MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA
DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

LEVANTAMENTO AEROGEOFÍSICO

MAGNETOMETRIA E ELETROMAGNETOMETRIA

PROJETO ELETROMAGNÉTICO
B O T U V E R Á

I 96

PHL
043183
2007

CPRM
SUREMI
SEDOTE
ARQUIVO TÉCNICO
Relatório n.º 945
N.º de Volumes: 1v. + 1 ex. V.: 1

RELATÓRIO FINAL

LASA
ENGENHARIA E PROSPECÇÕES S A

CPRM
CONVÊNIO DNPM / CPRM

PROJETO ELETROMAGNÉTICO BOTUVERÁ

SANTA CATARINA

Í N D I C E

I SUMÁRIO, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Pag.

1. Introdução 002
2. Sumário 005
3. Conclusões e recomendações 011

II METODOLOGIA

1. Generalidades 015
   - 1.1 - Funcionamento do sistema HEM 015
   - 1.2 - Registro de dados 019
2. Interpretação HEM 023
   - 2.1 - Introdução 023
   - 2.2 - Resposta de sistemas eletromagnéticos 024
   - 2.3 - Parâmetros eletromagnéticos 026
   - 2.4 - Escolha de modelos interpretativos 028
   - 2.5 - Semi-plano vertical ou inclinado 031
   - 2.6 - Plano horizontal 042
   - 2.7 - Semi-espaço homogêneo 045
   - 2.8 - Outros modelos 048

Pág.

2.9 - Critérios de seleção e classificação de anomalias 049

2.10- Verificação terrestre 054

3. Interpretação magnética 057

3.1 - Interpretação qualitativa 057

3.2 - Modelos de anomalias isoladas 061

III RESULTADOS DO LEVANTAMENTO

1. Geologia 074

1.1 - Geologia regional 074

1.2 - Geologia econômica 081

2. Magnetismo 084

2.1 - Considerações gerais 084

2.2 - Zona Norte 085

2.3 - Zona Sul 091

3. Eletromagnetismo 099

3.1 - Considerações Gerais 099

3.2 - Zona Norte 100

3.3 - Zona Sul 105

IV BIBLIOGRAFIA

1. Geologia 112

2. Magnetometria 113

3. Eletromagnetismo 114

V ANEXO

Pág.

1. Lista de anomalias 118

2. Correlações de anomalias 136

3. Calendário da obra 154

4. Lista de mapas e produtos finais 156

5. Equipamento utilizado no levantamento 159

INDICE DAS FIGURAS

		Pág.
I.1	Projeto Eletromagnético Botuverá-Localização	004
II.1	Sistema HEM	018
II.2	Exemplo de registro analógico HEM	021
II.3	Forma das Anomalias	030
II.4	Anomalias eletromagnéticas do semi-plano condutivo e do semi-plano magnético	032
II.5	Função resposta do semi-plano condutor vertical	034
II.6	Resposta do semi-plano condutor em função da altura e da condutância	035
II.7	Dipolo no ápice de um semi-plano magnético vertical.	038
II.8a	Função resposta do plano condutor horizontal.....	044
II.8b	Função resposta do semi-espaço homogêneo	046
II.8c	Semi-espaço homogêneo-resposta do Sistema HEM	047
II.9	Anomalias magnéticas do semi-plano	063
II.10	Anomalia magnética induzida do plano limitado(strike 0º)	067
II.11	Anomalia magnética do plano limitado, polarização vertical para cima (strike 0º)	068
II.12	Anomalia magnética do plano limitado,polarização vertical para baixo (strike 0º)	069
II.13	Anomalia magnética induzida do plano limitado (strike 315º).....	070
II.14	Anomalia magnética do plano limitado,polarização vertical para cima(strike 315º)	071
II.15	Anomalia magnética do plano limitado,polarização vertical para baixo (strike 315º)	072

III.1a. Mapa geológico e de anomalias eletromagnéticas Zona Norte ($27^{o}00'$ a $27^{o}30'$ de latitude S) escala 1:100.000 (em envelope anexo)

III.1b. Mapa geológico e de anomalias eletromagnéticas Zona Sul ($27^{o}30'$ a $28^{o}00'$ latitude S) escala - 1:100.000 (em envelope anexo)

III.2a. Mapa magnético, Zona Norte, escala 1:100.000 - (em envelope anexo)

III.2b. Mapa magnético, Zona Sul, escala 1:100.000 (em envelope anexo).

I SUMÁRIO, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

PROJETO ELETROMAGNÉTICO BOTUVERÁ

SANTA CATARINA

1. INTRODUÇÃO

O Projeto Eletromagnético Botuverá envolveu o levantamento HEM de uma área quadrangular de aproximadamente 3600 quilômetros quadrados (Fig. I.1), situada no Estado de Santa Catarina, compreendida entre os seguintes vértices:

	Latitude S	Longitude W
A	27º00'	49º05'
B	27º00'	48º45'
C	28º00'	48º45'
D	28º00'	49º05'

No decorrer do levantamento foram coletados dados eletromagnetométricos abrangendo um total de 7766,0 quilômetros lineares de vôo.

A região do projeto caracteriza-se por uma topografia muito acidentada, com raras zonas planas e incluindo encostas subindo abrutamento do nivel do mar para altitudes da ordem dos 1.200 metros. A despeito das naturais dificuldades em realizar o vôo, que exigia a manutenção do sensor a uma altura média de 30 metros sobre o solo, o levantamento foi completado sem maiores problemas. A execução do projeto dentro dos prazos esta

belecidos, em uma região exibindo as mais adversas condições topo gráficas, comprova a capacidade das empresas nacionais de aerogeo física na realização das tarefas mais complexas.

LOCALIZAÇÃO

PROJETO ELETROMAGNÉTICO BOTUVERÁ

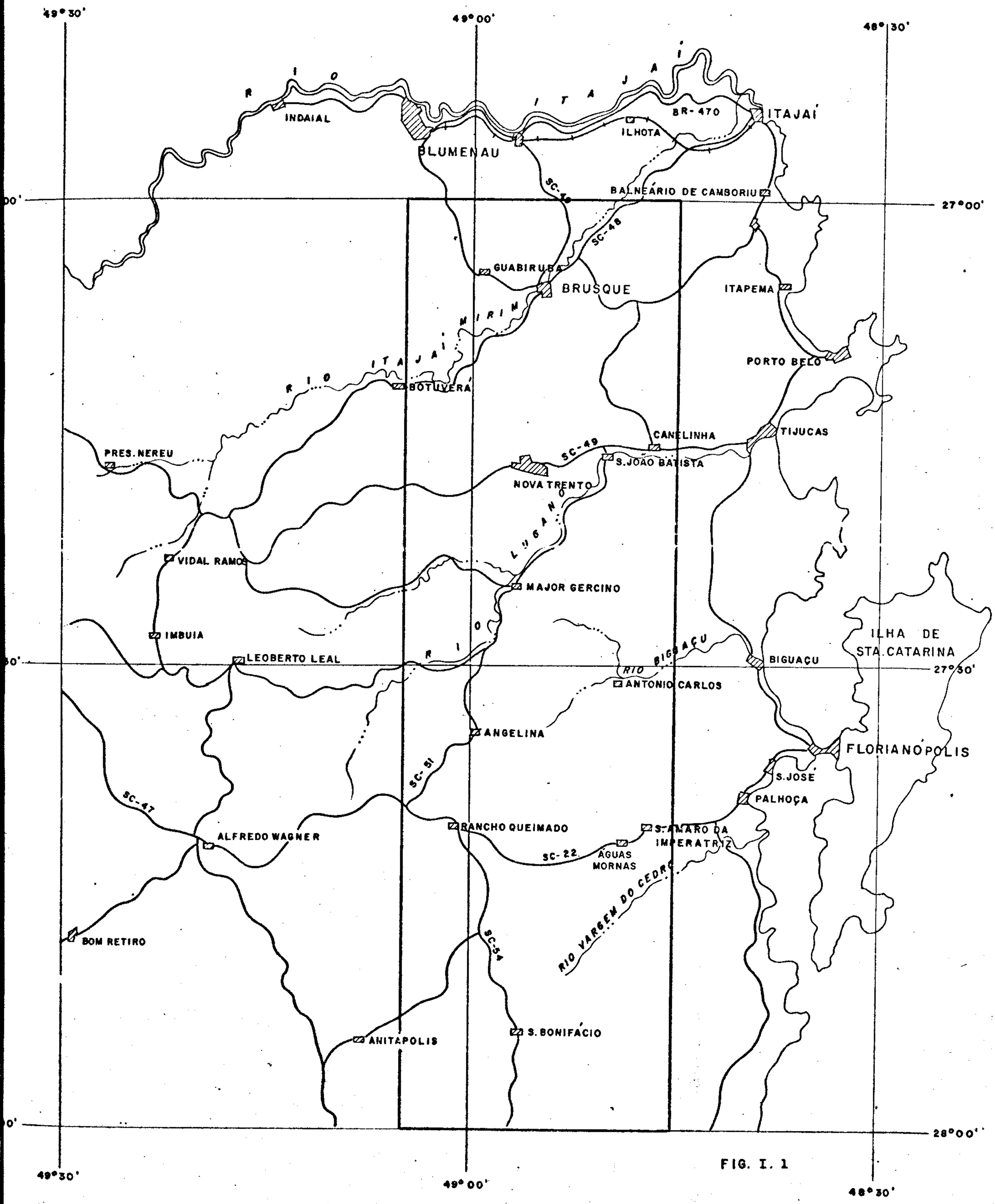


FIG. I. 1

2. SUMÁRIO

2.1 LEVANTAMENTO HEM

O sistema de prospecção aérea HEM (helicopter electromagnetic), utilizado no Projeto Botuverá, consiste basicamente de um sensor, composto de duas bobinas coaxiais (uma transmissora e outra receptora) transportado suspenso de um helicóptero. Completa o sistema um magnetômetro de precessão total . A fig. II.1 mostra esquematicamente a disposição do equipamento.

Os dados geofísicos coletados são: as reflexões eletromagnéticas de corpos geológicos no subsolo, e as variações do campo magnético total. Esses elementos, acompanhados de outros necessários a sua interpretação, são registrados analogicamente em oito canais, conforme ilustrado na Fig. II.2.

A resposta eletromagnética dos corpos geológicos depende não só das suas características elétricas e magnéticas como também da sua forma (fig. II.3). Em termos gerais, o alvo primordial da prospecção eletromagnética são os corpos tabulares condutores, forma em que frequentemente se apresentam as jazidas de minerais condutores, como sejam por exemplo os sulfetos de cobre, chumbo e zinco. O método permite identificar esses corpos e avaliar a sua profundidade e condutância. Este último parâmetro, em princípio, está relacionado com a concentração dos minerais condutores. O capítulo II do relatório descreve em algum de

talhe as técnicas utilizadas na análise dos dados HEM.

2.2 GEOLOGIA DA ÁREA

As principais formações geológicas encontradas na área do projeto pertencem ao pré-Cambriano: grupos Taboleiro, Pedras Grandes e Brusque (Fig. III.1a e III.1b). Existem também ocorrências localizadas de formações do Eo-Paleozóico (grupo Itajaí), do Carbonífero Superior (grupo Tubarão), do Jurássico Cretáceo (intrusão alcalina de Anitápolis) e do Quaternário.

O grupo Taboleiro abrange os setores centrais da área e nele predominam os biotita e hornblenda-granitos, gnaisses e migmatitos.

O grupo contem também dioritos, ultrabasitos, quartzitos, itabiritos e pegmatitos. As rochas do grupo Taboleiro foram afetadas por intenso falhamento, com diques de diabásio encaixados nas falhas , cuja direção predominante é N50º-60ºE.

Os contatos do grupo Taboleiro com as rochas adjacentes faz-se geralmente ao longo das falhas na direção N50ºE, como acontece por exemplo no contato com a Formação Palmeira do Meio, membro do grupo Pedras Grandes, que ocupa quase totalmente a parte meridional da área. A formação Palmeira do Meio , constituída por biotita-granitos equigranulares de granulação

grosseira, ocorre na região extremamente acidentada do limite sul da área do projeto. Também se encontra intensamente falhada ao longo das direções N10ºE, N50ºE e N70ºE. Próximo do litoral a Formação Palmeira do Meio é atravessada por inúmeros diques de dia básio.

A região setentrional do Projeto Botuverá é ocupada por rochas do grupo Brusque, em especial pela Formação Botuverá, composta de metassedimentos, predominantemente filitos e xistos. Um outro elemento do grupo Brusque, o granodiorito Valsungana, atravessa a parte setentrional do quadrângulo do Projeto no sentido SW-NE. No extremo norte da área ocorre o granito' Guabiruba, também do grupo Brusque, ilhado no meio da formação Botuverá. Os contatos entre os diversos elementos do grupo Brusque orientam-se geralmente segundo N50ºE e fazem-se por meio de falha.

No limite sudoeste da área observam-se ' ainda os sedimentos do grupo Tubarão (Carbonífero Superior) ocupando uma área restrita, e a intrusão alcalina de Anitápolis.

2.3 MAGNETISMO

Acompanha o presente relatório o mapa de contorno magnético residual na escala 1:100.000 (Fig. III.2a e III.2b). Nele observamos que o relevo magnético do quadrângulo ' do projeto é suave, em especial na região meridional. O padrão magnético mostra certa orientação no sentido N50ºE, devido às lon

gas anomalias lineares que acompanham os contatos geológicos e falhamentos nessa direção.

Na análise das anomalias magnéticas consideraram-se separadamente as extensas anomalias lineares (produzidas por contatos e falhas), e as anomalias isoladas (devidas a pequenos corpos magnéticos).

Verificou-se assim que quase todos os contatos e falhas orientadas a N50ºE possuem feição magnética: entre eles contam-se os contatos do granito Guabiruba e a formação Botuverá; e o contato entre esta formação e as rochas do grupo Taboleiro. Em contrapartida o falhamento na direção N10ºE não se reflete no padrão magnético. Outra direção tectônica regional que produz efeitos magnéticos, ainda que leves, corresponde às orientações N70ºE, observáveis na formação Botuverá na área de Brusque e no Grupo Taboleiro na região de S.Amaro da Imperatriz.

Na análise das anomalias isoladas foram identificadas numerosas anomalias referidas em detalhe na seção III.2. Frequentemente, a forma das anomalias destes corpos só pode ser explicada admitindo uma forte componente vertical, para baixo, do vetor magnético remanescente.

Na região setentrional, entre as anomalias magnéticas isoladas, citaremos as existentes entre Botuverá e Brusque. Na parte sul ressalta a grande e intensa anomalia magné-

tica associada com a intrusão alcalina de Anitápolis. Na periferia da anomalia de Anitápolis observam-se, para leste, 2 ou 3 pequenas anomalias magnéticas de grande interesse, as quais também ' deram respostas eletromagnéticas.

2.4 ELETROMAGNETISMO

Foram assinaladas na área do Projeto Botuverá um total de 245 anomalias eletromagnéticas das quais 71 devidas a corpos condutores. As restantes relacionam-se ou com corpos magnéticos ou com fracos condutores.

A Lista de Anomalias apresentada no Anexo V.1 discrimina a localização, os parâmetros eletromagnéticos e a avaliação do potencial das anomalias. Esta lista é complementada ' pela Tabela de Correlação das Anomalias, do Anexo V.2, indicando as correlações geológicas. O posicionamento das anomalias eletromagnéticas é dado na mapa 1:100.000 das figs. III.1a e III.1b; a numeração das anomalias corresponde à da tabela do Anexo V.2.

O levantamento revelou que tanto a cobertura eluvionar como as rochas da região são muito resistivas, assegurando assim uma penetração profunda ao sinal eletromagnético. A esta regra geral excetuam-se as pequenas áreas condutivas de rochas do Carbonífero e alguns aluviões quaternários.

A maior parte das 71 anomalias devidas a corpos condutores tem pouca possibilidade de estar associada a o

corrências minerais: um grande número resulta de atividade humana- telhados metálicos, tubagens, pontes etc- ou reflete efeitos geomorfológicos ou de estrutura geológica.

Entre as anomalias atribuídas a corpos condutores existem três consideradas de primeira prioridade para verificação de campo, nomeadamente:

- anomalia 40, situada 5 km a SW de Brusque no granodiorito Valsungana.
- anomalia 69, localizada 2 km a NW de S. João Batista (a E de Nova Trento)na formação Botuverá.
- anomalia 87, posicionada 2 km a sul de S. João Batista, na formação Botuverá.

Além destas anomalias há pouco mais de uma dezena de outras devidas a corpos condutores, merecedoras de investigações terrestre, conforme indicado na seção III.3.

Um resultado de interesse foi a obtenção de resposta e.m. típica de corpo magnético não só na intrusão alcalina de Anitápolis como também em três outros corpos distribuídos na sua periferia.

3. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O Projeto Eletromagnético Botuverá comprovou a eficiência do sistema HEM de prospecção aerogeofísica. A cobertura de uma das áreas de relevo mais acidentado no país, totalizando 7766 quilômetros lineares de vôo geofísico, foi realizada em apenas 77 dias úteis.

Os resultados do levantamento indicam que é fraca a probabilidade de existência na área do Projeto, de corpos condutores maciços - ocorrências de sulfetos maciços de dimensão considerâveis.

O levantamento aeromagnético efetuado concomitantemente com a prospecção aeroeletromagnética possui características de resolução comparáveis às dos levantamentos magnéticos terrestres. Este fato permite a detecção de corpos magnéticos de menores dimensões e é importante em áreas de fracas feições magnéticas, como acontece em Botuverá.

O mapa de contorno magnético obtido, além de delinear as estruturas magnéticas regionais, geralmente relacionadas com os acidentes tectônicos, definiu diversos corpos isolados. Entre estes avulta a intrusão alcalina de Anitápolis, caracterizada por intensa anomalia magnética e um grupo de corpos pequenos na sua periferia, possivelmente de semelhante teor de minerais ferromagnéticos.

O levantamento aeroeletromagnético detectou 245 anomalias, das quais 71 relacionadas com corpos condutores; as restantes resultam de corpos magnéticos ou fracamente condutores. Das anomalias de corpos condutores apenas três foram consideradas de primeira prioridade para verificação terrestre. Na seção III.3 indicam-se outras anomalias merecedoras de investigação no terreno mas de menor potencial. O levantamento aeroeletromagnético detetou também a zona magnética da intrusão de Anitápolis e confirmou a existência de corpos de composição semelhante na sua periferia, um dos quais aparenta ser também condutor.

Em face dos resultados recomenda-se que:

- os corpos magnéticos isolados, definidos no levantamento aeromagnético, sejam alvo de exame terrestre para definição das suas características e da possibilidade de estarem associados a outros tipos de mineralização.
- eventualmente sejam utilizados os resultados regionais do levantamento aeroeletromagnético para uma melhor definição da geologia da região.
- se proceda à verificação terrestre das anomalias eletromagnéticas de primeira prioridade, seguida de um exame no terreno das outras anomalias de corpos condutores mencionadas na seção III.3.
- se investiguem os locais das anomalias e.m. de corpos magnéticos detetados na periferia (e a SE) da intrusão alcalina de Anitápolis.

1. GENERALIDADES

1. GENERALIDADES

1.1 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA HEM - EM-33

A designação de sistema HEM aplica-se exclusivamente ao equipamento de prospecção eletromagnética, transportado em helicóptero, consistindo de duas bobinas coaxiais instaladas num "bird" (fig.II.1). Completa o sistema um magnetômetro para registro do campo magnético total.

O conjunto eletromagnético compõe-se de duas bobinas, uma transmissora e outra receptora, montadas num "bird" de 7 metros de comprimento, suspenso 30 metros abaixo do helicóptero(a separação entre bobinas é 6 metros). O vôo de prospecção acompanha o relevo do terreno, mantendo tanto quanto possível o "bird" 30 metros acima do solo.

A bobina transmissora, situada na retaguarda do "bird" emite uma onda eletromagnética de 733 hertz. Essa onda penetra no solo e, atingindo qualquer corpo condutor, induz nele correntes elétricas que por sua vez geram um campo eletromagnético secundário que é detetado pela bobina receptora. Simultaneamente, a bobina receptora tem uma ligação direta com a transmissora, através da qual recebe também o sinal primário devidamente atenuado. A comparação entre o nível secundário e o primário, ou mais precisamente, a razão entre os dois sinais representa a medição efetuada pelo sistema HEM. A unidade de medida

é parte por milhão (PPM), representando a relação entre os dois sinais.

As correntes induzidas nos corpos condutores no subsolo, devido aos circuitos que percorrem, tem componentes não só resistivas como indutivas. Por essa razão, o sinal refletido pelos corpos condutores, tem normalmente uma fase diferente da onda primária. Para mais completamente analisar o sinal secundário, o sistema eletrônico de recepção divide este em duas componentes: uma em fase com o sinal primário e outra 90 gráus fora de fase em relação ao sinal primário. O sinal fora de fase é designado comumente por sinal em quadratura.

Além do equipamento eletromagnético, o sistema HEM inclui também um magnetômetro a protons para medida do campo magnético total. A inclusão deste instrumento no sistema não só auxilia a interpretação das anomalias eletromagnéticas, indicando se estão ou não relacionadas com formações ferríferas, como também proporciona elementos adicionais para determinação dos parâmetros geofísicos aos quais se dirige a prospecção magnética.

O sensor do magnetômetro está instalado em um segundo "bird", de pequenas dimensões, e suspenso 15 metros abaixo do helicóptero, registrando as deformações ou anomalias do campo magnético terrestre devido a diferenciações geológicas do subsolo, sem qualquer interferência do conjunto eletromagnético.

A atenuação do sinal eletromagnético, que

se processa essencialmente na razão de uma potência da distância, torna conveniente o vôo à baixa altura. Desde os tempos dos equipamentos de menor resolução a altura média do vôo do "bird" é 30 metros. Com a utilização do equipamento muito mais sensível EM-33, em vôo à mesma altura, o nível de deteção aumentou consideravelmente, trazendo novas possibilidades ao sistema HEM.

SISTEMA HEM

FIG II. 1

1.2 REGISTRO DE DADOS

Os dados colhidos em levantamentos HEM são registrados em 8 canais analógicos, num registrador Barringer. Além dos 8 canais, o sistema registra mais 3 canais de marcas fiduciais.

A localização do percurso do helicóptero no terreno é efetuada por meio de uma câmara de rastreamento, a qual imprime em cada foto um número idêntico à marca fiducial do registrador analógico. Desta forma, a posição no terreno de todos os pontos do registro analógico fica precisamente determinado.

Para ilustração do sistema de registro de dados analógicos apresentamos na fig.II.2 um registro efetuado num levantamento recente. Observando os diversos canais, do inferior para o superior, vemos:

Canal 1 - campo E.M. em fase, de resposta rápida (1 seg.)

Canal 2 - campo E.M. em quadratura, de resposta rápida (1 seg.)

Entre o canal 2 e canal 3 - fiduciais de posição

Canal 3 - altura de vôo.

Canal 4 - campo E.M. em fase, de resposta lenta(4 seg.)

Canal 5 - campo E.M. em quadratura, de resposta lenta (4 seg.)

Canal 6 - monitor de ruído atmosférico

Entre Canal 5 e canal 6 - fiducial de ruído atmosférico.

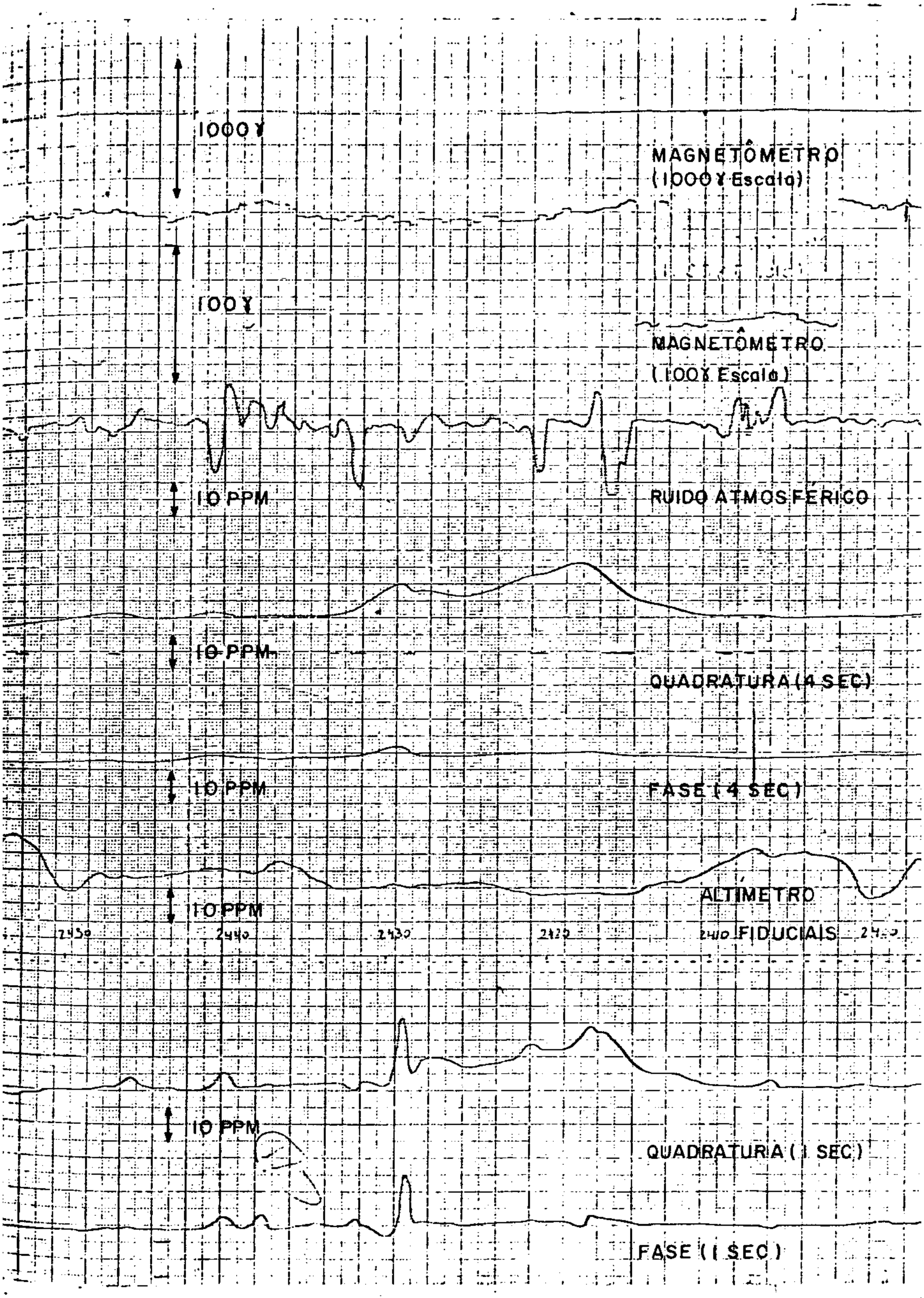
Canal 7 - campo magnético total(escala de 100 gamas)

Canal 8 - campo magnético total(escala de 1.000 gamas)

Entre canal 7 e canal 8 - fiducial de 50 hertz

Notamos também na mesma figura, nos canais 1 e 2, uma anomalia, tanto em fase como em quadratura. Como veremos adiante, corresponde provavelmente a um dique ou filão vertical condutor, cujas características elétricas e de profundidade podem ser determinadas como oportunamente mostraremos.

