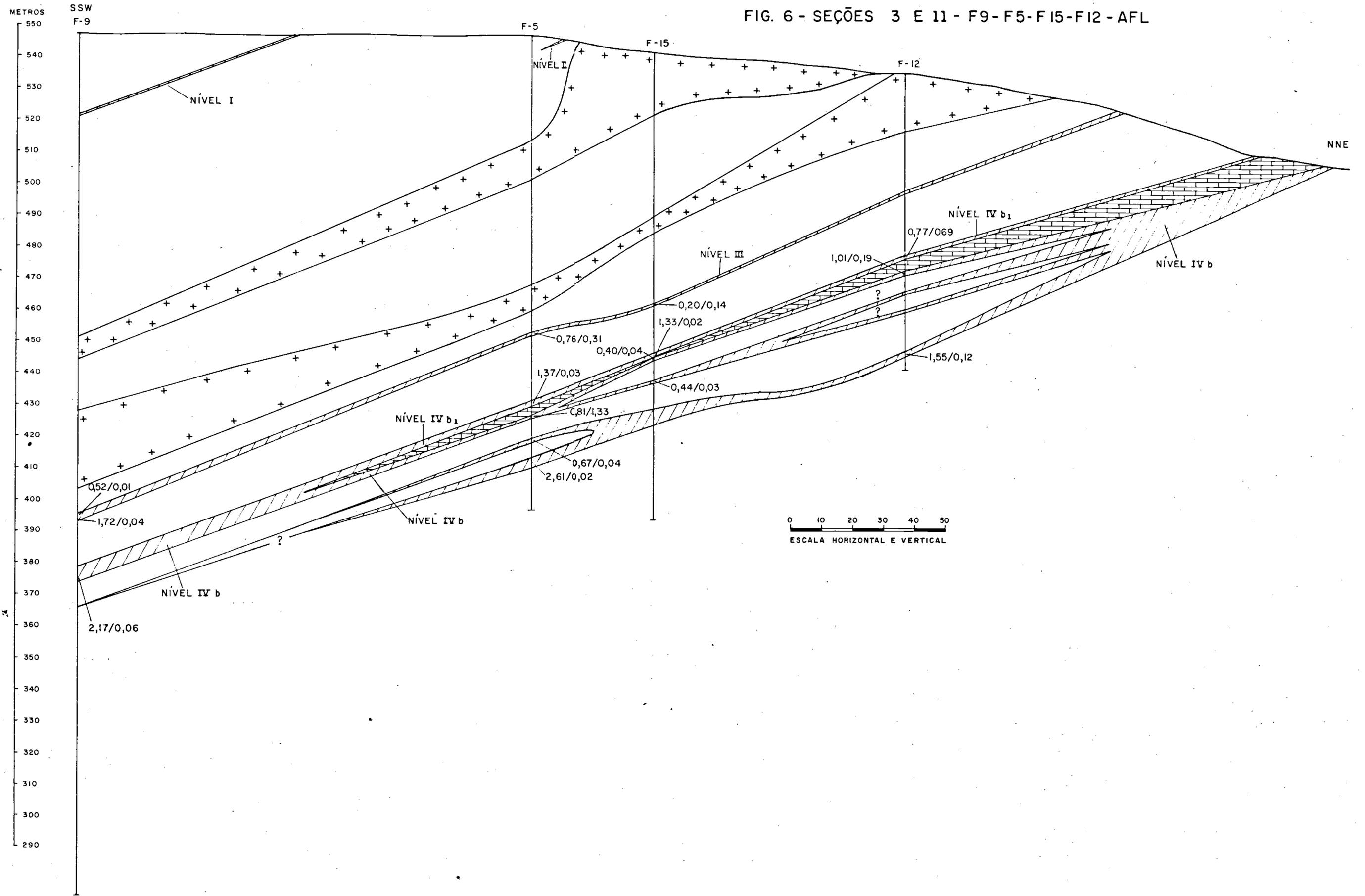
Trata-se do nível imediatamente acima do nível IVb, o qual em superfície se une ao mesmo na altura do inclinado Zé Quitéria, a leste, e da galeria do Ricardo, a oeste. Entretanto, em subsuperfície, ele mostra sinais de individualidade para além desses limites (figuras 7 e 8).

Nos setores Pajeú e Zé Quitéria (figuras 5, 11 e 12), o nível IVa é mais desenvolvido e mais espesso (até 4 m de espessura), ocorrendo na forma de 2 subníveis separados por uma intercalação gnáissica. Em outros locais, entretanto, este nível raramente ultrapassa 1,50 m de espessura.

O nível IVa, conforme sugerem algumas seções, pode representar uma repetição do nível IVb por antifome da fase  $F_1$  (v. figuras 5, 7, 8, 10 e 12). O mapa geológico da Mineração Sertaneja (ZEPERNICK, op.cit.) também interpreta uma antifome entre esses dois níveis.

O nível IVa foi reconhecido primeiramente por ALMEIDA & ANDRADE (op.cit.), que denominaram-no de "camada ou tactito JK"; ZEPERNICK (op.cit.) refere-se ao mesmo como nível UI do horizonte inferior.

FIG. 6 - SEÇÕES 3 E 11 - F9-F5-F15-F12 - AFL



### 5.3 - Nível III

Trata-se de um nível muito persistente em profundidade por toda área central da mina, na margem esquerda do açude de Bodó, como atestam todas as seções desta área. Em superfície é contínuo por uma extensão de 350 m, incluindo o trecho entre os inclinados I-2 e I-3. A despeito dessa continuidade lateral e ao longo do mergulho, sua espessura é reduzida, variando de 0,20 m a pouco mais de 1,00 m. Desconhece-se sua continuidade para nordeste, mas não é improvável que o nível interpretado como IVA na seção 4 (figura 7), represente o nível III; isto porque, como o nível IVA, o nível III se une ao nível IVb, fora da área central da área de concessão.

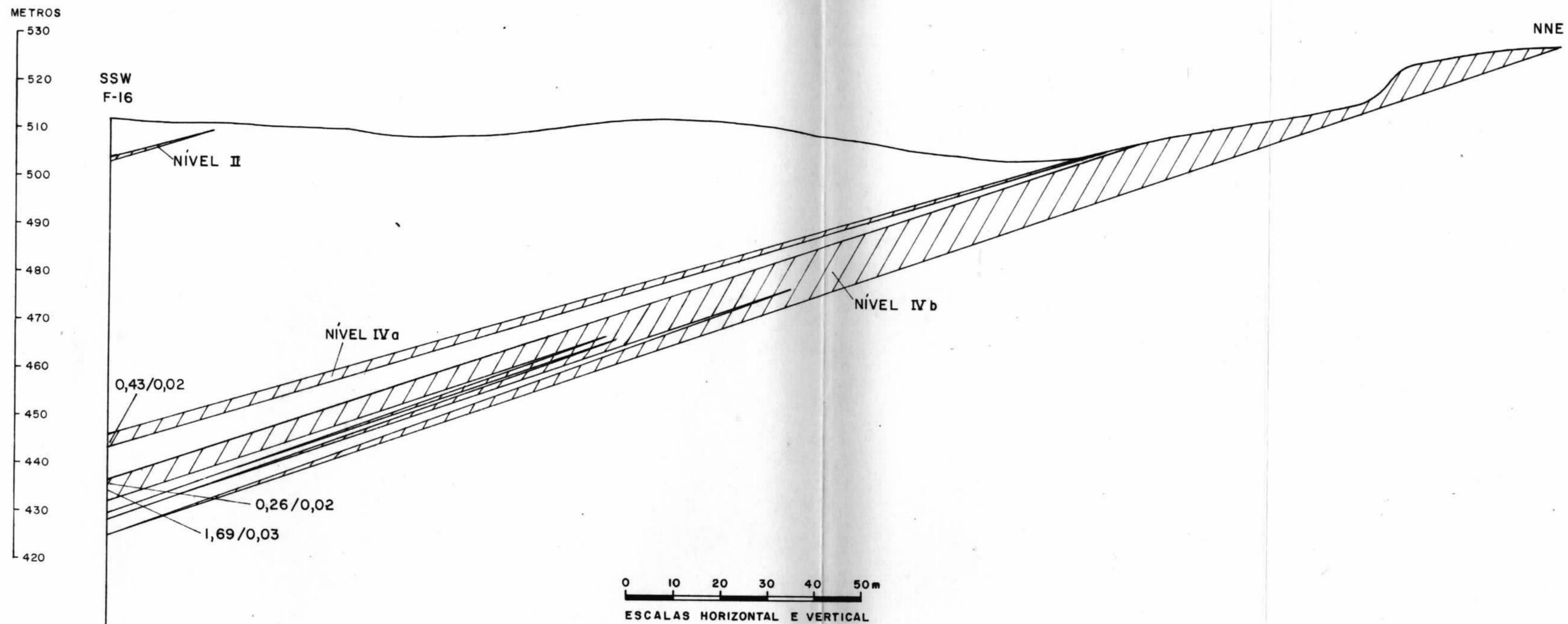
Esta junção dos níveis mais uma vez é interpretada como uma estrutura da fase  $F_1$ , neste caso, uma sinforme entre os níveis III e IVA, como aliás é sugerido pelas figuras 4, 5, 8 e 11.

O nível III é o nível dos inclinados 2 e 3, tendo sido pela primeira vez referido como "tactito L" por ALMEIDA e ANDRADE (op.cit.); ZEPERNICK (op.cit.) refere-se ao mesmo como horizonte superior, incluindo principalmente as camadas OIII e OIV.

### 5.4 - Níveis I e II

Tratam-se de níveis descontínuos de gnaisses calcissilicáticos e anfibólicos, com processo de skarnitização e de mineralização ausente ou reduzido. No nível I, há passagem para calcários cristalinos. Sua continuidade em subsuperfície é também bastante irregular, geralmente sendo descritos como gnaisses nos testemunhos de sondagem. Em geral não são minera-

FIG. 7 - SEÇÃO 4 - F 16 - AFL



lizados, conhecendo-se apenas uma escavação na lente próxima do furo 16.

