MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA
DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL
CONVÊNIO ONPM-CPRM

PROJETO GEOFÍSICA EXPERIMENTAL NA ÁREA DA FLUORITA EM SANTA CATARINA

RELATÓRIO FINAL

Eudes Prado Lopes
José Alcides Fonseca Ferreira

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
DIRETORIA DE OPERAÇÕES
AGÊNCIA PORTO ALEGRE

1975

SUREMI
SEDOTE
ARQUIVO TÉCNICO
OSTENSIVO

PHL
008069
2006

CPRM

Auxiliares técnicos:

Prospector Floro de Menezes Filho
Técnico em Mineração Álvaro Souza
Desenhista Ronaldo Barberena Rodrigues

ÍNDICE

	Pág.
1. INTRODUÇÃO	1
2. TOPOGRAFIA	3
3. GEOLOGIA	6
3.1 - Geologia Regional	6
3.2 - Geologia Local	9
3.2.1 - Quartzo-Monzonito Morro da Fumaça	10
3.2.2 - Riolito Linha Torrens	11
3.2.3 - Sub-Grupo Itararé	12
3.3 - Jazimentos de Fluorita	13
4. GEOFÍSICA	18
4.1 - Magnetometria	18
4.1.1 - Introdução	18
4.2 - Instrumentos de Medidas	18
4.3 - Redução dos Dados	19
4.4 - Interpretação	20
5. TURAM	21
5.1 - Introdução	21
5.2 - Princípio de Funcionamento	23
5.3 - Instrumentos de Medida	23
5.4 - Redução dos Dados	24
5.5 - Interpretação	25
6. AFMAG	27
6.1 - Introdução	27
6.2 - Princípio de Funcionamento	27

Pág.

6.3 - Instrumento de Medida 28
6.4 - Operação de Campo 28
6.5 - Interpretação 29

7. ELETRORESISTIVIDADE 31
7.1 - Introdução 31
7.2 - Instrumentos de Medidas 32
7.3 - Interpretação 33

8. CONCLUSÕES GERAIS E RECOMENDAÇÕES 38

9. BIBLIOGRAFIA 40

ANEXOS 42

1. INTRODUÇÃO

A região sudeste de Santa Catarina é da maior importância no que se refere à produção e reservas de fluorita no país.

Várias jazidas e ocorrências são conhecidas, sendo que as mais importantes estão situadas no Município de Morro da Fumaça, onde se localiza o Projeto que deu origem ao presente relatório.

A fluorita aparece preenchendo fraturas em rochas graníticas. Embora muitas destas fraturas sejam reconhecidas no campo ou através de fotografias aéreas, é provável que em grande parte estejam recobertas por sedimentos recentes ou, principalmente, pelas litologias do Sub-Grupo Itararé. Devido a isto, trabalhos de pesquisa até agora realizados, mapeamento geológico, trincheiras, poços, sondagens e galerias, se ressentiram de uma maior precisão quanto à locação das estruturas favoráveis à mineralização.

Em função deste quadro o Departamento Nacional da Produção Mineral programou o Projeto Geofísica Experimental da Fluorita, visando a orientar a iniciativa privada quanto ao método ou métodos geofísicos que conduzam a resultados mais rápidos e a custos mais baixos na localização de depósitos de fluorita.

A execução dos trabalhos ficou a cargo da CPRM, com o prazo previsto de quatro meses para levá-los a termo.

Os métodos indicados e efetivamente

testados foram magnetometria, Turam, AFMAG e eletroresis-
tividade.

2. TOPOGRAFIA

O levantamento topográfico foi executado com teodolito marca Kern, modelo K1-RA, do tipo auto-redutor, e mira falante. O norte verdadeiro foi obtido pelos técnicos da Mineração Santa Catarina que o determinaram por posições astronômicas do sol.

A linha base foi orientada segundo a direção da projeção do filão encontrado por sondagens pelos técnicos da Mineração N. S. do Carmo. Nesta direção (N19°28'E verdadeira; N27°36'E magnética; declinação 08° 08'), lançaram-se piquetes a cada 50m, num total de 13, firmementes fincadas e pintados de vermelho com sua identificação em algarismos brancos.

A partir dos piquetes ímpares da linha base, em número de sete, lançaram-se perfís com estações a cada 25m, num total de 12 de cada lado, perfazendo 600 metros; a partir dos pares lançaram-se perfís com estações no mesmo espaçamento num total de 6 para cada lado, perfazendo 300 metros. Os piquetes dos perfis foram pintados de branco com algarismos em vermelho, e numerados a partir da origem (linha base) para ambos os lados, noroeste e sudeste. Em alguns poucos casos o espaçamento de 25m não pôde ser mantido por acidentes no terreno, tais como riacho, estrada, etc. No mapa estão representados estes diferentes espaçamentos, na escala usada.

Usou-se como cota base a mesma empregada nos trabalhos da Mineração Nossa Senhora do Carmo, a qual é arbitrariamente tomada como zero para a boca do poço de extração de minério desta Companhia.

Aproximadamente 60% da área do projeto geofísico está coberta por levantamento plani-altimétrico na escala 1:500 pela Mineração Nossa Senhora do Carmo. Usamos este fato para comparar as cotas do presente levantamento com aquelas em cinco pontos estaqueados e distribuídos de modo arbitrário na área. As diferenças achadas foram todas inferiores a 5cm, o que nos levou a considerar o fechamento vertical perfeitamente dentro dos limites especificados para o trabalho.

Para calcular as coordenadas UTM dos vértices do polígono, usamos um ponto identificável no terreno, assinalado nos mapas de escala 1:10.000 executados pela Geofoto para a extinta Comissão do Plano do Carvão Nacional (Folha nº 63, designada "Folha Linha da Torre"). A partir das coordenadas do ponto - um canto de cerca junto a uma curva da estrada de coordenadas EW:669,657 km e NS:6832,196 km - calculamos, no nosso mapa 1:1.000, as coordenadas dos quatro vértices do polígono e obtivemos os seguintes valores:

	E W		N S
Est. XIII - 12 - SE	- 670,139 km	-	6832,111 km
Est. XIII - 12 - NW	- 669,572 km	-	6832,310 km
Est. I - 12 - SE	- 670,336 km	-	6832,676 km
Est. I - 12 - NW	- 669,770 km	-	6832,873 km

Ao retornarmos com estes valores para o mapa 1:10.000, verificamos que o erro máximo de distância horizontal era de 3m em 600m, portanto abaixo dos limites especificados, mesmo sem levarmos em consideração que a passagem de uma escala para outra introduz erros que independem da precisão do levantamento propriamente dito.

Com as estações da linha base e dos

perfis, cotados e locados na escala 1:1.000, desenhamos as curvas de nível com intervalo de 2,5m, e os principais acidentes topográficos. Neste mapa assinalamos a posição do prédio onde se encontram as instalações de flotação da Mineração Nossa Senhora do Carmo, como principal ponto de referência.

3. GEOLOGIA

3.1 - Geologia Regional

A região sul-catarinense temsido desde longa data objeto de inúmeros trabalhos de investigação geológica, tanto de seus tipos sedimentares (Bacia do Paraná) quanto das rochas ígneas que aí ocorrem, devido às suas apreciáveis reservas minerais, em franca explotação.

As considerações sobre geologia regional, que aqui apresentamos, são tomadas destes trabalhos, com o fito de propiciar um esboço geológico onde se possa situar a pequena área que foi objeto de nosso levantamento geofísico detalhado.

Geomorfologicamente a região caracteriza-se pela passagem de uma planície costeira com vários quilômetros de largura, grande cobertura de sedimentos recentes, fluviais, lagunares, interdigitados com marinhos praiais, para uma região de colinas baixas, com inclinação suave, com algumas planícies aluviais extensas intercaladas. Ocasionalmente estas "ilhas" de afloramento de rochas do embasamento, com cobertura ou não por sedimentares da Bacia do Paraná, alcançam altitudes de até 500 m acima do nível do mar. Para noroeste vai aumentando a espessura do pacote sedimentar, se fazendo presente grande quantidade de *sills* e diques de diabásio, até chegarmos aos contrafortes da Serra Geral, com uma grande espessura de rochas basálticas, determinando um nítido contraste geomorfológico.