A resposta mais lenta dos canais 3 e 4 destina-se a filtrar as anomalias superficiais que ocasionalmente possam mascarar corpos profundos. O monitor de ruído atmosférico do canal 5 permite eliminar pseudo-anomalias devidas a tempestades elétricas e serve principalmente para decidir se as condições atmosféricas permitem a realização dos levantamentos. A fiducial de 50 hertz, entre os canais 7 e 8, indica se uma dada anomalia é ou não relacionada com alguma linha de alta tensão.



EXEMPLO DE REGISTRO ANALÓGICO HEM

2. INTERPRETAÇÃO HEM

2. INTERPRETAÇÃO HEM

2.1 INTRODUÇÃO

O sistema HEM caracteriza-se por consistir de duas bobinas coaxiais verticais, uma transmissora e outra receptora, cujo eixo se orienta na direção do vôo. Como a dimensão e separação entre bobinas é pequena em relação a sua distância ao solo, a análise dos sinais registrados na bobina receptora à medida que o sistema se desloca sobre as diversas formações e dispositivos geológicos, pode ser feita por analogia com o comportamento de dipolos eletromagnéticos sobrepostos. A interpretação baseia-se portanto no estudo dos efeitos de um campo eletromagnético dipolar em corpos condutores cujas formas geométricas representam uma aproximação aos dispositivos geológicos de maior interesse em prospecção.

2.2 RESPOSTA DE SISTEMAS ELETROMAGNÉTICOS

A natureza geral da resposta de sistemas eletromagnéticos a corpos condutores no subsolo pode ser avaliada recorrendo a um modelo muito simplificado no qual o condutor é idealizado por uma bobina de indutância L e resistência R(Grant e West, pg 486, 1965). O exemplo aplica-se ao sistema HEM.

Examinando a f.e.m. induzida pela bobina-transmissora na bobina no subsolo, e por esta na bobina receptora, verifica-se que a resposta eletromagnética ou anomalia é:

$$E^{(s)} / E^{(p)} = AS \qquad (1)$$

onde,

A = coeficiente de acoplamento

$= M_{01} M_{12} / M_{02} L$

M_{01} = indutância mútua entre transmissor e bobina

M_{02} = indutância mútua entre transmissor e receptor

M_{12} = indutância mútua entre bobina e transmissor

S = função resposta = $(a^2 + ia)/(a^2 + 1)$

a = $\omega L/R$

Observamos portanto que enquanto a função resposta depende da frequência, resistência e indutância do corpo, a outra quantidade na resposta, que designamos por coeficien

te de acoplamento, depende apenas do posicionamento e dimensões das bobinas.

Analisando o comportamento da função resposta notamos que para valores grandes de "a", a função tende para a unidade e predominam os valores reais, isto é, a resposta tende a estar em fase com o campo primário. Por razões evidentes, o limite da resposta à medida que "a" aumenta é chamado o "limite indutivo". Em contrapartida, à medida que "a" decresce, a componente imaginária torna-se dominante ou seja, a resposta tende a ficar 90º fora de fase em relação ao campo primário. O limite nesta direção é designado de "limite resistivo". Este comportamento é geral para os corpos simples utilizados como modelos em interpretação eletromagnética. Basta consultar as curvas de resposta do semi-plano vertical, para o semi-espaço homogêneo e para o plano horizontal (fig. II.4 e II.6) para confirmar a semelhança das respostas, não só entre si como também em relação ao modelo da bobina que acabamos de referir.

É importante reparar que a resposta do corpo condutor efetua-se em sentido contrário ao f.e.m. induzida pelo campo primário na bobina receptora. Como tende a reduzir o sinal primário, essa resposta tem, matematicamente, sinal negativo. No entanto, na prática da interpretação HEM as respostas de corpos condutivos são, por convenção, consideradas positivas, tanto em fase como em quadratura.

Em contraste com o comportamento de corpos condutores, os corpos magnéticos(não condutores) induzem na bobina receptora correntes no mesmo sentido do campo primário,produzindo portanto uma resposta positiva na simbologia matemática. Em interpretação HEM, por coerência com a convenção acima mencionada, as respostas de corpos magnéticos não condutivos é considerada negativa.

2.3 PARÂMETROS ELETROMAGNÉTICOS

As ondas eletromagnéticas emitidas pela bobina transmissora obedecem às leis de Maxwell, das quais, por uma transformação simples, se obtem as seguintes equações gerais de ondas magnéticas variando harmonicamente em tempo:

$$\nabla^2 \vec{E} = (i\sigma\ \mu\ \omega - E\ \mu\ \omega^2)\ \vec{E}$$

$$\nabla^2 \vec{H} = (i\sigma\ \mu\ \omega - E\ \mu\ \omega^2)\ \vec{H}$$

onde

σ = condutividade (Siemens/m)
μ = permeabilidade magnética (henry/m)
E = constante dielétrica (farad/m)
ω = frequência angular (1/seg)

Em materiais geológicos e para as frequências utilizadas no HEM, a condutividade varia entre 10^{-4} e 10^{3} mho/m, a permeabilidade é da ordem de 4×10^{-7} henry/m, a constante dielétrica é aproximadamente 10^{-10} farad/m e a frequência angular 4622 radianos por segundo. Portanto na equação (2),

$$i\ \sigma\ \mu\ \omega >> E\ \mu\ \omega^2$$

o que nos permite escrever as referidas equações sob a forma,

$$\nabla^2 \vec{E} = i\ \sigma\ \mu\ \omega\ \vec{E}$$

$$\nabla^2 \vec{H} = i\ \sigma\ \mu\ \omega\ \vec{H}$$

São estas equações que regulam o comportamento no subsolo dos fenômenos eletromagnéticos relacionados com o sistema HEM; no ar, o membro do lado direito reduz-se a zero.

A solução explicita de problemas eletromagnéticos é quase sempre complexa e laboriosa, mesmo em grande

parte dos problemas envolvendo as geometrias mais simples. Torna-se portanto necessário recorrer com frequência a soluções numéricas ou obtidas em modelos reduzidos estudados em laboratório. A aplicação desses resultados a geometrias idênticas mas possuindo características eletromagnéticas ou dimensões diferentes exige o conhecimento das relações invariantes de um sistema de uma dada dimensão e parâmetros eletromagnéticos para o outro de dimensões e parâmetros eletromagnéticos diferentes. Considerando as equações (3) em dois sistemas diferentes, nomeadamente,

$$\text{Sistema 1:}\quad \vec{E}, \vec{H}, \mu_1, \omega_1, \sigma_1$$

$$\text{Sistema 2:}\quad \vec{E}_2, \vec{H}_2, \mu_2, \omega_2, \sigma_2$$

em que as coordenadas de espaço de um sistema para o outro tenham a razão "ℓ", vemos logo $\nabla_2^2 = 1/\ell^2\ \nabla^2$. Concluimos que, para serem aplicáveis no sistema 2 os resultados obtidos no sistema 1, seria necessário que a quantidade,

$$\theta^2 = \mu\ \omega\ \ell^2$$

do sistema 2 fosse igual à constante de propagação do sistema 1. A quantidade θ^2 é designada em prospecção e.m. por parâmetro de resposta. Como teremos ocasião de ver adiante, todas as curvas de resposta dos diversos modelos são constituídas em função deste parâmetro θ.

2.4 ESCOLHA DE MODELOS

Na análise dos resultados, as respostas eletromagnéticas obtidas no campo são comparadas com o comportamento de configurações geométricas idealizadas, representando os dispositivos geológicos mais comuns. Assim, um dique ou filão condutor, vertical ou inclinado, corresponde ao modelo do semi-plano vertical ou inclinado; um plano condutor tabular superficial pode ser aproximado por um plano condutor de dimensões limitadas; um corpo geológico maciço, de grandes dimensões em relação às características do sistema HEM, identifica-se com o semi-espaço homogêneo; uma região de estratificação horizontal será representada pelo modelo de camadas horizontais; e assim sucessivamente.

O primeiro passo na interpretação HEM relaciona-se com a identificação de geometria do corpo- e a sua atitude se possível - a partir da forma da anomalia. Nos casos de dúvida quanto ao modelo, a comparação com os modelos mais prováveis geralmente indica aquele que mais se aproxima dos resultados obtidos.

A interpretação HEM utiliza a resposta das componentes em fase e em quadratura, bem como no conhecimento da altura de vôo. A frequência da bobina transmissora também é um dado de entrada mas em geral o seu valor mantém-se fixo durante o levantamento.

Na fig. II.3 ilustramos as anomalias de um semi-plano vertical, de um semi-plano inclinado a 45º e de um plano horizontal de dimensões limitadas. Notamos como a simetria e forma da anomalia facilitam a identificação destes três casos. Observamos tambem que a intensidade da resposta aumenta rapidamente à medida que o semi-plano se afasta da vertical.

FORMA DAS ANOMALIAS

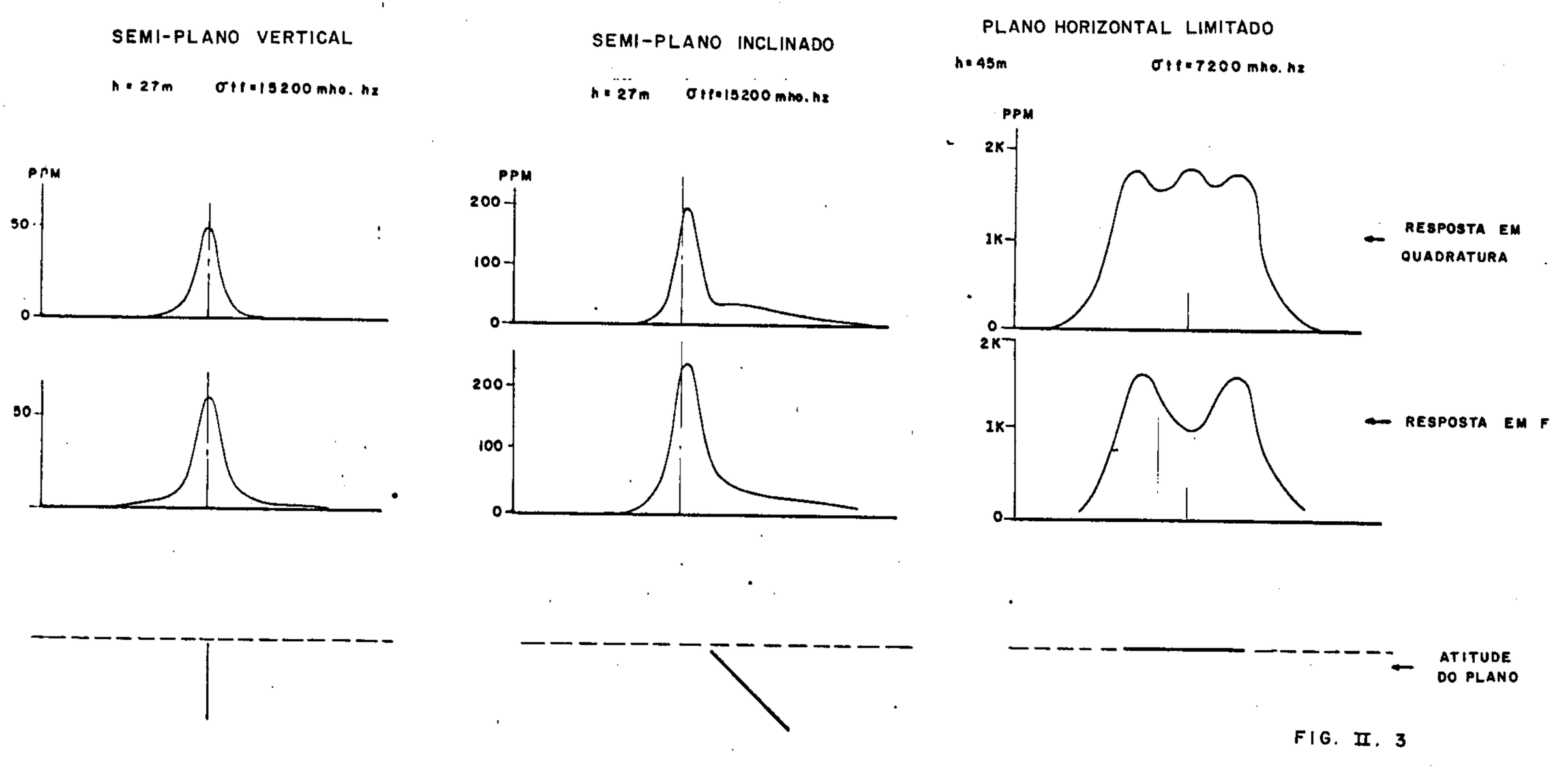


FIG. II. 3

2.5 SEMI-PLANO VERTICAL OU INCLINADO

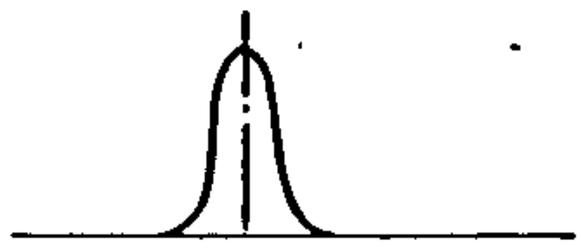
2.5.1 - Semi-plano condutor e semi-plano magnético

Na interpretação HEM em prospecção mineral, o modelo de semi-plano condutor, vertical, ou inclinado, tem sido a técnica mais utilizada e mais bem sucedida. Isso resulta sem dúvida do fato de grande parte das jazidas de sulfetos maciços estarem associadas a estruturas geológicas cuja espessura é pequena comparada com as outras dimensões.

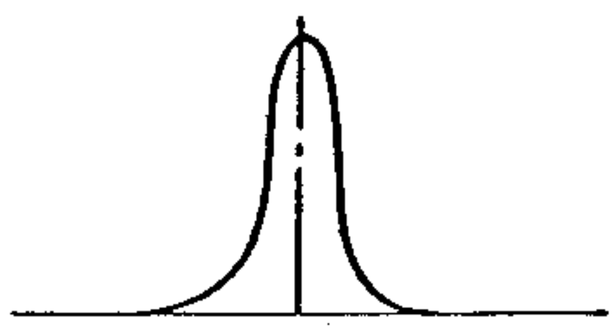
Ainda que de um modo geral os levantamentos aeroeletromagnéticos tenham como alvo primordial os corpos altamente condutivos, a verdade é que outros corpos cuja geometria corresponde ao semi-plano vertical ou inclinado também produzem resposta eletromagnética. Entre esses corpos mencionaremos certos tipos de contatos ou falhas geológicas exibindo fraca condutividade, e camadas de material magnéticos como, por exemplo, de itabiritos. Na fig.II.4 indicamos esquematicamente a resposta eletromagnética , do sistema HEM, respectivamente, ao semi-plano vertical condutor, ao semi-plano condutor fracamente condutor e ao semi-plano vertical magnético. Notamos que a passagem gradual de um corpo condutor para outro menos condutor, e eventualmente para um corpo magnético, se traduz pela redução da resposta em fase que, finalmente, para o corpo magnético,se torna negativa.

É conveniente, neste ponto referirmos breve

QUAD

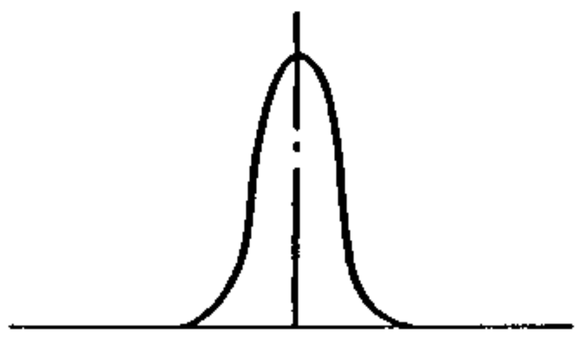


FASE



SEMI-PLANO CONDUTIVO

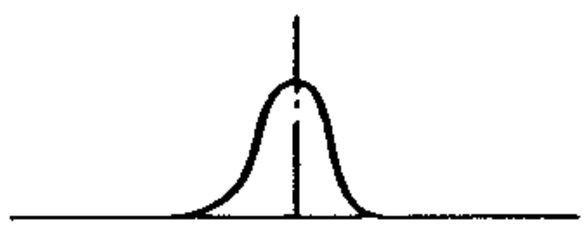
QUAD



FASE

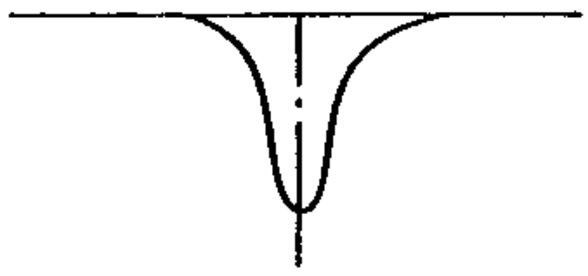
SEMI-PLANO FRACAMENTE CONDUTIVO

QUAD



SEMI-PLANO MAGNÉTICO

FASE



ANOMALIAS ELECTROMAGNÉTICAS DO SEMI-PLANO CONDUTIVO E DO SEMI-PLANO MAGNÉTICO

mente à questão do sinal ou polaridade das anomalias do semi-plano vertical. Fisicamente, a anomalia do semi-plano vertical condutor é negativa, tanto em fase como em quadratura; isto é, a corrente induzida pelo semi-plano na bobina receptora tem direção contrária à da f.e.m induzida nessa bobina pelo sinal primário do transmissor. No entanto, na prática essa resposta é considerada positiva, por convenção originada no uso dos registros analógicos. Por coerência com esta convenção, a anomalia em fase do semi-plano vertical magnético é considerada negativa.

A seguir descreveremos em maior detalhe a resposta do semi-plano condutor e do semi-plano condutor magnético.

2.5.2 - Resposta do semi-plano condutor

No modelo do semi-plano vertical, de profundidade e comprimento infinitos, como a espessura (t) tende para zero e a condutividade (σ) é muito alta, as suas características eletromagnéticas são representadas pela condutância (σt); não é válido considerar a condutividade ou a espessura separadamente. Os trabalhos de Ghosh e West (1971) e Ghosh (1972), em modelo reduzido, investigaram a resposta de semi-planos verticais e inclinados, considerando também os efeitos de "strike" e de limitação da extensão do semi-plano quer verticalmente, quer horizontalmente.

Na figura II.5 apresentamos a função de resposta do semi-plano vertical, já normalizada para a separação de bo

FUNÇÃO RESPOSTA DO SEMI-PLANO VERTICAL

SENSOR DE BOBINAS COAXIAIS

SEPARAÇÃO 6m

Ho : ALTURA NORMAL DE VÔO = 30m

f : FREQUÊNCIA (Hz)

σ : CONDUTÂNCIA (mhos)

FASE

QUADRATURA

FASE, QUADRATURA = $\left(\frac{H}{Ho}\right)^2$ PPM

100

60

40

20

0

1.0 K

10K

100K

1000K

$(\sigma \cdot f \cdot \frac{H}{Ho})$

FIG II. 5

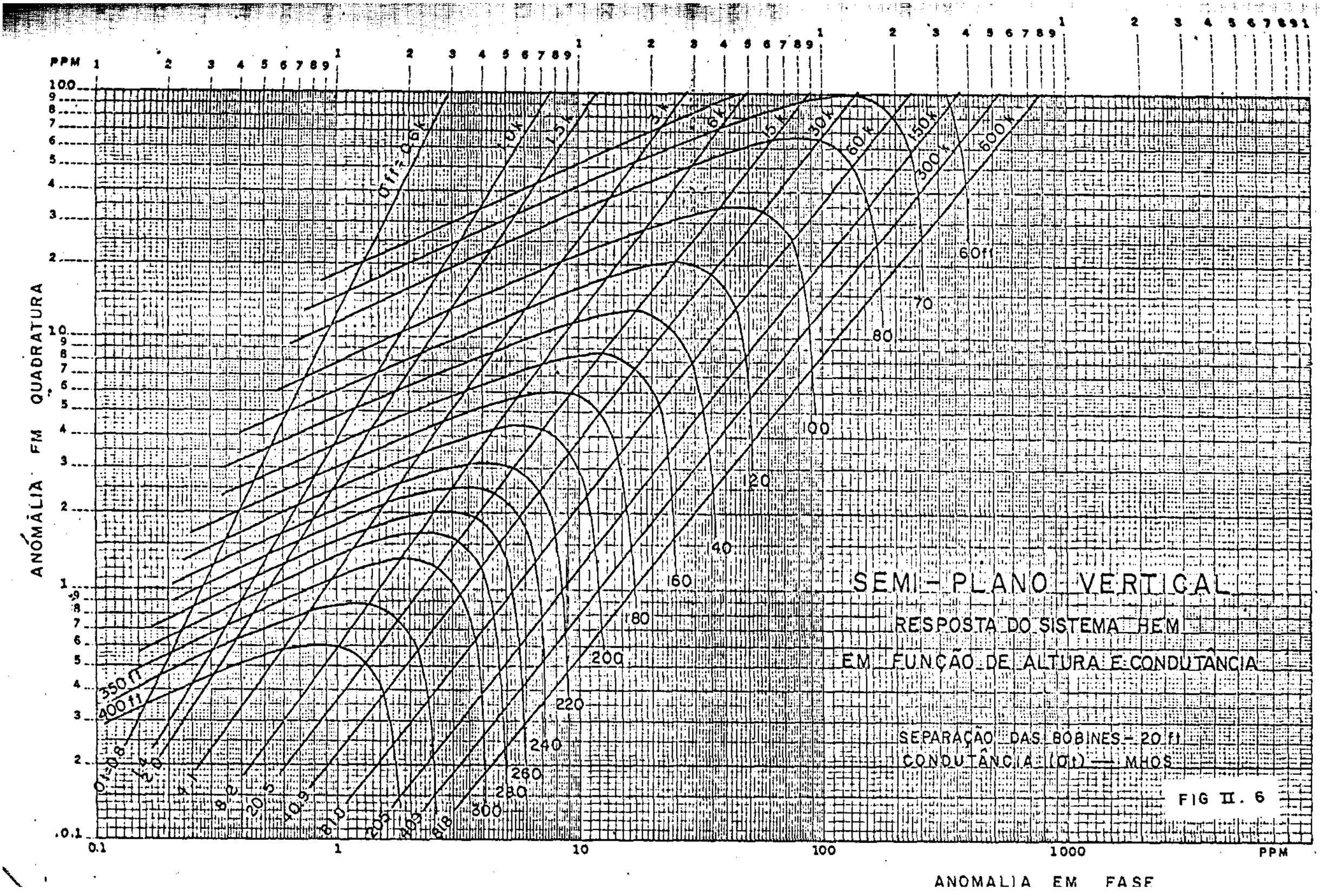

SEMI-PLANO VERTICAL
RESPOSTA DO SISTEMA HEM
EM FUNÇÃO DE ALTURA E CONDUTÂNCIA
SEPARAÇÃO DAS BOBINES - 20 ft
CONDUTÂNCIA (σt) — MHOS
ANOMALIA EM FASE
ANOMALIA EM QUADRATURA
PPM
0.1
1
10
100
1000
σt = 0.6k
1.0k
1.5k
3k
6k
15k
30k
60k
150k
300k
600k
60ft
70
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280
300
350 ft
400 ft
σt = 0.8
1.4
2.0
4.1
8.2
20.5
40.9
81.0
205
409
818

FIG II. 6

binas do HEM Geonics EM-33. A figura seguinte contem a família de curvas construídas diretamente a partir da função de resposta: observamos que estas curvas relacionam as amplitudes em fase e em quadratura das anomalias, com a condutância do semi-plano vertical e com a distância do dipolo, ou seja, ao sensor. A condutância é, naturalmente, considerada como indicadora da condutividade do corpo e como tal, utilizada como índice do potencial mineral da anomalia eletromagnética.

As anomalias do semi-plano vertical têm em geral formas estreitas, como se observa na fig. II.3. Através da análise empírica do comportamento das curvas conclui-se que a meia largura da anomalia é aproximadamente igual à distância do sensor ao semi-plano vertical condutor. No entanto, na interpretação da forma das anomalias torna-se necessário prestar atenção também ao "strike" e inclinação do semi-plano, pois ambos contribuem para o alargamento das anomalias.

2.5.3 - Semi-plano magnético

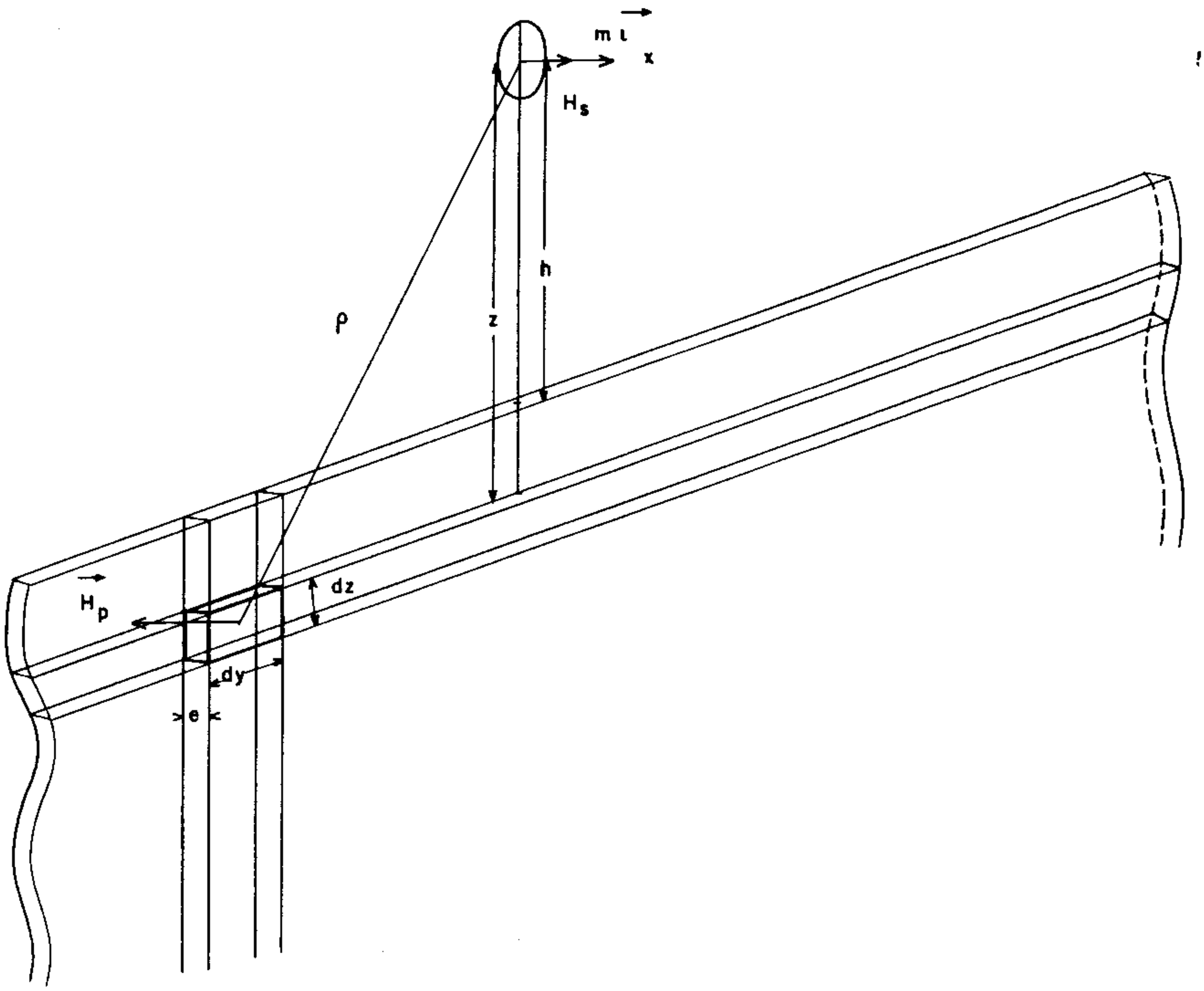
Como mencionamos na seção sobre a resposta geral dos sistemas de prospecção e.m, os corpos magnéticos pouco condutores produzem respostas negativas (segundo a convenção do HEM) no canal "em fase". Resultados desse tipo observam-se com frequência, não só sobre os corpos magnéticos, como também em contatos geológicos entre formações de permeabilidade magnética diferente. Fraser (1973) utilizou esta resposta para avaliação de re-

servas de uma jazida de minério de ferro. Na prospecção de minerais não ferrosos, a anomalia de corpos magnéticos tem interesse para a definição de facetas estruturais e contatos geológicos.