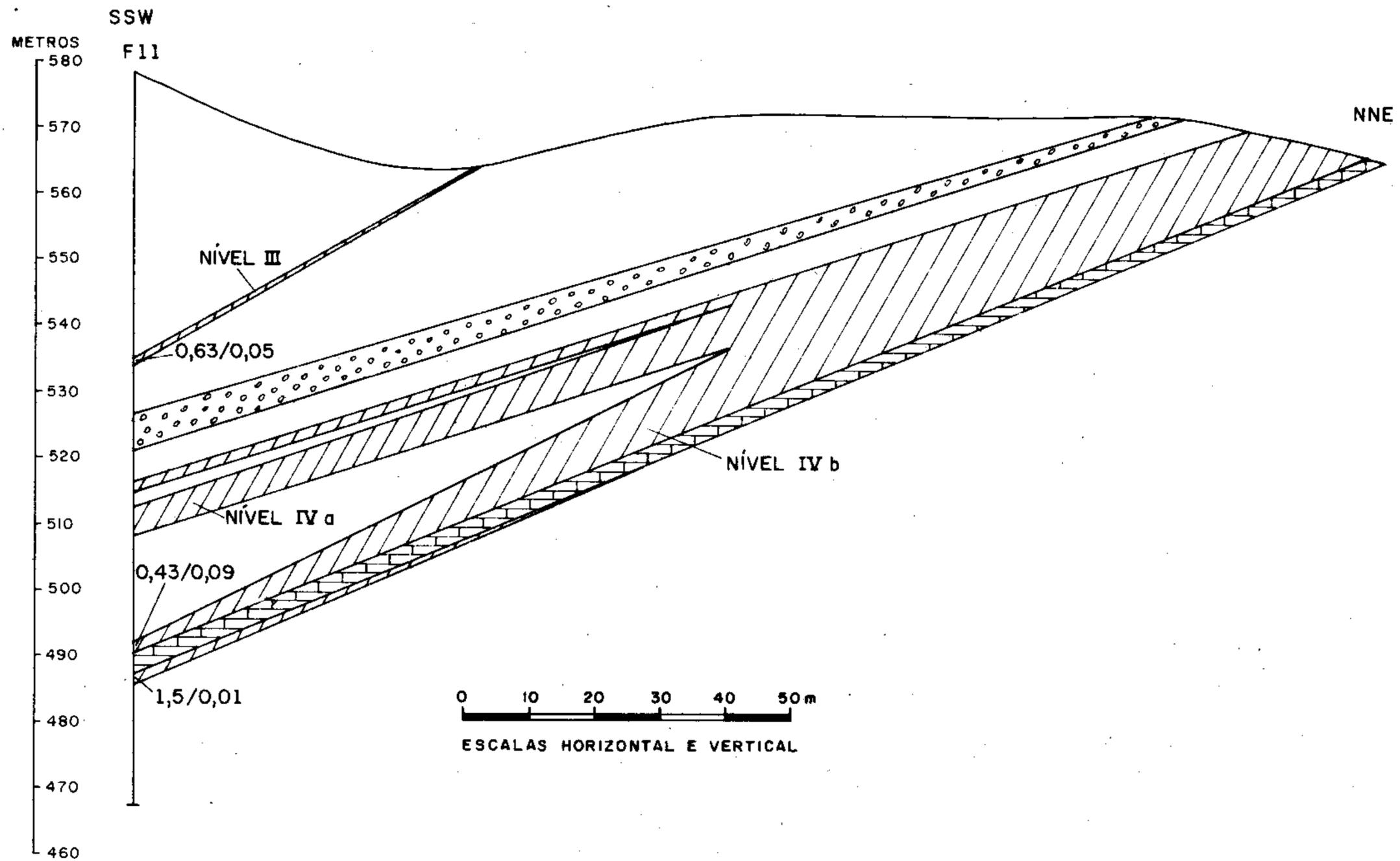
#### 5.5 - Endoskarn

Trata-se de um tipo de minério de distribuição irregular, comumente restrita à parte marginal do granito aplítico. A faixa mais persistente ocorre a oeste-noroeste do inclinado I-1, onde foram desenvolvidos vários trabalhos antigos de pesquisa. De modo geral, foi confundido com o nível IVb pelos autores anteriores, embora a diferença de características mineralógicas fosse sempre reconhecida. Sua mineralização parece bastante irregular, mas ALMEIDA & ANDRADE (op.cit.) fizeram referências no setor J. Antonio a uma "pequena lente de tactito... fortemente mineralizada, não obstante inclusa no granito", cuja massa mineralizada chegou a apresentar 9 m de potência.

ZEPERNICK (op.cit.) também menciona um tactito aplítizado pouco mineralizado nas antigas escavações das galerias G-3 ("Ranulfo") e G-4, que deve corresponder a um endoskarn.

Outras manchas de endoskarn aparecem na margem do facies discordante do granito, algumas delas tendo sido individualizadas já no mapa geológico da primeira etapa do projeto. Como já referida antes, uma faixa de endoskarn, intermediário entre os níveis IVA e IVb, está inteiramente associada a um filão pegmatítico; sua continuação em profundidade parece comprovada pelas correlações encontradas na seção 9 (figura 11).

FIG. 8 - SEÇÃO 5 - F11 - AFL



## 6 - CARACTERÍSTICAS E CONTROLES DA MINERALIZAÇÃO

Um conhecimento mais detalhado da mineralização scheelitífera de Bodó ficou comprometido em função do acesso restrito aos "ore shoots". As deduções abaixo apresentadas resultaram de observações realizadas nos recem abertos inclinados de Pajeú e Zé Quitéria e da análise da reduzida documentação técnica constante do acervo da Bodominas Metalurgia e Indústria S.A.

### 6.1 - Características mineralógicas-petrográficas da mineralização.

A mineralização scheelitífera da mina Bodó, como em todas as jazidas de skarn do Nordeste, ocorre na forma de bolsões, lentes, "amas" - "ore shoots" - distribuídos ao longo dos horizontes calcissilicáticos-skarníticos. Ela aparece como concentrações econômicas em trechos localizados das camadas, sendo o resto estéril ou com fraca disseminação de scheelita. Em Bodó, observa-se que a presença dos "ore shoots" é condicionada à presença de um tipo particular de rocha calcissilicática - os skarns. Enquanto que o horizonte calcissilicático, geralmente uma rocha gnáissica ou compacta, formada por diopsídio e actinolita, é usualmente estéril ou pobremente mineralizado, as zonas de skarn, de granulometria grosseira, pobre foliação, frequentemente porosos ou alterados, mineralogia variada - diopsídio, epidoto, granada, vesuvianita, salita, actinolita, etc. -, são geralmente mineralizadas.

Este fato, aliás já havia sido observado por ALMEIDA & ANDRADE (op.cit.), que distinguiram um "tactito fundamental

FIG. 9 - SEÇÃO 7 - NV 520 SP - AFL

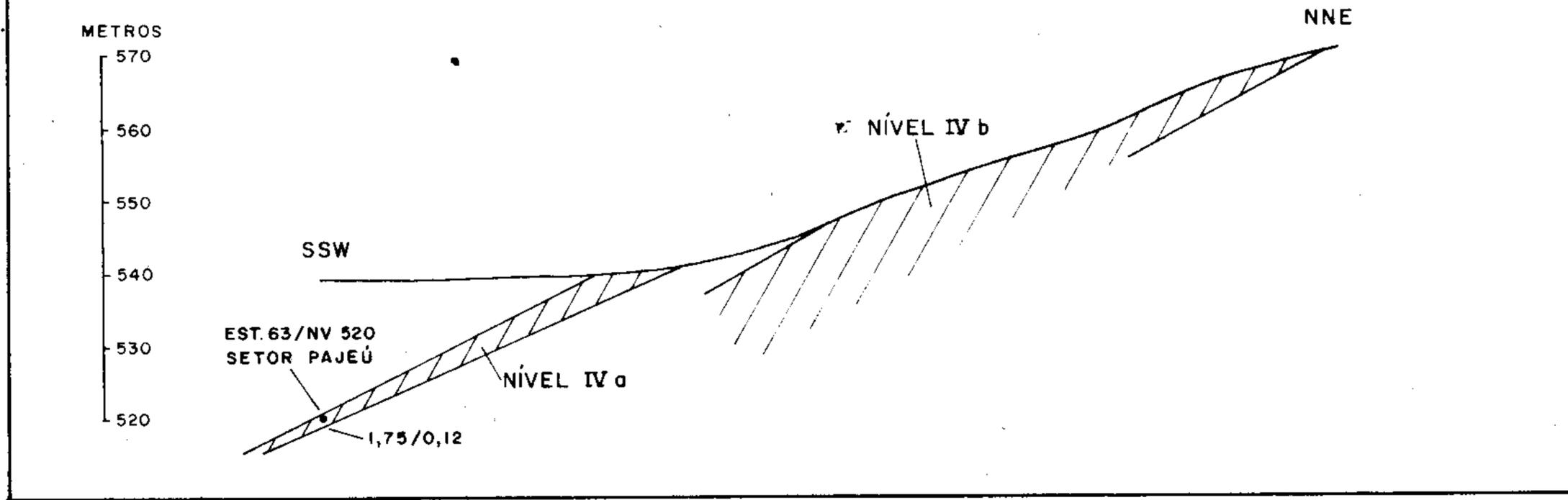
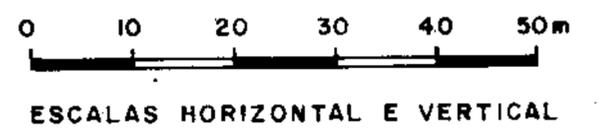
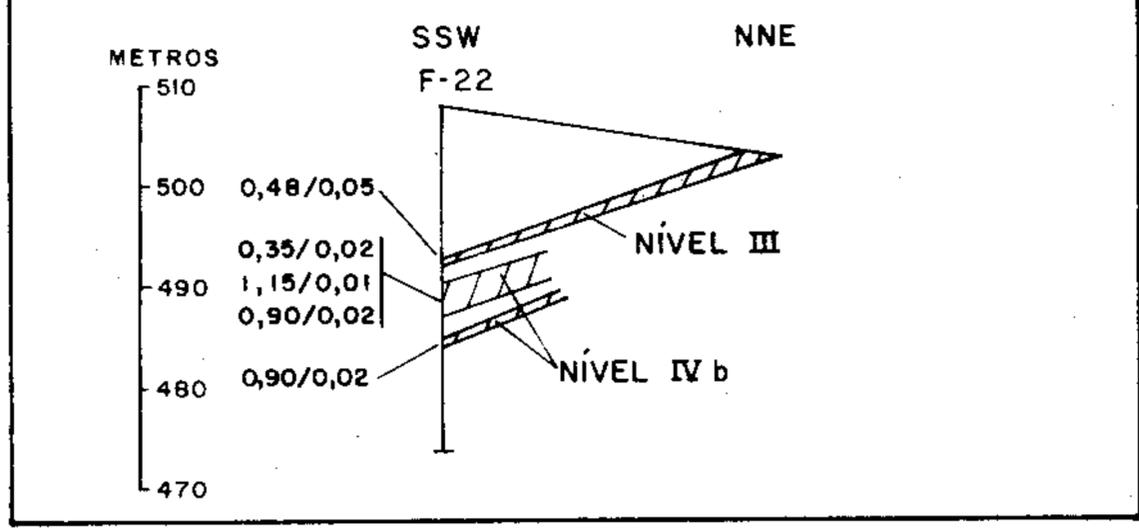


FIG. 9 - SEÇÃO 12 - F22 - AFL



ou original" e um "tactito mineralizado" resultante da substituição do primeiro.