Estratigraficamente temos um complexo

granítico pré-cambriano, como parte integrante da unidade maior conhecida como Complexo Cristalino Brasileiro. Compreende inúmeros tipos litológicos mas se mantêm no domínio das rochas ígneas sub-saturadas, além de corpos intrusivos associados. Dentre os tipos citados, temos granitos de granulação grosseira a pegmatóide, como o granito Pedras Grandes e quartzo-monzonito Morro da Fumaça; de granulação média como o granito Jaguaruna e granodiorito Tubarão; de granulação fina como o microgranito Pindotiba.

Os tipos grosseiros de um modo geral possuem colorações róseas e os mais finos, colorações acinzentadas.

Os corpos intrusivos, aplíticos e pegmatíticos, são de pequena expressão, aparecendo com maior realce o riolito Linha Torrens.

Dedicaremos posteriormente uma atenção especial ao quartzo-monzonito Morro da Fumaça e riolito Linha Torrens, por ocorrerem na área ou próximo a ela.

Repousando discordantemente sobre o embasamento temos as rochas sedimentares da bacia do Paraná. Na sua base temos o Grupo Tubarão, subdividido em Sub-Grupo Itararé, inferior, representado por diamictitos, arenitos muito finos a grossos e siltitos varvíticos. Logo acima foi depositada a Formação Rio Bonito, do Sub-grupo Guatá, que na sua parte basal é constituída por arenitos finos a médios, quartzo-feldspáticos, com alguns leitos muito grosseiros, contendo partículas tamanho grânulo.

Superpostas a estas unidades aparecem as demais formações da Bacia do Paraná até os derrames ba-

sálticos da Serra Geral, as quais não ocorrem na área em questão, não sendo por isso aqui mencionadas. É conveniente apenas citar o grande número de intrusões, concordantes ou discordantes, de diabásios, que se fazem presentes em toda a região, de origem associada aos derrames basálticos.

Finalizando, temos sedimentos inconsolidados ou parcialmente consolidados dos períodos Terciário e Quaternário, destacando-se nos últimos as espessas acumulações da planície costeira.

A tectônica regional é predominantemente de fraturas, podendo ser distinguidos três períodos de movimentação intensa: durante o Pré-cambriano, quando se deu o *emplacement* das rochas graníticas; no início do Paleozóico; e no fim do Mesozóico, caracterizado pela erupção de lavas basálticas. As últimas movimentações causaram o aparecimento de novas estruturas e a reativação das anteriormente formadas. O quadro final nos mostra um diastrofismo do tipo germanótipo, o qual se caracteriza especialmente por estruturas falhadas em fossa e muro, sendo os esforços predominantes de distensão, com falhas diretas e sem dobramentos que não os associados a estas falhas. Foi favorecido o aparecimento de falhas e juntas abertas, por onde puderam penetrar facilmente magmas e fluídos hidrotermais.

Duas direções principais podem ser identificadas: a primeira, chamada "Direção Gonduânica da Bacia do Paraná", com falhamentos N-S e N20^{o}E, de grande extensão, afetando sedimentos gonduânicos e prosseguindo pelo Complexo Granítico. Mostram brechas, riolitos brechados, veios de quartzo e pequenas ocorrências de fluori-

ta. Secundariamente, aparecem outras direções de falhamento, por vezes com grande extensão e rejeito, mas confinados, ao que nos é dado conhecer, às rochas sedimentares. Este é o sistema mais jovem na região.

A segunda, chamada "Direção do Embasamento", que afeta apenas parcialmente as rochas gonduânicas por reativação, e é mais conspícua onde afloram rochas do Complexo Granítico. Muitas destas são fraturas tensionais abertas, estando atualmente preenchidas por veios de fluorita, calcedônia e quartzo. Provavelmente este preenchimento se deu quando da reativação destas falhas pelo tectonismo que propiciou os derrames basálticos.

Dois grupos são identificados neste último conjunto: falhas e fraturas escalonadas preenchidas por veios de fluorita e calcedônia, ou estéreis, com direções N20° a 70°E e fraturas normais a estas direções, com preenchimento por diques de riólito (riolito Linha Torrens), ou de diabásio.

3.2 - Geologia Local

A área escolhida para a tomada das medidas geofísicas situa-se ao sul de onde se encontram as principais minas em atividade na região, desenvolvidas sobre o mesmo filão, o de maior expressão como fonte de fluorita.

Especialmente a área onde se lavra atualmente foi objeto de inúmeros trabalhos de superfície e sub-superfície, estes através de sondagens e estudos das exposições nas aberturas subterrâneas. Assim temos um

grande volume de dados para caracterizar os tipos litológicos ocorrentes na área enfocada pelos trabalhos geofísicos. Esta área tem uma topografia ondulada com colinas de ângulos suaves no topo das quais ocorrem sedimentos do Subgrupo Itararé. Somente ao longo da drenagem principal que atravessa parte da área, aflora o quartzo-monzonito Morro da Fumaça. A vegetação é de gramíneas na maior porção, havendo uma mata de médio a grande porte, no lado sudeste, e pequenos capões espalhados em toda a área. Os solos são relativamente espessos havendo poucas exposições de rocha fresca.

Descrevemos a seguir as unidades de rocha que ocorrem dentro da área ou próximo a ela:

3.2.1 - Quartzo-monzonito Morro da Fumaça

Mesoscopicamente é uma rocha granular muito grosseira, secundariamente porfirítica e por vezes pegmatóide; cristais anédricos a sub-édricos de feldspatos róseos e em menor quantidade acinzentados; quartzo anédrico, incolor; biotita é o máfico mais abundante, por vezes muito concentrado.

Microscopicamente aparecem feldspatos alcalinos do tipo microclínio, com inclusões de plagioclásios, os quais também aparecem individualmente, do tipo oligoclásio. Os feldspatos perfazem 60 a 70% da composição da rocha. Quartzo anédrico, com extinção ondulante. Biotita é subessencial (<10%). Acessórios são esfeno, apatita, epidoto, zircão e óxido de ferro.

Algumas características microscópicas

são indicadoras dos esforços tectônicos que atuaram sobre esta rocha, extinção ondulante do quartzo, lamelas de maclas dos plagioclásios deformadas, biotita formando aglomerados com epidoto e opacos. Ocasionalmente a rocha se mostra como um cataclasito ao longo de fraturas.

Um aspecto interessante é oque ocorre nas paredes dos veios,preenchidos hidrotermalmente por fluorita e/ou calcedônia ou mesmo totalmente estéreis, por efeito dos fluídos mineralizantes. Comentaremos estes efeitos em detalhe ao descrevermos as condições de jazimento da fluorita.

3.2.2 - Riolito Linha Torrens

Nas proximidades da área em estudo aparece um dique do riolito denominado Linha Torrens, do qual existem várias ocorrências na região de Morro da Fumaça. O dique que nos interessa, por sua proximidade, é o de maior expressão por sua extensão e largura, estando bem visível nas fotografias aéreas, em forma de uma crista alongada. Sua espessura vai de 4 a 10m e extensão até 1.000 metros, estando totalmente encaixado no quartzo-monzonito Morro da Fumaça. É vertical e tem direção N35^{o}W aproximadamente.

Sua idade provável situa-se no Eo-Paleozóico, se considerarmos que são correlacionáveis com unidades semelhantes encontradas no R.G. do Sul, norte de Santa Catarina e Paraná.