Para a análise das anomalias e.m, devidas a corpos magnéticos, desenvolvemos um método de determinação da susceptibilidade dos corpos magnéticos, que a seguir descrevemos. Convém notar que a susceptibilidade determinada desta forma elimina o efeito do magnetismo remanescente.

Em todo corpo ferromagnético um campo magnético de origem externa provoca uma magnetização induzida, fonte de um campo magnético secundário. Se o campo magnético externo (ou primário) for variável, a magnetização por ele induzida vai variar proporcionalmente. Se além disso o corpo magnético for também condutor, o campo secundário produzido por este corpo será a resultante do campo secundário de origem magnética (ligado à magnetização induzida) e do campo secundário de origem eletromagnética (ligado às correntes elétricas induzidas no corpo). No caso geral estes dois efeitos (magnético e eletromagnético) não podem ser separados um do outro e o estudo analítico é geralmente árduo. Em compensação, perto do limite resistivo, isto é para $\sigma\mu\omega \to 0$, os dois efeitos podem ser considerados separadamente.

Neste estudo, foi examinado o caso particular de um sistema eletromagnético coaxial situado no ápice de um semi plano magnético vertical, a uma distância vertical suficientemente



Dipolo no ápice de um semi plano vertical magnético

FIG. II - 7

grande em relação à distância entre as duas bobinas coaxiais, de tal maneira que estas possam ser consideradas sobrepostas no que diz respeito ao cálculo do campo secundário. Deste modo, as duas bobinas e o corpo magnético estão situados no mesmo plano (Fig.II.7). Em todos os pontos deste plano, situados a uma distância ρ das bobinas, o campo magnético (primário) gerado pela bobina transmissora é igual:

$$\vec{H}_p = -\frac{m}{4\pi}\,\frac{\vec{i}_x}{\rho^3}$$

onde $\vec{mi}_x$ é o momento do dipolo.

Um elemento de volume dv do corpo magnético transforma-se, sob a ação do campo primário, num dipolo magnético de momento infinitesimal $\vec{dm}$ tal que:

$$d\vec{m} = \vec{M}\,dv = \chi\vec{H}_p\,dv$$

onde $\vec{M}$ representa o vetor de magnetização e χ a susceptibilidade magnética (igual a $\mu/\mu_o - 1$). O campo magnético (secundário) produzido por este dipolo à distância ρ, isto é, em particular, na bobina receptora, é portanto:

$$d\vec{H}_s = -\frac{\chi\vec{H}_p}{4\pi}\,\frac{dv}{\rho^3} = \frac{\chi m\,dv}{16\pi^2\rho^6}\vec{i}_x$$

Num sistema tri-retangular Oxyz com O_z dirigido para baixo e Oy paralelo à aresta do semi-plano, tem-se:

- $dv = e\,dy\,dz$ e= (espessura do corpo)

$$\rho^2 = y^2 + z^2$$

$$\vec{H}_s = \frac{\chi m e}{\ell \pi^2} \vec{\iota}_x \int_h^\infty \int_0^\infty \frac{dy\,dz}{(y^2+z^2)^3}$$

praticando primeiro a integração sobre y e depois, a integração sobre X, obtem-se:

$$\int_0^\infty \frac{dy}{(y^2+z^2)^3} = \frac{3}{4z^2} \int_0^\infty \frac{dy}{(y^2+z^2)^2} = \frac{3}{4z^2}\,\frac{1}{2z^2} \int_0^\infty \frac{dy}{y^2+z^2}$$

$$= \frac{3}{8z^4}\,\frac{1}{z}\,\text{arc tg}\,\frac{y}{z}\Big|_0^\infty = \frac{3\pi}{16z^5}$$

$$\frac{3\pi}{16z^5} \int_h^\infty \frac{dz}{z^5} = -\frac{3\pi}{16}\,\frac{1}{4z^4}\Big|_h^\infty = \frac{3\pi}{4 \times 16 h^4}$$

A expressão do campo secundário é portanto:

$$\vec{H}_s = \frac{3 m \chi e}{2 \times 16^2 \pi h^4} \vec{\iota}_x = \frac{3 m \chi e}{2^5 \pi h^4} \vec{\iota}_x$$

O campo primário na bobina receptora é:

$$H_p = \frac{m}{2\pi}\,\frac{1}{d^3}$$

onde d representa a distância entre as duas bobinas. A resposta é portanto:

$$\boxed{H_s / H_p = F = \frac{3 d^3 \chi e}{2^8 h^4}} \qquad (1)$$

Esta resposta só existe em fase, naturalmente. Por este motivo, na interpretação, o valor medido de F só permite a determinação da razão $\chi e/h^4$, desde que a distância vertical h não é conhecida a priori. No entanto se for admitido que o corpo magnético aflora na superfície do solo, h é então igual à altura de vôo e a susceptância, que é o produto χe, pode ser determinada pela expressão derivada de (1).

$$\chi e = \frac{2^8 \, h^4 F}{3 \, d^3} \qquad (2)$$

No caso de d = 6 metros, tem-se:

$$\chi e = \frac{2^5 \, h^4 F}{3^4} = 0.3950 \, h^4 F \qquad (3)$$

Geralmente, a distância vertical é superior à altura de vôo; portanto, o valor de χe determinado pela fórmula acima representa apenas um valor mínimo da susceptância.

2.6 CONDUTOR PLANO HORIZONTAL

O modelo do plano condutor horizontal, tal como o modelo do semi-plano vertical, considera uma placa estreita horizontal infinita para a qual se define o parâmetro condutividade- espessura (ou seja, a condutância) cujos componentes são inseparáveis.

A solução deste problema, em termos de integrais tabelados de senos e cosenos é dada por Grant e West (1965), podendo ser apresentada formalmente sob a seguinte forma para o sistema HEM:

$$H^{(s)}/_{H^{(p)}} = -1(1/16)\ (\ell/h)^3\ (X+iY) \qquad (4)$$

onde "ℓ" é a separação de bobinas do HEM, "h" a altura de vôo, X+iY é a função de resposta (em termos de u σ ω h) e "s" a espessura da placa. A fig. II 8a mostra a função da resposta para o condutor plano horizontal infinito, a partir da qual se pode construir a família de curvas de interpretação semelhante as da fig. 6 para o semi-plano vertical. Para condutâncias iguais, a resposta do plano horizontal é, a grosso modo, dez vezes mais intensa que a do semi-plano vertical.

Ghosh (1972) investigou o caso de planos horizontais de dimensões limitadas, mostrando a ocorrência de valores de resposta mais intensos nas bordas e setor central, capa-

zes de levar a confundi-los com o modelo de semi-planos verticais - sob o condutor horizontal.

Os modelos de planos condutores horizon - tais são úteis, não só para identificar a resposta de formações ' horizontais de alta condutividade, como também para avaliar a ordem de grandeza de variações da resposta de superfície muito condutiva devido à variação da altura de vôo.

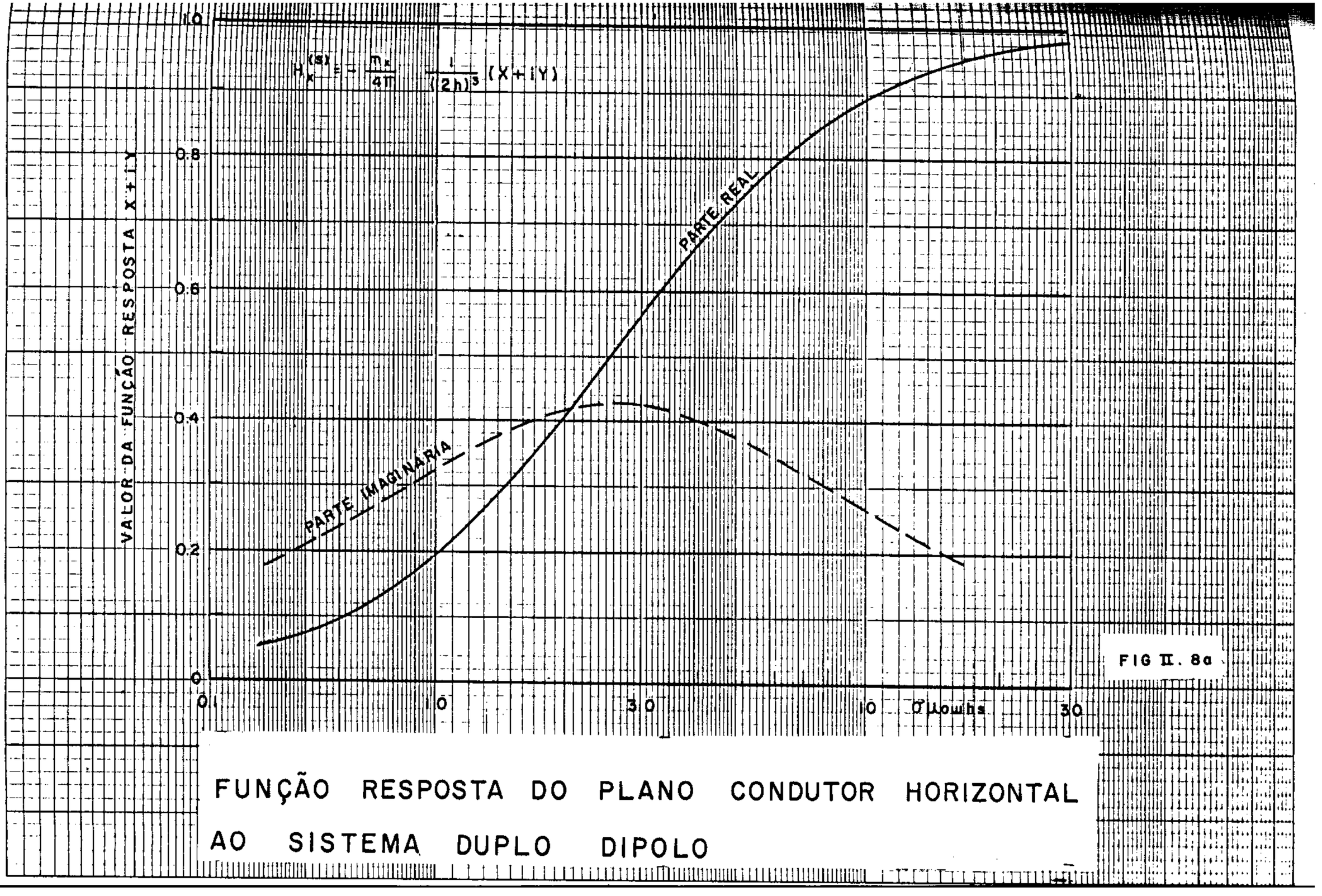


FIG II. 8a

FUNÇÃO RESPOSTA DO PLANO CONDUTOR HORIZONTAL AO SISTEMA DUPLO DIPOLO

2.7 SEMI-ESPAÇO HOMOGÊNEO

Outro modelo bastante utilizado na interpretação HEM é o do semi-espaço homogêneo. Corresponde à situação em que a combinação da resistividade da camada superficial e a sua espessura é tal que as camadas inferiores não contribuem significativamente para o registro HEM.

As soluções explícitas iniciais deste problema devem-se a Wait(1956). Posteriormente Frischnecht (1967)produziu em computador tabelas de valores da resposta do semi-espaço homogêneo. A fig. II-8b contem os valores da função de respostaeste modelo. Utilizando a representação formal da solução, indicada na equação 4, obtem-se a família de curvas de interpretação II-8c Tem interesse a comparação das funções de resposta do semi-espaço homogêneo e do plano horizontal, indicadas na fig. II-8a.

O modelo do semi-espaço homogêneo tem-se revelado de grande importância na determinação da resistividade' aparente das formações geológicas e na análise de pseudo-anomalias causadas por variações da altura. Os mapas de resistividade aérea aparente, que já tivemos ocasião de apresentar em outros projetos, representam um considerável auxílio ao mapeamento e interpretação da geologia.

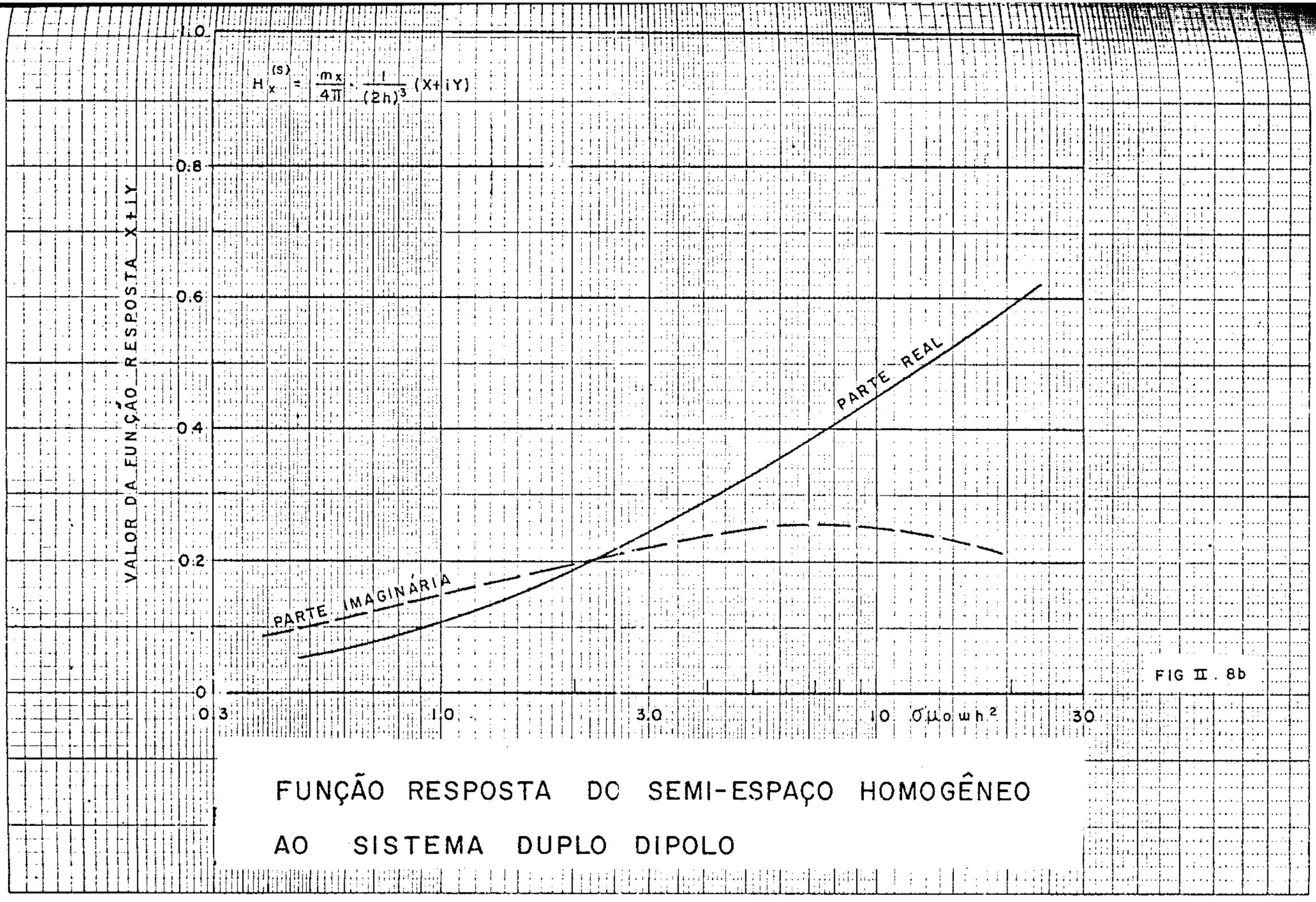


FIG II. 8b

FUNÇÃO RESPOSTA DO SEMI-ESPAÇO HOMOGÊNEO AO SISTEMA DUPLO DIPOLO

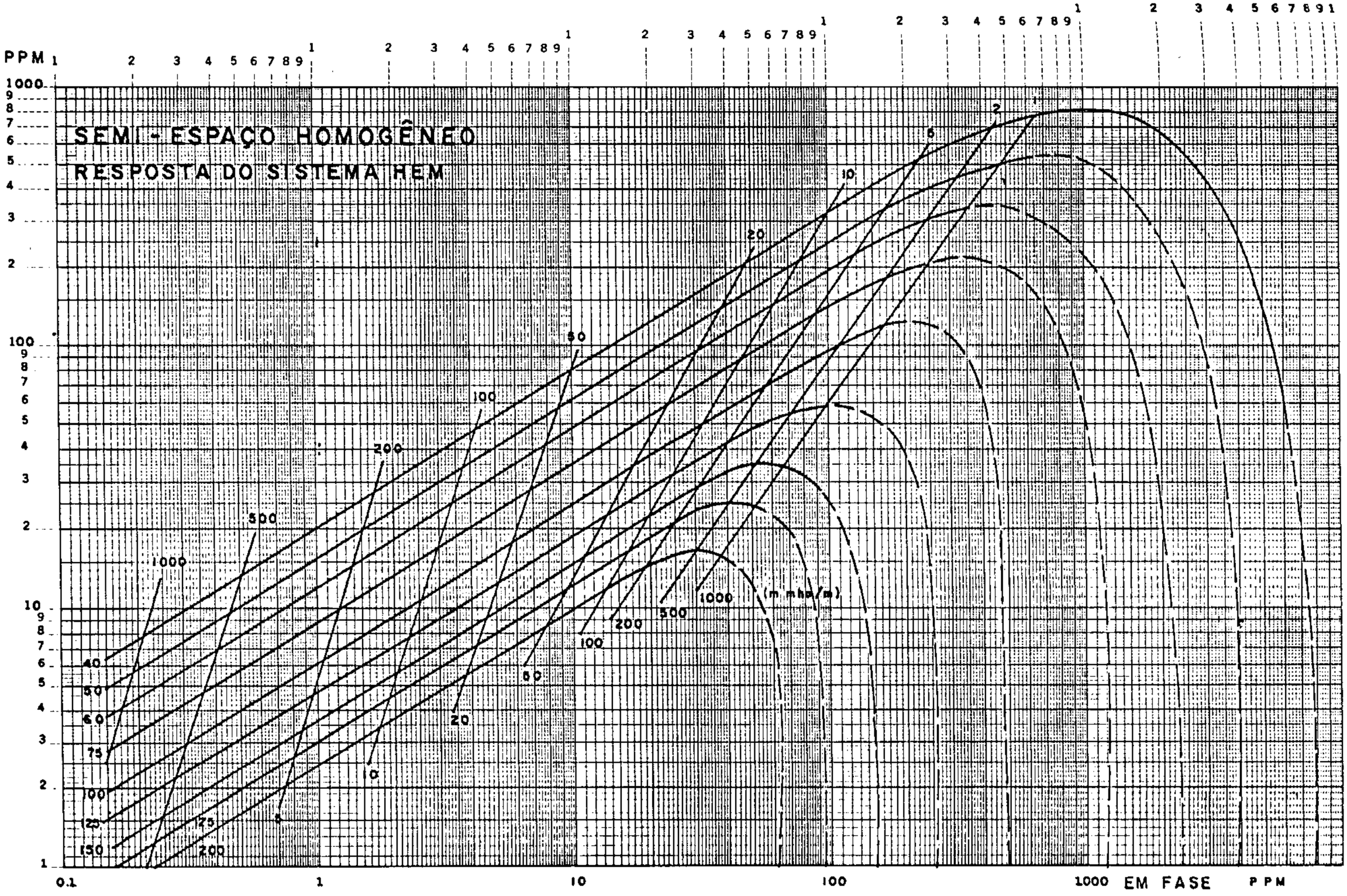

SEMI - ESPAÇO HOMOGÊNEO
RESPOSTA DO SISTEMA HEM
PPM
EM QUADRATURA
EM FASE PPM
0.1
1
10
100
1000
(m mho/m)
1000
500
200
100
50
20
10
5
2
1
40
50
60
75
100
125
150
175
200

FIG. II 8 - C

2.8 OUTROS MODELOS

Diversos outros modelos são ocasionalmente aplicáveis na interpretação HEM. A esfera permeável (Lodha e West, 1976), por exemplo, poderá servir para casos de corpos equidimensionais. O modelo de duas e três camadas, poderá vir a ser utilizado com frequência no aprimoramento do mapeamento de resistividade quando se recorre à interpretação automática em computador.

2.9 CRITÉRIOS DE SELEÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS ANOMALIAS E.M.

2.9.1 - Considerações Gerais

Na seleção e classificação das anomalias eletromagnéticas de corpos condutores há a considerar dois aspectos fundamentais: por um lado as suas características geofísicas e, por outro lado, as correlações geológicas.

No que se refere à analise das caracte - rísticas geofísicas das anomalias, temos que ter em vista que os corpos condutores de interesse - sulfetos maciços, por exemplo- apresentar-se-ão quase exclusivamente sob formas relacionáveis ' ão semi-plano vertical ou inclinado. Consequentemente as anoma - lias correspondentes serão estreitas e de intensidade proporcio - nal à condutância do corpo (que em princípio, refletirá a concen tração de minerais condutores). Assim, a classificação e seleção geofísica das anomalias eletromagnéticas atende simplesmente aos seus parâmetros físicos tais como largura e intensidade. Na se ção seguinte indicamos os critérios quantitativos utilizados nes se tipo de seleção no presente projeto. A lista de anomalias do Anexo, seção 1,estabelece uma hierarquia das anomalias, baseada' nesses conceitos.

Em contrapartida, uma anomalia pode a- presentar características geofísicas ideais mas situar-se em am

biente, ou desfavorável ou reunindo um conjunto de condições capazes de produzir uma anomalia perfeita sem estar relacionada com qualquer corpo semi-plano vertical ou inclinado. Na lista 2 do Anexo são indicadas as correlações geológicas de cada anomalia exatamente para permitir uma melhor avaliação do seu potencial mineral.

As conclusões finais sobre as anomálias e.m. detetadas no projeto resultam portanto de uma apreciação ponderada das suas características físicas, e correlações geológicas e geomorfológicas.

2.9.2 - Critérios geofísicos de classificação e seleção

Descreveremos nesta seção os critérios geofísicos de classificação e seleção de anomalias.

O primeiro parâmetro considerado é a semi largura do pico da anomalia, isto é, a largura do pico a uma altura igual a metade do ponto máximo. A unidade de comprimento para a semi-largura é a fiducial-padrão, igual a 60 metros. Consideram se como anomalias apenas picos suficientemente estreitos para poderem ser causados por corpos condutores (e/ou magnéticos) identificáveis a semi-planos verticais ou apresentando uma forte inclinação. Por convenção, foi fixado o valor máximo de 2 fiduciais (120 metros) para a largura de uma anomalia, medida no pico da

quadratura.

A segunda característica de uma anomalia é o seu "tipo", baseado sobre os sinais dos picos de fase e quadratura. Foram distinguidos cinco tipos de anomalias, enumeradas a seguir:

(i) Tipo 1 : Fase positiva, quadratura nula; correspondente a um corpo fortemente condutor, caso este muito pouco comum na natureza; por isto, este tipo de anomalia é geralmente causado por algum artefato metálico(ponte, teto, canalização, cabo de alta tensão).

(ii) Tipo 2: Fase positiva, quadratura positiva, corresponde a um corpo normalmente condutor.

(iii) Tipo 3: Fase nula, quadratura positiva: causado por um corpo pouco condutor.

(iv) Tipo 4: Fase negativa, quadratura positiva: relacionado com um corpo ao mesmo tempo condutor e magnético(magnetita, por exemplo)

(v) Tipo 5: Fase negativa, quadratura nula: causado por um corpo não condutor, mas magnético.

Na prática, considera-se como fase ou quadratura "nula" não apenas valores exatamente iguais a zero, mas

também valores muito pequenos em valor absoluto, isto é, inferiores a 1 ou 2 ppm.

Uma vez fixado o tipo da anomalia resta determinar a sua "classe", isto é, o seu grau de prioridade para uma eventual verificação de campo. Se o objeto da prospecção for a descoberta de ocorrências de sulfetos, é claro que as anomalias dos tipos 1 (artefatos metálicos), 4 e 5 (minérios de ferro) não apresentarão nenhum grau de prioridade e portanto não terão "classe". Portanto a classificação em graus de prioridade só interessará às anomalias dos tipos 2 e 3. Esta classificação é praticada em duas etapas.

Na primeira etapa, calcula-se a "acuidade" ("Sharpness") da anomalia para a quadratura. Esta "acuidade" é definida como sendo a razão do valor do pico da quadratura sobre a semi-largura do mesmo. Se a acuidade for inferior ao valor convencional de 5 ppm por fiducial-padrão, a anomalia é automaticamente considerada como sendo de terceira prioridade (é uma anomalia "achatada"). Se a acuidade for igual ou superior a 5 ppm por fiducial (anomalia estreita) passa-se à segunda etapa, que é a determinação da condutância do corpo responsável pela anomalia, supondo-se que este corpo passa ser relacionado a um semi-plano vertical. Se a condutância assim determinada for superior a 3 mhos, a anomalia terá a prioridade 1. Este último caso só poderá ocorrer com uma anomalia do tipo 2, uma vez que as anomalias

tipo 3 são causados por corpos de condutância muito baixa, is-
é, geralmente inferior a 1 mho.

2.10 VERIFICAÇÃO TERRESTRE

A verificação terrestre das anomalias assinaladas pelo HEM deverão ser realizadas com "sligram", cuja resposta é semelhante à do HEM. Recomenda-se no entanto também a utilização de VLF, principalmente como método expedito de localização preliminar de anomalias, em especial as aflorantes de baixa condutância.