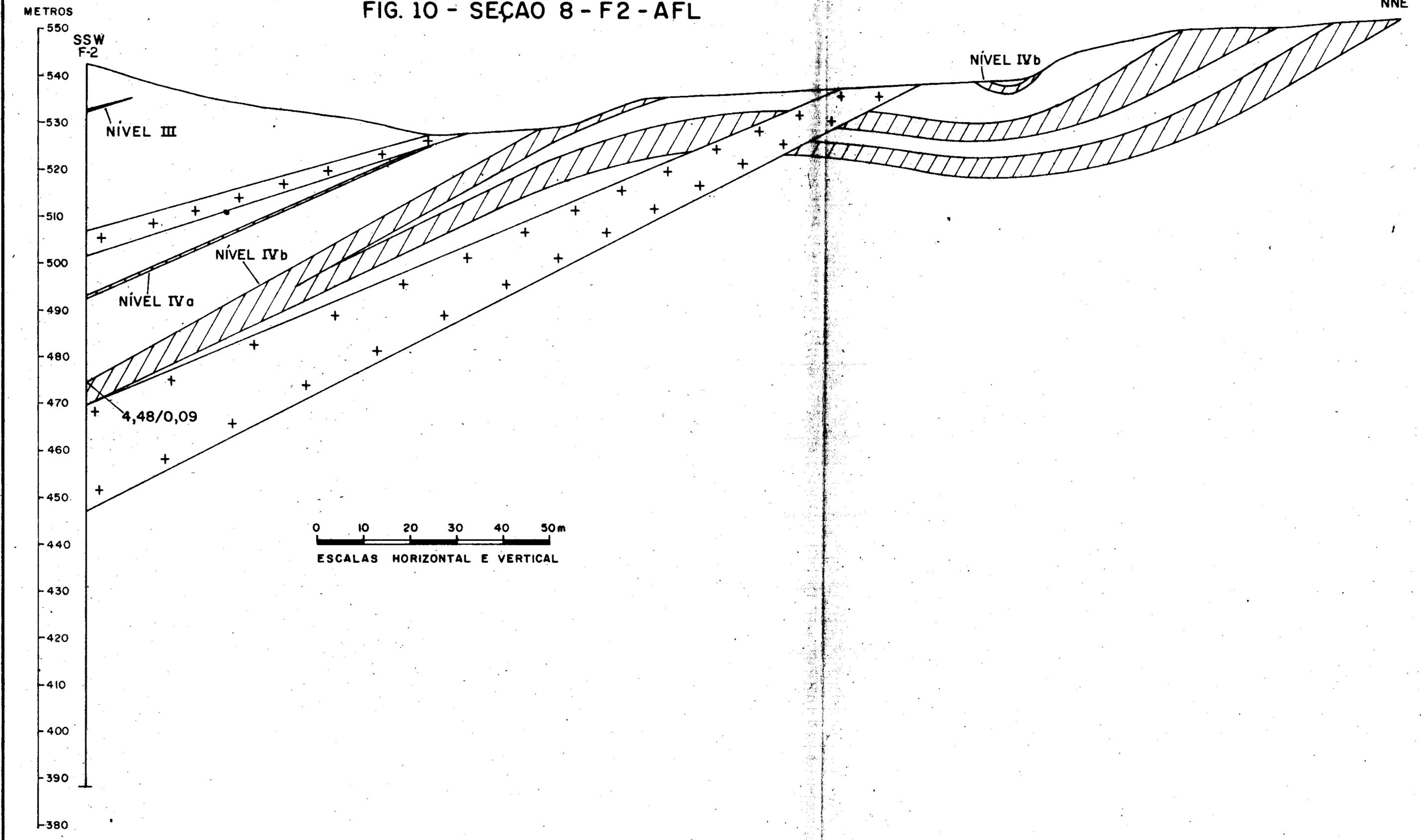
Uma peculiaridade mineralógica da mina Bodó é a presença de uma zona expressiva de opala no horizonte inferior IVb. A opala aparentemente resultou de hidrotermalismo silicoso sobre calcário e skarn, dando lugar a opalas de coloração branca, verde e marrom conforme a mineralogia original. Este nível de opala distribuía-se expressivamente no Corte 2 (figura 3) (hoje praticamente inexistente) e ainda está bem preservada ao longo do horizonte carbonático próximo do setor Zé. Quitéria. Segundo ALMEIDA & ANDRADE (op.cit.) há uma "antipatia" mineralógica entre a opala e a scheelita, acreditando os autores que as soluções silicosas hidrotermais lixivaram a scheelita.

## 6.2 - Granito, endo e exoskarn

O papel do granito na mineralização de scheelita tem sido contestado veementemente nos últimos anos no Nordeste. Alguns dados, entretanto, sugerem que na mina Bodó eles apresentam um posicionamento clássico dos depósitos tipo skarn. Assim, o nível calcissilicático bordeja um complexo granítico - o maciço de Queimada, de ROY (1966); ele está intimamente presente na área da mina. Coincidentemente ou não, a zona mais importante da mina desenvolve-se em torno da apófise granítica da escarpa.

A descoberta de endoskarns, pela primeira vez descrita no Nordeste, denuncia o caráter reacional desses granitos. A presença dos típicos exoskarns em torno da apófise granítica, sem dúvida, denuncia um processo de metassomatismo dos calcários, presentes em área mais afastada do granito. Registre-

FIG. 10 - SEÇÃO 8 - F2 - AFL



-se inclusive os restos de calcário no Olímpio e no Corte 1, referidos por ALMEIDA & ANDRADE (op.cit.), sugerindo uma substituição lenta de antigo horizonte carbonático (figura 3).

### 6.3 - Os "ore shoots" antigos

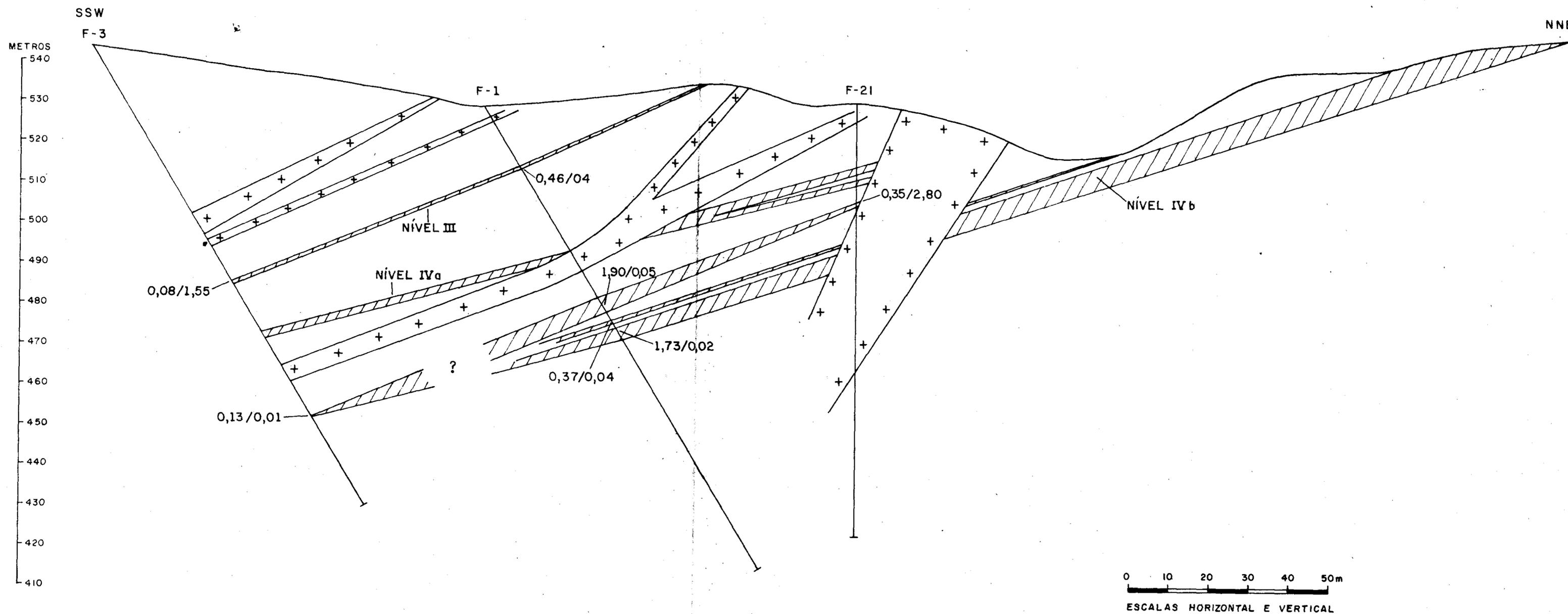
Uma apreciação dos antigos trabalhos de exploração da mina Bodó, quer desenvolvidos sob forma de garimpagem, quer através da Bodominas Metalurgia e Indústria e Mineração Sertaneja, permite constatar a existência de 3 setores mineralizados importantes: Vietnam, Ranulfo e III (v. anexo 3).

Indiscutivelmente, os dois primeiros foram as áreas de lavra mais importantes da mina, constituindo ambos o mesmo conjunto de "ore shoots", separados apenas pelo "paredão" granítico. Os relatórios antigos, inclusive, fazem referência frequente à limitação dos "ore shoots" do Vietnam pelo granito. Como citado anteriormente, ALMEIDA & ANDRADE (op.cit.) mencionam camadas com potências de 3 a 5 m e teor de 3,5% de  $WO_3$  nos serviços subterrâneos do Pageú; segundo esses autores, o teor médio da área exposta na área de lavra a céu aberto, em 1946, era de 2,75% de  $WO_3$ .

Investigações posteriores, efetuadas por ZEPERNICK (op.cit.), indicam: 1) no "ore shoot" da entrada do I-1 (endoskarn ?), potências de 0,30 a 1,00 m e teores variando de 0,2 a 1,7% de  $WO_3$ ; 2) no desmonte B-3 (continuidade do Pageú ?), potências de 0,20 a 3,20 m, com teores de 0,8 a 1,7% de  $WO_3$ ; na galeria G-1 e desmonte B-4, potências desde 0,20 a 2,00 m, com teores variando de 0,2 a 4% de  $WO_3$ ; 4) nas galerias G-3 ("Ranulfo") e G-4, potências da ordem de 0,10 até 1,00 m, com teores desde 0,2 até 5% de  $WO_3$  \*.

(\*) Teores estimados através de lâmpada ultravioleta.

FIG. 11 - SEÇÃO 9 - F3-F1-F21-AFL



Segundo indicações desse mesmo autor, os dois últimos "ore shoots" são os mais importantes, apresentando larguras médias de 25 a 30 m, tendo sido acompanhados por mais de 120 m segundo o mergulho.

Os "ore shoots" do setor III, lavrados através dos inclinados 2 e 3, são menos possantes, com espessuras dos níveis mineralizados de até 0,80 m; entretanto, os teores na entrada dos dois inclinados eram acima de 0,60% de  $WO_3$ , sendo frequentemente da ordem de 2%, chegando a atingir até 4,2% de  $WO_3$ .

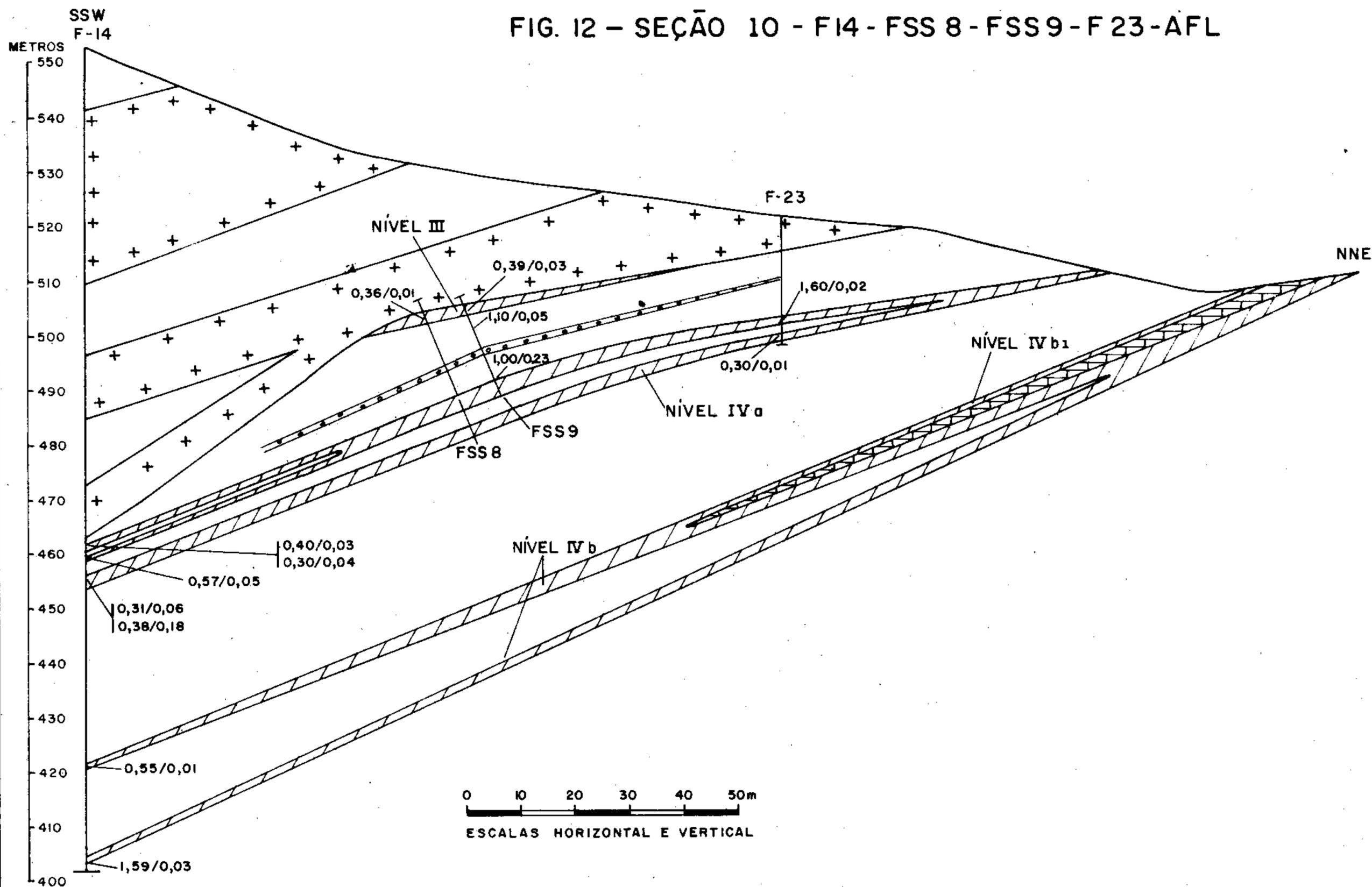
"Ore shoot" comparável ao do setor III foi aquele lavrado através do I-4, onde foi encontrado um bolsão com teor médio de aproximadamente 3% de  $WO_3$ , de espessura variável entre 0,10 a 0,50 m.