3.2.3 - Sub-grupo Itararé

As rochas sedimentares desta unidade estratigráfica estão conhecidas nesta região através do grande número de furos de sonda testemunhados e descritos para a pesquisa de carvão. Sua espessura varia de poucos metros até 40m, sendo que a média é de 20m aproximadamente. Repousa discordantemente sobre o Complexo Granítico, sendo freqüentes os conglomerados basais com seixos de granito em matriz sedimentar. Sua atitude é sub-horizontal, salvo nas proximidades de falhamentos com rejeitos significativos, onde há acomodação das camadas, com fortes mergulhos locais. Sua litologia compreende arenitos finos cinza e esbranquiçados, com algum cimento carbonático, micáceos, imaturos, mostrando lâminas de siltito cinza escuro; siltitos intensamente laminados paralelamente, com alternância de lâminas claras e escuras, dando aspecto varvítico ao conjunto, e raramente apresentando seixos pingados; diamictitos, com matriz síltico - arenosa ou arenítica grossa, com grânulos e seixos de quartzo-feldspatos ou de fragmentos de rocha, quase sempre para-conglomerados com matriz predominando sobre o arcabouço, tendo grãos angulosos e são mal classificados, denunciando imaturidade. Seu contato superior com a formação Rio Bonito é transicional ou interdigitado, sendo usado o critério de que o primeiro (de cima para baixo) siltito varvítico com fragmentos imersos determina o contato.

Além desses, é conveniente mencionar os pequenos depósitos aluviais que cobrem, em parte, os afloramentos de quartzo-monzonito ao longo da drenagem principal da área, que é um pequeno curso d'água quase seco nos meses de estiagem.

3.3 - Jazimentos de Fluorita

Os jazimentos de fluorita da região possuem as características gerais de todo o distrito mineiro. Especialmente aquele da Segunda Linha Torrens, por ser de maior expressão, foi estudado em detalhe.

Os veios de fluorita ocorrem como preenchimento de fraturas, por deposição gradual de fluídos de baixa temperatura. As fraturas mineralizadas estão em direções que variam de N-S a N60°E, relacionadas à anteriormente designada Direção do Embasamento. No filão da Segunda Linha Torrens a direção é N36°E, sofrendo uma inflexão para o sul a partir do poço de extração da Mineração Nossa Senhora do Carmo, e tal como é conhecido pelos furos de sonda, que o atingiram na área deste projeto, possui direção N19°E. Encontram-se pequenos veios de fluorita em fraturas aproximadamente normais ou com altos ângulos em relação às principais, mas até agora não foi localizado nenhum com expressão econômica. Um exemplo destes é o pequeno filonete mostrado no (Anexo 2), atualmente encoberto por rejeitos de escavações.

O mergulho dos corpos é de 80° a 90°, para NW. Seu comprimento vai a algumas centenas de metros, embora, com a descoberta da continuidade para sul, o filão Segunda Linha Torrens, atinja mais de 1 km, com intercalações estéreis (somente calcedônia e alteração hidrotermal).

Em profundidade, o filão já foi explorado parcialmente até o nível 150 pela Mineração Nossa Senhora do Carmo (cota 0 na boca do poço de extração).

A largura dos veios vai de alguns cm a 8,0m, no local de maior possança, ficando a média do filão Segunda Linha Torrens entre 4 e 5 metros.

Sua forma é a de lente biconvexa, havendo alargamentos, estreitamento e locais onde o filão subdivide-se para tornar-se único novamente alguns metros adiante.

A mineralogia dos filões é extremamente simples, sendo os componentes essenciais fluorita, com mais de 70%, calcedônia e quartzo perfazendo o restante. Podem ainda ser encontrados traços de pirita, limonita e hidalgoíta.

A fluorita aparece nas cores roxa, verde-escura, verde-clara, rosa, amarela e incolor. Há um nítido zoneamento simétrico dentro do veio, quanto à coloração, estruturas, textura e componentes minerais. Pode-se distinguir três zonas a partir da parede para o centro, o que se repete de um lado e do outro do filão:

Zona próxima às paredes - Fluorita em cores verde e roxa, cristais largos ou aciculares, perpendiculares às paredes, raros cristais com tendência a octaedria, geralmente verdes, forma colunar crustificada.

Zona intermediária - Fluorita maciça, de granulação fina sob a forma de agregados compactos de pequenos cristais ou fragmentos destes. Cores verde-claro e amarelo predominantes. Estruturas em pente na passagem para as outras zonas.

Zona central - Fluorita cristalina e grosseira, com grande número de cavidades forradas de cristais euédricos, por vezes muito bem desenvolvidos, de cores branca e amarela. Quartzo cristalino, euédrico, incolor, por vezes reco-

brindo fluorita incolor (via de regra denominada como fluorita "branca"). Pirita disseminada em massas anédricas ou pequenos cristais cúbicos; altera-se a limonita manchando a fluorita em cores alaranjadas. A hidalgoíta aparece como massas esbranquiçadas de argilas plásticas nas cavidades da zona central.

Comum às três zonas é a calcedônia, em fitas paralelas, com poucos centímetros de espessura, que pela sua cor esbranquiçada e fratura conchoidal é conhecida na região como "pedra osso".

As soluções hidrotermais ascendentes responsáveis pela mineralização da fluorita provocaram nas paredes do filão uma alteração químico-mineralógica muito evidente. Pela composição petrográfica de uma lâmina de rocha fresca e outra da salbanda do veio foi possível verificar as seguintes transformações: a) dessilicificação da rocha encaixante, com diminuição no teor de microclínio na rocha alterada hidrotermalmente; b) albitização da rocha alterada, cujo plagioclásio original era oligoclásio, passando a albita + oligoclásio na rocha alterada; c) cloritização da biotita; d) epidotização, com aumento do teor destes minerais, dos quais se encontram em muito pequena quantidade na rocha inalterada.

Mesoscopicamente é muito fácil identificar a rocha afetada por alteração, devido às suas tonalidades esverdeadas, certamente provocadas pela presença de clorita e epidoto.

Admite-se que grande parte do quartzo e calcedônia encontrados como ganga no filão de fluorita sejam originários da rocha encaixante pela sua dessilici-

ficação.

As datações efetuadas pelos métodos Rb/Sr e K/A, sobre um dique de diabásio cortado pelo filão de fluorita indicam 80 a 120 milhões de anos, para seu aparecimento, portanto idade cretácea.

Este fato reafirma a hipótese anterior de TEIXEIRA, C.A.S., de que as mineralizações teriam ocorrido relacionadas ao tectonismo que propiciou os derrames basálticos da Formação Serra Geral, quando ocorreu fraturamento das rochas e reativação das fraturas pré-existentes, determinando o aparecimento de canais para os fluídos ascendentes. Dois fatos geológicos já apontavam neste sentido, quais sejam: a ocorrência de pequenos veios de calcedônia, com ou sem vênulos de fluorita, penetrando a parte basal do Itararé; o veio de fluorita corta o riolito Linha Torrens, de idade Eo-Paleozóica, como já vimos. Baseado nestas evidências TEIXEIRA, C.A.S. propôs inicialmente o fim do Paleozóico como época de aparecimento da fluorita, tendo as datações posteriormente efetuadas deslocado esta época para o Cretáceo.

O fato de não se encontrar nenhum depósito de possança significativa nas rochas sedimentares do Sub-grupo Itararé deve-se provavelmente ao comportamento mecânico destas rochas, que não propiciam o aparecimento de fraturas abertas.

Baseando-se na paragênese do filão, suas estruturas e textura, alteração das rochas encaixantes, fica evidenciada a origem hidrotermal destas jazidas, de baixa a média temperatura.

Corroborando esta origem temos a existência de inúmeras fontes de águas termais, nas proximidades de ocorrências de fluorita, as quais seriam manifestações finais do processo hidrotermal. São águas bicarbonatadas, cloretadas e sulfatadas com temperatura media de 35° a 36°C.

Um fato significativo do ponto de vista de aplicação de métodos geofísicos elétricos, é a grande quantidade de água que percola ao longo da fratura onde se encaixa o filão, inclusive causando problemas aos trabalhos de lavra subterrânea. Estas águas têm composição química semelhante às das fontes termais citadas acima, sendo,portanto, salinas e condutoras de eletricidade. Este fato é a causa provável dos baixos valores de resistividade encontrados ao longo da direção do filão.

4. GEOFÍSICA

4.1 - Magnetometria

4.1.1 - Introdução

Em direção perpendicular à linha base, e distante entre si de 100m, foram levantados perfis magnetométricos com estações de 25 em 25m e feitas 181 medições magnéticas.

Todo trabalho de campo foi completado em dois dias de operação, incluindo-se as repetições de leituras para correção das variações horárias.