Na utilização conjunta desses dois métodos, a primeira investigação, a ser realizada por VLF, seria essencialmente um levantamento para localização e confirmação da anomalia. Recomendaríamos uma quadrícula de 300m x 300m, efetuada com linhas de 300m de comprimento, separadas entre si de 50 metros, praticamente sem abertura de picadas. A dimensão relativamente grande da quadrícula destina-se a prevenir a possibilidade de não ser encontrada a anomalia por erro de localização no terreno. A escolha das direções das linhas deveria ser apoiada no conhecimento dos condicionamentos geológicos e elementos obtidos no levantamento - HEM - quer resultados do mapeamento de resistividade quer da estrutura revelada pelo levantamento magnético. Nos casos em que as anomalias HEM tenham associações magnéticas, seria também conveniente cobrir a quadrícula VLF com estações magnetométricas.

Confirmada a anomalia e conhecida a sua direção, extensão e intensidade, seria então realizado o levantamento com "sligram", no qual se poderá adotar uma nova quadrícula, cujas dimensões, direção e espaçamento já beneficiarão dos dados do

levantamento preliminar com VLF e magnetômetro.

Caso as equipes encarregadas da verificação terrestre possam localizar com precisão a zona anômala, o levanta-- mento VLF poderá ser omitido, partindo-se diretamente para uma in- vestigação com "sligram", em linhas de 300m de comprimento, separa- das entre si de 100m, orientadas da maneira especificada para o VLF e formando uma quadrícula de 300m x 500m. Seria conveniente, ca- so exista associação magnética, fazer acompanhar o "sligram" de le- vantamento magnetométrico, cobrindo as linhas eletromagnéticas com estações magnéticas a intervalos de 50m.

Poderá acontecer que o "sligram" sugira que a anomalia detetada seja uma zona de maior concentração de uma ocor- rência disseminada. Justificar-se-ia aí a aplicação de polarização induzida para um maior detalhe antes da decisão de passar ao está- gio de sondagem.

3. INTERPRETAÇÃO MAGNÉTICA

3. INTERPRETAÇÃO MAGNÉTICA

3.1 INTERPRETAÇÃO QUALITATIVA

Ainda que não estivesse previsto no projeto a apresentação de mapas de interpretação magnética, a avaliação dos resultados do levantamento aeromagnético necessitou de uma interpretação qualitativa, de natureza regional, dos mapas de contorno magnético obtidos. Nesta seção indicaremos os procedimentos utilizados na interpretação qualitativa dos resultados do projeto.

3.1.1 Determinação das características gerais da área

A primeira fase na interpretação do levantamento aeromagnético consistiu na avaliação qualitativa da distribuição aproximada de rochas magnéticas, a fim de se estabelecer uma correlação preliminar com os mapeamentos geológicos existentes. Esta tarefa é habitualmente realizada colorindo os mapas isomagnéticos, com base nas cotas de intensidade total, o que permite visualizar mais convenientemente as feições magnéticas da área. No presente caso adotou-se um sistema de coloração com mudança de côr a cada 50 gamas de desnível.

O processo possui as seguintes vantagens:

(i) realça as áreas de intensidade muito baixa e muito alta.

(ii) permite uma distinção rápida entre os mínimos e os máxi

magnéticos, ajudando assim na identificação rápida das direções dos lineamentos magnéticos

(iii) põe em evidência os limites entre as zonas de características magnéticas diversas.

(iv) permite distinguir alguns dos falhamentos interpretados

Simultaneamente foram preparados mapas fotogeológicos e de imagem de radar de trabalho, à escala dos mapas magnéticos para auxiliar a correlação entre a geologia regional e os dados magnéticos. Essa correlação foi tida em consideração na fase de interpretação magnética mais detalhada.

3.1.2 Definição dos lineamentos magnéticos

Um dos processos iniciais da interpretação qualitativa é sempre a definição dos lineamentos magnéticos positivos e negativos. Estes são definidos como sendo os eixos de "máximos" e "mínimos" respectivamente. Esses lineamentos servem para:

(i) mostrar as variações da direção do strike geológico de uma parte da área para outra;

(ii) mostrar o "grau de linearidade" das anomalias na região. É uma medida não só da facilidade com que as anomalias podem ser correlacionadas de uma linha de vôo para outra, mas também da extensão sobre a qual as anomalias podem ser traçadas. Isto geralmente constitui um bom indicador pa

ra investigar a natureza das rochas e a sua complexidade estrutural;

(iii) para determinar falhas possíveis, traçando linhas ao longo das quais os lineamentos magnéticos param repentinamente. Isto é particularmente notório quando uma série de lineamentos magnéticos pode ser identificada em ambos lados de uma falha, mas deslocados;

(iv) para determinar possíveis eixos de dobramentos por reflexões de lineamentos magnéticos através desses eixos, particularmente quando os lineamentos convergem ou divergem, demonstrando o mergulho do eixo;

(v) para mostrar a "densidade de anomalias" numa região, isto é, o espaçamento médio entre lineamentos magnéticos paralelos.

O "grau de linearidade" e a "densidade de anomalias" são dois critérios usados para subdividir a área do levantamento em zonas de características magnéticas diversas.

3.1.3 Delineação de falhas

As falhas são traçadas usando as seguintes características do padrão magnético:

(i) deslocamento de lineamentos magnéticos;

(ii) faixas com linhas de contorno muito próximas umas das

outras, seguindo eixos retilíneos, particularmente quando essas faixas não são paralelas ao strike geológico local;

(iii) coincidência com limites delineados entre susceptibilidades magnéticas contrastantes.

Tais feições, quando paralelas às linhas de vôo, devem ser tratadas com precauções, mesmo que haja um falhamento paralelo a esta direção em algumas partes da área do levantamento.

3.1.4 Eixo de dobramentos

A existência de um eixo de dobramento pode ser sugerida pela repetição de uma feição anômala em ambos lados deste eixo. Todavia a mudança de direção do mergulho através de um eixo de dobramento modificará todas as formas de anomalias e um grande cuidado é portanto necessário. Eixos de dobramentos são mais fáceis de reconhecer quando mergulham, pelo fato deste mergulho causar uma divergência ou convergência dos lineamentos magnéticos.

3.1.5 Delimitação de zonas magnéticas

A área do levantamento foi dividida em zonas, cada uma com um caráter magnético geral distinto das áreas vizinhas. Cada área é circundada por um limite interzonal; todavia em um grande número de lugares, a mudança no caráter magnético é

gradativa e nesses casos portanto o limite interzonal deve ser considerado muito aproximado.

As zonas, em razão das suas características magnéticas diversas, representam em geral áreas com feições geológicas diferentes. Deve ser relembrado, todavia, que as características magnéticas refletem a distribuição irregular dos minerais magnéticos. Portanto, como as unidades geológicas mapeadas não foram delimitadas com base na distribuição desses minerais, os contatos geológicos mapeados em raros casos coincidirão exatamente com os limites interzonais e algumas discrepâncias serão normalmente inevitáveis.

São as seguintes as características magnéticas usadas na definição das zonas:

(i) nível médio de intensidade magnética;

(ii) amplitude média das anomalias;

(iii) grau de linearidade das anomalias;

(iv) gradientes magnéticos.

3.2 MODELOS DE ANOMALIAS ISOLADAS

Os procedimentos que acabamos de descrever permitem-nos determinar as correlações entre a geologia e os resultados magnéticos, separando zonas diferentes, definindo as facetas estruturais e chamando a atenção para as anomalias isoladas. Con

sideraremos seguidamente alguns modelos aplicáveis a estas últimas.

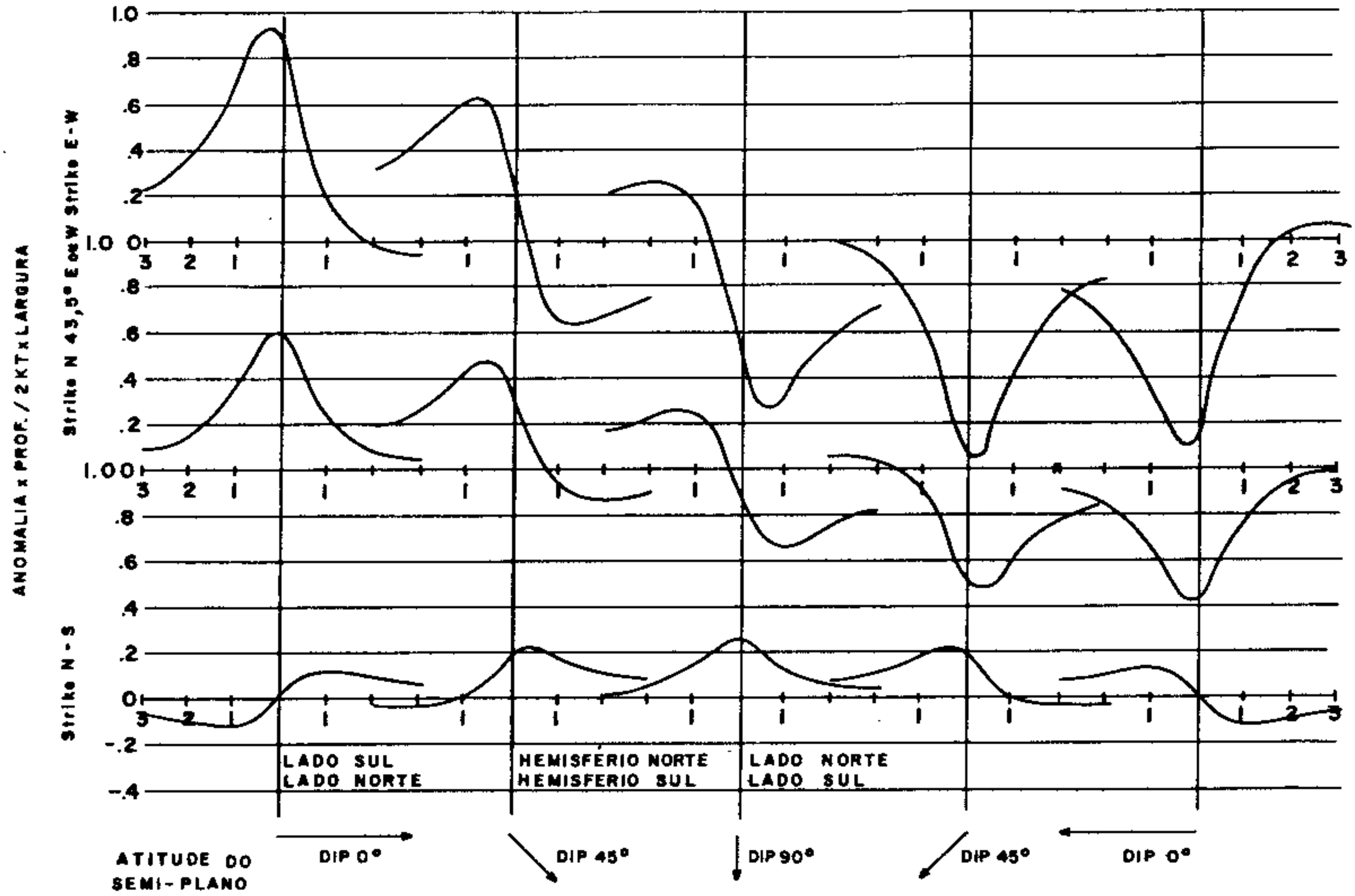
Fundamentalmente há dois tipos de anomalias isoladas a considerar. Por um lado temos as anomalias de grande extensão linear e, que, como tal, podem ser analisadas sob a perspectiva de corpos bidimensionais. Por outro lado há que atender aos casos de pequena extensão linear e que portanto tem de ser abordados em três dimensões.

O outro aspecto a considerar relaciona-se com o alinhamento dos corpos causadores das anomalias. Aí, tanto os elementos geológicos como os resultados da interpretação aeromagnética qualitativa permitem-nos estabelecer os modelos mais prováveis.

3.2.1 Semi-plano infinito

Um dos modelos mais gerais para a análise de corpos de grande extensão linear é o semi-plano infinito. A Fig. II.9 indica a forma da anomalia induzida pelo campo magnético terrestre em um corpo enquadrável nesse modelo, para diversos mergulhos do corpo e para a latitude magnética da área do projeto.

No caso de semi-planos verticais, ou inclinados para norte, cujos strikes estejam entre 45º a 90º em relação à direção do campo terrestre, observamos que no perfil magnético perpendicular ao strike predominam os valores negativos, que ocorrem no



Distâncias horizontais em unidades de profundidade com topo do semi-plano

Anomalias magnéticas de campo total causadas por semi-plano; inclinação do campo 30°

FIG. II - 9

lado sul do corpo. À medida que o mergulho se inclina para sul os valores positivos, do lado norte do corpo, começam a tornar-se importantes, decrescendo concomitantemente os valores negativos.

No caso de semi-planos alinhados na direção do campo magnético - strike N-S magnético - a situação é diferente. Para o corpo vertical, o campo induzido consiste em uma anomalia positiva simétrica, sobre o corpo. Se o corpo mergulha para leste, a anomalia é assimétrica, com o mínimo do lado oeste mas com valores positivos (do lado leste) predominantes. Para mergulhos na direção oeste temos exatamente as mesmas anomalias observadas para o mergulho a leste, exceto que sofrendo uma rotação de 180º; isto é, o mínimo passa a situar se a leste do corpo, mas os valores positivos (a oeste) são mais intensos.

3.2.2 Plano limitado vertical

No intuito de averiguar a forma da anomalia magnética do plano limitado vertical, foram computados alguns modelos, incluindo casos de magnetização predominantemente rema - nescente em direção diferente da direção do campo magnético. Os casos referem-se à latitude magnética de 30º sul, valor muito próximo da inclinação de -28º que se observa no centro da área do projeto.

Uma vez que interessava apenas definir. a forma da anomalia adotou-se um corpo cujo comprimento é 6 vezes a altura do detetor sobre o corpo,e cuja profundidade é 4 vezes es-

sa mesma altura. Na formulação do problema o strike é medido da direção do corpo, no sentido dos ponteiros do relogio, até ao norte magnético.

O conhecimento da geologia da área indi-ca-nos que as direções estruturais mais prováveis são, ou o alinhamento em direção próximas da orientação do campo magnético(strike=0º) ou o alinhamento de 315º, ou seja, um angulo de 45º entre o norte magnético e a direção do corpo.

O modelo de strike 0º compreende 3 casos do vetor de magnetização: magnetização induzida(ou seja na direção do campo terrestre, Fig. II.10), magnetização vertical, para cima (Fig.II.11) e magnetização vertical, para baixo(Fig.II.12). No caso induzido avultam os dois máximos positivos, a sul e a norte do corpo; para cada lado do corpo observam-se valores negativos,menos intensos que os positivos. No exemplo de magnetização vertical para cima predomina a anomalia positiva, alongada e distribuidas sobre o corpo e para norte; para sul ocorre um mínimo. Finalmente, no caso de magnetização vertical, para baixo, a anomalia é identica à antecedente exceto que com as polaridades trocadas(Fig.II.12)

Já as anomalias do plano vertical limitado, fazendo um angulo de 45º com o norte magnético, se apresentam bem mais complexas(Figs. II.13,14 e 15). No caso de magnetismo induzido predomina a anomalia positiva do lado sul e uma anomalia negativa, exatamente simétrica da anterior, do lado norte(Fig. II.13). Quando o vetor de magnetização é vertical, para cima, a

anomalia é semelhante à que acabamos de descrever, exceto que distorcida de forma ao máximo se situar próximo do limite norte do corpo e o mínimo se dispor junto ao limite sul do corpo.(Fig.II.14) Quando a magnetização vertical se dirige para baixo a anomalia é idêntica à do caso anterior, exceto pela troca de polaridades do máximo e do mínimo (Fig.II.15).

3.2.3 Aplicação dos modelos

A utilização dos modelos que acabamos de mencionar permite-nos uma avaliação das atitudes dos corpos e da natureza da magnetização.

O "strike" é uma das características que sobressai do mapa de contorno magnético, facilitando assim a análise quanto ao mergulho e direção de magnetização. No entanto não se pode prescindir da informação geológica quanto aos mergulhos mais prováveis para uma redução adequada dos graus de liberdade do modelo.

Strike = 0° Inclin. = -30° Mx = 0,00 My = 0,87 Mz =-0,50

COMPLASA - COMPUTACAO E PLANEJAMENTO S.A.

CURVAS ISOMETRICAS - METODO C.GONDIM - ESCALA 1:100000 MAGNETOMETRO FILTRAGEM DE 1 REG.

DP 616 FL 7 COORD. 300000. . 320000. 20000.

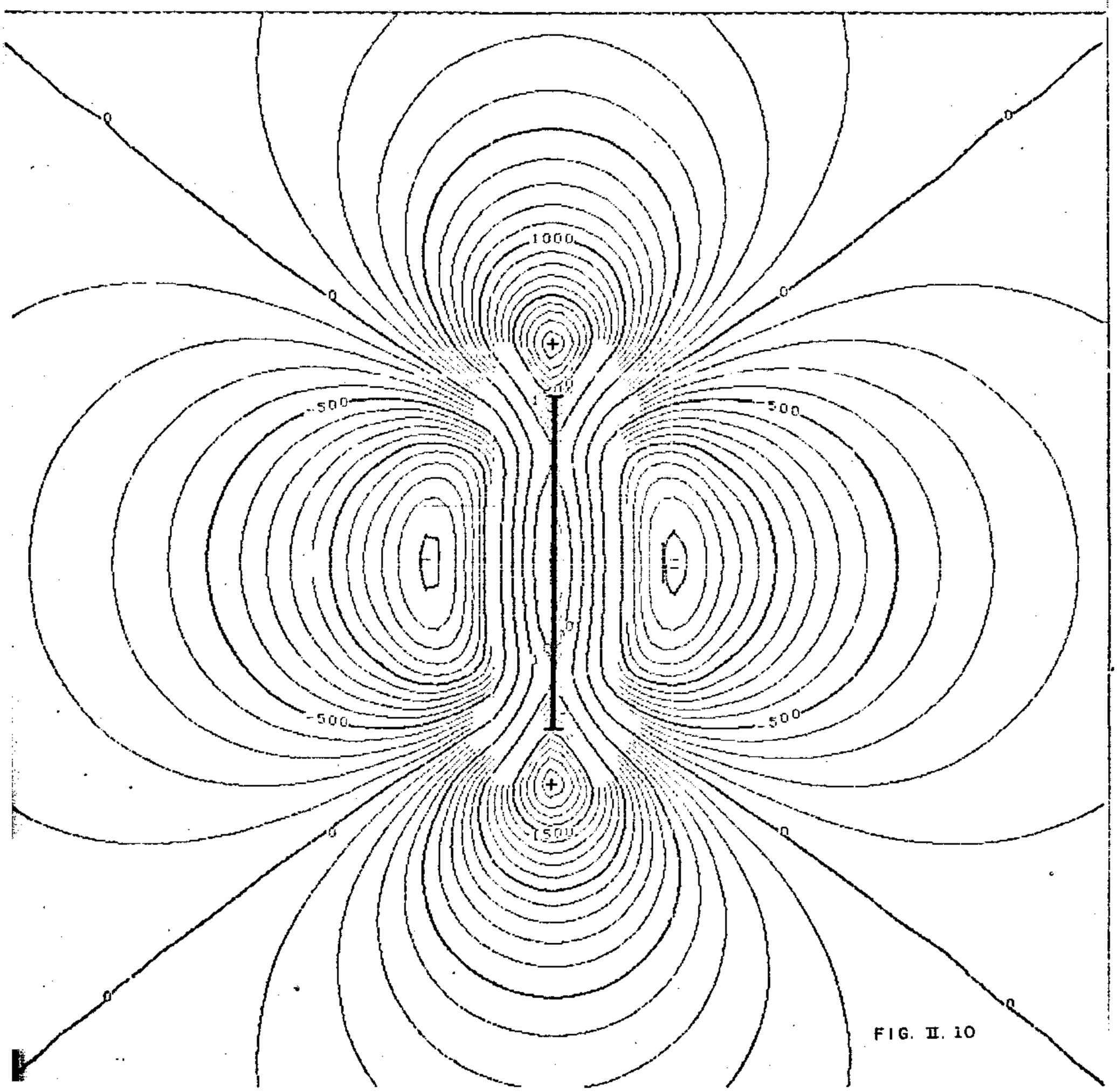


FIG. II. 10

Strike = 0° Inclin. = -30° Mx = 0 My = 0 Mz = -1

COMPLASA - COMPUTACAO E PLANEJAMENTO S.A.
CURVAS ISOMETRICAS - METODO C.GONDIM - ESCALA 1:100000 MAGNETOMETRO FILTRAGEM DE 1 REG.

DP 616 FL 6 COORD. 250000. . 270000. 20000.

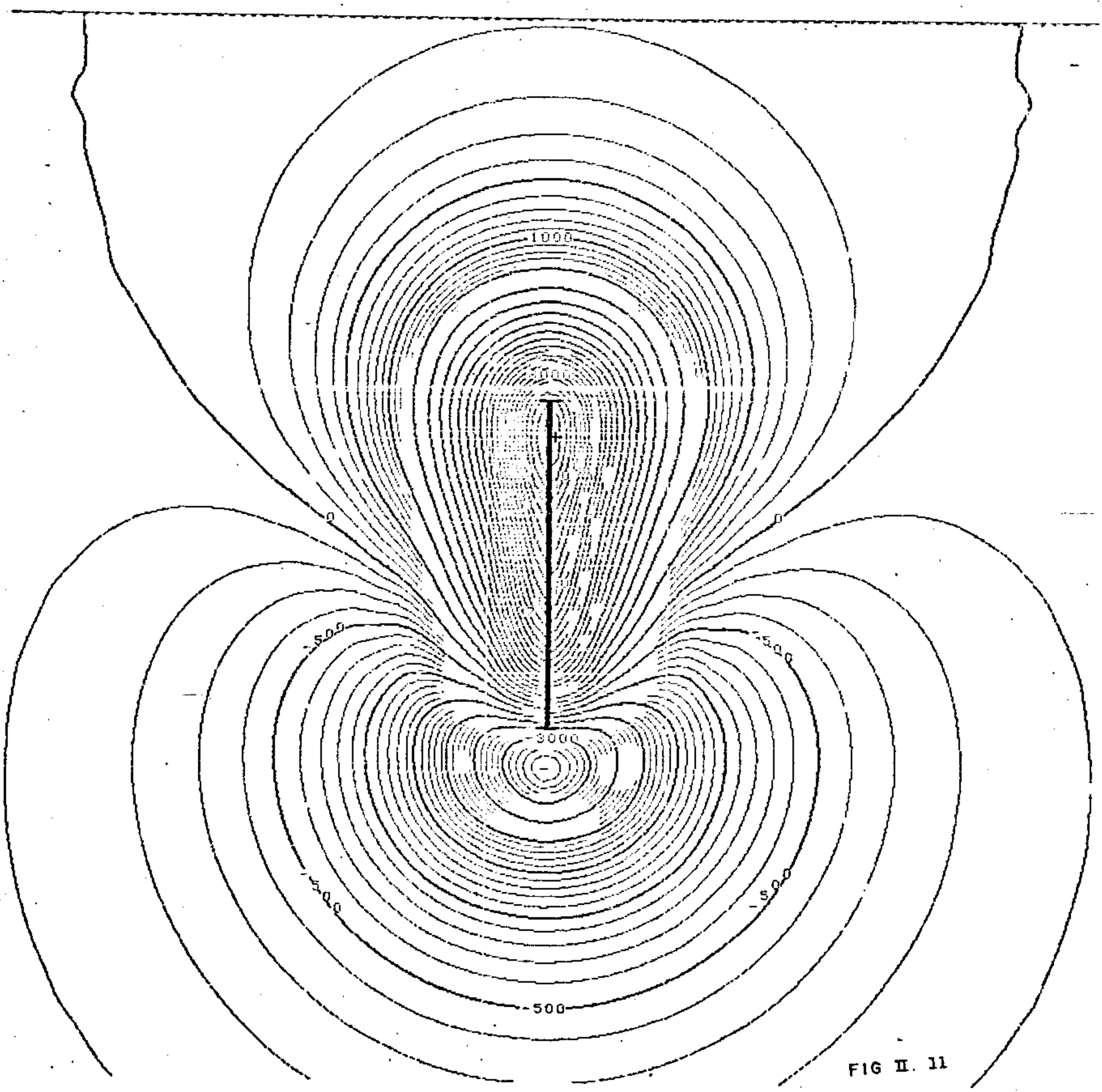


FIG II. 11

Strike = 0° Inclin. = -30° Mx = 0 My = 0 Mz = 1

COMPLASA - COMPUTACAO E PLANEJAMENTO S.A.

CURVAS ISOMETRICAS - METODO C.GONDIM - ESCALA 1:100000 MAGNETOMETRO FILTRAGEM DE 1 REG.

OP 616 FL 3 COORD. 100000. . 120000. 20000.

FIG II. 12

Strike = 315º Inclin. = -30° Mx = 0,61 My = -0,61 Mz = -0,50

COMPLASA - COMPUTACAO E PLANEJAMENTO S.A.

CURVAS ISOMETRICAS - METODO C.GONDIM - ESCALA 1:100000 MAGNETOMETRO FILTRAGEM DE 1 REG.

OP 616 FL 112 CODRD. 300000. 750000. 320000. 770000.