#### 6.4 - Considerações sobre o controle estrutural dos "ore shoots".

Os "ore shoots" scheelitíferos são sempre controlados estruturalmente; vários autores mencionam o seu controle através de "dobramentos secundários" e zonas de cisalhamento, sendo o exemplo mais característico o conjunto de jazidas Brejuí-Barra Verde-Boca de Laje-Zangarelhas. Na mina Bodó, este controle é muito evidente, embora sem a regularidade dos eixos do conjunto de jazidas acima citado.

Conforme as investigações de cunho estrutural relatadas em capítulo anterior, delineiam-se 3 fases de dobramentos na área de Bodó:  $F_1$ , com desenvolvimento de dobras reviradas recumbentes e isoclinais;  $F_2$ , com formação de dobras flexurais de plano axial em torno da vertical, de direção geral N40E e plunge para SW; e  $F_3$ , com geração de dobras, em parte flexu-

FIG. 12 - SEÇÃO 10 - F14 - FSS 8 - FSS 9 - F 23 - AFL



rais, em parte cisalhantes, de rumo aproximado N-S, com plunge para sul.

Uma análise dos mapas de "ore shoots" antigos sugere uma incidência do alongamento dessas estruturas mineralizadas no rumo N20-40E, indicando seu controle por  $D_2$ . ZEPERNICK (op. cit.), identificou eixos de anticlinais coincidindo com os inclinados I-1, I-2 e I-3, os quais correspondem às direções N25E, N40E e N45E, respectivamente; nos setores Vietnam e Zé Quitéria este autor mostrou uma predominância de eixos nas direções N-S e N20E (na área de desmonte a céu aberto (foto 6), os quais mudam de direção para o rumo N40E, no setor III. No Ranulfo e no Vietnam, os eixos de dobra não coincidem com o alongamento dos "ore shoots", talvez como decorrência da assimetria das dobras; no setor III, os "ore shoots" acompanham perfeitamente os eixos. Observa-se que os "ore shoots" presentes nos inclinados I-2 e I-4, provavelmente, relacionam-se a uma mesma estrutura, o mesmo acontecendo com aqueles presentes nos inclinados I-3 e I-5.

Este controle sugerido pelos trabalhos antigos orientou o planejamento dos atuais, correspondentes aos inclinados do Pajeú e Zé Quitéria; o primeiro apoiou-se também na presença de um "ore shoot" detectado pelos furos 4 e 6. O avanço dos trabalhos no setor Pajeú, entretanto, demonstrou a presença de uma série de microdobramentos com "plunge" mergulhante para 180, fato que permitiu a associação destes com a mineralização encontrada na altura do piquete 25; daí a abertura de ascendente entre os piquetes 25, 34 e 79. A mesma incidência de pequenos dobramentos na direção N-S conduziu ao desenvolvimento de idêntico ascendente no setor Zé Quitéria, a despeito da falta de mineralização; uma explicação para esta ausência teria sido a abertura do ascendente na base não mineralizada do skarn.

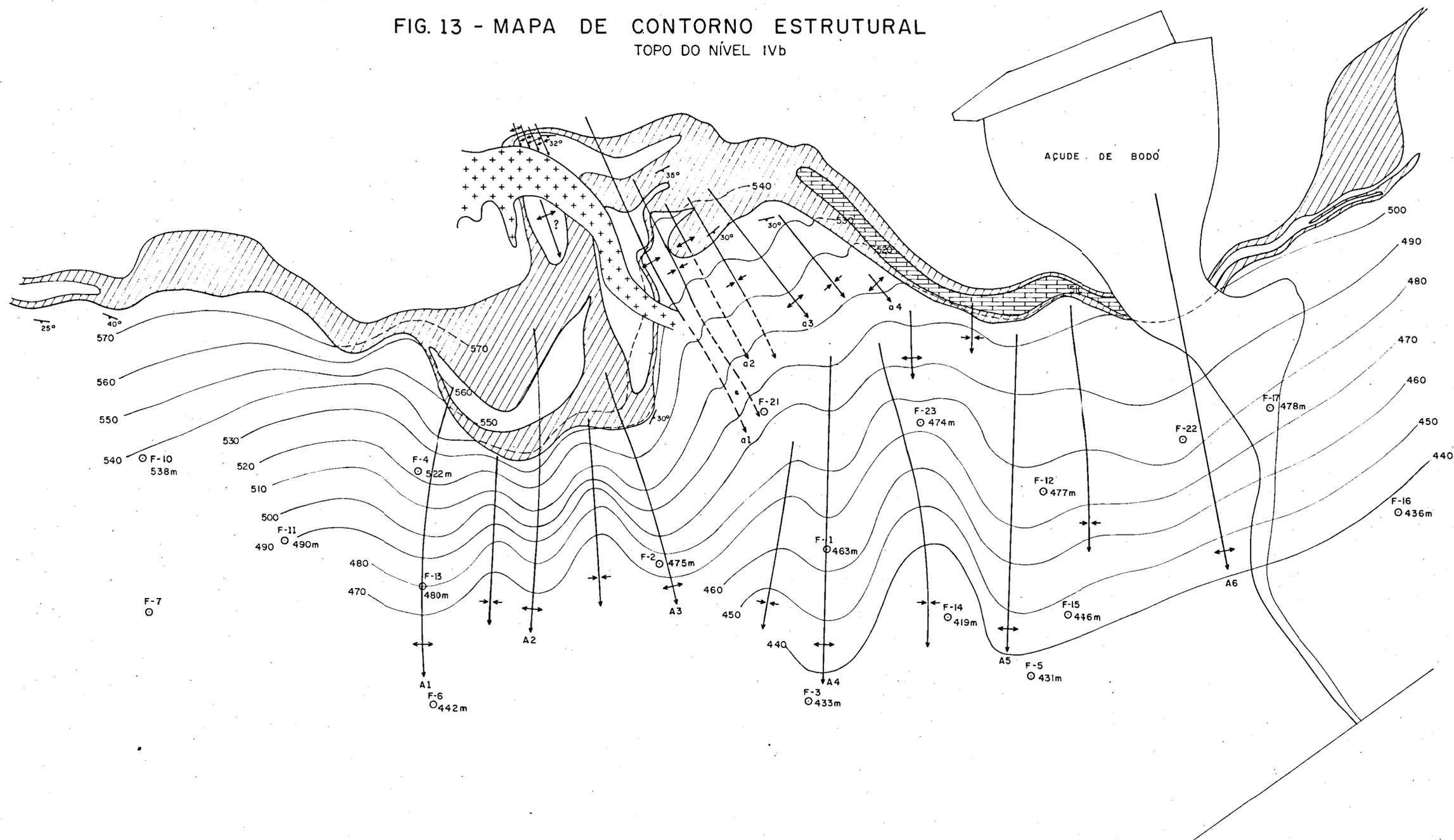
A conclusão é que as estruturas  $D_2$  e  $D_3$  (provavelmente também as zonas de cisalhamento  $ZC_3$ ) são as responsáveis pelo controle dos "ore shoots", os quais se alinham ao longo das cristas das antiformes. A grande maioria dos "ore shoots" parece relacionada com as dobras  $D_2$ , mas na zona sigmoidal, dada à incidência de um feixe cerrado de dobras  $D_3$ , os "ore shoots" tendem a se reconcentrar ao longo delas ou em zonas de interferência dos dois padrões - exemplo do "ore shoot" I-1 e da zona de mineração a céu aberto do Vietnam; é possível que idêntico feixe cerrado de dobras ocorra no setor Ranulfo, embora ele não tenha sido detectado por ZEPERNICK (op.cit.).

Por todos esses fatos, a zona de interferência dos padrões  $D_2/D_3$ , com desenvolvimento de um estilo de dobramento cruzado na megaestrutura sigmoidal, representa o setor mais importante da mina Bodó. Este aspecto é enfatizado pelo mapa de contorno estrutural do topo da camada IVb - o nível mineralizado mais importante da mina -, apresentado na figura 13.

Este mapa é resultante da conjugação dos dados de sondagem com os do mapa estrutural. Como o espaçamento entre os furos é relativamente grande, naturalmente, uma certa dose de interpretação foi introduzida.

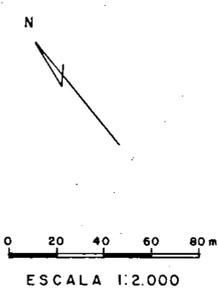
Foram individualizadas 6 antiformes maiores relacionadas à  $F_2$ , embora a antiforme  $A_3$  oriente-se mais apropriadamente segundo a direção dos eixos da fase  $F_3$ ; no setor Vietnam, foram distinguidas 4 antiformes, as quais foram batizadas com letras minúsculas.

FIG. 13 - MAPA DE CONTORNO ESTRUTURAL  
TOPO DO NÍVEL IVb



**LEGENDA**

- GRANITO
- SKARN
- CALCÁRIO CRISTALINO
- CONTATO
- ANTIFORME, SINFORME
- MERGULHO DE FOLIAÇÃO
- LINHA DE CONTORNO ESTRUTURAL, COTA EM METROS  
(O TRACEJADO INDICA NÍVEL ERODIDO)
- FURO DE Sonda COM COTA DA CAMADA EM METROS  
(NA AUSÊNCIA DA COTA, NÍVEL NÃO DETECTADO OU DE IDENTIDADE DUVIDOSA)



## 7 - RESERVAS

### 7.1 - Reserva Medida

Para o cálculo da reserva medida, foram utilizados os trabalhos subterrâneos desenvolvidos nos setores Pajeú e Zé Quitéria (área do inclinado). No setor Pajeú foram utilizados os blocos MA, MB e MC discriminados no anexo 7, limitados pelo inclinado principal, dois ascendentes e dois níveis de galeria (níveis 520 e 537). A reserva medida refere-se ao nível IVa.

O baixo teor médio (0,24% de  $WO_3$ ) deve-se ao fato de ter-se amostrado todo o skarn exposto nas galerias e inclinados e não apenas o minério. Além disso, foram amostradas as 2 paredes das galerias e inclinados, resultando em uma amostragem sistemática do skarn.

No cálculo do teor médio, entretanto, foram utilizados os valores de uma das paredes, indicativa de passagem do nível mineralizado. No bloco MA, por exemplo, há uma indicação de que este nível mineralizado aparece sempre na parte superior da camada, ou seja, na face sul do bloco. Nesta seletividade da face utilizada para os cálculos, entretanto, foi mantido o espaçamento médio de 3 m; isto é, foram utilizados todos os canais, ora de uma parede, ora de outra. Para o cálculo do bloco MB, foi utilizada também a linha de furos F18-F19-F20.