Não foram medidas as suscetibilidades das rochas em afloramentos.

4.2 - Instrumentos de Medidas

Utilizou-se um magnetômetro portátil, modelo G-816 da Geometrics, que utiliza o princípio da precessão do *Spin* do próton ou núcleo do hidrogênio. Este magnetômetro não necessita nivelamento e dá valores do campo total, medidos digitalmente, com aproximação de uma gama.

O aparelho é provido de um sensor com saída de voltagem máxima quando orientado para o norte, conforme a seta indicadora marcada em sua carcaça. Aproveitamos cuidadosamente esta característica, durante todo

o levantamento magnético, para obter boa repetição das leituras em cada estação, como garantia dos valores medidos.

Embora o fabricante do aparelho pretenda que as leituras não sejam afetadas pelas proximidades das linhas de transmissão, verificamos com nossas medidas no campo justamente o contrário, ouseja, dentro das áreas próximas a uma linha de transmissão de 13.200 volts não é possível obter valores estáveis para as leituras magnéticas.

4.3 - Redução dos Dados

As observações magnéticas foram corrigidas das variações diurnas do campo magnético terrestre.

A maneira usual de se fazer estas correções é voltar de duas em duas horas, aproximadamente, a um ponto base, previamente escolhido, e medir o valor magnético neste ponto. No fim do dia desenha-se o Gráfico da Variação Horária dos valores magnéticos, e, com isso, obtem-se as correções de que são reduzidas as medidas magnéticas feitas naquele dia. (Anexo 11).

No nosso projeto fizemos, além das citadas correções, outras indicadas com a repetição das leituras na ultrapassagem da linha base. Essas repetições permitiram examinar a exatidão das correções com o Gráfico da Variação Horária.

4.4 - Interpretação

Os valores magnéticos medidos na área não variaram mais do que 31 gamas, a não ser próximo à linha de transmissão de 13.200 volts, onde apareceram valores exagerados devidos ao campo magnético decorrente.

Não foi possível, com os espaçamentos escolhidos para os perfis, desenhar contornos nem definir anomalias magnéticas que tivessem algum significado geológico-estrutural. Parece-nos justificar plenamente estes resultados, o fato de não se conhecer, nas rochas integrantes da área, a presença de minerais acessórios magnéticos.

Os dados obtidos são apresentados em perfis magnéticos rebatidos no mapa base. (Anexo 3).

5. TURAM

5.1 - Introdução

O levantamento eletromagnético pelo processo TURAM não foi executado diretamente pela CPRM, mas através da Companhia Brasileira de Geofísica-CBG como contratada.

A área restrita de investigação escolhida foi a mesma do levantamento magnético nos mesmos perfis distantes de 100m, porém em estações separadas de 25m. (Anexo 4).

Um campo eletromagnético artificial foi criado por um conjunto moto-gerador de corrente alternada e 800 metros de condutor, acoplado galvanicamente ao solo em suas extremidades.

O cabo de 800m foi estendido no alinhamento das estações (03-NW) de todos os perfis de medida e seu ponto médio coincidiu com o perfil de medida VII. A distância escolhida entre bobinas foi 25 metros.

Foram registrados valores de diferença de fase e relação de amplitude em sucessivos pares de estações dos perfis de medida; conservando-se constante a posição relativa entre o cabo da corrente, o observador (bobina + compensador - amplificador) e o assistente de observador (bobina).

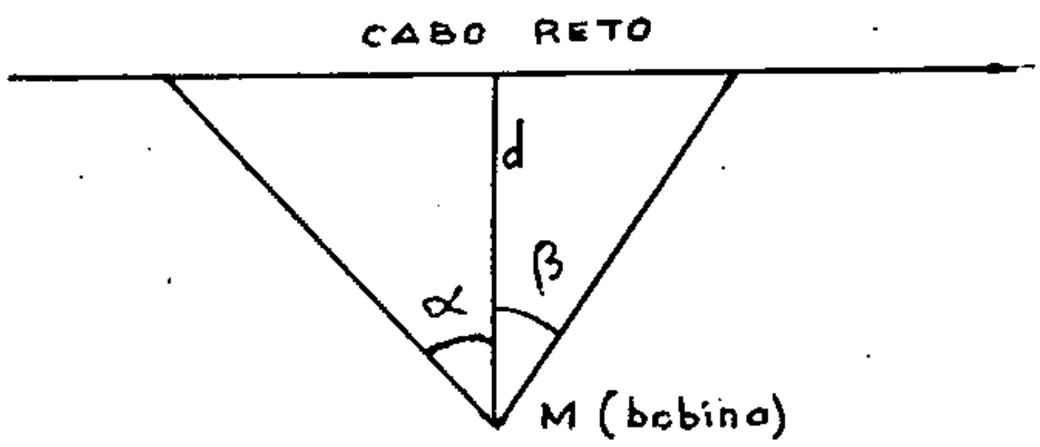
Os trabalhos de campo do TURAM foram completados em dois dias.

A relação normal de amplitude depende do dispositivo usado. No nosso caso, foi escolhido o dispositivo de "cabo reto", (Figura abaixo) e a relação normal Rn é o quociente de valores dos campos eletromagnéticos primários (Z) nas duas bobinas de recepção.

A expressão de (Z) para o dispositivo de "cabo reto" finito é:

$$Z = 0.1 \frac{\text{sen } \alpha + \text{sen } \beta}{d} \text{ gauss/amp.}$$

Figura nº 1



No caso em que L>>d, quando α e β são aproximadamente iguais a ângulos retos, o valor de Z se reduz a

$$Z = \frac{0,2}{d} \text{ gauss/amp.}$$

e o valor de Rn

$$Rn = \frac{Z1}{Z2} = \frac{\frac{0,2}{d1}}{\frac{0,2}{d2}} = \frac{d2}{d1}$$

sendo,

d2 = distância da bobina mais afastada do cabo.

d1 = distância da bobina mais próxima do cabo.

5.2 - Princípio de Funcionamento

O método TURAM de pesquisa geofísica baseia-se na indução de corrente, até mesmo para o dispositivo de cabo reto com acoplamento galvânico com o solo. Alguma corrente passará pelo condutor em subsuperfície devido à proximidade do acoplamento galvânico, mas esta corrente deve ser reduzida ao mínimo, para não ser nociva à interpretação dos resultados.

Assim, pelo método TURAM, cria-se um campo primário magnético alternado que induz corrente no condutor em subsuperfície e esta corrente, por sua vez, é responsável por um campo magnético secundário nas bobinas receptoras do aparelho.

A soma vetorial do campo primário e do campo secundário é detectado nas duas bobinas receptoras que no presente trabalho ficaram distantes 25m.

As relações de amplitude e as diferenças de fase para esses valores do campo são obtidas com o aparelho TURAM. Duas freqüências diferentes, 660 e 220Hz, são usadas para comparação dos dados e interpretação das anomalias provocadas e detectadas pelo método TURAM.

5.3 - Instrumentos de Medida

A CBG usou no levantamento um conjunto ABEM TURAM-TS que consta dos elementos seguintes:

1 - Um motor refrigerado a ar acionado por uma mistura de querosene e óleo, com 2 Hp e 3.600 Rpm.

2 - Um gerador ABEM de corrente alternada, com emissão simultânea em 660 Hz e 220 Hz, produzindo amperagem máxima de 3 Amp. e voltagens opcionais de 100, 200 e 300 volts.

3 - Duas bobinas receptoras, sendo uma ligada eletricamente e formando um bloco único com um compensador-amplificador e outra somente ligada eletricamente ao mesmo compensador-amplificador por meio de um cabo de ligação com 4 fios e comprimentos pré-marcados.

4 - Uma caixa de controle de voltagem, corrente e freqüência, acoplada à saída do gerador.

5 - Um cabo isolado de condutor único com algumas centenas de metros, enrolado em carretel que é usado para conduzir a corrente alternada e criar o campo primário de indução magnética.

A unidade de compensação acima referida, emprega arranjo de compensação por meio de ponte elétrica com o qual determina o sinal de valor "nulo". Esta determinação é feita visualmente pelo mostrador de um micro amperímetro, ou pelo ouvido, por intermédio de um *earphone*. Um circuito eletrônico de amplificação permite a leitura direta da relação de amplitudes e da diferença de fases dos valores medidos em cada estação.