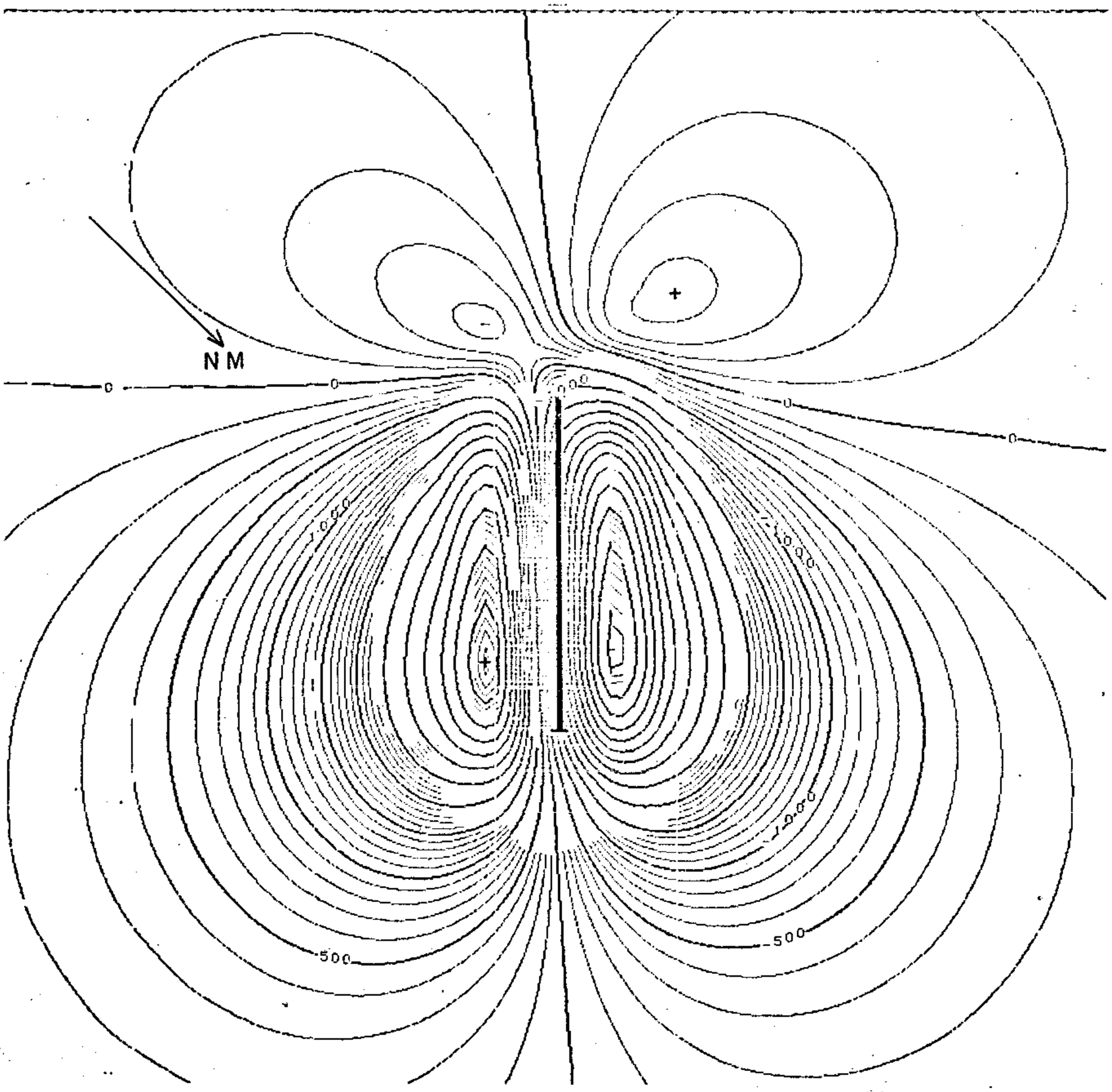


FIG II.13

Strike = 315º Inclin. = -30º Mx = 0 My = 0 Mz = -1

COMPLASA - COMPUTACAO E PLANEJAMENTO S.A.

CURVAS ISOMETRICAS - METODO C.GONDIM - ESCALA 1:100000 MAGNETOMETRO FILTRAGEM DE 1 REG.

DP 616 FL :11 COORD. 250000. 750000. 270000. 770000.

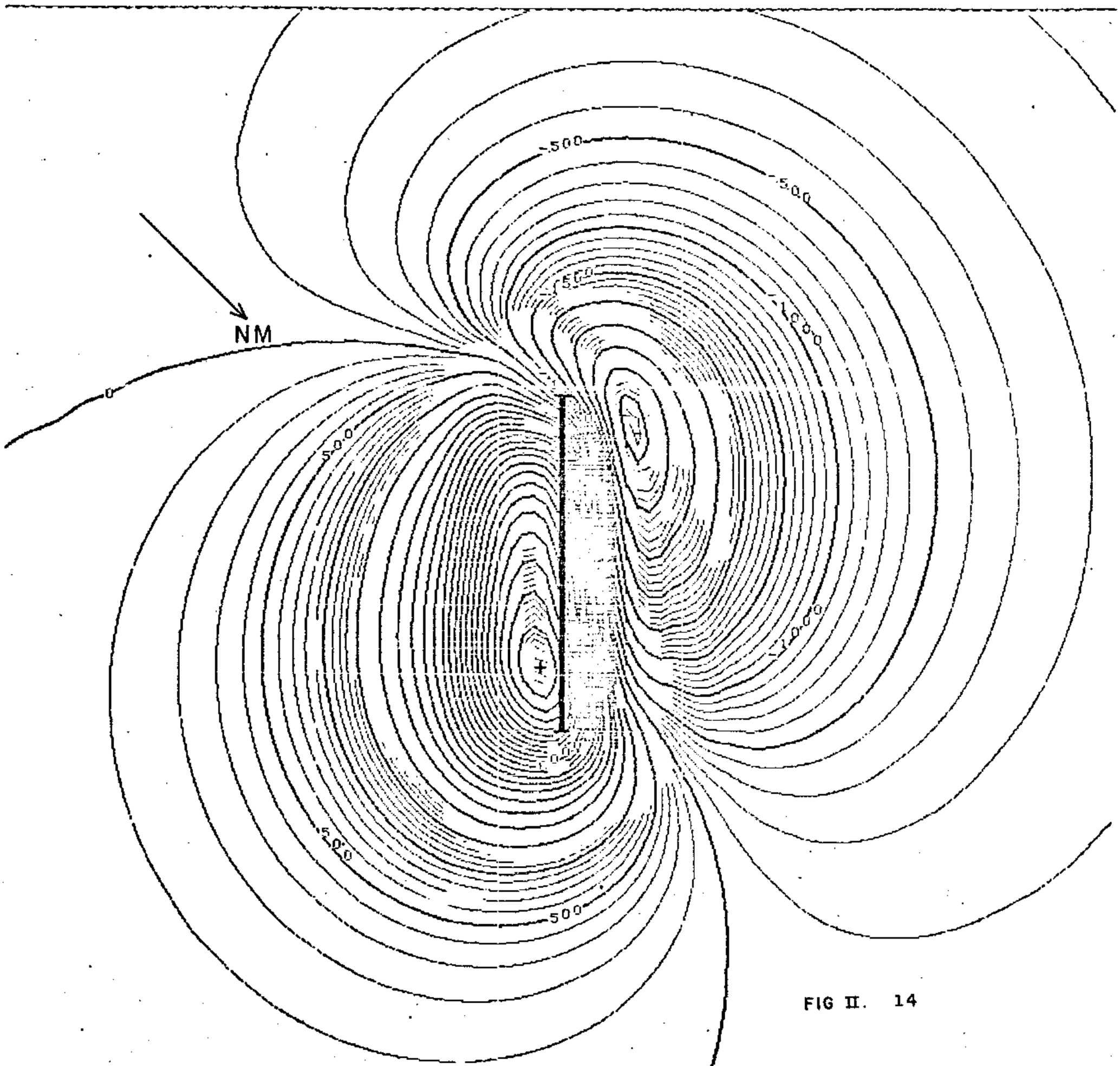


FIG II. 14

Strike = 315º Inclin. = -30° Mx = 0 My = 0 Mz = 1

COMPLASA - COMPUTACAO E PLANEJAMENTO S.A.

CURVAS ISOMETRICAS - METODO C.GONDIM - ESCALA 1:100000 MAGNETOMETRO FILTRAGEM DE 1 REG.

DP 616 FL 108 COORD. 100000. 750000. 120000. 770000.

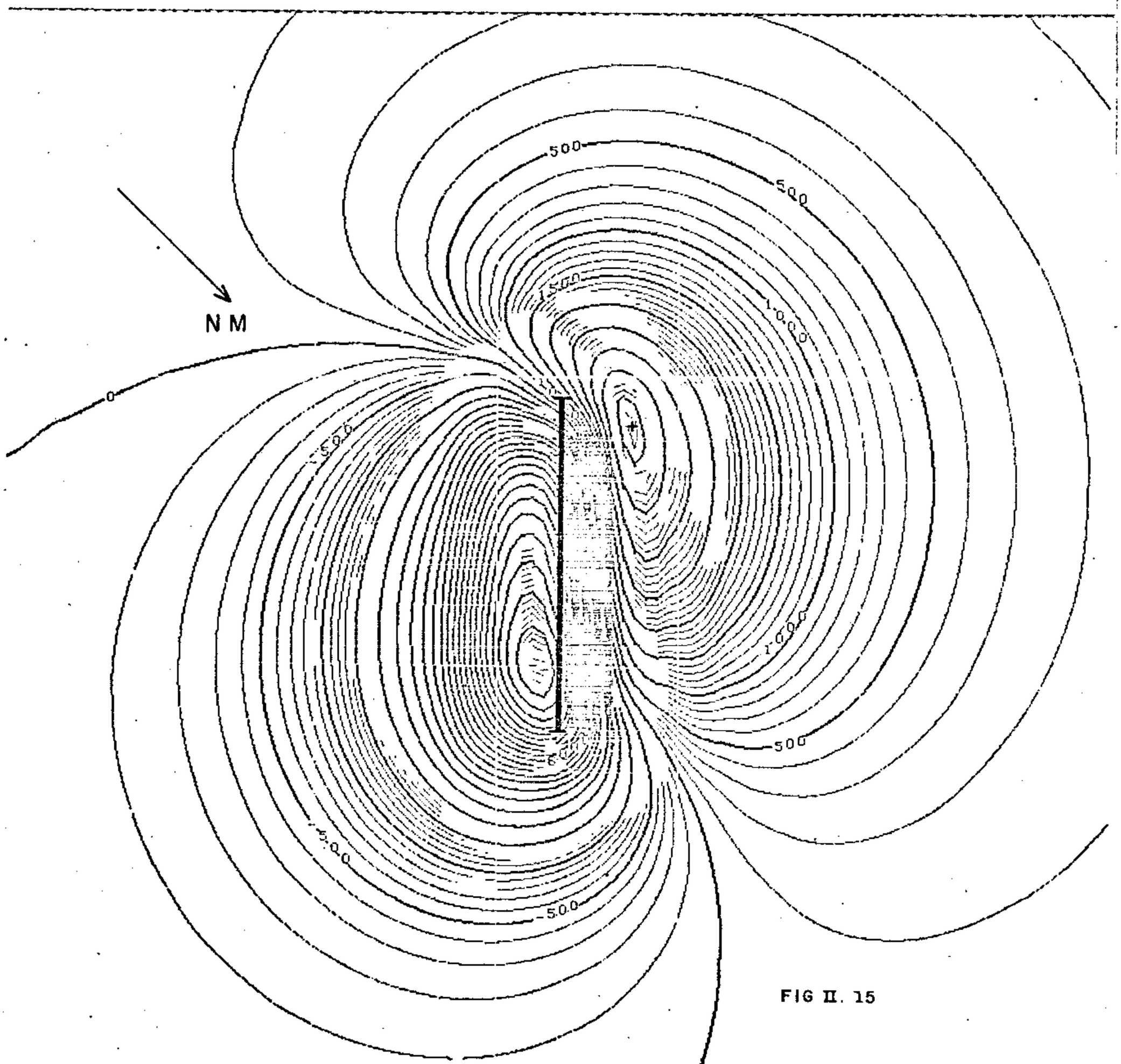


FIG II. 15

III - RESULTADOS DO LEVANTAMENTO

1. GEOLOGIA

1.1 GEOLOGIA REGIONAL

1.1.1 - Generalidades

Os dados geológicos sobre a área do Projeto Botuverá foram extraídos principalmente de dois relatórios inéditos do Departamento Nacional da Produção Mineral, 1º Distrito (Porto Alegre):

- SCHULZ J.R., A, ALBUQUERQUE, L.F.F. de - (1969) - Geologia da Quadrícula de Rio do Sul - SC.

- SCHULZ J.R., A, ALBUQUERQUE, L.F.F.; RODRIGUES, C.S. (1970) - Geologia da Quadrícula de Florianópolis, SC.

assim como do texto explicativo da Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Folha Curitiba.

As principais formações geológicas encontradas na área do projeto pertencem ao pré-Cambriano (grupos Taboleiro, Pedras Grandes e Brusque), ao Eo-Paleozóico (grupo Itajaí), ao Carbonífero Superior (grupo Tubarão), ao Jurássico-Cretáceo (intrusão alcalina de Anitápolis) e ao Quaternário. As formações pré-cambrianas são, de longe, aquelas com maior extensão de afloramento na área.

1.1.2 - Grupo Taboleiro

O grupo Taboleiro corresponde ao "Complexo Brasileiro" dos autores antigos; abrange os setores centrais da área. As litologias dominantes são os gnaisses, principalmente os biotita-gnaisses; são encontrados também metabasitos, dioritos, gabros, ultrabasitos, quartzitos, itabiritos, migmatitos homogêneos e heterogêneos, granitos porfiróides e porfiríticos. Muito frequentes são os pegmatitos, formando enxames. O grau de metamorfismo corresponde ao fácies dos almandina-anfibolitos de TURNER e VERHOOGEN. As rochas granitóides mostram frequentemente variações laterais para os gnaisses bandeados. As rochas básicas são anfibolitos, piroxenitos e lherzolitos. Entre os quartzitos, de grande importância econômica são os magnetita-quartzitos, formando itabiritos. Vários tipos de granito, descritos mais adiante, introduziram-se nas rochas do grupo Taboleiro; são os granitos incluídos no grupo Pedras Grandes, cujos contatos com as rochas do grupo Taboleiro são geralmente nítidos.

Um falhamento intenso afetou as rochas do grupo Taboleiro, caracterizado por falhas em geral diretas, de até dezenas de quilômetros de comprimento, com diques de diabásio neles encaixados, e cortados por outras mais recentes, com deslocamentos horizontais e direção predominante N55-60º E. Essas falhas - frequentemente constituem os contatos entre os grupos Taboleiro e Pedras Grandes. Destaca-se também a falha Major Gercino, no centro da área, falha inversa entre os grupos Taboleiro e Brusque. Falhas

menores orientadas NW-SE, são às vezes preenchidas por diques de riolito e, no litoral, inúmeras falhas NE-SW são preenchidas por diques de diabásio.

Parece ter sido intenso o dobramento dos gnaïsses e migmatitos do grupo Taboleiro. A direção da foliação - varia em torno de N45º E, e os mergulhos são geralmente fortes.

1.1.3.- Grupo Brusque

O grupo Brusque abrange a totalidade do setor setentrional da área do Projeto; é constituído por uma sequencia pelítica com níveis arenosos ou ferruginosos, submetida a um metamorfismo regional de grau epizonal, em que se introduziram granitos e granodioritos cercados por auréolas de metamorfismo de contato. Ocorrem lentes e horizontes de calcários e dolomitos, assim como pegmatitos e filões de quartzo com mineralizações de ouro e tungstênio.

Os metassedimentos (formação Botuverá) compreendem filitos e xistos, assim como calcários, dolomitos, quartzitos e, mais raramente, magnetita-xistos e filitos calcíferos. Os xistos, principalmente biotita-muscovita-xistos, são profundamente decompostos e encerram constantemente veios lenticulares e concordantes de quartzo leitoso, formando cordões.

As direções de xistosidade e estratificação, aparentemente concordantes, são muito variáveis, embora predo

mine a direção NE-SW; os dobramentos são muito intensos, com dobras fechadas e padrão aparentemente isoclinal.

Os contatos com os grupos Taboleiro e Itajaí ocorrem normalmente através de falhas de direção NE, algumas de grande extensão.

O granodiorito Valsungana aflora numa larga faixa orientada NE-SO, atravessando a área do Projeto de parte a parte. Representa tipicamente uma intrusão nos metamorfitos Botuverá; os contatos com estes são nítidos e ao longo deles desenvolveu-se, nos metassedimentos, uma auréola cornubianítica. São comuns os pegmatitos e veios quartzosos cortando os metassedimentos junto aos contatos. As mineralizações de tungstênio do Morro da Catinga, no município de Nova Trento (SC) ocupam uma posição apical no batólito formado pelo conjunto do granodiorito Valsungana e do granito Guabiruba.

O granito Guabiruba forma um maciço alongado no sentido NE-SO, ilhado no meio da formação Botuverá. Os seus contatos com esta última apresentam-se na forma de falhamentos orientados NE-SO; em alguns locais observam-se efeitos de metamorfismo de contato.

1.1.4 - Grupo Pedras Grandes

Foram englobados nesta rúbrica uma série de rochas graníticas de composições semelhantes, embora diversas quanto granulação, textura e coloração. As transições entre tipos diver-

sos são sempre gradativas. Estes tipos são:

- granito Jaguaruna;
- granito Rio Chicão;
- granito Imaruí;
- granito Palmeira do Meio.

Este último tipo é o mais importante em extensão geográfica; abrange a quase totalidade dos setores meridionais da área do Projeto. Como os seus semelhantes, sofreu intenso fraturamento acompanhado de mineralização: cobre, molibdênio, fluorita, barita e berilo, todos associados a falhamentos NE-SO. No litoral, numerosos diques de diabásio atravessam o granito Palmeira do Meio.

1.1.5 - Grupo Itajaí

O grupo Itajaí que, conforme ALMEIDA (1967), representa uma molassa tardia da orogênese brasiliana, associada a vulcanitos ácidos a intermediários, ocorre apenas num setor restrito do canto noroeste da área do Projeto. Dois membros, dos três definidos por SCHULZ e outros (1961), estão presentes neste setor: a formação Garcia, mais antiga, com arcósios, siltitos e folhelhos, arenitos e conglomerados, sendo que a maioria destes sedimentos apresentam coloração bordô avermelhada, e a formação Baú, mais recente (não intrudida por granitos e riolitos) exibindo conglomerados petromíticos bordô e arenitos arcoseanos e conglomeráticos. O con-

tato do grupo Itajaí com a formação Botuverá é tectônico, através de extensa falha NE-SO; o mesmo ocorre com os gnaisses da formação Taboleiro, nas redondezas da mina Ribeirão da Prata.

1.1.6 - Grupo Tubarão

Os sedimentos do Carbonífero Superior, reunidos no grupo Tubarão, estão presentes em alguns setores da borda ocidental da área do projeto Botuverá. Ao que parece, apenas o sub-grupo inferior, o Itararé, ocorre nestes setores (o sub-grupo Superior, o Guatá, parece ausente); apresenta dois fácies glaciais continentais, entre os quais se intercala uma ingressão marinha - fossilífera.

1.1.7 - Intrusão Alcalina de Anitápolis

Considerada como sendo de idade cretáceo--jurássica, a intrusão alcalina de Anitápolis é assinalada geomorfologicamente por uma depressão, espécie de cratera atravessada pelo rio Pinheiros, preenchida com aluviões conglomeráticos (conglomerado Pinheiros). As rochas ígneas ali aflorantes são principalmente sienitos constituídos por ortoclásio, horblenda com aegirina auqita inclusa em continuidade ótica, biotita, apatita, titanita, zirconita e magnetita; a aegirina-augita, associada a nefelina, pode tornar-se o mineral predominante em certas áreas. Nas margens do rio Pinheiros afloram rochas básicas alcalinas entre os quais distinguem-se os ijolitos (aegirina-augita, nefelina, apatita, bio

tita e magnetita) e os jucupiranguitos (augita verde ou titano-augita, biotita, apatita e magnetita). Ocorrem também "rochas negras" que são biotititos a magnetita de granulação grosseira. Na periferia da intrusão existem diques de rochas de textura tinguaítica com fenocristais de nefelina, augita, apatita, biotita, titanita, magnetita e ortoclásio numa mesóstase com agulhas de aegirina, nefelina, ortoclásio, magnetita, cancrinita e zeolitas. No talvegue do rio Pinheiros existe um único afloramento de carbonatito com cristais de magnetita.

1.1.8 - Depósitos recentes

Além do conglomerado Pinheiros, já mencionado, ocorrem, sobretudo nos setores litorâneos, vastas extensões de aluviões fluviais constituídos por areias e cascalhos.

1.2 GEOLOGIA ECONÔMICA

Entre as ocorrências de minerais metálicos da área do Projeto, pode-se citar: o tungstênio (Morro da Caatinga, Nova Trento), o ouro (Brusque), o ferro (Anitápolis), o chumbo (Ribeirão da Prata), o berilo, o bário, o cobre e o manganês. Entre os minerais não metálicos ocorrem os calcários e mármores, a fluorita e o caolim.

1.2.1 - Tungstênio do Morro da Caatinga

A ocorrência fica perto do contato entre o granodiorito Valsungana e os ectinitos da formação Botuverá, a 26 km a oeste de Nova Trento. A wolframita acha-se na forma de concentrações nas salbandas de filões quartzosos encaixados numa zona fraturada associada a uma falha de direção N-40 a 45º E. A espessura dos filões varia de 5 a 20 cm e a faixa mineralizada tem cerca de 600 m de comprimento por 60 a 80 m de largura. O minério é uma mistura de hubnerita e ferberita.

1.2.2 - Ouro

Os aluviões do rio Itajaí-Mirim são reconhecidamente auríferos. A origem do minério acha-se em filões quartzosos encaixados nos metassedimentos da formação Botuverá. Em Guabiruba esses filões, muito piritosos e orientados E-O, estão encaixados no contato do granito homônimo com a formação Botuverá.

1.2.3 - Ferro e apatita

A norte da área do Projeto Botuverá e fora dos seus limites, ocorrências importantes de quartzitos a magnetita encontram-se encaixadas no Embasamento cristalino, podendo representar notáveis reservas de minério de ferro. Ao que parece, formações semelhantes, pelo menos com a mesma importância, não foram encontradas até hoje dentro da área do Projeto. Em compensação, já houve uma extração de minério de ferro a partir das concentrações de magnetita da intrusão alcalina de Anitápolis, acima descrita. A este minério é associada a apatita, cuja exploração,no entanto, seria anti-econômica.

1.2.4 - Chumbo

A ocorrência de chumbo da Mina Ribeirão da Prata, o que foi objeto de uma mineração intermitente, é do tipo B.P.G.C., e está localizada numa brecha de falha que atingiu rochas do grupo Taboleiro, em contato com metassedimentos da formação Baú. Segundo WILLIAMS (1926), o veio mineralizado apresenta - uma largura de 50 a 60 m e é traçável numa distância de 15 km.

1.2.5 - Outras ocorrências

Os calcários e mármores ocorrem na forma - de lentes encaixados na formação Botuverá; a principal jazida é a de Camboriú, na borda leste da área.

O berilo ocorre num pegmatito na Serra do Taboleiro (Morro das Antas), encaixado no granito Palmeira do Meio.

O bário é encontrado em brechas de falha nos municípios de Brusque e Camboriú.

O cobre, na forma de bornita e calcopirita, ocorre preenchendo fraturas, no município de Águas Mornas. No mesmo município, o molibdênio forma "moscas" disseminadas no granito Palmeira do Meio.

A fluorita forma duas ocorrências na Serra do Taboleiro, encaixadas numa falha de direção N 40º E, cortando o granito Palmeira do Meio.

O manganês, de origem sedimentar, ocorre nos metassedimentos da formação Botuverá, nos municípios de Brusque e Camboriú.

O caulim é encontrado como resultado do intemperismo sobre pegmatitos, perto de São João Batista.

2. MAGNETISMO

2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Na descrição que a seguir apresentamos - dos resultados do levantamento aeromagnético, consideraremos separadamente as metades norte e sul da área. Além das vantagens de ordem ilustrativa - uma vez que o mapa magnético 1:100.000 que acompanha este relatório (fig. III.2) é constituído por duas folhas abrangendo separadamente essas áreas - existe de fato uma evidente diferenciação estrutural e geológica. A transição não se processa exatamente a meio da área, no paralelo $27^{o}30'$, mas sim ligeiramente para norte. A zona de separação entre as áreas corresponde à faixa de grandes falhas regionais, atravessando o quadrângulo do projeto na direção $N55^{o}$-65° E, cerca de 10 km a sul de Nova Trento; coincide também com o contato entre as rochas do Grupo Taboleiro, a sul, com as formações do Grupo Brusque, a norte.

Na época do levantamento (1978/1979) a declinação do campo magnético terrestre na região investigada era cerca de 14° W, e sua inclinação aproximadamente - 28°. Portanto o strike das estruturas e feições tectônicas predominantes na área fazem ângulos entre 45° e 90° com a direção do norte magnético. No extremo sudeste da região existem direções estruturais secundárias alinhadas entre $N15^{o}$ W e $N20^{o}$W, ou seja praticamente paralelas ao campo terrestre.

As zonas norte e sul da área do projeto - acima definidas - mostram alguma diferenciação de padrão magnético. De um modo geral todo o quadrângulo possui um relevo magnético pouco agitado. As zonas anômalas existentes são geralmente originadas por falhas e outras feições estruturais. As diversas formações mapeadas aparentam, em grande parte, possuir uma constituição bastante uniforme, que se reflete na suavidade do relevo magnético. Mesmo assim, a metade norte da região exibe maior movimentação magnética (resultante das características contrastantes das formações ali ocorrentes) do que a metade sul.

Adiante descreveremos em detalhe as feições magnéticas observadas mas desejamos mencionar desde já que, a anomalia magnética mais intensa da região, relacionada com a intrusão situada 12 km a NNE de Aritápolis, cai exatamente no limite oeste da região levantada, não tendo por essa razão ficado inteiramente definida.

2.2 ZONA NORTE

2.2.1 - Feições magnéticas regionais

Como já referimos, a Zona Norte da área do projeto corresponde à região a norte do contato entre as rochas do Grupo Taboleiro e as do Grupo Brusque, ou seja, a norte de uma linha orientada aproximadamente a N60^{o} E e passando cerca de 10 km a sul de Nova Trento (fig. III.1a).

Nesta região o padrão magnético mostra, em geral, uma orientação segundo N50°E, essencialmente associada a contatos e falhamentos nessa direção. A maior parte da área consiste de rochas da Formação Botuverá, do Grupo Brusque. A ocorrência de outras formações limita-se: à faixa de cerca de 10 km de largura do granodiorito de Valsungana, atravessando a área diagonalmente no sentido N50°E (Nova Trento situa-se na borda sul desta faixa); a mancha do granito de Guabiruba, também orientada a N50°E, com cerca de 8 km de largura, ilhada na Formação Botuverá no extremo norte, ao centro da área; e os sedimentos quaternários ocorrentes nos vales. Como se descreveu na seção anterior, a Formação Botuverá, o granodiorito Valsungana e o granito Guabiruba pertencem ao Grupo Brusque; a ordem indicada corresponde à sequência estratigráfica das rochas mais antigas para as mais modernas.

De um modo geral a Formação Botuverá e o granodiorito Valsungana exibem níveis magnéticos uniformes e dentro das médias regionais. Em contrapartida, o granito Guabiruba tende a apresentar níveis magnéticos cerca de 50 gamas abaixo dos valores médios.

Os contatos da Formação Botuverá com o granito Guabiruba, no extremo norte, correspondem a zonas anomalas lineares, acompanhando o contato, e orientadas segundo N50°E. Estas faixas anômalas possuem polarizações compatíveis com efeitos magnéticos induzidos pelo campo terrestre, ou seja, o mínimo

situado a sul da falha e o máximo a norte.

A área da Formação Botuverá a NW do granito de Guabiruba - ou seja no canto NW da área do projeto - apresenta certa diferenciação em relação às suas características magnéticas nos outros pontos. Ali apresenta um relevo magnético agitado com níveis magnéticos abaixo das médias registradas no resto da Zona Norte. Dada a proximidade, a NW, das rochas do Grupo Taboleiro nesse local, o comportamento magnético referido pode estar relacionado com o contato; no entanto as suas feições fazem supor que, além do efeito do contato existe de fato uma diferença considerável na constituição da Formação Botuverá no local que temos vindo discutindo.