Na área do inclinado de Zé Quitéria (bloco MD), o cálculo do teor médio apresentou maiores dificuldades porque a galeria 490 não acompanhou a faixa mineralizada, seguindo de modo retilíneo ao longo da camada, neste local muito espessa. Foi efetuada, então uma análise estrutural da área, a partir da linha de furos F26-F25-F24-F30-F23 e dos furos de superfície, optando-se então por utilizar ao longo desta galeria uma

combinação das amostras de canal com testemunhos de sondagens de subsuperfície (anexos 6 e 8).

A seguir apresenta-se uma síntese das reservas, cujos elementos são discriminados nos quadros 1, 2, 3 e 4.

### Setor Pajeú

$$\text{Minério} = \text{MA} + \text{MB} + \text{MC} = 9511,65 + 7073,50 + 1138,87 = 17.724,02 \text{ t}$$

$$\text{WO}_3 = \text{MA} + \text{MB} + \text{MC} = 23,78 + 16,27 + 3,19 = 43,24 \text{ t}$$

Teor 0,24%  $\text{WO}_3$

### Setor Zé Quitéria

$$\text{Minério} = 9.644,32 \text{ t}$$

$$\text{WO}_3 = 19,29 \text{ t}$$

Teor 0,20%  $\text{WO}_3$

### Mina Bodó

$$\text{Minério} = 27.368,34 \text{ t}$$

$$\text{WO}_3 = 62,53 \text{ t}$$

Teor 0,23%  $\text{WO}_3$

QUADRO 1 - CÁLCULO DA RESERVA DO BLOCO MA

SETOR PAJEÚ

$$\text{Espessura média} = \frac{1,47 \times 58 + 1,24 \times 50 + 1,28 \times 68 + 1,55 \times 51}{227} = \frac{313,35}{227} = 1,38\text{m}$$

$$\text{Reserva} \quad 2.297,50 \text{ m}^3 \times 1,38 \text{ m} = 3.170,55 \text{ m}^3$$

$$\text{Minério} \quad 3.170,55 \text{ m}^3 \times 3,0 \text{ t/m}^3 = 9.511,65 \text{ t}$$

Teor Médio

Espessura E(m)	Comprimento L(m)	E · x L (m <sup>2</sup> )	Teor T(% WO <sub>3</sub> )	E x L x T
1,47	58	85,26	0,17	14,49
1,24	50	62	0,07	4,34
1,28	68	87,04	0,23	20,02
1,55	51	79,05	0,44	34,78
Totais		313,35		76,65 (TM 0,25%)

Reserva WO<sub>3</sub> : 23,78 t

QUADRO 2 - CÁLCULO DA RESERVA DO BLOCO MB

SETOR PAJEÚ

Face	Espessura E(m)	Comprimento L(m)	E x L (m <sup>2</sup> )	Teor T(% WO <sub>3</sub> )	E x L x T
1	1,43	55	78,65	0,20	15,73
2	1,64	41	67,24	0,50	33,62
3	1,40	9	12,6	0,07	0,88
4	3,14	41	128,74	0,13	16,74
Totais		146	287,23		66,97

Espessura média :

$$Em = \frac{287,23}{146} = 1,97 \text{ m}$$

Teor médio :

$$Tm = \frac{66,97}{287,23} = 0,23\% \text{ WO}_3$$

Reserva de minério :

$$1.196,87 \text{ m}^2 \times 1,97 \text{ m} \times 3,0 \text{ t/m}^3 = 7.073,50 \text{ t}$$

Reserva WO<sub>3</sub> :

$$7.073,50 \text{ t} \times 0,23\% = 16,27 \text{ t}$$

QUADRO 3 - CÁLCULO DA RESERVA DO BLOCO MC

SETOR PAJEÚ

Face	Espessura E(m)	Comprimento L(m)	E x L (m <sup>2</sup> )	Teor T(% WO <sub>3</sub> )	E x L x T
1	1,50	30	45	0,19	8,55
2	1,62	40	64,8	0,38	24,62
3	1,39	20	27,8	0,18	5,00
Totais		90	137,6		38,17

Espessura média :

$$Em = \frac{137,6}{90} = 1,53 \text{ m}$$

Teor médio :

$$Tm = 0,28\% \text{ WO}_3$$

Reserva de minério :

$$248,12 \text{ m}^2 \times 1,53 \text{ m} \times 3,0 \text{ t/m}^3 = 1138,87 \text{ t}$$

Reserva WO<sub>3</sub> :

$$1138,87 \text{ t} \times 0,28\% = 3,19 \text{ t}$$

QUADRO 4 - CÁLCULO DA RESERVA DO BLOCO MD

SETOR ZÉ QUITÉRIA

Face	Espessura E(m)	Comprimento L(m)	E x L (m <sup>2</sup> )	Teor T(% WO <sub>3</sub> )	E x L x T
1	1,41	68	95,88	0,32	30,68
2	1,39	38	52,82	0,32	16,90
3	2,10	65	136,5	0,01	1,36
4	1,23	39	47,97	0,37	17,75
Totais		210	333,17		66,69

Espessura média :

$$E_m = \frac{333,17}{210} = 1,59 \text{ m}$$

Teor médio :

$$T_m = \frac{66,69}{333,17} = 0,20\%$$

Reserva de minério :

$$2021,87 \text{ m}^2 \times 1,59 \text{ m} \times 3,0 \text{ t/m}^3 = 9644,32 \text{ t}$$

Reserva WO<sub>3</sub> :

$$9644,32 \text{ t} \times 0,20 = 19,29 \text{ t}$$

## 7.2 - Reserva Indicada

Para o cálculo da Reserva Indicada foi utilizado o método das seções paralelas, construídas a partir da malha de furos existente na área. Foi considerado um espaçamento entre seções e entre os pontos de controle das seções (furos, trabalhos subterrâneos, afloramento) inferior a 100 m, considerado o espaçamento ideal pela experiência adquirida na região. Através das seções 1, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12, foram individualizados 8 blocos, estando os cálculos reunidos na tabela 1\*.

A reserva indicada de skarn e skarn mineralizado (minério) foi obtida subtraindo-se do valor global o equivalente à reserva medida. Para o cálculo final da reserva indicada foram eliminados os skarns com teores inferiores a 0,2% de  $WO_3$ , resultando em 2 subtotais:

1 - o nível IVb blocos ID-2 e ID-3, totalizando 119.000,91 t com 1,1%  $WO_3$ .

2 - todos os níveis, totalizando 216.386,22 t com 0,24%  $WO_3$ .

A reserva indicada total corresponde a 335.387,13 t de minério com 0,54% de  $WO_3$ .

## 7.3.- Reserva Inferida

Para o cálculo da reserva inferida foi utilizado o mesmo método das seções paralelas, neste caso com espaçamento superior a 100 m. Foram utilizadas as seções 1, 2, 3 e 4, sendo que da reserva global dos blocos IF-1, IF-2 e IF-3, foram eliminadas as reservas indicada e medida. Para o cálculo do teor médio foram considerados apenas os teores dos furos limi-  
(\* ) v. anexo 4.

TABELA 1 - CÁLCULO DA RESERVA INDICADA

BLOCO	SEAM NÍVEL	SEÇÃO	COMPRIMENTO (m)	ESPESSURA MÉDIA (m)	ÁREA DA SEÇÃO (m <sup>2</sup> )	ÁREA MÉDIA (m <sup>2</sup> )	DISTÂNCIA ENTRE SEÇÕES (m)	VOLUME (m <sup>3</sup> )	RESERVA (t)	TEOR EM WO <sub>3</sub> (%)		RESERVA EM WO <sub>3</sub> (t)
										Camada	Média	
ID-1	IVb	1 5	214 202	3,99 1,79	853,86 361,58	614,82	90,00	55.333,80	166.001,40	0,16 0,03	0,12	199,20
	IVa	1 5	0 95	0,00 4,07	0,00 386,65	193,32		17.398,80	52.196,40	0,00 0,21	0,21	109,61 **
	III	1 5	- 61	- 0,55	- 33,55	16,77		1.509,30	4.527,90	0,00 0,05	0,05	2,26
ID-2	IVb	5 6	202 275	1,79 1,17	361,58 321,75	341,66	93,5	31.945,21	95.835,63	0,03 1,89	0,91	872,10 *
	IVa	5 6	95 215	4,07 4,72	386,65 1.014,80	700,72		65.517,32	196.551,96	0,21 0,13	0,15	294,83
	III	5 6	61 105	0,55 0,88	33,55 92,40	62,97		5.887,69	17.663,08	0,05 0,09	0,09	14,13
ID-3	IVb	6 7	275 -	1,17 -	321,75 -	160,87	48,0	7.721,76	23.165,28	1,89 -	1,89	437,82 *
	IVa	6 7	215 45	4,72 1,57	1.014,80 70,65	542,72		26.050,56	78.151,68	0,13 0,12	0,13	101,60
	III	6 7	105 -	0,88 -	92,40 -	46,20		2.217,60	6.652,80	0,09 -	0,09	5,99
ID-4	IVb	7 8	- 270	- 3,92	- 105,94	52,97	104,0	5.508,88	16.526,64	- 0,09	0,09	14,87
	IVa	7 8	45 -	1,57 -	70,65 -	35,32		3.673,80	11.021,40	0,12 -	0,12	13,23
ID-5	IVb	8 9	270 300	3,92 1,32	105,94 396,00	258,60	92,0	23.791,20	71.373,60	0,09 0,25	0,22	157,02 **
	III	8 9	- 127	- 0,25	- 34,29	17,14		1.576,88	4.730,64	- 0,26	0,26	12,30 **
ID-6	IVb	9 10	300 240	1,32 1,98	396,00 475,20	431,20	92,0	39.670,40	119.011,20	0,25 0,02	0,12	142,81
	IVa	9 10	- 190	- 1,47	- 279,30	139,65		12.847,80	38.543,40	- 0,11	0,11	42,40
	III	9 10	127 50	0,25 0,37	34,29 18,50	29,83		2.744,36	8.233,08	0,26 0,01	0,21	17,29 **
ID-7	IVb	10 11	240 260	1,98 0,67	475,20 174,20	324,70	64,0	20.780,80	62.342,40	0,02 0,12	0,05	31,17
	IVb1	10 11	- 250	- 1,26	- 315,00	157,50		10.080,00	30.240,00	- 0,27	0,27	81,65 **
	IVa	10 11	190 -	1,47 -	279,30 -	139,65		8.937,60	26.812,80	0,11 -	0,11	29,49
	III	10 11	50 85	0,37 0,18	18,50 15,30	16,90		1.081,60	3.244,80	0,01 0,14	0,07	2,27
ID-8	IVb	11 12	260 -	0,67 -	174,20 -	87,10	105,0	9.145,50	27.436,50	0,12 -	0,12	32,92
	IVb1	11 12	250 -	1,26 -	315,00 -	157,50		16.537,50	49.612,50	0,27 -	0,27	133,95 **
	III	11 12	85 33	0,18 0,45	15,30 14,85	15,07		1.582,87	4.748,62	0,14 0,05	0,09	4,27
									1.114.623,71	0,25%		2.753,18

Reserva Indicada Global = 1.114.623,71 - 27.368,34 = 1.087.255,40 t c/ 0,27% WO<sub>3</sub>

Reserva Indicada WO<sub>3</sub> = 2.753,18 - 62,53 = 2.690,65 t

Reserva Indicada = Níveis IVb/bloco 2, IVb/ bloco 3, 95.835,63 c/0,91% WO<sub>3</sub> 872,10  
 23.165,28 c/1,89% WO<sub>3</sub> 437,82

* Subtotal...		119.000,91	c/1,10% WO <sub>3</sub>	1.309,92
Nível IVa/bloco 1		52.196,40	c/0,21% WO <sub>3</sub>	109,61
Nível IVb/bloco 5		71.373,60	c/0,22% WO <sub>3</sub>	157,02
Nível IVb1/blocos 7 e 8		30.240,00	c/0,27% WO <sub>3</sub>	81,65
		49.612,50	c/0,27% WO <sub>3</sub>	133,95
Nível III/blocos 5 e 6		4.730,64	c/0,26% WO <sub>3</sub>	12,30
		8.233,08	c/0,21% WO <sub>3</sub>	17,29
** Subtotal...		216.386,22	c/0,24% WO <sub>3</sub>	511,82
Total.....		335.387,13	c/0,54% WO <sub>3</sub>	1.821,74
Recurso Subeconômico		751.868,30	c/0,12% WO <sub>3</sub>	868,91