5.4 - Redução dos Dados

Os dados de campo para a diferença de fase $\Delta\delta$ são usados sem correção, porém a relação de amplitude R é normalizada, dividindo-a pela relação normal de amplitude (Rn).

Dos valores de $\Delta\delta$ e R medidos no campo, obtém-se diretamente $\Delta\delta$ e calcula-se $Rd = \frac{R}{Rn}$, que são os valores reduzidos da diferença de fase e da relação de amplitudes.

5.5 - Interpretação

Os resultados do TURAM para pesquisa da fluorita foram também inexpressivos. Os valores obtidos foram pequenos tanto para as relações de amplitude como para as diferenças de fase, sem nenhum ponto anômalo que nos levasse a concluir pela presença de um condutor em subsuperfície. Pelos resultados obtidos numa apreciação preliminar, optaríamos pela pouca condutividade da faixa mineralizada de fluorita, resultado não condizente com outras informações conhecidas.

Cumpre-nos, porém, ponderar que estes resultados, relativamente uniformes e pequenos das medidas TURAM, podem ter sido prejudicados por fatores que deveriam ter sido evitados durante os trabalhos de campo:

a) Foi escolhida a distância de 75m, entre o cabo da corrente indutora e o filão. Esta distância é menor do que o mínimo aconselhado (100m) no Instruction Manual da ABEM;

b) Foi feito acoplamento do cabo de corrente com o solo, no lado norte da área, muito próximo ao filão de fluorita. Isto pode permitir a condução seletiva pelo filão, o que distorceria o campo induzido nos receptores do TURAM;

c) Existe uma linha de transmissão de alta tensão (13.200

volts) atravessando a área, ao longo e próxima ao filão. A posição relativa da linha de transmissão e do filão (linha base) está mostrada no mapa base. (Anexo 2).

Todos estes fatores são negativos e não sabemos em quanto possam ter contribuido para os fracos resultados do TURAM.

As medidas TURAM estão representadas em perfis rebatidos no mapa base. (Anexo 5).

6. AFMAG

6.1 - Introdução

Foram feitas medidas de AFMAG em todos perfis ímpares abertos para prospecção geofísica de fluorita em estações que distam entre si de 25m.

O período de observação diária foi ao cair da tarde, entre 16:00 e 20:00 horas, quando grande parte da área já apresentava polarização bem definida do campo magnético natural.

6.2 - Princípio de Funcionamento

O AFMAG é um método de prospecção eletromagnético que utiliza como fonte de energia um campo de energia eletromagnético natural da terra.

Na realidade, conforme indica o próprio nome (AFMAG = audio frequency magnetic method), o que se faz com o AFMAG é investigar a polarização de um campo natural magnético, dentro da faixa de audio, e procurar anomalias devidas à interferência de um campo magnético secundário, resultado da presença, em subsuperfície, de um corpo condutor. Estas observações são feitas em duas freqüências (alta = 470 Hz e baixa = 140 Hz), que são selecionadas pelo próprio aparelho AFMAG.

A maior dificuldade na aplicação do método é geralmente a polarização do campo, fenômeno natural que está absolutamente alheio ao nosso controle, po-

rém, dentro de certos limites, é possível prever condições para obter a referida polarização.

6.3 - Instrumento de Medida

O aparelho AFMAG que utilizamos no levantamento foi fabricado pela MCPHAR GEOPHYSICS LIMITED, e é constituído de duas unidades:

- Uma unidade sensora que tem duas bobinas em posições ortogonais, dispostas num plano que gira em torno do eixo que lhe é normal. Este eixo, por sua vez, é suportado por uma armação retangular de madeira, onde estão fixadas as bobinas. As duas bobinas tem funções diferentes e por este motivo têm denominações diversas: a maior é chamada bobina de sinal e a menor é chamada bobina de referência. Um clinômetro está preso na armação na extremidade da bobina de sinal. Estes são os elementos relativamente simples da unidade sensora.

- Uma unidade amplificadora-detetora, que é ligada por um cabo à unidade sensora, possui circuitos distintos para cada bobina (Level 1 e Level 2) e circuito de comparação para determinação do sinal "nulo" (Operation). O ganho e o teste das baterias são outros elementos de controle no painel desta unidade.

6.4 - Operação de Campo

A medida de valores no campo é relativamente simples e é baseada no princípio da obtenção do sinal "nulo", que significa estar o campo magnético em direção perpendicular ao eixo da bobina do sinal. A deter-

minação do azimute e da inclinação do campo magnético se faz em duas etapas:

- Determinação da direção da projeção no plano horizontal do maior eixo da elipse de polarização, referida ao norte magnético (azimute) é dada pela bobina de referência e indicada pelo valor "nulo" no mostrador da unidade amplificadora-detetora. Cuidados devem ser tomados para obter o verdadeiro valor "nulo".

- Determinação da inclinação do campo, ou seja, inclinação do maior eixo da elipse de polarização, é feita como uma continuação da etapa anterior. É necessário para isso, colocar o plano dos eixos das bobinas em posição vertical, coincidente com a posição que ocupou a bobina de referência no plano horizontal. A inclinação do campo será obtida pela verificação do valor "nulo" no mostrador e, também neste caso, cuidados devem ser tomados para se obter o verdadeiro valor "nulo".

6.5 - Interpretação

Os resultados obtidos com o AFMAG sofreram uma forte influência da presença de uma linha de alta tensão (13.200 volts) atravessando a área ao longo e nas proximidades do filão.

As direções de polarização e os valores dos ângulos de inclinação parecem ter sido influenciados pela indução eletromagnética da corrente de alta tensão.

O padrão dos perfis AFMAG em nada refletiu a estrutura geológica local, apesar de julgarmos

poder existir sensibilidade no método para medir o contraste de condutividade ao longo do filão. (Anexo 6).

A esperada inversão não ocorre na posição do filão, com valor correspondente nulo para o ângulo de inclinação. (Perfis: XIII, IX, V.).

De outro lado, a passagem do perfil pela linha de alta tensão é assinalada por valores anômalos, porém a maioria desses valores não foram registrados nos perfis.

Outro aspecto sugestivo do AFMAG nesta área, é a tendência dos vetores de inclinação apontarem, aproximadamente, para a linha de força, nos dois lados da referida linha. (Perfil XIII e III). Isto pode indicar a predominância do campo eletromagnético da corrente de alta tensão sobre o campo regional.

Em resumo, os perfis AFMAG para alta freqüência não servem para interpretação geológica estrutural desta área e os perfis de baixa freqüência são ainda menos conclusivos, razão porque não os fizemos acompanhar este relatório.

7. ELETRORESISTIVIDADE

7.1 - Introdução

O levantamento geofísico por eletroresistividade do filão de fluorita foi planejado para a metade da área pesquisada pelos outros três métodos. Foram feitas 325 medidas em estações, distantes entre si de 12,5m, e distribuídas em 13 perfis eqüidistantes de 50 metros e normais à linha base.

A escolha dos dispositivos de medida foi deixada pelo DNPM a nosso critério, o que nos levou a procurar cuidadosamente dispositivos com os quais melhores informações pudessemos obter.

De início, realizamos sondagens elétricas em pontos da área afim de determinar as profundidades do embasamento granítico, sotoposto ao Sub-Grupo Itararé. Pretendíamos com estas sondagens e mais as cotas dos afloramentos do granito, delinear, aproximadamente, as profundidades do topo do embasamento e estimar as espessuras do Sub-Grupo Itararé. Estes elementos nos pareceram importantes para interpretação geológica com o método de eletroresistividade.

Foi neste período que ocorreu uma pequena interrupção de poucos dias nos nossos trabalhos de campo, devido à necessidade de reparo da aparelhagem de eletroresistividade.

Recomeçamos os trabalhos usando perfis elétricos (trincheiras elétricas) com dispositivo

Schlumberger de dimensões fixas (40-10-10-40m).

A escolha do dispositivo de medida foi feita procurando a que ofereceria uma maior sensibilidade para as interpretações geológicas.