Outra particularidade da Formação Botuverá, merecedora de menção, diz respeito à faixa de cerca de 8 km de largura dessas rochas, atravessando a área do levantamento, próximo do extremo norte, na direção N50°E, partindo de Botuverá, passando em Brusque e atingindo Sto. Antonio. Dentro dessa faixa, o padrão magnético da Formação Botuverá orienta-se preferencialmente segundo N70°E, e não na direção de falhamento N50°E. Do lado oeste do quadrângulo do projeto, observa-se ainda a orientaçao - magnética N70°E entre a povoação de Botuverá e o contato do granito Guabiruba a norte. Na região em redor de Botuverá predominam as direções tectônicas (N50°E); mais para sul, ainda dentro da Formação Botuverá, o padrão magnéticonão mostra qualquer alinhamento, refletindo certamente novo fácies litológico.

Ainda nesta faixa orientada N70°E dentro da Formação Botuverá, ressalta uma extensa (± 4 km) anomalia situada cerca de 10 km a SW de Brusque, concordante com a direção - magnética referida. Poderia ser causada simplesmente por indução do campo terrestre sobre um corpo tabular sub-vertical alinhado aproximadamente a N70°E. Esta anomalia tem o interesse adicional de se situar junto a uma conhecida ocorrência de ouro.

A outra ocorrência da Formação Botuverá na Zona Norte distribue-se em uma faixa de cerca de 8 km de largura, cujo limite norte passa próximo de Nova Trento e Oliveira(junto ao limite leste da área do projeto); o limite sul é o contato com as rochas do Grupo Taboleiro. Esta mancha da Formação Botuverá acompanha a direção tectônica N50°-60°E. O seu contato, ao longo do limite sul, com o Grupo Taboleiro, é marcado por uma sequência de anomalias lineares, orientadas N50°E, correspondentes aos efeitos magnéticos induzidos pelo campo magnético terrestre. Já o contato da Formação Botuverá, do lado norte da faixa, com o granodiorito Valsungana não se reflete em qualquer feição magnética. Observa-se, no entanto, dentro desta faixa de Botuverá (segundo o mapa geológico), uma longa série de anomalias lineares,estendendo-se de S.João Batista (10 km a E de Nova Trento) cerca de 15 km para SW. Esta feição magnética tanto pode ser causada por um corpo tabular sub-vertical, orientado aproximadamente a N50°E, como pode estar relacionada com alguma falha dentro da Formação - Botuverá que tenha provocado a elevação de horizontes magnetica--

mente contrastantes da própria formação. Dada a extensão da anomalia, é de interesse a sua investigação para esclarecimento das implicações sobre a geologia regional.

Para terminar as considerações sobre o padrão magnético regional, mencionaremos que o granodiorito Valsungana, encaixado entre a Formação Botuverá na região centro e sudoeste da Zona Norte, caracteriza-se pela extrema suavidade do campo magnético e pela quase completa ausência de qualquer direção magnética preferencial.

2.2.2 - Anomalias isoladas

Referiremos nesta seção as anomalias magnéticas isoladas, em geral de pequenas dimensões, em contraste - com as anomalias de natureza regional previamente discutidas.

Começaremos por chamar a atenção para a anomalia situada 10 km a SW de Brusque, já mencionada na seção anterior e junto da qual se conhece uma ocorrência de ouro. A anomalia poderia corresponder a um corpo tabular sub-vertical de cerca de 4 km de extensão, orientado segundo N70°E. Convem notar a discrepância entre esta orientação e a do falhamento do contato - com o granito Guabiruba, 2 km para norte, mas que se orienta segundo N50°E.

Aliás, no extremo SW do falhamento do flanco sul do granito de Guabiruba ocorre uma forte anomalia asso

ciada com um dos blocos isolados do granito dentro da Formação Botuverá, que chama a atenção pela sua intensidade (em comparação - com os valores observados na área).

Seguidamente referiremos as anomalias a leste da povoação de Botuverá. A primeira situa-se 6 km a leste e aparenta corresponder a um corpo sub-vertical de pequena extensão, orientado segundo N50°E, possuindo uma forte componente remanescente vertical, para baixo. Mais para leste, ou seja 9 km para E, observamos nova anomalia isolada, cujo corpo causador deve ter um strike de N30ºE. Esse corpo tem maior extensão ao longo do strike que o anteriormente mencionado; acreditamos que se situe na falha ali existente, ou então, que a anomalia reflita qualquer diferenciação dos blocos opostos da falha, no local em discussão. Tal como o anterior, a forma de anomalia é compatível com a existência de uma forte componente de magnetismo remanescente, vertical, para baixo.

Ainda na Formação Botuverá, mas já próximo do limite oriental da área, cerca de 5 km a sul de Oliveira ocorre uma anomalia praticamente idêntica às que acabamos de descrever a leste da povoação de Botuverá.

Para finalizar mencionaremos a anomalia - isolada, de fraca intensidade, localizada 7 km WSW de Nova Trento cuja forma sugere, mais uma vez, um pequeno corpo magnetizado verticalmente, para baixo; difere dos que acima descrevemos em aparentar ter uma strike no quadrante NW, cerca de N45°W. Não sendo

esta direção conhecida nas vizinhas esta conclusão deve ser considerada com cautela.

2.3 ZONA SUL

2.3.1 - Feições magnéticas regionais

Como já indicamos noutro lugar a Zona Sul corresponde à região, dentro do quadrângulo do projeto, estendendo-se para sul do contato entre as rochas do Grupo Brusque e as rochas do Grupo Taboleiro. Fica para sul de uma linha orientada cerca de N60°E e passando 10 km a sul de Nova Trento.

Predominam na região as rochas do Grupo Taboleiro e do Grupo Pedras Grandes: o primeiro ocupa a metade norte da Zona Sul, enquanto o segundo se distribue na metade sul. Ha ainda a referir a ocorrência de pequenos enclaves da Formação Botuverá do Grupo Brusque e de rochas do Grupo Tubarão (Carbonífero Superior); estas últimas ocorrem ao longo do limite oeste do quadrangulo do projeto, entre os paralelos que passam nas povoações de Angelina e Rio Novo.

É curioso notar que a despeito da maior complexidade estrutural da Zona Sul - onde às orientações N50°-60°E se juntam frequentes acidentes tectônicos alinhados quer segundo N10°E, quer N70°E, já sem mencionar as direções N15°W que ocorrem no canto SE da área - se mantem o padrão geral magnético orientado

a N50°E.

Por outro lado há a considerar que tanto o Grupo Taboleiro como o Grupo Pedras Grandes se caracterizam por um relevo magnético extremamente suave, praticamente sem orientações preferenciais, exceto na proximidade de falhas e contatos, principalmente quando estes se orientam N50°-60°E. A conclusão sobre a considerável uniformidade de composição das rochas do Grupo Taboleiro e do Grupo Pedras Grandes, é um fato inescapável, especialmente no que diz respeito ao teor (ou possivelmente ausência) de minerais ferromagnéticos.

De um modo geral as rochas do Grupo Pedras Grandes, particularmente da Formação Palmeira do Meio, exibem níveis magnéticos 50 a 100 gamas mais altos que o das rochas do Grupo Tabcleiro. Esta característica é particularmente evidente no caso da área da Formação Palmeira do Meio ocupando o canto SE do quadrângulo do projeto.

Como se pode observar nos mapas das fig. III.1a e III.1b, o Grupo Taboleiro estende-se para sul até ao contato que corre, de E para W, a sul de S.Amaro através de Águas - Mornas, Vargem Grande até Rio Novo. Uma das principais feições magnéticas dentro do Grupo Taboleiro é a crista de anomalias positivas desenvolvendo-se de Angelina, e prosseguindo cerca de 25 km na direção N40°E. Ainda que o mapa geológico não o indique, supomos que esta sequência linear de anomalias esteja associada a uma falha regional; considerando apenas magnetismo induzido, essas

anomalias indicariam um mergulho da falha para sul. Dada a uniformidade de composição do Grupo Taboleiro, deduzida do seu comportamento magnético na área, é muito provável que a falha esteja preenchida por uma intrusão máfica, como seja por exemplo um diabásio.

A outra estrutura magnética de importância dentro do Grupo Taboleiro é o alinhamento de anomalias que se estende, de W para E, 3 quilômetros a norte de Vargem Grande, Águas Mornas e S.Amaro da Imperatriz, próximo do limite oriental - da área. Este alinhamento de anomalias tem dois aspectos interessantes: primeiro, está orientado segundo N70°E - uma direção pouco comum dos lineamentos magnéticos na região - e, segundo, situa-se próximo das surgências termais de Águas Mornas e Santo Amaro da Imperatriz.

No Grupo Pedras Grandes, Formação Palmeira do Meio, que se distribue no extremo sul e sudeste da área do levantamento, a feição magnética mais notável é a extensa zona linear, fortemente anômala, ocorrendo próximo do canto sudeste do quadrângulo do projeto. A zona anomala alinha-se segundo N35°E e a intensidade da anomalia faz supor a existência de material máfico intrusivo na falha assinalada nesse alinhamento no mapa geológico.

Ainda na Formação Palmeira do Meio observa-se uma zona anômala linear estendendo-se de um ponto 4 km a leste de S.Bonifácio, cerca de 10 km na direção N50°E. Trata-se

de uma faixa fracamente anômala, caracterizada por uma crista positiva na direção indicada. Coincide com uma falha localizada - no mapa geológico. A fraca intensidade da anomalia leva-nos à conclusão que se trata de um falhamento na Formação Palmeira do Meio, provavelmente não preenchida por material máfico. Em termos de simples anomalia induzida, a forma da anomalia indicaria mergulho da falha para sul.

2.3.2 - Anomalias isoladas

Ao considerarmos as anomalias isoladas, correspondentes a corpos de dimensões localizadas, abordá-las-emos em sequência de norte para sul.

Começaremos por examinar a anomalia situada cerca de 7 km a leste de Angelina, a meio caminho entre esta povoação e S.Pedro de Alcântara. De fato a anomalia tem certa extensão na direção N70^{o}E - cerca de 4 km. Tudo indica estar relacionada com um falhamento nessa direção, cujo limite oeste interseta o falhamento regional orientado a N40^{o}E (já descrito na seção anterior).

Onze quilômetros a NW de Angelina observa-se uma anomalia isolada cujas características são compatíveis com a ocorrência de um pequeno corpo tabular sub-vertical orientado a N70^{o}E e possuidor de uma forte componente remanescente na direção do strike.

Cerca de 8 km a W de Angelina, e também 8 km a sul da pequena anomalia que acabamos de mencionar, existe uma anomalia associada à falha N60°E ali ocorrente. O interesse desta feição magnética reside no fato de só neste ponto a falha exibir valores anômalos e, ao mesmo tempo, em virtude da região - entre esta anomalia e a anterior possuir um relevo magnético relativamente agitado, o que não é comum nas rochas do Grupo Taboleiro.

Junto ao limite oriental da área, cerca - de 5 km a NE de Santo Amaro da Imperatriz, no extremo da feição linear regional já descrita (entre Vargem Grande, Águas Mornas e St. Amaro) nota-se uma anomalia isolada de difícil interpretação. A complexidade da forma resulta da sobreposição dos efeitos da - feição linear magnética orientada a N70°E com os da falha N40°E, que ali se cruzam.

Ainda na região SE, mas já na área da Formação Palmeira do Meio, convem referir a pequena anomalia situada 11 km a NE de S.Bonifácio, sobre a falha ali existente.

Porém, as anomalias isoladas mais impor-- tantes ocorrem no extremo sudoeste da área do levantamento, na região de Rio Pinheiro, 8 km a NE de Anitápolis. A anomalia mais intensa localiza-se 13 km a NNE de Anitápolis e está associada à intrusão alcalina ali situada. Infelizmente apenas parte da anomalia foi delimitada, o resto ficando fora da área do levantamento. Os dados obtidos sugerem um corpo fortemente magnético, com uma considerável componente de magnetismo remanescente em atitude

sub-vertical, para baixo.

Na periferia deste corpo salientam-se duas anomalias, de bem menor intensidade. Uma situa-se 5 km a ESE de Rio Pinheiro; apresenta um padrão muito complexo, compatível com um pequeno corpo intrusivo, de seção horizontal aproximadamente equidimensional, e magnetizado verticalmente para baixo. A outra anomalia, 6 km a NE de Rio Pinheiros adapta-se aproximadamente ao modelo do corpo tabular vertical, orientado a NE e magnetizado verticalmente para baixo.

3. ELETROMAGNETISMO

3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Tal como foi feito na discussão dos resultados magnéticos, apresentaremos a análise dos dados eletromagnéticos em duas partes, uma correspondente à Zona Norte do projeto (mapa III. 1 a) e a outra à Zona Sul (mapa III.1b). Conforme se indicou na seção dedicada ao magnetismo, a linha de separação corresponde aproximadamente ao contato entre as rochas do Grupo Brusque (ao norte) e as do Grupo Pedras Grandes (ao Sul).

Um dos resultados gerais de interesse refere-se às altas resistividades encontradas em quase toda a área. Com exceção das superfícies condutivas representadas pelas pequenas zonas de cobertura quaternária, ocorrentes em alguns vales mais largos, e da mancha de rochas do Carbonífero na região SW, as áreas de formações Precambrianas exibem sempre resistividade altas. A baixa frequência utilizada no levantamento permite apenas concluir que as resistividades excedem geralmente 500 ohms-metros.A predominância de resistividades elevadas representa uma garantia de penetração adequada do sistema eletromagnético.

Os diversos tipos de interferência eletromagnética encontrados no decorrer do levantamento merecem uma breve referência.

Em primeiro lugar mencionaremos as interferências naturais, genericamente designadas por ruído atmosférico. O levantamento encontrou condições particularmente adversas devido à combinação de condições meteorológicas geralmente desfavoráveis e frequentes tempestades magnéticas, relacionadas ao período de extrema atividade solar que acompanhou a realização do projeto. As condições meteorológicas caracterizaram-se pela entrada de sucessivas frentes frias, vindas de sul, e, nos intervalos, por condições de trovoada local, características das regiões montanhosas a essas latitudes, na epoca do verão. As frentes frias, além das chuvas e falta de visibilidade, produziam sempre durante a sua passagem condições de ruido atmosférico inibidoras do levantamento. As condições de trovoada local afetavam as medidas eletromagnéticas usualmente após o meio dia, com o aparecimento de níveis elevados de ruído atmosférico. Tanto o ruído causado pelas frentes frias como pelas trovoadas locais se caracterizam por oscilações erráticas, de natureza aleatória. Já o ruído associado com as oscilações do campo magnético, provocadas pela atividade solar, tendem a apresentar-se mais sob a forma de pulsações ou então como picos isolados,ocorrendo às vezes no meio de condições tranquilas.

Apresentamos estas observações pelo interesse que possam ter no planejamento de levantamentos aeroeletromagnéticos. A nossa experiência no Brasil até à data, parece indicar a existência de maiores problemas com ruído atmosférico nas regiões de latitudes geográficas superiores a 20ºS, do que nas áreas delati

tudes mais baixas.

Observam-se também no quadrângulo do projeto inúmeros exemplos de interferência eletromagnética produzida por atividade humana - casas de cobertura metálica, pontes, tubagem e linhas de alta tensão. Estas últimas foram sempre assinaladas pelo monitor de 60 hertz no sistema de medida. O mapa da fig.III.1a mostra um exemplo muito evidente desse tipo de interferência: a constelação de anomalias eletromagnéticas observadas sobre Brusque. De um modo geral, exceto nos casos claramente indicados ou pelo monitor de 60 hertz ou pelo monitor de ruído atmosférico, foram incluídas todas as anomalias detectadas; qualquer suspeita sobre a possibilidade de interferência consta das observações na lista apresentada no anexo.

A lista das anomalias eletromagnéticas, incluindo a localização, as suas características e a prioridade para verificação no terreno, consta da lista da seção 1 do capítulo V. Na seção 2 do mesmo capítulo são indicadas as correlações geológicas.

As anomalias eletromagnéticas acham-se localizadas nos mapas planimétricos do projeto, na escala 1:25.000, seguindo a classificação definida no capitulo II. Acompanham este relatório mapas das anomalias e.m., sobre a geologia da região, na escala 1:100.000 (fig. III 1a. e III 1b). A numeração das anomalias dos mapas 1:100.000 coincide com a numeração da lista V.2 de "Correlações de Anomalias".

3.2 ZONA NORTE

Na descrição das anomalias eletromagnéticas detectadas durante o levantamento recorremos ao conceito de "constelação" de anomalias afim de facilitar a exposição. De um modo geral as diversas constelações serão relacionadas a unidades geológicas ou geomorfológicas, e dentro de cada constelação descrever-se-ão apenas as anomalias mais significativas.

3.2.1 Anomalias 9, 13, 15 e 17

Começaremos por examinar o grupo de anomalias concentradas na mancha do granito Guabiruba, cerca de 6 Km a NW de Brusque. Do grupo destacam-se as anomalias 9, 13, 15 e 17 (ver Il. la) quer pela sua elevada condutância, quer por se situarem em alinhamento orientado NNE. Além de se situarem ao longo de um talvegue de granito, a linearidade da sequência e o valor elevado da condutância fazem supor que estas anomalias resultam de efeitos culturais - atividade humana. Em todo o caso esta hipótese deve ser confirmada através de um exame no local.

3.2.2 Anomalias 3, 14, 18 e 21

Ainda na mesma região há a considerar 4 outras anomalias de corpos condutores, numeradas 3, 14, 18 e 21. Estas anomalias são identicas às anteriores, exceto que ocorrem isoladas:

possuem alta condutância e tem profundidade indicadas maiores que 20 metros. Ainda que as suas características façam suspeitar de atividade humana, a forma e a elevada condutância exigem uma verificação de campo.

3.2.3 Anomalias 5, 7, 12, 16, 22 e 23

Distribue-se este grupo ao longo do vale do rio Itajaí Mirim, em talvegue da Formação Botuverá ou mesmo no aluvião do vale. Caracterizam-se estas anomalias por condutâncias elevadas (exceto a nº 23), profundidades estimadas entre 20e30 metros, e por coincidirem com a sequência de anomalias magnéticas alongadas segundo N 50º E que acompanham o contato entre a Formação Botuverá e o granito Guabiruba. Apesar da forte possibilidade de estarem ou relacionadas com a atividade humana no vale do rio Itajaí Mirim (12,16,22 e 23) ou com efeitos do aluvião (5,7) as anomalias merecem exame do terreno.

3.2.4 Anomalias 24,25,26,27,29 e 32

Esta constelação de anomalias correspondem principalmente a interferência da cidade de Brusque e vizinhanças.

3.2.5 Anomalias 30, 33 e 40

Situadas na Formação Botuverá, 3Km a Sul

de Brusque as anomalias 30 e 33 possuem condutâncias da ordem dos 4 mhos. A primeira situa-se sobre o rio Itajaí Mirim e provavelmente está relacionada com atividade humana. A anomalia 40, localizada no granodiorito Valsungana, em região tectonicamente pertubada exibe uma condutância 9.2 mhos; a profundidade do corpo causador foi estimada em 13 m. A anomalia 40 deve ser considerada de primeira prioridade para verificação de campo. A anomalia 33 deve também ser objeto de exame no campo, mas não aparenta possuir o potencial da anomalia 40.

3.2.6 Anomalia 37

Situada 10 Km a WSW de Brusque, esta anomalia recai sobre a anomalia magnética assinalada no mesmo local e que corresponde a uma mancha isolada do granito Guabiruba sobre a Formação Botuverá. As suas características, e a associação magnética e geológica indicam a conveniência de uma verificação terrestre desta anomalia.

3.2.7 Anomalia 42

Esta anomalia isolada localiza-se 2 Km a norte de Oliveira, próximo do extremo leste da área, sobre rochas da Formação Botuverá. Apesar da altura exagerada do sensor (53 m) merece exame no terreno.

3.2.8 Anomalias 44, 45, 46, 48 e 49

Situa-se este grupo de anomalias 5 Km a W de Oliveira, próximo do limite oriental da área do projeto . A área é constituída pelo granodiorito de Valsungana que aqui apresenta uma topografia agitada. Com exceção da anomalia 49 cuja condutância é 2.1 mhos, as restantes exibem valores muito elevados -entre 7 e 38 mhos . As profundidades estimadas dos corpos causadores situam-se entre 21 e 35 metros. A forma das anomalias e as características referidas fazem suspeitar a influência de atividade humana. Em todo caso convém efetuar observações no terreno.

3.2.9 Anomalia 69 e 72

Distribuídas ao longo do vale do rio Alto Braço, próximo de São João, estas duas anomalias são muito dissimilares. Enquanto a anomalia 69 tem características excelentes que a colocam como anomalia de 1a. prioridade para verificação no terreno, a anomalia 72 exibe baixa condutividade e não merece grande interesse.

3.2.10 Anomalias 66, 74 e 76

Este grupo de anomalias localizadas próximo de Canelinha, no extremo oriental da área sobre o aluvião do rio Alto Braço aparenta baixo potencial. As anomalias 74 e 76 estão provavelmente relacionadas com interferência de atividade humana,enquan

to a anomalia 66, além da baixa condutância parece conter o efeito de ruído atmosférico.

3.2.11 Anomalia 80, 83 e 88

As anomalias referenciadas estendem-se para oeste de Nova Trento, sobre rochas do granodiorito Valsungana. Exibem condutâncias entre 6 e 8 mhos e as profundidades estimadas dos corpos causadores são de ordem dos 40 metros. Ainda que as suas características levantem dúvidas sobre a natureza dos corpos causadores, merecem exame no terreno.

3.2.12 Anomalia 87

Situada cerca de 3Km a Sul de S. João Batista, esta anomalia, ocorrente na Formação Botuverá, possui características que a indicam para primeira prioridade na verificação de campo.

3.2.13 Anomalias 91 e 105

Localizam-se em aluviões de um afluente do rio Biguaçu, junto ao limite leste da área. Ambos tem pouco interesse: a primeira devido à baixa condutância e a segunda devido à possibilidade de interferência de ruído atmosférico, aliado a certa incoerência dos parâmetros eletromagnéticos.

3.2.14 Anomalias 99, 101 e 102

Ficam entre 5 a 7 km a sul e sudoeste de Major Gercino, as duas primeiras na Formação Botuverá e a última no Grupo Taboleiro. Apenas a anomalia 102 aparenta ser merecedora de verificação terrestre, a despeito da suspeita de interferência de ruído atmosférico (condutância 4.9 mhos, profundidade 21 m).

3.2.15 Anomalias 103, 113 e 118

Alinhadas na direção N 30ºE, cerca de 10 km a leste de Faxinal, estas anomalias coincidem com um alinhamento de anomalias magnéticas negativas. A geologia é constituída por rochas do Grupo Taboleiro. Deste grupo, a anomalia 118 aparenta possuir melhor potencial e como tal deve ser investigada no terreno (condutância 4.6 mhos, profundidade 16 m).

3.2.16 Anomalias 111 e 116

Orientadas paralelamente às anomalias anteriormente descritas, deslocadas 3 km para leste, estas duas anomalias tem pouco interesse.

3.3 ZONA SUL

Na Zona Sul do projeto observou-se um menor número de anomalias devidas a corpos condutores. Aliás, nesta região, as anomalias eletromagnéticas significantes estão mais ligadas a ocorrências magnéticas não condutoras. Tal como fizemos para a Zona Norte, limitar-nos-emos a considerar as anomalias e.m de condutores, exceto em casos excepcionais em que as anomalias e.m de corpos magnéticos possam ter significado importante.

3.3.1 Anomalias 123 e 128

Estas duas anomalias situam-se na continuação do alinhamento das anomalias 103, 113 e 118. Como elas, acompanham uma sequência de anomalias magnéticas orientadas a N 30ºE. Localizam-se cerca de 6 km a norte de São Pedro de Alcântara, próximo do bordo leste da área do levantamento. Exibem uma condutância entre 2 e 3 mhos, e a profundidade estimada dos condutores é da ordem de 40 metros. Na área afloram rochas do Grupo Taboleiro. O potencial aparente destas anomalias é baixo mas merece um exame de campo.

3.3.2 Anomalias 136 e 137

Situadas respectivamente 3 km a oeste e a 5 km a SW de S. Pedro de Alcântara. Ainda que muito semelhante nas suas características, a anomalia 136 tem maior potencial e deve ser verificada no solo (condutância 4 mhos, profundidade 20 m).

3.3.3 Anomalia 144 e 145

Estas anomalias estão à distância de 10 km a SE de Angelina. Possuem baixas condutâncias e provàvelmente são provocadas por feições estruturais.

3.3.4 Anomalias 146 e 148

Também situadas no Grupo Taboleiro, 4 km a norte de S. Amaro da Imperatriz. A anomalia 146 tem pouco interesse devido a sua baixa condutância; a anomalia 148 no entanto merece exame no solo.

3.3.5 Anomalias 162 e 163

Situam-se estas anomalias, respectivamente a 6 e 9 km a W de S. Amaro de Imperatriz. Com condutâncias de 3.3 mhos e profundidade de 35 a 45 metros, distribuem-se ao longo da feição magnética linear já mencionada na seção sobre magnetismo, e que se estende entre Vargem Grande e Santo Amaro da Imperatriz, cerca de 3 km a norte destas povoações. Ainda que não sejam anomalias de alta prioridade, merecem observação no solo.

3.3.6 Anomalias 160, 173, 174 e 175

Este grupo distribui-se em redor de S. Amaro da Imperatriz. A anomalia 160 ocorre no aluvião e pode estar relacionada com uma variação de resistividade superficial. As res-

tantes são idênticas em condutância (2,5 mhos e profundidade, 26-33 m) e aparentam ter sido afetadas por ruído atmosférico.

3.3.7 Anomalias 170, 179, 187, 195 e 198

As anomalias 170, 179 e 195 situam-se na borda oeste da mancha de Carbonífero do Grupo Tubarão existente 5 km a SW de Rancho Queimado, próximo do limite oeste da área. Aparentam resultar do contraste de resistividade superficial entre as rochas muito condutivas do Grupo Tubarão e as rochas resistivas do Grupo Taboleiro. A anomalia 187, de acordo com o mapa geológico, situa-se no Grupo Tubarão. Tem características idênticas às que mencionamos anteriormente, razão pela qual lhe atribuimos a mesma origem. Finalmente a anomalia 198 situa-se dentro da área de rochas do Grupo Tubarão e é semelhante à 185 pelo que também a consideramos originada por variações superficiais dos sedimentos condutivos do Carbonífero.

3.3.8 Anomalia 202

Situa-se 5 km a sul de Vargem Grande. Possui baixa condutividade (2.0 mhos) e sua profundidade estimada é elevada (53 m). A geologia da região consiste de rochas graníticas da Formação Palmeiro do Meio. A anomalia recai sobre uma falha assinalada no mapa geológico. Corresponde provàvelmente a uma feição estrutural.

3.3.9 Anomalia 203

Trata-se de uma anomalia isolada, 10 km a SSE de Rancho Queimado muito semelhante à 202 exceto que não parece ter correlação estrutural. O seu potencial é baixo.

3.3.10 Anomalias 208, 209 e 210

Este grupo de anomalias corresponde a efeitos magnéticos e não a efeitos de corpos condutores. Está relacionado com a intrusão alcalina 12 Km a NNE de Anitápolis, e recai sobre a intensa anomalia magnética (na zona negativa) ali existente. Merece cuidadosa investigação no terreno.