TABELA 2 - CÁLCULO DA RESERVA INFERIDA

BLOCO	SKARN NÍVEL	SEÇÃO	COMPRIMENTO (m)	ESPESSURA MÉDIA (m)	ÁREA DA SEÇÃO (m <sup>2</sup> )	ÁREA MÉDIA (m <sup>2</sup> )	DISTÂNCIA ENTRE SEÇÕES (m)	VOLUME GLOBAL (m <sup>3</sup> )	RESERVA GLOBAL (t)	RESERVA INDICADA + MEDIDA	RESERVA INFERIDA	TEOR EM WO <sub>3</sub> (%)		RESERVA EM WO <sub>3</sub> (t)				
												Camada	Nível					
IF-1	IVb	1	214	3,99	853,86	666,33	179	119.273,07	357.711,21	261.837,03	95.874,18	0,00		0,00				
		2	360	1,33	478,80													
	IVa	1	0	0,00	0,00	802,90		143.719,10	431.157,30	248.748,36	182.408,94	0,12		218,89				
III	1	-	-	-	-	98,00	17.542,00	52.626,00	22.190,98	30.435,02	0,04		12,17					
	2	175	1,12	196,00														
IF-2	IVb	2	360	1,33	478,80	768,30					409	314.234,70		942.704,10	292.419,12	650.284,98	0,00	0,23
		3	410	2,58	1.057,80		0,23											
	IVb1	2	0	0,00	0,00	130,00	53.170,00	159.510,00	30.240,00	129.270,00		0,00	0,03	38,78				
		3	260	1,00	260,00							0,03						
IVa	2	370	4,34	1.605,80	802,90	328.386,10					985.158,30	154.529,28	830.629,02	0,12	0,12	996,75		
	3	0	0,00	0,00										0,00				
III	2	175	1,12	196,00	216,80		88.671,20	266.013,60	22.861,32	243.152,28				0,04	0,04	97,26		
	3	240	0,99	237,60										0,04				
IF-3	IVb	3	410	2,58	1.057,80	815,65					247	201.465,55	604.396,65	27.436,50	576.960,15	0,23	0,11	634,66
		4	310	1,85	573,50											0,03		
	IVb1	3	260	1,00	260,00	130,00	32.110,00	96.330,00	49.612,50	46.717,50		0,03	0,03	14,01				
		4	0	0,00	0,00							0,00						
IIIa	3	0	0,00	0,00	45,10	11.139,70					33.419,10	-	33.419,10	0,00	0,02	6,68		
	4	220	0,41	90,20										0,02				
III	3	240	0,99	237,60	118,80		29.343,60	88.030,80	4.748,62	83.282,18				0,04	0,04	33,31		
	4	0	0,00	0,00										0,00				
											4.017.057,06	2.902.433,35		0,12 %		3.548,17		

RECURSO SUBECONÔMICO NÍVEL IVb/BLOCO 2 - 650.284,98 t c/0,23% WO<sub>3</sub>

RECURSO MARGINAL (skarn) - 2.252.150,40 t c/0,09% WO<sub>3</sub>

OBS.: - Nível III não computado na seção 1 (não analisado)

Nível IVb considerado o intervalo médio entre furos 6 e 8 (não alcançado no furo 8)

Nível III seção 2 - considerado intervalo médio entre furos 6 e 8 (não analisado no furo 8)

Nível III seção 3 - considerado intervalo médio entre furos 15 e 12 (não analisado no furo 8)

tantes da área da reserva inferida (anexo 4).

A tabela 2 apresenta os cálculos utilizados para a obtenção da reserva inferida. Os teores obtidos, porém, só permitem classificá-la como recurso marginal, com exceção do nível IVb no bloco IF-2, que totaliza 650.284,48 t de minério com 0,23%  $WO_3$ , que pode ser considerado como reserva inferida ou recurso subeconômico (levando-se em conta o baixo teor e a grande profundidade).

#### 7.4 - Síntese das Reservas e Recursos da Mina Bodó.

##### 7.4.1 - Reserva Medida \*

	Minério (t)	Teor (%)	$WO_3$ (t)
- Setor Pajeú	17.724,02	0,24	43,24
- Setor Zé Quitéria	9.644,32	0,20	19,29
* Nível IVa; no Setor Zé Quitéria; Nível IVb/IVa			
Total.....	27.368,34	0,23	62,53

##### 7.4.2 - Reserva Indicada \*\*

- Setor Pajeú, Blocos ID-2 e ID-3, Nível IVb

	Minério (t)	Teor (%)	$WO_3$ (t)
	119.000,91	1,10	1.309,92
Área restante, Blocos ID-1, ID-5, ID-7 e ID-8, Níveis III, IVa, IVb <sub>1</sub> e IVb.			
	Minério (t)	Teor (%)	$WO_3$ (t)
	216.386,22	0,24	511,82
Total...	335.387,13	0,54	1.821,74

\*\* Níveis III, IVa, IVb<sub>1</sub> e IVb.

### 7.4.3 - Reserva Inferida (Recurso subeconômico)\*\*\*

#### - Setor Pajeú, Nível IVb

	Minério (t)	Teor (%)	WO <sub>3</sub> (t)
	650.284,98	0,23	1.495,66
Reserva + Recurso	2.902.433,35	0,12	3.548,17

\*\*\* Níveis III, IVa, IVb<sub>1</sub> e IVb

### 7.4.4 - Reserva Global

	Minério (t)	Teor (%)	WO <sub>3</sub> (t)
- Reserva Medida	27.368,34	0,23	62,53
- Reserva Indicada	335.387,13	0,54	1.821,74
<hr/>			
- Reserva Demonstrada	362.755,47	0,52	1.884,27
<hr/>			
- Reserva Inferida	650.284,98	0,23	1.495,66
- Reserva Global	1.013.040,45	0,33	3.379,93

OBS.: Os critérios de reserva medida, indicada e inferida são aqueles estabelecidos pelo DNPM. Os conceitos de reserva e recurso estão de acordo com as definições estabelecidas pelo U.S. Bureau of Mines e U.S. Geological Survey (1976).

## 8 - RECOMENDAÇÕES PARA BLOQUEIO DE NOVAS RESERVAS

O capítulo anterior ressaltou a grande disparidade existente entre os minérios bloqueados como reservas medida e indicada. O volume e os teores encontrados nos setores Pajeú e Zé Quitéria, relativos à reserva medida, dificilmente viabilizariam um empreendimento mineiro em larga escala na mina Bodó. Não obstante, os teores obtidos através do beneficiamento do minério do Setor Zé Quitéria nos últimos meses têm revelado teores muito superiores aos encontrados através da análise sistemática dos canais do mesmo setor (inf. verbal de Gilson C. Medeiros, Diretor Técnico da Bodominas). Além disso, a grandeza dos trabalhos de subsolo é muito reduzida, de modo que apenas um segmento muito pequeno da jazida foi investigado. Desta forma, há necessidade de pesquisas adicionais para o bloqueio de uma reserva medida mais significativa, de modo a garantir pleno sucesso ao empreendimento que se pretende implantar na área.

Esta continuidade deve contemplar, de um lado, a extensão dos trabalhos até então desenvolvidos nos setores Pajeú e Zé Quitéria; e do outro, uma investigação que vise averiguar a continuidade do feixe mineralizado da estrutura sigmoidal, correspondente ao setor doravante designado de "Novo Ranulfo". A seguir, serão apresentadas sugestões específicas para cada um dos setores acima referidos.

### 8.1 - Setor Pajeú

Recomenda-se inicialmente investigar o nível IVb, através de sondagens de subsolo. Como já relatado, o nível pesquisado no Pajeú é, provavelmente, o IVa, existindo um nível

mais abaixo já referido por ZANINI (op.cit.). Este nível no Se tor Pajeú tem se caracterizado por sua elevada dureza, fato que dificulta sensivelmente a lavra. O nível inferior IVb tem se mostrado sempre o mais promissor, de modo que sua pesquisa é indispensável. Após sua investigação por sondagem, deverão ser projetados os trabalhos já indicados no relatório da 1ª etapa, isto é, galerias dirigidas contra o mergulho, até encontrar o nível IVb.

Afora esta investigação, é recomendável a extensão para leste das galerias níveis 520 e 537, em demanda aos eixos do feixe sigmoidal. Esta extensão deverá levar em consideração as sondagens complementares de superfície propostas mais adiante.

## 8.2 - Setor Zé Quitéria

Duas alternativas se apresentam: 1) a pesquisa dos níveis IVb e IVb<sub>1</sub> em direção ao eixo I-3/I-5 que, aparentemente passa poucos metros à leste da área atualmente aberta; 2) o acompanhamento para oeste do nível IVa (?), em direção ao eixo I-2/I-4; o eixo atravessado na altura do piquete 46, provavelmente, corresponde àquele já explotado em B-1. Sem dúvida um leque de alternativas muito interessantes se oferece em Zé Quitéria, haja vista que nele identificam-se os níveis IVb, IVb<sub>1</sub> e IVa. Além disso, identificados com precisão os eixos mineralizados, o nível III poderá ser explorado através de galerias no rumo sul-sudoeste, pois neste setor foram explotados até certa profundidade, ricos "ore shoots" através dos inclinados 2 e 3. É interessante acrescentar também que os furos 5 e 12 (seção 3) revelaram a presença de 5 níveis de skarn neste setor.

### 8.3 - Setor "Novo Ranulfo"

Por todos os dados compilados e exaustivamente expostos em capítulos anteriores, julga-se imprescindível a pesquisa em profundidade da estrutura sigmoidal que compõe os setores Vietnam e Ranulfo. Este setor só foi investigado através de um furo de sonda, o furo nº 2, que apresentou os seguintes dados essenciais (ZANINI, op.cit.): nível III aos 10 m de profundidade, associado à rocha granítica, com 10 cm de espessura e intervalo de 4 cm mineralizado em scheelita (teor estimado de 0,3 a 0,4% de scheelita); nível IVa aos 49,53 m, cerca de 11 cm de skarn decomposto não mineralizado; nível IVb aos 67,92 m, correspondendo a 4,91 m de skarn, com intervalo de 1,65 m com aproximadamente 0,3 a 0,4% de scheelita (a análise da quase totalidade da coluna, cerca de 4,48 m, apresentou um teor de 0,09% de  $WO_3$ ).

Esses dados são suficientes para comprovar a presença do nível IVb mineralizado neste setor. Dada à importância do setor "Novo Ranulfo", recomenda-se a execução de duas linhas paralelas de furos, com espaçamento de 40 m entre os furos, coincidindo com as linhas F13-F2-F1 e F6-F3. Supõe-se que o feixe de "ore shoots" aí contido possua uma largura de 150 a 200 m, mas, como visto anteriormente, a largura individual dos bolsões não ultrapassa 25 a 30 m, razão pela qual, não seria aconselhável uma distância entre os furos superior a 40 m.

Isto totaliza 10 furos, com profundidade média de 100 m; a primeira linha, com profundidades variáveis entre 80 e 100 m, e a segunda, com profundidades de 90 a 150 m.

Confirmada a boa expectativa do setor "Novo Ranulfo" através das sondagens, o desenvolvimento subterrâneo, para efeito de cubagem da reserva medida, poderia ser efetuado de

duas maneiras: 1) utilizando-se o acesso do setor Pajeú; 2) construindo-se novo acesso, centralizado em relação ao setor, neste caso um "shaft", com profundidade de aproximadamente 150 m.