Ainda dentro do critério de fornecer ao DNPM dados esclarecedores para interpretação da geologia local, realizamos quatro sondagens elétricas, sendo duas de cada lado da feição linear estrutural indicada nos perfis elétricos.

A título de verificação e comparação dos resultados de eletroresistividade realizamos, ao longo do perfil IX, medidas com dispositivos Schlumberger semi-infinito (50-10-10-∞).

7.2 - Instrumentos de Medidas

O equipamento de eletroresistividade, de corrente contínua, usado no projeto foi o ER 300; foi fabricado pela PERGEO. É usada como fonte de potência uma bateria de 12 volts.

Os valores da voltagem de saída podem variar continuamente entre 0 e 30 VCC, ou, descontinuamente, por valores discretos: 100, 150, 200, 250, 350 e 500 VCC.

Seis escalas diferentes para medidas de I e ΔV são fornecidas pelo aparelho, em combinação com a chave de funções.

Um dispositivo elétrico bastante sensível é usado na compensação do potencial expontâneo.

O aparelho é de fabricação nacional e trabalha com bastante exatidão na repetição e coerência das medidas.

Uma excessiva sensibilidade no ajuste do "Zero" elétrico, que dificultava sobremodo a operação, foi corrigida pelo nosso Engº eletrônico Ferrari, adaptando um potenciômetro adicional em série no circuito. As dificuldades com a chave de função, decorrentes de uma longa paralização do aparelho em clima úmido, foram sanadas prontamente pelo Engº Ferrari.

7.3 - Interpretação

O método de eletroresistividade para pesquisa de fluorita foi o que deu resultado mais expressivo. A interpretação foi baseada em dados obtidos com três modalidades experimentais diferentes:

- Levantamento com perfis elétricos (trincheiras elétricas), empregando dispositivo Schlumberger (40-10-10-40m) em medidas efetuadas em pontos sucessivos e distantes entre si de 12,5m. A distancia entre as trincheiras foi de 50m e as suas direções são normais à linha base;

- Sondagens elétricas em quatro pontos da área, sendo duas em cada lado da linha base;

- Levantamento com perfis elétricos, tipo Schlumberger, semi-infinito (50-10-10-∞), medidas em estações do perfil IX, que já haviam sido levantadas com perfil elétrico

(40-10-10-40m).

O exame detalhado de cada uma destas modalidades é descrito a seguir:

- O mapa de valores de ρ_a, obtidos com perfil (40-10-10-40m), mostrou áreas bem definidas, para interpretação da eletroresistividade:

a) Entre os perfis XIII e V, separadas por um alinhamento coincidente com a linha base, aparecem duas áreas de valores acentuadamente diferentes. A sudeste da linha base foram medidos valores relativamente pequenos para ρ_a, entre 500 e 900 Ohm.metro. A noroeste foram medidos valores relativamente grandes, entre 1.000 e 2.500 Ohm.metro. A área de valores elevados termina, aproximadamente, no perfil V, o que indica a possibilidade de um alto estrutural do cristalino correspondente a esta feição no mapa de eletroresistividade. (Anexo). O limite entre as duas áreas coincide com o veio de fluorita de espessuras variando entre 1,5 e 3,5m;

b) Entre os perfis V e II, uma extensão de 150m, o alinhamento continua somente indicado, pois desaparece o forte contraste da eletroresistividade. Sondagem nesta área não encontrou fluorita em sub-superfície.

c) O perfil I indica, novamente, forte contraste próximo à linha base, coincidente com o alinhamento anterior e com o filão de fluorita que, nesta área, está próximo da Mina Nossa Senhora do Carmo.

Os resultados enumerados acima são mostrados nos perfis (Anexo 7) e no mapa de contorno de ρ_a (Anexo 8).

A interpretação mais plausível para a área limitada pelos perfis XIII e V seria um bloco de granito limitado por falhas preenchidas por fluorita. Para a área correspondente ao intervalo entre os perfis V e II, o granito estaria a SE e NW da linha base aproximadamente, na mesma altitude ou separado por falhas de rejeito muito pequeno. Finalmente, no perfil I, onde existem em superfície indicações de falha, estaria o lado NW levantado com rejeito apreciável.

A falha teria sido preenchida pela fluorita e está sendo explorada pela Mineração Nossa Senhora do Carmo.

A execução de quatro sondagens elétricas, em ambos os lados da linha base, visou determinar a profundidade do embasamento granítico, nos dois lados de uma possível falha, que segue ao longo da linha base.

As sondagens elétricas nas estações (IX, 03-SE) e (V, 04-SE) foram interpretadas com auxílio dos ábacos da CGG para o caso de três camadas. (Anexos 9.1, 9.2).

O perfil de sondagem mostrou uma seqüência de valores para resistividade a partir do embasamento, que são aproximadamente idênticos para as duas sondagens a SE da linha base.

a) Est: 03-SE, Perfil IX

ρ_1 = 900 Ohm.m (sedimento próximo à superfície)

ρ_2 = 400 Ohm.m (sedimento Itararé)

ρ_3 = ∞ (embasamento granítico)

b) Est: 04-SE, Perfil V

ρ_1 = 1.100 Ohm.m (sedimento próximo à superfície)
ρ_2 = 400 Ohm.m (sedimento Itararé)
ρ_3 = ∞ (embasamento granítico)

As espessuras calculadas dos sedimentos até o granito (m_2) variou entre 30 e 40m, o que corresponde, aproximadamente, a um rejeito de 25m, com o lado baixo para SE. Este rejeito é aproximado porque não fizemos a aferição de sondagem elétrica com a sondagem a diamante.

Do lado NW da linha base, as sondagens elétricas foram feitas nas estações (IX, 06-NW) e (V, 04-NW). O padrão destas sondagens são muito semelhantes entre si mas são bastante diferentes do padrão de sondagem do lado SE da linha base.

Pela proximidade com o afloramento do granito e com a locação do furo MC-7, que foi iniciado no granito, podemos concluir que este padrão é devido à pequena espessura dos sedimentos. Podemos aceitar a mesma explicação para o padrão da sondagem elétrica (V, 04-NW), onde o mapa de contorno de ρ_a indica a continuação de um alto nos contornos de eletroresistividade passando por este ponto. (Anexos 1 e 8).

Um perfil Schlumberger semi-infinito foi feito ao longo do Perfil IX, repetindo as estações levantadas pelo perfil Schlumberger (40-10-10-40m). A finalidade foi examinar as possibilidades operacionais do método na área, tendo em vista a importância do Schlumberger semi-infinito que, teoricamente está provado, reflete melhor as resistividades do embasamento granítico, embora em caráter qualitativo.

Programamos colocar o eletrodo (∞), aproximadamente a 1.500m do centro do dispositivo do eletrodo de medida, porém, problemas de permissão para atravessar as áreas obrigou-nos a reduzir a distância para 800m. Apesar disto, o perfil mostra aproximadamente o mesmo padrão que havíamos obtido com a modalidade (40-10-10-40m) com o mínimo acentuado exatamente no ponto em que se encontra o filão. (Anexo 7.9).

8. CONCLUSÕES GERAIS E RECOMENDAÇÕES

Podemos afirmar pelos resultados dos trabalhos geofísicos:

- Está comprovada a aplicação do método de resistividade elétrica para localização de estruturas que possam conter veios de fluorita;

- Dentre as variedades do método, a que melhor resultado proporcionou foi o perfil elétrico (trincheira elétrica), que foi experimentado em dois dispòsitivos:

a) O perfil Schlumberger semi-infinito que, teoricamente, é apropriado para revelar variações da resistividade do embasamento;

b) O perfil (40-10-10-40m), que mostrou boa sensibilidade para salientar as estruturas geológicas, principalmente as estruturas da falha, à qual podem estar condicionados os veios de fluorita.

- O problema operacional para as duas modalidades: (40-10-10-40m) e (50-10-10-∞), são praticamente idênticos, desde que seja estabelecido na área um sistema para obter permissão de acesso às áreas de trabalho.

- O método magnetométrico não revelou anomalias nesta área, apesar de havermos verificado na mina Nossa Senhora do Carmo, em pequeno trecho e ao longo do filão, um dique de um metro de espessura de diabásio.