3.3.11 Anomalias 211 a 215 e 217 a 221

Com exceção da anomalia 221 que corresponde à resposta de corpo condutor, as restantes refletem respostas magnéticas. Coincide com uma das anomalias magnéticas assinaladas no levantamento aeromagnético na perifería da grande anomalia acima referida. A anomalia 221 - resposta de corpo condutor - possue excelentes características. O conjunto de anomalias detetadas neste local recomenda uma cuidadosa verificação no terreno uma vez que os resultados sugerem a ocorrência de um corpo condutor associado a minerais magnéticos.

3.3.12 Anomalias 224, 227, 228 e 231

Esta constelação de anomalias,situada 9 Km a NE de Anitápolis sobrepõe-se a uma zona magnética anômala, já referida na discussão sobre os resultados aeromagnéticos. As anomalias eletromagnéticas são características de um corpo magnético, não-condutor. Devem corresponder a mais um corpo magnético na periferia da intrusão alcalina de Anitapolis. Recomenda-se a verificação terrestre.

.3.3.13 Anomalias 223, 226, 229, 230, 234, 235 e 236

O grupo aqui referenciado ocorre 3 Km a SE do anterior e tem características idênticas. Todas as anomalias exibem respostas de corpo magnético, geralmente não-condutor. Situam se sobre uma anomalia magnética já assinalada na seção devida. As anomalias indicam portanto, ou a existência de mais um corpo magnético na periferia da intrusão de Anitápolis ou então a extensão do corpo magnético identificado no parágrafo anterior.

IV - BIBLIOGRAFIA

1. GEOLOGIA

DNPM, 1974, Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, folhas Asunción e Curitiba, SG.21 e SG.22, Brasilia.

SCHULZ JR., A; ALBUQUERQUE L.F.F. de; col. GIFFON, L. E. 1969, Geologia da Quadrícula do Rio do Sul, S.C., 1º Distrito, - DNPM, Porto Alegre (inédito).

SCHULZ JR., A; ALBUQUERQUE L.F.F. de; RODRIGUES C.S., - 1970, Geologia da Quadrícula de Florianópolis, S.C., DNPM/CPRM, Porto Alegre (inédito).

2. MAGNETOMETRIA

GAY JR., S.P., 1963, Standard curves for interpretation of magnetic anomalies over long tabular bodies: Geophysics, vol. 28, nº 2, pp. 161 - 200.

GRANT, F.S. e WEST, G.F., 1965, Interpretation theory in applied geophysics, Mc Graw-Hill Book Company, New York.

REDFORD, M.S. e SUMMER J.S., 1964, Aeromagnetics: Geophysics, Vol. 29, nº 4, pp. 482 - 516.

REDFORD, M.S., 1964, Magnetic anomalies over thin sheets: Geophysics, vol. 29, nº 4, pp. 532 - 536.

3. ELETROMAGNETISMO

FRASER, D.C., 1972, A new multicoil aerial electromagnetic prospecting system: Geophysics, Vol. 37, nº 3., pp. 518 - 537.

FRASER, D.C.; 1973, Resistivity mapping with an airborne multicoil eletromagnetic system: 25th International Geological Congress, Sydney, Australia.

LODHA, G.S. e WEST G.F., 1976, Practical airborne interpretation using the sphere model: Geophysics, Vol. 41, nº 6A, pp 1157 - 1169.

WARD, S.H., 1967, Electrical methods, Part A e B: Mining Geophysics, SEG, Vol. II.

WAIT, J.R., 1955, Mutual Electromagnetic coupling of - loops over homogeneous ground: Geophysics, Vol. 20 p.p. 630-637.

FRASER, D.C.,1973, Magnetite ore tonnage estimates from an aerial electromagnetic survey: Geoexploration, Vol. 11, pp. 97--105.

FRISCHKNECHT F.C., 1967, Fields about an oscillating magnetic dipole over a two - layer earth: Colorado School of Mines, Vol. 62, nº 1.

GEONICS, 1977, Technical Note nº 4, Toronto.

GHOSH, M.K. and WEST, G.F. 1971, AEM Analogue Model Studies, Norman Paterson and Associates Ltd., Toronto.

GHOSH, M.K., 1972, Interpretation of airborne e.m. measurements based on thin sheet models: Geophysics Laboratory, Department of Physics University of Toronto.

GRANT, F.S. e WEST, G.F., 1965, Interpretation theory in applied geophysics, McGraw-Hill Book Co., New York.

V - ANEXO

LASA

ENGENHARIA E PROSPECÇÕES S.A.

1. LISTA DAS ANOMALIAS

Levantamento H. E. M. **LISTA DE ANOMALIAS** Área : BOTUVERÁ (1)

VÔO	LINHA DE VÔO	FIDUCIAL	FASE (ppm)	QUADRATURA (ppm)	ALTURA DO SENSOR (m)	PROFUNDIDADE (m)	CONDUTÂNCIA (mhos)	SUSCEPTÂNCIA (m)	PRIORIDADE	OBSERVAÇÕES
31	001	4524	-4.9	1.0	13	-	0	5.53E-2	-	
02	003	0220	10.5	1.2	29	-	∞	-	-	Possível efeito de atividade humana
05	005	3078	1.9	2.0	35	41	6.0	-	3	Possível efeito de atividade humana
31	006	4802	6.6	1.7	19	-	∞	-	-	Possível efeito de atividade humana
06	010	2349	1.9	3.1	33	28	3.8	-	3	Possível efeito de atividade humana
06	010	2384	0.5	3.5	31	-	ε	-	3	
06	011	3402	1.8	4.2	37	15	2.7	-	3	
31	012	6412	-5.7	0.9	20	-	0	3.60E-1	-	
06	013	1086	3.9	2.2	38	37	16.9	-	3	Possível efeito de atividade humana
31	013	5129	-2.6	0.9	27	-	0	5.46E-1	-	
06	014	0505	2.0	0.0	65	-	∞	-	-	Possível efeito de ruído atmosférico
06	014	0528	3.2	2.8	39	29	8.9	-	3	Possível efeito de atividade humana
06	014	0612	3.6	3,7	30	32	7.5	-	3	Possível efeito de atividade humana
06	014	0641	3.8	3.7	37	26	8.2	-	3	Possível efeito de atividade humana
33	015	0349	2.3	0.8	45	-	∞	-	-	Possível efeito de ruído atmosférico

Levantamento H. E. M. — LISTA DE ANOMALIAS — Área : BOTUVERÁ (2)

VÔO	LINHA DE VÔO	FIDUCIAL	FASE (ppm)	QUADRATURA (ppm)	ALTURA DO SENSOR (m)	PROFUNDIDADE (m)	CONDUTÂNCIA (mhos)	SUSCEPTÂNCIA (m)	PRIORIDADE	OBSERVAÇÕES
33	015	0450	2.8	3.0	44	21	6.7	-	3	Possível efeito de ruído atmosférico
06	016	4946	3.5	3.2	32	34	8.7	-	3	Possível efeito de atividade humana
06	016	5001	1.4	2.5	43	23	3.1	-	3	Possível efeito de ruído atmosférico
06	017	5207	2.8	0.3	112	-	∞	-	-	Possível efeito de cabo de alta tensão
07	018	0281	7.8	0.0	44	-	∞	-	-	Possível efeito de ruído atmosférico
07	018	0415	4.1	4.2	39	21	7.9	-	3	Possível efeito de ruído atmosférico
07	019	0837	4.1	2.5	45	28	15.3	-	3	Possível efeito de ruído atmosférico
07	023	3198	1.0	2.4	35	26	2.1	-	3	Possível efeito de ruído atmosférico
07	023	3203	3.7	1.1	44	-	∞	-	-	Possível efeito de atividade humana
07	024	3796	2.3	0.7	68	-	∞	-	-	Possível efeito de atividade humana
07	024	3813	1.8	5.6	33	12	2.2	-	2	
07	024	3817	3.4	2.1	53	23	14.4	-	3	Possível efeito de atividade humana
07	026	4764	2.0	0.1	78	-	∞	-	-	Possível efeito de cabo de alta tensão
07	026	5000	1.9	2.0	72	4	6.0	-	3	
08	027	0814	1.6	2.2	37	35	4.2	-	3	

Levantamento H. E. M. **LISTA DE ANOMALIAS** Área : BOTUVERÁ (3)

VÔO	LINHA DE VÔO	FIDUCIAL	FASE (ppm)	QUADRATURA (ppm)	ALTURA DO SENSOR (m)	PROFUNDIDADE (m)	CONDUTÂNCIA (mhos)	SUSCEPTÂNCIA (m)	PRIORIDADE	OBSERVAÇÕES
08	027	0841	-1.4	6.1	34	-	-	7.39E-1	-	Possível efeito de ruído atmosférico
08	027	0845	3.3	2.4	31	42	11.4	-	3	Possível efeito de ruído atmosférico
09	023	0359	1.9	2.9	45	18	4.0	-	3	Possível efeito de ruído atmosférico
09	028	0485	-2.0	0.1	42	-	0	2.46	-	Possível efeito de ruído atmosférico
31	029	6703	0.0	4.1	39	-	ε	-	3	Possível efeito de atividade humana
31	029	6715	0.6	3.5	30	-	ε	-	3	Possível efeito de atividade humana
31	029	6721	1.7	3.2	29	31	3.2	-	3	Possível efeito de atividade humana
13	033	0960	0.7	3.0	42	-	ε	-	3	Possível efeito de ruído atmosférico
13	033	1063	2.0	1.6	55	-	∞	-	-	Possível efeito de atividade humana
13	036	4043	4.4	4.1	48	13	9.2	-	1	Possível efeito de atividade humana
17	042	1322	0.0	2.0	61	.	ε	-	3	
17	042	1367	1.6	2.0	53	22	4.4	-	3	
17	042	1383	0.6	2.0	56	-	ε	-	3	
17	043	2400	4.5	5.4	29	25	7.1	-	3	
17	043	2408	3.0	3.2	43	21	6.9	-	3	

Levantamento H. E. M. **LISTA DE ANOMALIAS** Área : BOTUVERÁ (4)

VÔO	LINHA DE VÔO	FIDUCIAL	FASE (ppm)	QUADRATURA (ppm)	ALTURA DO SENSOR (m)	PROFUNDIDADE (m)	CONDUTÂNCIA (mhos)	SUSCEPTÂNCIA (m)	PRIORIDADE	OBSERVAÇÕES
36	044	0605	6.8	2.4	33	34	38.2	-	3	Possível efeito de ruído atmosférico
36	044	0653	0.9	9.1	19	-	ε	-	2	Possível efeito de queda de altura
34	045	2361	2.9	2.2	39	35	10.4	-	3	Possível efeito de ruído atmosférico
34	045	2365	1.1	2.7	32	28	2.1	-	3	Possível efeito de ruído atmosférico
34	045	2383	0.4	4.0	21	-	ε	-	3	Possível efeito de ruído atmosférico
34	045	2415	0.2	3.8	27	-	ε	-	3	Possível efeito de queda de altura
34	045	2423	0.6	4.2	23	-	ε	-	3	Possível efeito de queda de altura
18	047	2412	1.2	2.6	13	49	2.4	-	3	
18	048	2789	-2.1	0.7	16	-	0	5.43E-2	-	Possível efeito de queda de altura
18	049	3522	0.9	3.3	13	-	ε	-	3	Possível efeito de queda de altura
18	050	4118	-2.6	1.0	0	-	0	?	-	Possível efeito de ruído atmosférico
19	053	1626	0.4	3.8	12	-	ε	-	3	Possível efeito de queda de altura
19	055	2497	-3.0	0.4	31	-	0	1.09	-	
19	055	2502	-2.7	0.8	41	-	0	3.01	-	
19	055	2873	0.1	3.5	23	-	ε	-	3	

Levantamento H.E.M. — LISTA DE ANOMALIAS — Área : BOTUVERÁ (5)

VÔO	LINHA DE VÔO	FIDUCIAL	FASE (ppm)	QUADRATURA (ppm)	ALTURA DO SENSOR (m)	PROFUNDIDADE (m)	CONDUTÂNCIA (mhos)	SUSCEPTÂNCIA (m)	PRIORIDADE	OBSERVAÇÕES
19	056	3269	0.3	4.1	15	-	ε	-	3	
19	056	3296	0.1	14.4	8	-	ε	-	2	
19	057	4398	-0.5	4.8	15	-	ε	-	3	Possível efeito de ruído atmosférico
19	057	4483	0.2	12.8	11	-	ε	-	2	
20	059	0279	-0.4	3.2	39	-	ε	-	3	Possivel efeito de ruído atmosférico
20	060	1318	1.5	7.2	20	17	1.5		2	Possível efeito de ruído atmosférco
20	061	1362	-0.5	3.4	15	-	ε	-	3	
20	061	1382	0.7	6.2	23	-	ε	-	2	
20	062	2428	9.4	14.5	26	12	7.1	-	1	Possível efeito de ruído atmosférico
20	062	2445	0.7	3.3	32	-	ε	-	3	Possível efeito de ruído atmosférico
20	062	2487	-1.0	4.0	19	-	-	5.15E-2	-	
20	062	2493	1.0	6.4	12	25	1.1	-	2	
20	062	2496	0.6	4.7	11	-	ε	-	3	
20	062	2570	2.4	5.5	22	26	3.0	-	3	
20	062	2574	-0.5	3.9	14	-	ε	-	3	

Levantamento H. E. M. — LISTA DE ANOMALIAS — Área : BOTUVERÁ (6)

VÔO	LINHA DE VÔO	FIDUCIAL	FASE (ppm)	QUADRATURA (ppm)	ALTURA DO SENSOR (m)	PROFUNDIDADE (m)	CONDUTÂNCIA (mhos)	SUSCEPTÂNCIA (m)	PRIORIDADE	OBSERVAÇÕES
20	063	2624	1,4	2.4	38	29	3,2	-	3	
20	063	2630	-1.7	5.8	18	-	-	7.05E-2	-	Possível efeito de ruído atmosférico
20	063	2645	-0.7	4.1	25	-	ε	-	3	Possível efeito de ruído atmosférico
20	063	2866	3.1	0.6	96	-	∞	-	-	Possível efeito de ruído atmosférico
20	064	353_	1.9	2.0	37	39	6.0	-	-	
20	064	3554	2.5	0.7	40	-	∞	-	-	Possível efeito de ruído atmosférico
20	064	3670	0.4	4.0	9	-	ε	-	3	
20	065	4315	2.2	2.4	23	47	6.0	-	3	Possível efeito de ruído atmosférico
34	066	3241	0.3	5.3	16	-	ε	-	3	
34	066	3310	- 3.9	0.3	23	-	0	4.31.E-1	-	Possível efeito de ruído atmosférico
22	068	1064	1.5	1.8	55	-	∞	-	-	Possível efeito de ruído atmosférico
22	069	1971	3.0	6.6	32	13	3.5	-	1	
22	071	2853	2.4	2.0	35	43	8.0	-	3	Possível efeito de ruido atmosférico
22	071	3327	-2.2	1.0	20	-	0	1.39E-1	-	
26	090	2459	-11.4	0.5	11	-	0	7.69E-2	-	Possível efeito de ruído atmosférico

Levantamento H. E. M. — LISTA DE ANOMALIAS — Área : BOTUVERÁ (7)

VÔO	LINHA DE VÔO	FIDUCIAL	FASE (ppm)	QUADRATURA (ppm)	ALTURA DO SENSOR (m)	PROFUNDIDADE (m)	CONDUTÂNCIA (mhos)	SUSCEPTÂNCIA (m)	PRIORIDADE	OBSERVAÇÕES
26	093	4018	1.7	9.0	47	16	1.5	-	3	
26	093	4030	-3.7	1.7	16	-	0	9.58E-2	-	Possível efeito de queda de altura
26	094	5181	3.5	4.4	28	29	6.0	-	3	Possível efeito de ruido atmosférico
26	094	5186	-11.1	3.8	6	-	-	5.68E-3	-	Possível efeito de ruido atmosférico
26	096	5978	0.6	4.1	17	-	ε	-	2	Possível efeito de queda de altura
27	097	0484	-0.6	3.0	35	-	ε	-	3	Possível efeito de ruído atmosférico
27	097	0502	0.8	3.4	21	-	ε	-	3	
27	097	0516	0.8	3.7	15	-	ε	-	3	
27	097	0909	1.3	7.3	15	21	1.3	-	2	Possível efeito de ruído atmosférico
27	099	1691	0.8	5.9	14	-	ε	-	2	
27	100	2542	2.9	2.6	23	46	8.4	-	3	Possível efeito de ruído atmosférico
27	100	2642	2.5	3.4	40	21	4.9	-	3	Possível efeito de ruído atmosférico
27	100	2897	1.0	2.2	22	44	2.2	-	3	Possível efeito de queda de altura
27	100	2902	-0.9	4.6	26	-	ε	-	3	
27	100	2941	1.4	2.2	29	41	3.5	-	3	Possível efeito de ruído atmosférico

Levantamento H. E. M. **LISTA DE ANOMALIAS** Área : BOTUVERÁ (8)

VÔO	LINHA DE VÔO	FIDUCIAL	FASE (ppm)	QUADRATURA (ppm)	ALTURA DO SENSOR (m)	PROFUNDIDADE (m)	CONDUTÂNCIA (mhos)	SUSCEPTÂNCIA (m)	PRIORIDADE	OBSERVAÇÕES
27	100	2946	-0.4	5.8	17	-	ε	-	3	Possível efeito de ruído atmosférico
27	100	2949	0.3	6.1	19	-	ε	-	3	
27	100	2955	-0.7	4.9	18	-	ε	-	3	
27	101	2977	-0.6	4.5	31	-	ε	-	3	Possível efeito de ruído atmosférico
32	103	0749	-1.5	3.2	28	-	-	3.64E-1	-	Possível efeito de queda de altura
32	105	1976	2.7	17.2	5	20	1.5	-	2	Possível efeito de queda de altura
32	105	2038	0.7	3.2	28	-	ε	-	3	
32	105	2041	2.1	2.0	36	41	7.0	-	3	
32	106	3095	2.1	1.8	49	-	∞	-	-	
32	106	3154	0.0	5.3	14	-	ε	-	3	
32	107	3228	1.1	2.1	23	46	2,6	-	3	
32	107	3276	2.5	1.5	48	-	∞	-	-	
37	109	3349	2.1	2.9	48	16	4.6	-	3	Possível efeito de variação de altura
37	109	3379	-2.1	1.8	4	-	0	2.12E-4	-	Possível queda de altura
37	110	4254	2.1	1.1	25	-	∞	-	-	

Levantamento H. E. M. — LISTA DE ANOMALIAS — Área : BOTUVERÁ (9)

VÔO	LINHA DE VÔO	FIDUCIAL	FASE (ppm)	QUADRATURA (ppm)	ALTURA DO SENSOR (m)	PROFUNDIDADE (m)	CONDUTÂNCIA (mhos)	SUSCEPTÂNCIA (m)	PRIORIDADE	OBSERVAÇÕES
37	110	4337	0.3	5.4	18	-	ε	-	3	Possível efeito de ruído atmosfércio
31	111	1598	0.5	4.1	26	-	ε	-	3	Possível efeito de ruído atmosférico
39	112	2635	1.6	3.2	21	38	2,9	-	3	
67	113	0955	2.3	0.6	58	-	∞	-	-	Possível efeito de ruído atmosférico
67	113	1031	-0.5	2.0	21	-	ε	-	3	Possível efeito de ruído atmosférico
39	115	4537	-2.6	1.3	6	-	0	1.33E-3	-	
39	115	4647	-3.5	0.5	21	-	0	2.69E-1	-	
39	115	4708	1.1	2.9	20	38	2,0	-	3	Possível efeito de queda de altura
42	120	2923	-2.8	0.4	11	-	0	1.62E-2	-	
42	123	4535	0.7	3.5	17	-	ε	-	3	
42	123	4564	-2.5	0.8	14	-	0	3.79E-2	-	
42	123	4557	-3.2	0.7	18	-	0	1.33E-1	-	
42	124	5185	-2.6	1.0	17	-	0	8.58E-2	-	
42	125	5493	-2.4	1.5	35	-	0	1.42	-	
42	126	5960	-2.4	0.2	9	-	0	6.22E-3	-	

Levantamento H. E. M. — LISTA DE ANOMALIAS — Área : BOTUVERÁ (10)

VÔO	LINHA DE VÔO	FIDUCIAL	FASE (ppm)	QUADRATURA (ppm)	ALTURA DO SENSOR (m)	PROFUNDIDADE (m)	CONDUTÂNCIA (mhos)	SUSCEPTÂNCIA (m)	PRIORIDADE	OBSERVAÇÕES
42	126	6305	1.5	2.1	20	53	4.0	-	3	Possível efeito de queda de altura
45	130	3573	1.5	2.2	47	24	3.8	-	3	Possível efeito de ruído atmosférico
45	133	5858	2.1	0.8	23	-	∞	-	-	Possível efeito de queda de altura
45	134	6123	2.5	0.6	28	-	∞	-	-	Possível efeito de queda de altura
47	135	1513	0.5	3.3	20	-	ε	-	3	Possível efeito de queda de altura
47	137	2265	-2.0	0.5	8	-	0	3.23E-3	-	Possível efeito de queda de altura
47	137	2417	4.7	0.8	36	-	∞	-	-	
48	138	1153	2.2	1.0	64	-	∞	-	-	Possível efeito de atividade humana
70	142	2802	1.0	4.9	25	17	1.2	-	3	
70	142	2807	1.2	4.8	10	35	1.5	-	3	
50	143	0267	1.1	4.1	23	24	1.5	-	3	
50	143	0324	-0.5	2.7	20	-	ε	-	3	
50	143	0330	1.9	2.6	20	47	4.5	-	3	
50	144	1282	-0.1	3.0	22	-	ε	-	3	
50	144	1321	0.9	2.8	26	-	ε	-	3	

Levantamento H.E.M. — LISTA DE ANOMALIAS — Área : BOTUVERÁ (11)

VÔO	LINHA DE VÔO	FIDUCIAL	FASE (ppm)	QUADRATURA (ppm)	ALTURA DO SENSOR (m)	PROFUNDIDADE (m)	CONDUTÂNCIA (mhos)	SUSCEPTÂNCIA (m)	PRIORIDADE	OBSERVAÇÕES
64	145	2504	0.6	4.1	47	-	ε	-	3	
50	147	2870	0.4	3.5	26	-	ε	-	3	
64	147	1888	0.0	3.0	19	-	ε	-	3	
50	148	3806	-2.0	1.0	29	-	0	5.59E-1	-	
50	148	3808	1.8	2.4	24	45	4.5	-	3	
50	149	4238	3.1	0.4	41	-	∞	-	-	
50	149	4251	-2.1	2.4	19	-	-	1.08E-1	-	Possível efeito de ruído atmosférico
51	149	1369	-2.1	0.0	36	-	0	1.39	-	Possível efeito de queda de altura
51	151	0849	-0.8	8.1	24	-	ε	-	3	
52	152	0313	1.0	3.8	25	23	1.4	-	3	
52	152	0340	-0.7	2.0	25	-	ε	-	3	Possível efeito de ruído atmosférico
52	152	0443	1.4	2.3	24	45	3.3	-	3	Possível efeito de ruído atmosférico
52	152	0487	1.8	3.1	25	36	3.5	-	3	
52	152	0849	2.1	0.1	28	-	∞	-	-	
51	153	2441	0.9	3.1	32	-	ε	-	2	Possível efeito de ruído atmosférico

Levantamento H.E.M. — LISTA DE ANOMALIAS — Área : BOTUVERÃ (12)

VÔO	LINHA DE VÔO	FIDUCIAL	FASE (ppm)	QUADRATURA (ppm)	ALTURA DO SENSOR (m)	PROFUNDIDADE (m)	CONDUTÂNCIA (mhos)	SUSCEPTÂNCIA (m)	PRIORIDADE	OBSERVAÇÕES
51	153	2473	-2.1	0.0	39	-	0	1.92	-	
51	153	2487	-0.1	5.4	25	-	ε	-	3	Possível efeito de ruído atmosférico
52	154	0927	-3.3	4.0	13	-	-	3.72E-2	-	
52	154	0933	0.7	2.7	26	-	ε	-	3	
52	154	0937	1.4	2.9	36	25	2.7	-	3	
64	154	1127	-2.7	1.9	21	-	0	2.07E-1	-	
64	154	1136	-3.5	2.5	14	-	-	5.31E-2	-	Possível efeito de ruído atmosférico
64	154	1286	1.8	4.4	18	33	2.6	-	3	Possível efeito de ruído atmosférico
64	154	1335	1.5	3.4	31	26	2.6	-	3	Possível efeito de ruído atmosférico
64	154	1361	1.7	4.5	22	28	2.4	-	3	Possível efeito de ruído atmosférico
52	155	1613	-0.7	3.2	55	-	ε	-	3	
52	155	2088	2.4	1.9	39	-	∞	-	-	Possível efeito de ruído atmosférico
52	155	2303	-3.6	0.9	11	-	0	2.08E-2	-	
52	155	2308	1.7	3.6	27	29	2.8	-	3	
52	155	2310	-3.9	0.0	22	-	0	3.61E-1	-	

Levantamento H. E. M. **LISTA DE ANOMALIAS** Área : BOTUVERÁ (13)

VÔO	LINHA DE VÔO	FIDUCIAL	FASE (ppm)	QUADRATURA (ppm)	ALTURA DO SENSOR (m)	PROFUNDIDADE (m)	CONDUTÂNCIA (mhos)	SUSCEPTÂNCIA (m)	PRIORIDADE	OBSERVAÇÕES
59	155	4537	0,4	2,6	29	-	ε	-	3	
52	156	2379	-3,5	0,2	21	-	0	2.69E-1	-	
52	157	3342	0,2	3,6	22	-	ε	-	3	
52	157	3346	2,2	6,0	24	21	2,5	-	2	
52	157	3470	-2,1	0,3	41	-	0	2.34	-	Possível efeito de ruído atmosférico
52	157	3485	-3,6	0,3	62	-	0	2.10E+1	-	Possível efeito de ruído atmosférico
52	157	3900	1,9	4,0	21	33	2,9	-	3	
52	158	4277	-3,1	0,0	45	-	0	5.02	-	Possível efeito de ruído atmosférico
52	158	4286	-0,2	3,4	23	-	ε	-	3	
52	158	4524	0,0	3,6	21	-	ε	-	3	
54	159	0907	0,6	5,3	17	-	ε	-	3	
38	161	2314	-2,0	0,2	27	-	0	4.20E-1	-	
38	161	2331	-2,6	0,0	19	-	0	1,34E-1	-	
38	161	2333	0,3	4,9	24	-	ε	-	3	
38	161	2358	1,0	6,0	26	12	1,1	-	3	

Levantamento H.E.M. — LISTA DE ANOMALIAS — Área : BOTUVERÁ (14)