A decisão sobre o sistema a ser desenvolvido deve levar em consideração que:

1 - O inclinado do Pajeú foi desenvolvido no nível IVa;

2 - Para utilizá-lo como acesso ao Novo Ranulfo, ele deveria ser estendido até a altura do furo 6, quando então atingiria uma extensão de aproximadamente 225 m.

## 9 - VIABILIDADE ECONÔMICA DA JAZIDA

### 9.1 - Considerações Preliminares

Os trabalhos de pesquisa realizados na Mina Bodó, objetivaram a delimitação de uma reserva mínima aproveitável que justificasse economicamente a retomada de produção de scheelita na área da concessão da lavra.

Para efeito de demonstração da viabilidade econômica da jazida, a análise será baseada no somatório das reservas medida e indicada que totalizaram 362.755 t de minério com um teor médio de 0,52% de  $WO_3$ .

A mineralização está contida em 4 níveis de tactitos de espessura variável de 0,18 a 4,72 metros, concentrada ao longo dos eixos de dobramentos com plunge suave em torno de  $18^\circ$ , possibilitando a implantação de uma lavra subterrânea pelo método de câmaras e pilares ("open stope").

O desenvolvimento vertical seria feito por meio de inclinado ou "shaft" construído "down the dip", de onde se faria desenvolvimento horizontal utilizando galerias de nível conectadas ao mesmo para acesso à superfície.

A exploração seria feita pela abertura sistemática de galerias longitudinais e transversais ao "plunge", sendo o minério desmontado a partir das galerias de nível. Pilares seriam deixados a intervalos, para sustentação do teto.

As reservas dimensionadas comportariam para uma recuperação de 80% na lavra, uma escala de produção de 100 tpd de minério num período de aproximadamente 10 anos.

Apesar de não terem sido realizados ensaios de beneficiamento, a fase anterior de produção da mina permite admitir que se obtenha um concentrado de 70%  $WO_3$  por meio de pro

(\*) Para efeito de demonstração da exequibilidade da lavra, será considerado o desenvolvimento vertical através de "shaft".

cessos gravimétricos tradicionalmente utilizados na região, numa planta com taxas de recuperação de 80%.

No estudo de viabilidade econômica, serão considerados também os encargos decorrentes do financiamento, obtido para execução da pesquisa nas seguintes condições: dívida do principal: 66.714 ORTN (Cr\$ 83 milhões a preços de outubro/81); juros: 3% a.a.; amortização: 12 anos; cota de risco: 0,3.

## 9.2 - Custos de Lavra e Beneficiamento

Com base na bibliografia, nos relatórios técnicos e informações obtidas junto às empresas que operam na região, podem ser estimados os seguintes custos anuais de lavra e beneficiamento, a preços de outubro/81, para uma produção de 100 tpd de minério:

Pessoal .....	Cr\$	47 x 10 <sup>6</sup>
Energia elétrica .....	Cr\$	24 x 10 <sup>6</sup>
Explosivos .....	Cr\$	17 x 10 <sup>6</sup>
Combustíveis e lubrificantes....	Cr\$	1 x 10 <sup>6</sup>
Peças de reposição .....	Cr\$	2 x 10 <sup>6</sup>
Escoramento .....	Cr\$	1 x 10 <sup>6</sup>
Subtotal.....	Cr\$	92 x 10 <sup>6</sup>
IUM .....	Cr\$	24 x 10 <sup>6</sup>
Transporte .....	Cr\$	1 x 10 <sup>6</sup>
Total .....	Cr\$	117 x 10 <sup>6</sup>

## 9.3 - Investimentos

### 9.3.1 - Inversões em Pesquisa

Visando ampliar o conhecimento da reserva indicada a

nível de reserva medida, seriam necessários os seguintes trabalhos adicionais de pesquisa:

Sondagens	- 1.000 m	Cr\$ 18 x 10 <sup>6</sup>
Shaft	- 150 m	Cr\$ 20 x 10 <sup>6</sup>
Galerias	- 1.500 m	Cr\$ 57 x 10 <sup>6</sup>
Chaminés	- 340 m	Cr\$ 12 x 10 <sup>6</sup>
Topografia	- 10 km	Cr\$ 6 x 10 <sup>6</sup>
Análises químicas	- 500 u	Cr\$ 1 x 10 <sup>6</sup>
Total...		Cr\$ 114 x 10 <sup>6</sup>

### 9.3.2 - Inversões na Mina e no Engenho de Beneficiamento

Com base na bibliografia e nas plantas instaladas na região, podem ser estimadas as seguintes inversões para implantação de uma mineração para 100 tpd de minério de scheelita:

- Equipamentos da mina .....	Cr\$ 25 x 10 <sup>6</sup>
- Equipamentos e instalações do engenho de beneficiamento.....	Cr\$ 25 x 10 <sup>6</sup>
- Gerais (construções, água, energia)..	Cr\$ 12 x 10 <sup>6</sup>
- Eventuais .....	Cr\$ 6 x 10 <sup>6</sup>
- Projeto, consultoria .....	Cr\$ 3 x 10 <sup>6</sup>
- Gerência, supervisão .....	Cr\$ 6 x 10 <sup>6</sup>
Total...	Cr\$ 77 x 10 <sup>6</sup>

### 9.3.3 - Capital de Giro

As necessidades de capital de giro são estimados em 15% dos custos anuais, atingindo um valor aproximado de Cr\$. 18 milhões.

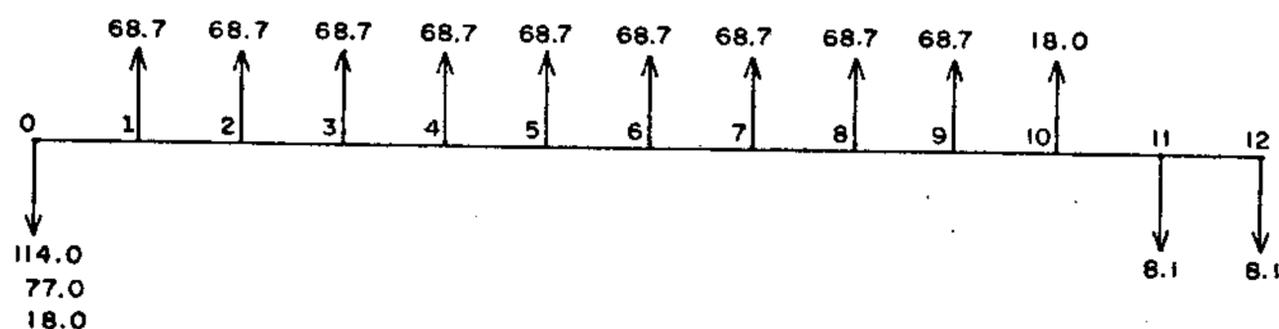
### 9.4 - Operação

O fluxo operacional anual comportaria os itens a seguir calculados:

- Receitas * = (30.000 x 0,52%) x 0,80 x 1.595,00.	= Cr\$	199 x 10 <sup>6</sup>
- (-) Custos - item 2 .....	= Cr\$	117,0 x 10 <sup>6</sup>
- Lucro bruto .....	= Cr\$	82,0 x 10 <sup>6</sup>
- (-) Encargos financeiros		
Amortização financiamento.....	= Cr\$	6,9 x 10 <sup>6</sup>
Juros (média anual) .....	= Cr\$	1,2 x 10 <sup>6</sup>
Cota de risco (1,8 t de WO <sub>3</sub> ).....	= Cr\$	2,9 x 10 <sup>6</sup>
- Lucro antes do Imposto de Renda .....	= Cr\$	71,0 x 10 <sup>6</sup>
- (-) Depreciação .....	= Cr\$	9,7 x 10 <sup>6</sup>
- (-) Amortização custo pesquisa .....	= Cr\$	14,9 x 10 <sup>6</sup>
- (-) Exaustão .....	= Cr\$	39,8 x 10 <sup>6</sup>
- Lucro tributável .....	= Cr\$	6,6 x 10 <sup>6</sup>
- Imposto de Renda .....	= Cr\$	2,3 x 10 <sup>6</sup>
- Lucro após Imposto de Renda .....	= Cr\$	68,7 x 10 <sup>6</sup>

### 9.5 - Fluxo de Caixa e Análise Econômica

Com os dados dos Investimentos e do custo operacional seria montado o fluxo de caixa para 10 anos de operação da mina e 12 anos de liquidação da dívida do financiamento:



(\*) Considerado o preço de Cr\$ 145/mtu de WO<sub>3</sub> e o câmbio a US\$ 1.00 = Cr\$ 110,00.



Calculando-se o fluxo de caixa, obtem-se o valor atual de + Cr\$ 37,0 milhões para juros de 25% a.a. e - Cr\$ 2,3 milhões para juros de 30% a.a. Por interpolação, obtem-se a taxa de retorno de 29,7% a.a. sobre o capital investido, justificando economicamente o aproveitamento da jazida.

10 - BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, S.C. & ANDRADE, F.S. - Relatório de pesquisa da jazida de scheelita Bodó - Município de Santana do Matos, Rio Grande do Norte. Cerro Corá, 1946. 16 f. il. (Relat. datil.).
- MELLO, A.A. de - Geologia e aspectos econômicos das Minas Bodó e Riachão, Estado do Rio Grande do Norte. Jornal do Clube de Mineralogia, 2(7/9): 116, jul./set. 1961.
- PIRES, Paulo Roberto Rabelo - Relatório de reavaliação de reservas da Mina Bodó. Processo DNPM 894/44. Recife, Mineração Sertaneja S.A., 1971. 4 f. il. (Relat. datil.).
- ROY, P.L. - Estudos das jazidas de scheelita do RN e PB; sobre a mineralização scheelitífera da auréola de metamorfismo do maciço de Queimada - Município de Santana do Matos, RN. Recife, SUDENE-Div. de Geologia, 1966. 50 p. il. (BRASIL. SUDENE. Série Geologia Econômica, 4).
- U.S. BUREAU OF MINES/U.S. GEOLOGICAL SURVEY - Principles of the Mineral Resource Classification System of the U.S. Bureau of Mines and U.S. Geological Survey, Washington, Geol. Surv. B., 1450-A, 1976, pp. A1 - A5.
- ZANINI, Luiz Fernando P. - Projeto reavaliação das reservas de scheelita da Mina Bodó - 1ª etapa - Município de Santana do Matos - RN. Relatório de mapeamento geológico. Recife, CPRM, BODOMINAS Metalurgia e Indústria S.A., 1979. 62 f. il. (Relat. inédito).



ZEPERNICK, E. - Bergwerksfeld Bodó. Grubenbaue im Zentralteil.  
Mineração Sertaneja S.A., 1969. Escala 1:750.

ZEPERNICK, E. - Geologische karte des Bergwerksfeldes Bodó.  
Mineração Sertaneja S.A., 1969. Escala 1:750.

LEGENDA DAS FOTOS

- FOTO 1.- Sinforme revirada isoclinal da fase  $F_1$ , exibindo núcleo de xisto envolvido por skarn. Setor Vietnam, nas proximidades dos antigos desmontes denominados de "Olimpio".
- FOTO 2 - Microdobramentos recumbentes da fase  $F_1$  em gnaisses do "Corte 2"; note-se charneiras agudas e limbos planos, além de certo espessamento das bandas leucocráticas ao longo das charneiras.
- FOTO 3 - Dobramento flexural suave da fase  $F_3$  em skarn do setor Ranulfo (plunge do eixo mergulhante de  $11^\circ/180^\circ$ ). Observe-se o desenvolvimento de uma espaçada clivagem de fratura simétrica em relação ao plano axial.
- FOTO 4 - Dobramento assimétrico da fase  $F_3$  em gnaisses do setor Vietnam, exibindo clivagem de plano axial e microdobramento nas faixas incompetentes.
- FOTO 5 - Detalhe do contato parcialmente discordante do leucogranito com os gnaisses no setor Vietnam.
- FOTO 6 - Visão panorâmica do setor Vietnam, exibindo uma antiforme da fase  $F_3$ , com núcleo de xisto envolvido por skarn.
- FOTO 7 - Entrada do Inclinado I, desmonte J. Antonio, mostrando endoskarn desenvolvido no contato do xisto com o leucogranito.
- FOTO 8 - Banda de endoskarn com aproximadamente 40 cm de espessura, localizada aproximadamente no desmonte denominado de B-6 ("Moreira").