- Os métodos eletromagnéticos de TURAM e AFMAG foram certamente prejudicados pela existência da linha de alta tensão, porém não podemos afirmar ter sido esta a causa de-

cisiva para o não funcionamento do método.

Baseado nas conclusões acima expostas, cumpre-nos formular as recomendações que se seguem:

- A pesquisa geofísica deve ser completada nesta área com alguns perfis sísmicos, perpendiculares à linha base, usando os métodos de refração ou reflexão (*high-resolution*). Esta modalidade de reflexão detecta eventos entre 200 e 500 Hz e as registra com separação da linha de tempo de 0,5 milisegundo. Iríamos comprovar a existência de falha sugerida pelo método de eletroresistividade e teríamos melhor definida a estrutura que corresponde, na região, ao veio de fluorita.

- Um novo trabalho experimental deve ser programado para pesquisa de fluorita pelos métodos eletromagnéticos: TURAM, SLINGRAM e VLF. Poder-se-ía incluir entre eles o AFMAG, apesar das condições desfavoráveis operacionais, pois restringe o período de observações à noite e a determinadas épocas do ano.

Na área escolhida para este novo projeto deveria existir indícios de fluorita e não existir o elemento perturbador da linha de alta tensão.

9. BIBLIOGRAFIA

GEORGE V. KELLER, e FRANK C. FRISCHNECHT, Electrical Methods in Geophysical Prospecting, 1970, Pergamon Press, New York.

MINING GEOPHYSICS, 1967, Society of Exploration Geophysicists, Tulsa, Oklahoma.

D. S. PARASNIS, Principle of Applied Geophysics, 1972, Chapman and Hall Ltd., London.

MINING AND GROUND WATER GEOPHYSICS, Geological Survey of Canadá, 1967, L. W. Morley, Ottawa.

RELATÓRIO PROSPECÇÃO GEOFÍSICA EXPERIMENTAL, ÁREA NOVA LIMA, MINAS GERAIS, Convênio Brasil-Alemanha, 1974 - Não publicado.

MANUAL DE INSTRUÇÕES PARA O APARELHO DE ELETRORESISTIVIDADE do "Convênio Brasil-Alemanha" - Circulação interna.

ABAQUES DE SONDAGE ELETRIQUE, Compagnie Générale de Geophysique, 1963, European Association of Exploration Geophysicists, Hagne.

MANUAL DO EQUIPAMENTO DE ELETRORESISTIVIDADE, Pergeo, Rio de Janeiro.

OPERATING INSTRUCTION FOR GROUND AFMAG, A 651 AND A 652.

INSTRUCTIONS MANUAL, ABEM, TURAM TS.

APPLICATIONS MANUAL FOR PORTABLE MAGNETOMETERS, S. Breiner, Geometrics, Palo Alto, Califórnia.

TEIXEIRA, C.A.S. e PIATNICKI, S. - Relatório Preliminar de Avaliação das Reservas de Fluorita do Sul de Santa Catarina - Relatório Interno - 1º Distrito do DNPM, 1969.

TEIXEIRA, C.A.S. - Relatório Preliminar da Geologia das Quadrículas de Braço do Norte e Morro da Fumaça, SC - Relatório Interno - 1º Distrito do DNPM, 1969.

TEIXEIRA, C.A.S. - Jazimentos de Fluorita no Estado de Santa Catarina - Relatório Interno - 1º Distrito do DNPM, 1968.

TEIXEIRA, C.A.S. et alii - Geologia das Quadrículas de Tubarão e Laguna, SC, 1970.

LANGON, M. ROGER - Relatório das Atividades Desenvolvidas na área do Alvará de Pesquisa nº 1170 - Morro da Fumaça, SC - DNPM - 1970.

FERREIRA, L.A. DUBOIS - Relatório das Sondagens SC-1 e SC-2, efetuados em regime de cooperação entre o 1º Distrito do DNPM e a Mineração Santa Catarina Ltda. - Relatório Interno do 1º Distrito do DNPM, 1970.

ECKERT, R.M. - Sondagem para Fluorita na Área da Concessão da Mineração Nossa Senhora do Carmo Ltda., SC. - Relatório Interno do 1º Distrito do DNPM, 1970.

BEVILACQUA, C.T. - Perfil Analítico da Fluorita, Bol. nº 14 - Rio de Janeiro, Departamento Nacional da Produção Mineral, 1973.

A N E X O S:

1 - Mapa de localização
2 - Mapa geológico
3 - Magnetometria - Perfis rebatidos
4 - Mapa com Perfis TURAM rebatidos Freqüência 220 Hz
5 - Mapa com Perfis TURAM rebatidos Freqüência 660 Hz
6 - AFMAG - Freqüência Alta
7.1 a 7.13 - Perfis de eletro-resistividade com dispositivo (40 - 10 - 10 - 40 m)
8 - Perfil de eletro-resistividade com dispositivo (40 - 10 - 10 - ∞)
9.1 a 9.2 - Sondagens elétricas
10 - Mapa de contorno de resistividade aparente obtida com dispositivo (40 - 10 - 10 - 40 m)
11 - Gráfico de variação diurna do magnetismo

49° 30'

48° 3

27° 30'

ANGELINA

FLORIANÓPOLIS

PALHÇA

STO. AMARO DA IMPERATRIZ

ÁGUAS MORNAS

ALFREDO WAGNER

ANITAPOLIS

S. BONIFACIO

PAULO LOPES

28° 00'

GAROPABA

RIO FORTUNA

GRÃO PARA

S MARTINHO

IMBI

IMARUÍ

ORLEÃES

PEDRAS GRANDES

TUBARÃO

LAGUNA

28° 30'