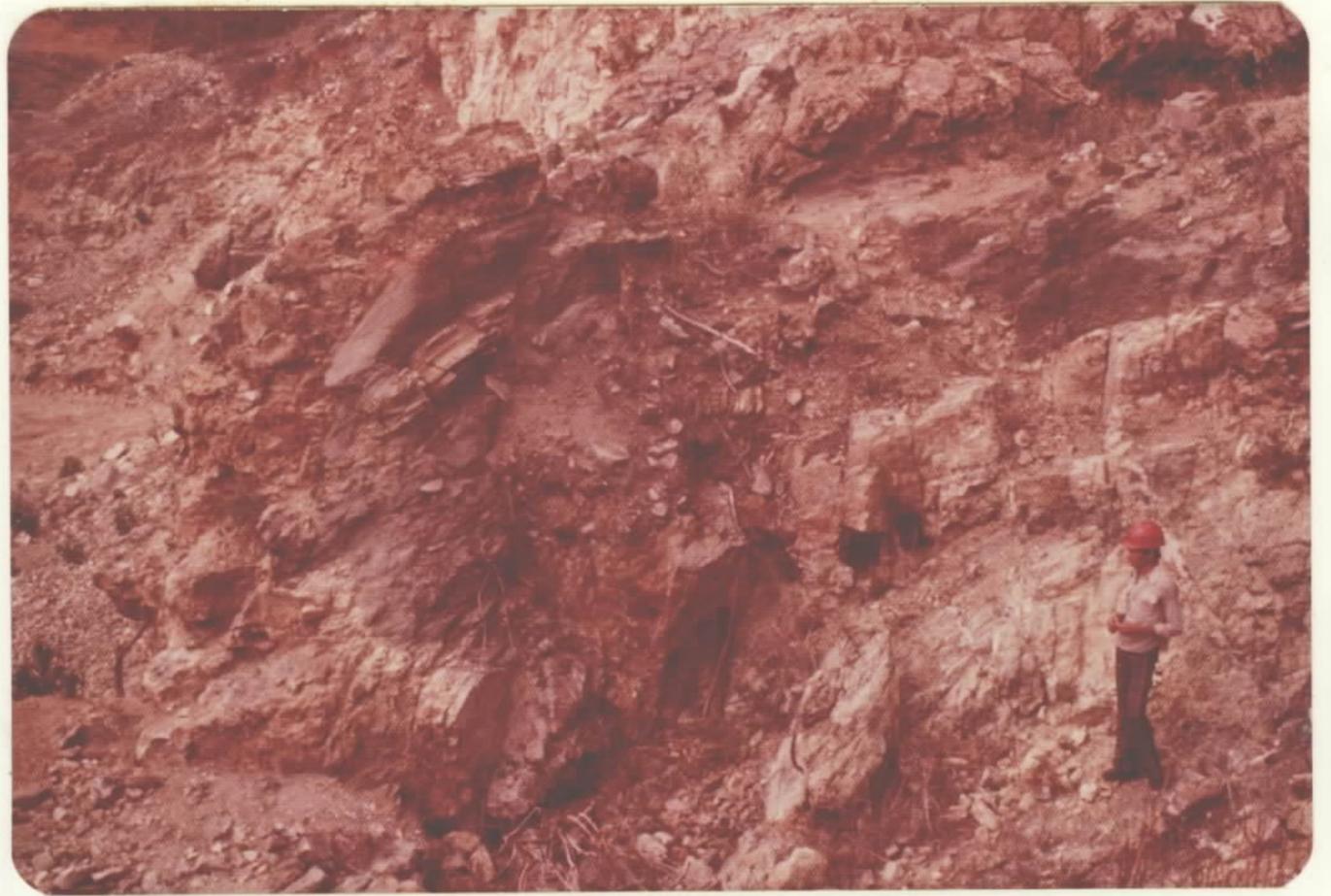


Foto 1



Foto 2



Foto 3



Foto 4

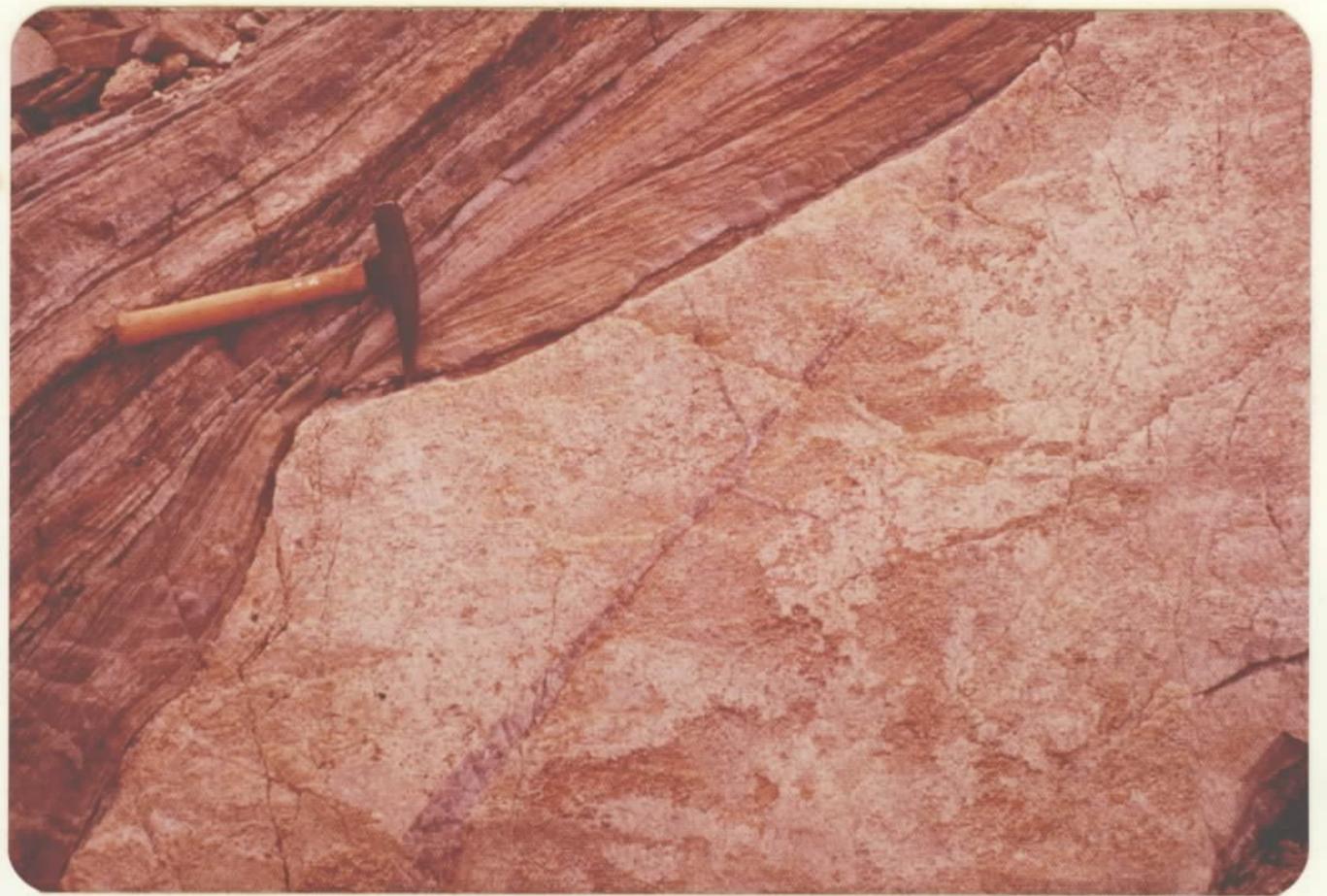


Foto 5



Foto 6



Foto 7

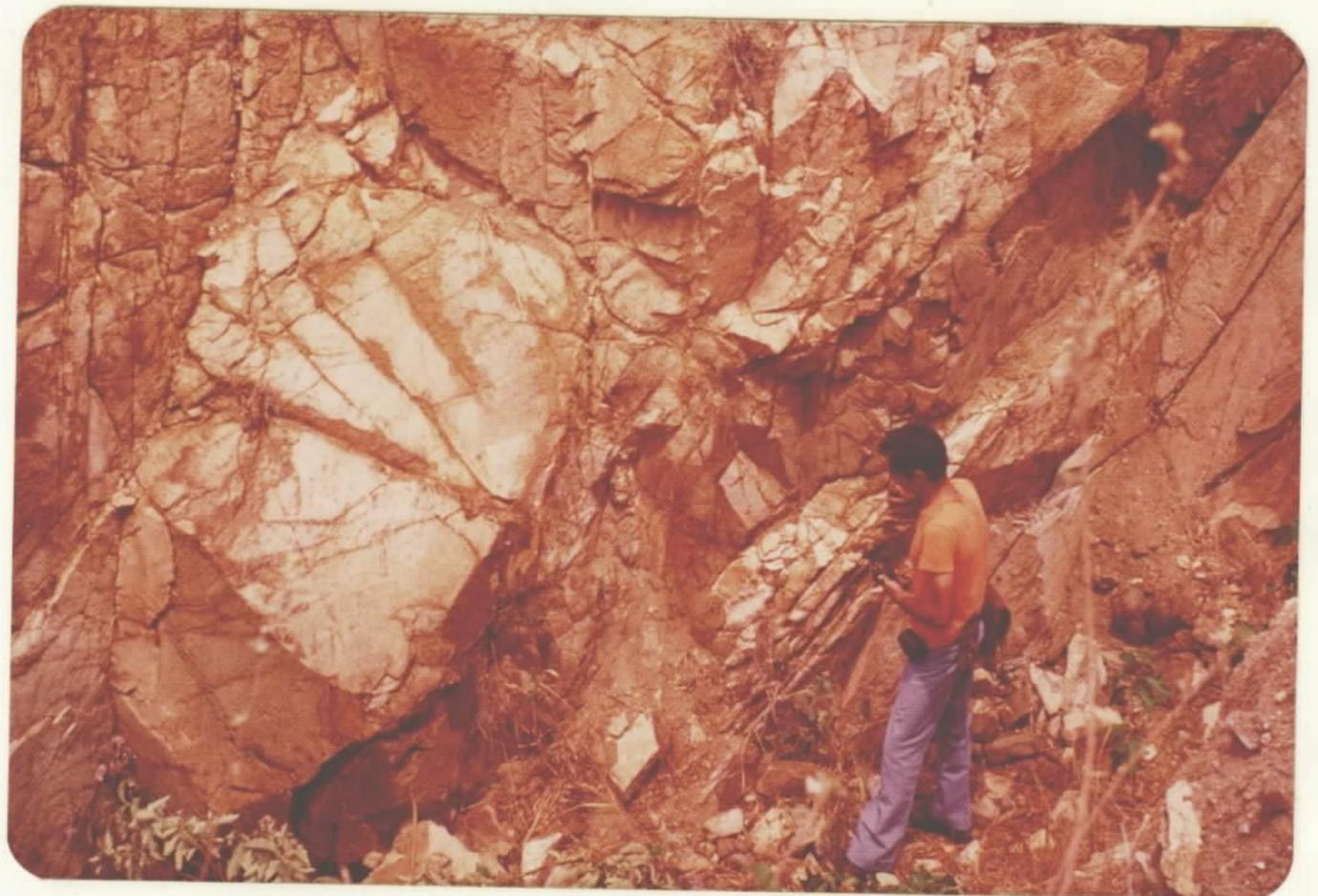


Foto 8