URUSSANGA

TREZE DE MAIO

COCAL

JAGUARUNA

MORRO DA FUMAÇA

CRICIUMA

IÇARA

ÁREA DO PROJETO

ANEXO 1

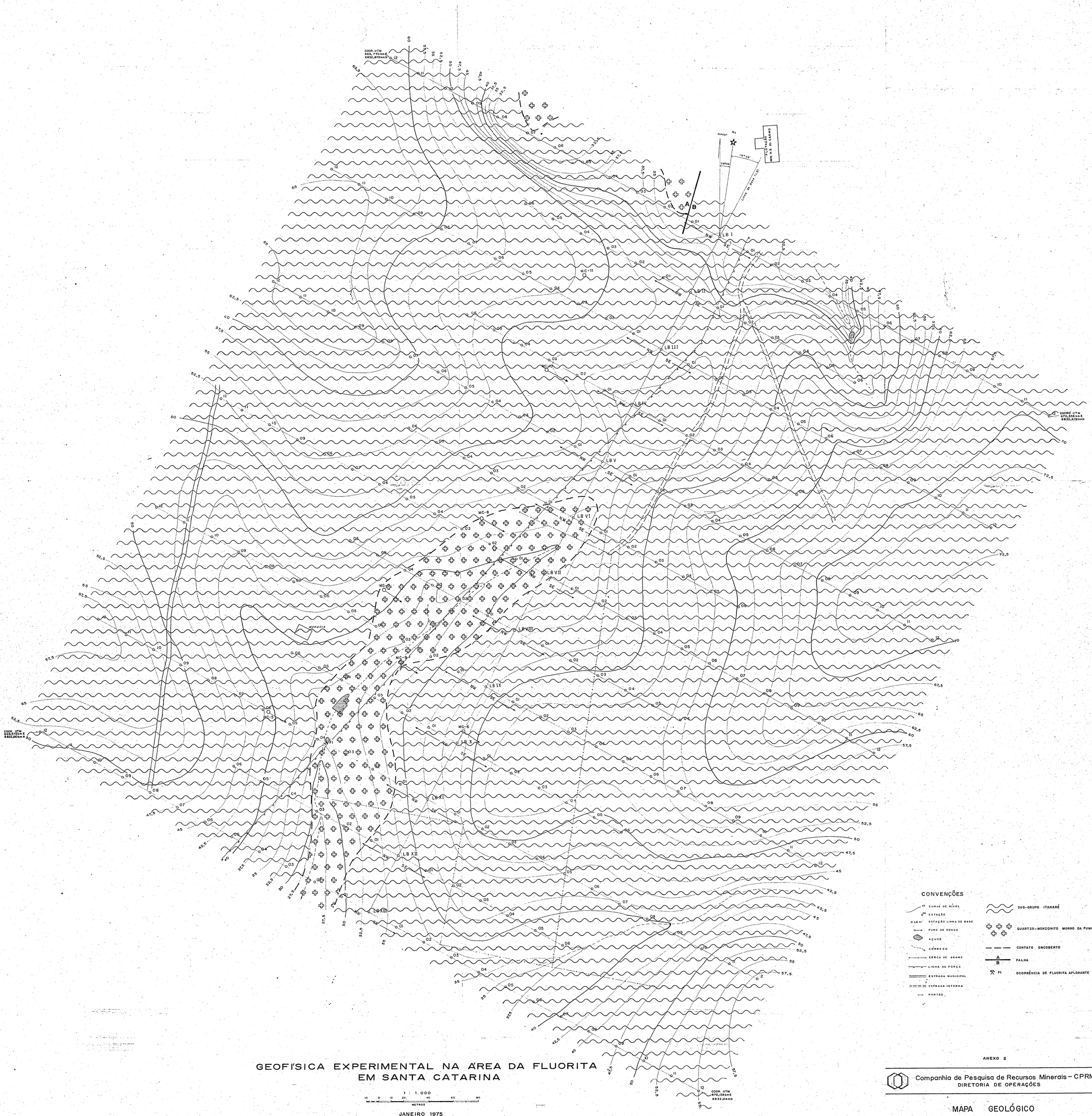
MAPA DE LOCALIZAÇÃO

49° 00'

48° 30

ESC. 1: 500.000

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA
DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL



CONVENÇÕES

- 45 CURVA DE NÍVEL
- 08 ESTAÇÃO
- 0 LB XI ESTAÇÃO LINHA DE BASE
- FURO DE SONDA
- AÇUDE
- CORREGO
- CERCA DE ARAME
- LINHA DE FORÇA
- ESTRADA MUNICIPAL
- ESTRADA INTERNA
- PORTÃO
- SUB-GRUPO ITARARÉ
- QUARTZO-MONZONITO MORRO DA FUMAÇA
- CONTATO ENCOBERTO
- A / B FALHA
- Fl OCORRÊNCIA DE FLUORITA AFLORANTE

GEOFÍSICA EXPERIMENTAL NA ÁREA DA FLUORITA EM SANTA CATARINA

1 : 1.000

10 0 10 20 40 60 80
METROS

JANEIRO 1975

ANEXO 2

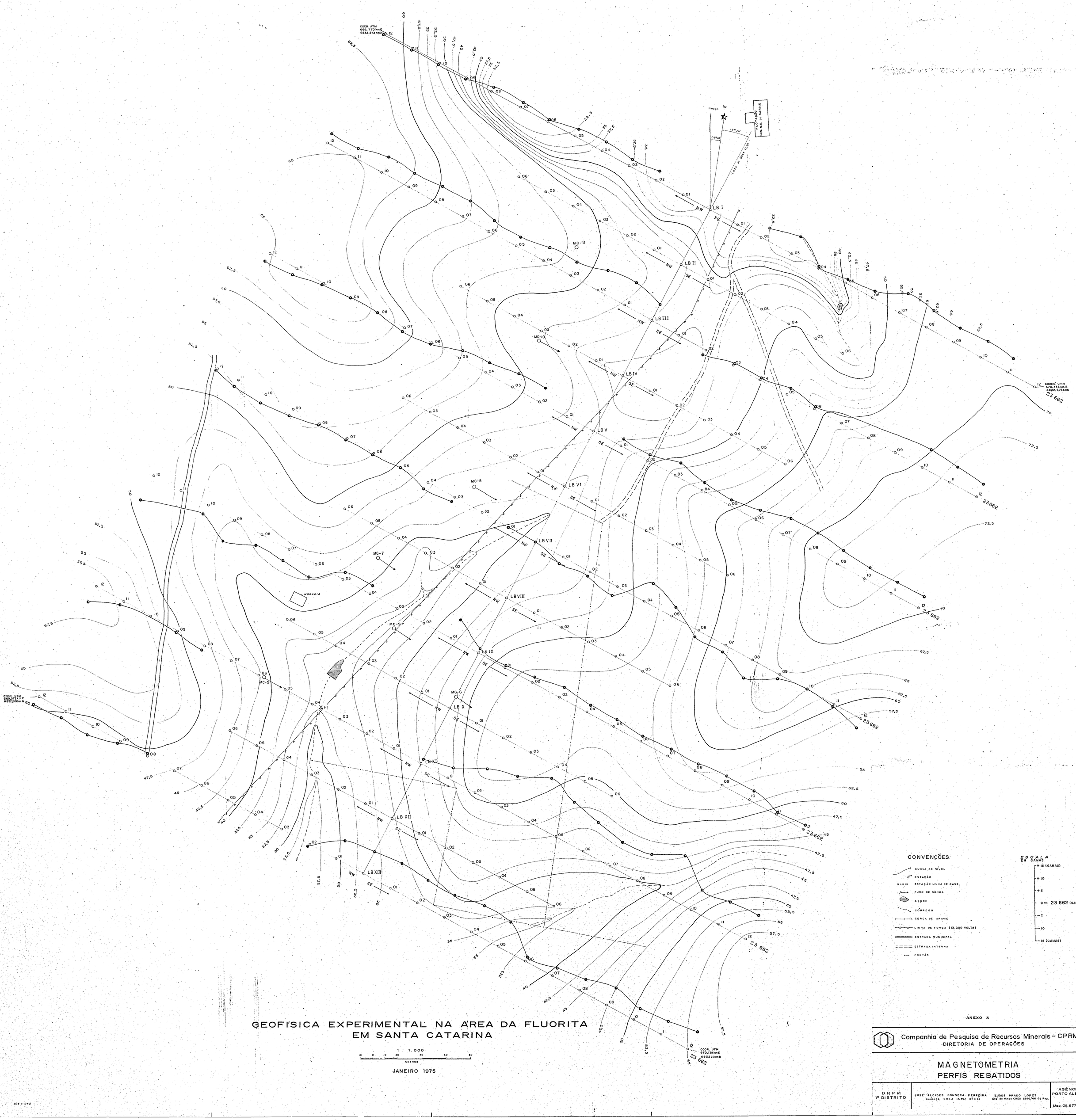
Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM
DIRETORIA DE OPERAÇÕES

MAPA GEOLÓGICO

D N P M 1º DISTRITO	JOSÉ ALCIDES FONSECA FERREIRA Geólogo, CREA 17.492 07 Reg.	EUDES PRADO LOPES Eng de Minas CREA 6076/46 07 Reg.	AGÊNCIA PORTO ALEGRE Map. 08.677 DRM

925 x 945

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA
DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL



CONVENÇÕES

- CURVA DE NÍVEL
- ESTAÇÃO
- ESTAÇÃO LINHA DE BASE
- FURO DE SONDA
- AÇUDE
- CÓRREGO
- CERCA DE ARAME
- LINHA DE FORÇA (13.200 VOLTS)
- ESTRADA MUNICIPAL
- ESTRADA INTERNA
- FONTÃO

ESCALA EM GAMAS

+15 (GAMAS)
+10
+5
0 = 23 662 (GAMAS)
-5
-10
-15 (GAMAS)

GEOFÍSICA EXPERIMENTAL NA ÁREA DA FLUORITA EM SANTA CATARINA

1 : 1.000

METROS

JANEIRO 1975

ANEXO 3

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM
DIRETORIA DE OPERAÇÕES

MAGNETOMETRIA
PERFIS REBATIDOS

DNPM 1º DISTRITO	JOSÉ ALCIDES FONSECA FERREIRA Geólogo, CREA 17.492 07 Reg.	EUDES PRADO LOPES Engº de Minas CREA 5976/46 09 Reg.	AGÊNCIA PORTO ALEGRE

Map. 08.677 DRM

925 x 945