VÔO	LINHA DE VÔO	FIDUCIAL	FASE (ppm)	QUADRATURA (ppm)	ALTURA DO SENSOR (m)	PROFUNDIDADE (m)	CONDUTÂNCIA (mhos)	SUSCEPTÂNCIA (m)	PRIORIDADE	OBSERVAÇÕES
38	162	2403	-0,6	3,0	25	-	ε	-	3	
38	163	3564	-2,6	0,6	18	-	0	1.08E-1	-	
38	163	3594	1,8	16,1	20	4	1.1	-	2	
38	163	3622	0,6	2,3	28	-	ε	-	3	
38	164	3676	0,2	3,9	18	-	ε	-	3	
67	165	1709	-3,9	0,0	27	-	0	8.19E-1	-	
71	167	0692	1,1	2,9	5	53	2.0	-	3	Possível efeito de queda de altura
55	168	2834	1,4	3,6	19	35	2,2	-	3	Possível efeito de ruído atmosférico
56	169	1453	-0,3	3,0	183	-	ε	-	2	Possível efeito de atividade humana
56	170	2129	2,1	0,5	89	-	∞	-	-	Possível efeito de atividade humana
59	171	0414	-0,1	2,0	21	-	ε	-	3	
44	179	1496	2,0	0,5	27	-	∞	-	-	Possível efeito de ruído atmosférico
71	183	2227	-3,6	0,3	28	-	0	8.74E-1	-	
71	183	2232	-2,8	3,1	25	-	-	4.32E-1	-	
71	183	2237	-4,9	6.1	38	-	-	4.04	-	

Levantamento H.E.M. **LISTA DE ANOMALIAS** Área : BOLIVERÁ (15)

VÔO	LINHA DE VÔO	FIDUCIAL	FASE (ppm)	QUADRATURA (ppm)	ALTURA DO SENSOR (m)	PROFUNDIDADE (m)	CONDUTÂNCIA (mhos)	SUSCEPTÂNCIA (m)	PRIORIDADE	OBSERVAÇÕES
46	188	2106	-15,1	0,6	10	-	0	5.97E-2	-	
71	188	2656	-14,3	1,3	5	-	0	3.53E-3	-	
71	188	2663	- 4,8	0,7	18	-	0	1.99E-1	-	
71	188	2665	-5,2	0,1	11	-	0	3.01E-2	-	
71	189	2361	-2,5	0,1	14	-	0	3.79E-2	-	
74	191	2985	-2,8	1,0	16	-	0	7.25E-2	-	
74	191	3252	-16,2	2,0	11	-	-	9.37E-2	-	
74	191	3256	-5,5	0,3	10	-	0	2.17E-2	-	
74	191	3263	-3,0	0,2	14	-	0	3.93E-1	-	
74	192	2261	-2,7	0,8	10	-	0	1.07E-2	-	
74	192	2270	3,1	2,8	52	16	8,5	-	3	Possível efeito ruído atmosférico
74	195	0624	-3,7	0,1	19	-	-	1.90E-1	-	Possível efeito de ruído atmosférico
74	195	0829	-2,8	0,4	19	-	0	1.44E-1	-	
74	195	0892	-2,0	0,3	14	-	0	3.04E-2	-	Possível efeito de queda de altura
77	196	0662	0,5	4,5	17	-	ε	-	3	Possível efeito de atividade humana

Levantamento H. E. M. — LISTA DE ANOMALIAS — Área : BOTUVERÁ (16)

VÔO	LINHA DE VÔO	FIDUCIAL	FASE (ppm)	QUADRATURA (ppm)	ALTURA DO SENSOR (m)	PROFUNDIDADE (m)	CONDUTÂNCIA (mhos)	SUSCEPTÂNCIA (m)	PRIORIDADE	OBSERVAÇÕES
77	196	0720	-4.1	1.1	24	-	0	5.37E-1	-	Possível efeito de ruído atmosférico
77	196	0784	-4.2	0.6	15	-	0	8.40E-2	-	
77	196	0796	-9.3	0.3	12	-	0	7.62E-2	-	
72	197	3230	-12.1	1.1	10	-	0	4.78E-2	-	
72	197	3241	-8.0	1.4	18	-	0	3.32E-1	-	
72	197	3273	-3.4	0.6	22	-	0	3.15E-1	-	
72	198	2183	0.3	2.1	10	-	ε	-	3	Possível efeito de queda de altura
72	199	1869	-0.2	6.1	29	-	ε	-	3	
72	199	1948	-9.9	4.4	18	-	-	4.11E-1	-	
72	200	0981	-41.4	3.2	7	-	-	3.93E-2	-	
72	200	0993	-4.4	0.1	12	-	0	3.60E-2	-	
53	207	1274	-3.7	0.5	27	-	0	7.77E-1	-	
53	207	1333	-2.1	0.2	9	-	0	1.08E-1	-	
53	208	0287	-6.4	0.4	65	-	0	4.51E+1	-	Possível efeito de ruído atmosférico
41	212	6031	-6.6	1.1	12	-	0	5.41E-2	-	

Levantamento H. E. M. — LISTA DE ANOMALIAS — Área : BOTUVERÁ (17)

VÔO	LINHA DE VÔO	FIDUCIAL	FASE (ppm)	QUADRATURA (ppm)	ALTURA DO SENSOR (m)	PROFUNDIDADE (m)	CONDUTÂNCIA (mhos)	SUSCEPTÂNCIA (m)	PRIORIDADE	OBSERVAÇÕES
41	214	4309	-0.8	5.8	22	-	ε	-	2	
41	214	4665	-2.3	1.1	44	-	0	3.41	-	Provável efeito de ruído atmosférico
41	216	3523	-2.3	0.2	12	-	0	1.38E-2	-	Provável efeito de queda de altura
41	220	1188	-9.4	1.3	14	-	0	1.43E-1	-	
65	222	1623	-7.5	3.0	16	-	-	1.94E-1	-	

2. CORRELAÇÕES DAS ANOMALIAS

Levantamento H. E. M. **CORRELAÇÕES DAS ANOMALIAS** Área : BOTUVERÁ (1)

NÚMERO	VÔO	LINHA DE VÔO	FIDUCIAL	TIPO	PRIORIDADE	CORRELAÇÃO GEOLÓGICA	CORRELAÇÃO MAGNÉTICA
001	31	001	4524	5	-	Granito Guabiruba	-
002	02	003	0220	1	-	Aluvião	-
003	05	005	3078	2	3	Granito Guabiruba	-
004	31	006	4802	1	-	Talvegue no granito Guabiruba	-
005	06	010	2349	2	3	Aluvião	-
006	06	010	2384	3	3	Aluvião	-
007	06	011	3402	2	3	Aluvião	-
008	31	012	6412	5	-	Granito Guabiruba	-
009	06	013	1086	2	3	Talvegue no granito Guabiruba	-
010	31	013	5129	5	-	Granito Guabiruba	-
011	06	014	0505	1	-	Talvegue na formação Botuverá	Lineamento (+) N 55º E
012	06	014	0528	2	3	Talvegue na formação Botuverá	Flanco NW Lineamento (+) N 55º E
013	06	014	0612	2	3	Talvegue no granito Guabiruba	-
014	06	014	0641	2	3	Talvegue no granito Guabiruba	-
015	33	015	0349	1	-	Talvegue no granito Guabiruba	-

Levantamento H. E. M. **CORRELAÇÕES DAS ANOMALIAS** Área : BOTUVERÁ (2)

NÚMERO	VÔO	LINHA DE VÔO	FIDUCIAL	TIPO	PRIORIDADE	CORRELAÇÃO GEOLÓGICA	CORRELAÇÃO MAGNÉTICA
016	33	015	0450	2	3	Aluvião	-
017	06	016	4946	2	3	Talvegue no granito Guabiruba	-
018	06	016	5001	2	3	Talvegue no granito Guabiruba	-
019	06	017	5207	1	-	Formação Botuverá	-
020	07	018	0281	1	-	Aluvião	Equidistante lineamentos (+) e (-) N55º E
021	07	018	0415	2	3	Talvegue no granito Guabiruba	-
022	07	019	0837	2	3	Formação Botuverá	Falha magnética N 30º W
023	07	023	3198	2	3	Aluvião	Próxima anomalia assimétrica 200 gamas
024	07	023	3203	1	-	Formação Botuverá	Anomalia assimétrica 200 gamas
025	07	024	3796	1	-	Aluvião	Flanco SE lineamento (-) N40º E
026	07	024	3813	2	2	Formação Botuverá	Lineamento (-) N 40º E
027	07	024	3817	2	3	Formação Botuverá	Lineamento (-) N40º E
028	07	026	4764	1	-	Formação Botuverá	Interseção lineamento (-) e falha mag.
029	07	026	5000	2	3	Talvegue na formação Botuverá	Próxima falha magnética N 40ºW
030	08	027	0814	2	3	Lâmina do rio Itajaí-Mirim	Flanco SE lineamento (-) N40º E

Levantamento H. E. M. — CORRELAÇÕES DAS ANOMALIAS — Área : BOTUVERÁ (3)

NÚMERO	VÔO	LINHA DE VÔO	FIDUCIAL	TIPO	PRIORIDADE	CORRELAÇÃO GEOLÓGICA	CORRELAÇÃO MAGNÉTICA
031	08	027	0841	4	-	Talvegue na formação Botuverá	-
032	08	027	0845	2	3	Formação Botuverá	-
033	09	028	0359	2	3	Talvegue na formação Botuverá	-
034	09	028	0485	5	-	Formação Botuverá	Lineamento (-) N 60º E
035	31	029	6703	3	3	Talvegue no granito Guabiruba	-
036	31	029	6715	3	3	Granito Guabiruba	Flanco NW anomalia assimétrica
037	31	029	6721	2	3	Talvegue no granito Guabiruba	Flanco NW anomalia assimétrica
038	13	033	0960	3	3	Aluvião	-
039	13	033	1063	1	-	Aluvião	-
040	13	036	4043	2	1	Talvegue no granodiorito Valsungana	-
041	17	042	1322	3	3	Formação Botuverá	-
042	17	042	1367	2	3	Formação Botuverá	-
043	17	042	1383	3	3	Formação Botuverá	-
044	17	043	2400	2	3	Aluvião	Anomalia assimétrica 50 gamas
045	17	043	2408	2	3	Talvegue no granodiorito Valsungana	-

Levantamento H. E. M. **CORRELAÇÕES DAS ANOMALIAS** Área : BOTUVERÁ (4)

NÚMERO	VÔO	LINHA DE VÔO	FIDUCIAL	TIPO	PRIORIDADE	CORRELAÇÃO GEOLÓGICA	CORRELAÇÃO MAGNÉTICA
046	36	044	0605	2	3	Aluvião/granodiorito Valsungana	-
047	36	044	0653	3	2	Formação Botuverá	Flanco NE pico(+) 50 gamas
048	34	045	2361	2	3	Aluvião	-
049	34	045	2365	2	3	Aluvião	-
050	34	045	2383	3	3	Granodiorito Valsungana	-
051	34	045	2415	3	3	Formação Botuverá	Flanco E pico(+) 50 gamas
052	34	045	2423	3	3	Formação Botuverá	-
053	18	047	2412	2	3	Formação Botuverá	-
054	18	048	2789	5	-	Granodiorito Valsungana	-
055	18	049	3522	3	3	Granodiorito Valsungana	-
056	18	050	4118	5	-	Granodiorito Valsungana	-
057	19	053	1626	3	3	Aluvião	Pico (+) 30 gamas
058	19	055	2497	5	-	Talvegue na formação Botuverá	-
059	19	055	2502	5	-	Formação Botuverá	-
060	19	055	2873	3	3	Talvegue na formação Botuverá	-

Levantamento H. E. M. — CORRELAÇÕES DAS ANOMALIAS — Área : BOTUVERÁ (5)

NÚMERO	VÔO	LINHA DE VÔO	FIDUCIAL	TIPO	PRIORIDADE	CORRELAÇÃO GEOLÓGICA	CORRELAÇÃO MAGNÉTICA
061	19	056	3269	3	3	Formação Botuverá	-
062	19	056	3296	3	2	Aluvião	Lineamento (-) E-W
063	19	057	4398	3	3	Aluvião	-
064	19	057	4483	3	2	Aluvião	-
065	20	059	0279	3	3	Aluvião	-
066	20	060	1318	2	2	Aluvião	-
067	20	061	1362	3	3	Aluvião	-
068	20	061	1382	3	2	Aluvião	-
069	20	062	2428	2	1	Aluvião	-
070	20	062	2445	3	3	Aluvião/formação Botuverá	-
071	20	062	2487	4	-	Formação Botuverá	-
072	20	062	2493	2	2	Formação Botuverá	-
073	20	062	2496	3	3	Formação Botuverá	-
074	20	062	2570	2	3	Aluvião	-
075	20	062	2574	3	3	Aluvião	-

Levantamento H. E. M. — CORRELAÇÕES DAS ANOMALIAS — Área : BOTUVERÁ (6)

NÚMERO	VÔO	LINHA DE VÔO	FIDUCIAL	TIPO	PRIORIDADE	CORRELAÇÃO GEOLÓGICA	CORRELAÇÃO MAGNÉTICA
076	20	063	2624	2	3	Grupo Taboleiro	Lineamento (+) N45º E
077	20	063	2630	4	-	Grupo Taboleiro	-
078	20	063	2645	3	3	Aluvião	-
079	20	063	2866	1	-	Aluviãc	-
080	20	064	3531	2	3	Granodiorito Valsungana	-
081	20	064	3554	1	-	Aluviãc	-
082	20	064	3670	3	3	Aluvião	-
083	20	065	4315	2	3	Aluvião	-
084	34	066	3241	3	3	Aluvião/grupo Taboleiro	-
085	34	066	3310	5	-	Grupo Taboleiro	-
086	22	068	1064	1	-	Aluvião	-
087	22	069	1971	2	1	Aluvião	Flanco NW lineamento(-) N55º E
088	22	071	2853	2	3	Granodiorito Valsungana	-
089	22	071	3327	5	-	Grupo Taboleiro	-
090	26	090	2459	5	-	Grupo Taboleiro	-

Levantamento H. E. M. — CORRELAÇÕES DAS ANOMALIAS — Área : BOTUVERÁ (7)

NÚMERO	VÔO	LINHA DE VÔO	FIDUCIAL	TIPO	PRIORIDADE	CORRELAÇÃO GEOLÓGICA	CORRELAÇÃO MAGNÉTICA
091	26	093	4018	2	3	Aluvião	-
092	26	093	4030	5	-	Grupo Taboleiro	-
093	26	094	5181	2	3	Grupo Taboleiro	-
094	26	094	5186	4	-	Grupo Taboleiro	-
095	26	096	5978	3	2	Formação Botuverá	-
096	27	097	0484	3	3	Grupo Taboleiro	-
097	27	097	0502	3	3	Aluvião	-
098	27	097	0516	3	3	Aluvião	-
099	27	097	0909	2	2	Formação Botuverá	-
100	27	099	1691	3	2	Aluvião	-
101	27	100	2542	2	3	Formação Botuverá	-
102	27	100	2642	2	3	Grupo Taboleiro	-
103	27	100	2897	2	3	Grupo Taboleiro	-
104	27	100	2902	3	3	Grupo Taboleiro	-
105	27	100	2941	2	3	Aluvião	-

Levantamento H. E. M. **CORRELAÇÕES DAS ANOMALIAS** Área : BOTUVERÁ (8)

NÚMERO	VÔO	LINHA DE VÔO	FIDUCIAL	TIPO	PRIORIDADE	CORRELAÇÃO GEOLÓGICA	CORRELAÇÃO MAGNÉTICA
106	27	100	2946	3	3	Aluvião	-
107	27	100	2949	3	3	Aluvião	-
108	27	100	2955	3	3	Aluvião	-
109	27	101	2977	3	3	Aluvião	-
110	32	103	0749	4	-	Aluvião	-
111	32	105	1976	2	2	Aluvião	-
112	32	105	2038	3	3	Aluvião	-
113	32	105	2041	2	3	Aluvião/Grupo Taboleiro	
114	32	106	3095	1	-	Aluvião	-
115	32	106	3154	3	3	Aluvião	-
116	32	107	3228	2	3	Aluvião	-
117	32	107	3276	1	-	Aluvião/Grupo Taboleiro	-
118	37	109	3349	2	3	Grupo Taboleiro	-
119	37	109	3379	5	-	Aluvião/Grupo Taboleiro	-
120	37	110	4254	1	-	Grupo Taboleiro	Zona de gradiente forte

Levantamento H. E. M. | CORRELAÇÕES DAS ANOMALIAS | Área : BOTUVERÁ (9)

NÚMERO	VÔO	LINHA DE VÔO	FIDUCIAL	TIPO	PRIORIDADE	CORRELAÇÃO GEOLÓGICA	CORRELAÇÃO MAGNÉTICA
121	37	110	4337	3	3	Aluvião/Grupo Taboleiro	-
122	31	111	1598	3	3	Aluvião	?
123	39	112	2635	2	3	Talvegue no grupo Taboleiro	-
124	67	113	0955	1	-	Grupo Taboleiro	-
125	67	113	1031	3	3	Aluvião	-
126	39	115	4537	5	-	Grupo Taboleiro	-
127	39	115	4647	5	-	Grupo Taboleiro	Anomalia assimétrica 140 gamas
128	39	115	4708	2	3	Aluvião	-
129	42	120	2923	5	-	Grupo Taboleiro	Pico(-) 30 gamas
130	42	123	4525	3	3	Grupo Taboleiro	-
131	42	123	4564	5	-	Grupo Taboleiro	Zona de gradiente forte
132	42	123	4657	5	-	Grupo Taboleiro	Lineamento (-) sinuoso
133	42	124	5185	5	-	Grupo Taboleiro	Pico (+) 40 gamas
134	42	125	5493	5	-	Grupo Taboleiro	-
135	42	126	5960	5	-	Grupo Taboleiro	-

Levantamento H. E. M. **CORRELAÇÕES DAS ANOMALIAS** Área : BOTUVERÁ (10)

NÚMERO	VÔO	LINHA DE VÔO	FIDUCIAL	TIPO	PRIORIDADE	CORRELAÇÃO GEOLÓGICA	CORRELAÇÃO MAGNÉTICA
136	42	126	6305	2	3	Talvegue no grupo Taboleiro	-
137	45	130	3573	2	3	Aluvião	-
138	45	133	5858	1	-	Grupo Taboleiro	-
139	45	134	6123	1	-	Grupo Taboleiro	Zona de gradiente forte
140	47	135	1513	3	3	Grupo Taboleiro	Lineamento(-) N60ºE
141	47	137	2265	5	-	Grupo Taboleiro	Equidistante lineamentos(+)e(-)N60ºE
142	47	137	2417	1	-	Grupo Taboleiro	-
143	48	138	1153	1	-	Talvegue no grupo Taboleiro	-
144	70	142	2802	2	3	Grupo Taboleiro	-
145	70	142	2807	2	3	Grupo Taboleiro	-
146	50	143	0267	2	3	Aluvião	-
147	50	143	0324	3	3	Aluvião	-
148	50	143	0330	2	3	Aluvião	-
149	50	144	1282	3	3	Aluvião	-
150	50	144	1321	3	3	Grupo Taboleiro	Pico (+) 90 gamas

Levantamento H. E. M. **CORRELAÇÕES DAS ANOMALIAS** Área : BOTUVERÁ (11)

NÚMERO	VÔO	LINHA DE VÔO	FIDUCIAL	TIPO	PRIORIDADE	CORRELAÇÃO GEOLÓGICA	CORRELAÇÃO MAGNÉTICA
151	64	145	2504	3	3	Aluvião	-
152	50	147	2870	3	3	Aluvião	-
153	64	147	1888	3	3	Aluvião	-
154	50	148	3806	5	-	Aluvião	-
155	50	148	3808	2	3	Aluvião	-
156	50	149	4238	1	-	Grupo Taboleiro	-
157	50	149	4251	4	-	Grupo Taboleiro	-
158	51	149	1369	5	-	Talvegue no grupo Taboleiro	-
159	51	151	0849	3	3	Grupo Tubarão/grupo Taboleiro	-
160	52	152	0313	2	3	Aluvião	-
161	52	152	0340	3	3	Aluvião	-
162	52	152	0443	2	3	Grupo Taboleiro	-
163	52	152	0487	2	3	Grupo Taboleiro	-
164	52	152	0849	1	-	Grupo Taboleiro	-
165	51	153	2441	3	2	Aluvião/grupo Taboleiro	-

Levantamento H. E. M. — CORRELAÇÕES DAS ANOMALIAS — Área : BOTUVERÁ (12)

NÚMERO	VÔO	LINHA DE VÔO	FIDUCIAL	TIPO	PRIORIDADE	CORRELAÇÃO GEOLÓGICA	CORRELAÇÃO MAGNÉTICA
166	51	153	2473	5	-	Grupo Taboleiro	Lineamento(+) E-W
167	51	153	2487	3	3	Grupo Taboleiro	Pico(+) 30 gamas
168	52	154	0927	4	-	Grupo Tubarão	-
169	52	154	0933	3	3	Grupo Tubarão	-
170	52	154	0937	2	3	Grupo Tubarão	-
171	64	154	1127	5	-	Grupo Taboleiro	Lineamento(+) N50ºW
172	64	154	1136	4	-	Grupo Taboleiro	Próxima lineamento(-) N50ºW
173	64	154	1286	2	3	Grupo Taboleiro	-
174	64	154	1335	2	3	Grupo Taboleiro	-
175	64	154	1361	2	3	Aluvião	-
176	52	155	1613	3	3	Aluvião	-
177	52	155	2088	1	-	Grupo Taboleiro	-
178	52	155	2303	5	-	Grupo Tubarão	-
179	52	155	2308	2	3	Grupo Tubarão	-
180	52	155	2310	5	-	Grupo Tubarão	-

Levantamento H. E. M. **CORRELAÇÕES DAS ANOMALIAS** Área : BOTUVERÁ (13)

NÚMERO	VÔO	LINHA DE VÔO	FIDUCIAL	TIPO	PRIORIDADE	CORRELAÇÃO GEOLÓGICA	CORRELAÇÃO MAGNÉTICA
181	59	155	4537	3	3	Grupo Taboleiro	Zona de gradiente forte
182	52	156	2379	5	-	Grupo Tubarão	-
183	52	157	3342	3	3	Aluvião	2
184	52	157	3346	2	2	Aluvião	2
185	52	157	3470	5	-	Beira de rio, grupo Taboleiro	-
186	52	157	3485	5	-	Beira de rio, grupo Taboleiro	-
187	52	157	3900	2	3	Grupo Tubarão	-
188	52	158	4277	5	-	Grupo Taboleiro	-
189	52	158	4286	3	3	Aluvião/Grupo Taboleiro	-
190	52	158	4524	3	3	Aluvião/granito Palmeira do Meio	-
191	54	159	0907	3	3	Grupo Tubarão	-
192	38	161	2314	5	-	Grupo Tubarão/Grupo Taboleiro	-
193	38	161	2331	5	-	Grupo Tubarão	-
194	38	161	2333	3	3	Grupo Tubarão	-
195	38	161	2358	2	3	Grupo Tubarão/Grupo Taboleiro	-

Levantamento H. E. M. **CORRELAÇÕES DAS ANOMALIAS** Área : BOTUVERÁ (14)

NÚMERO	VÔO	LINHA DE VÔO	FIDUCIAL	TIPO	PRIORIDADE	CORRELAÇÃO GEOLÓGICA	CORRELAÇÃO MAGNÉTICA
196	38	162	2403	3	3	Grupo Tubarão	-
197	38	163	3564	5	-	Grupo Taboleiro	-
198	38	163	3594	2	2	Grupo Tubarão	-
199	38	163	3622	3	3	Grupo Taboleiro/Grupo Tubarão	-
200	38	164	3676	3	3	Grupo Taboleiro	-
201	67	165	1709	5	-	Granito Palmeira do Meio	-
202	71	167	0692	2	3	Granito Palmeira do Meio	-
203	55	168	2834	2	3	Aluvião/Grupo Taboleiro	-
204	56	169	1453	3	2	Granito Palmeira do Meio	-
205	56	170	2129	1	-	Beira de rio, formação Botuverá	-
206	59	171	0414	3	3	Beira de rio, formação Botuverá	-
207	44	179	1496	1	-	Talvegue no granito Palmeira do Meio	-
208	71	183	2227	5	-	Intrusão alcalina de Anitápolis	Anomalia assimétrica > 500 gamas
209	71	183	2232	4	-	Intrusão alcalina de Anitápolis	Anomalia assimétrica >500 gamas
210	71	183	2237	4	-	Intrusão alcalina de Anitápolis	Anomalia assimétrica > 500 gamas

Levantamento H. E. M. **CORRELAÇÕES DAS ANOMALIAS** Área : BOTUVERÁ (15)

NÚMERO	VÔO	LINHA DE VÔO	FIDUCIAL	TIPO	PRIORIDADE	CORRELAÇÃO GEOLÓGICA	CORRELAÇÃO MAGNÉTICA
211	46	188	2.106	5	-	Granito Jaguaruna	Próxima Pico(-) 200 gamas
212	71	188	2.656	5	-	Granito Jaguaruna	Próxima Pico(-) 200 gamas
213	71	188	2.663	5	-	Granito Jaguaruna	Próxima Pico(-) 50 gamas
214	71	188	2.665	5	-	Granito Jaguaruna	Próxima Pico(+) 50 gamas
215	71	189	2.361	5	-	Granito Jaguaruna	Próxima Pico(+) 50 gamas
216	74	191	2.985	5	-	Granito Palmeira do Meio	
217	74	191	3.252	4	-	Granito Jaguaruna	Próxima Pico(-) 50 gamas
218	74	191	3.256	5	-	Granito Jaguaruna	Próxima Pico(-) 50 gamas
219	74	191	3.263	5	-	Granito Jaguaruna	-
220	74	192	2.261	5	-	Granito Jaguaruna	-
221	74	192	2.270	2	3	Granito Jaguaruna	Zona de Gradiente forte
222	74	195	0.624	5	-	Granito Palmeira do Meio	-
223	74	195	0.829	5	-	Granito Jaguaruna	-
224	74	195	0.892	5	-	Granito Jaguaruna	-
225	77	196	0.662	3	3	Granito Palmeira do Meio	-

Levantamento H. E. M.			CORRELAÇÕES DAS ANOMALIAS			Área : BOTUVERÁ (16)	
NÚMERO	VÔO	LINHA DE VÔO	FIDUCIAL	TIPO	PRIORIDADE	CORRELAÇÃO GEOLÓGICA	CORRELAÇÃO MAGNÉTICA
226	77	196	0.720	5	-	Granito Jaguaruna	Pico (-) 50 gamas
227	77	196	0.784	5	-	Granito Jaguaruna	Pico (-) 50 gamas
228	77	196	0.796	5	-	Granito Jaguaruna	-
229	72	197	3.230	5	-	Granito Jaguaruna	Pico (-) 90 gamas
230	72	197	3.241	5	-	Granito Jaguaruna	Pico (-) 40 gamas
231	72	197	3.273	5	-	Granito Jaguaruna	Pico (-) 90 gamas
232	72	198	2.183	3	3	Granito Jaguaruna	-
233	72	199	1.869	3	3	Granito Palmeira do Meio	-
234	72	199	1.948	4	-	Cranito Palmeira do Meio	Proxima Pico (-) 100 gamas
235	72	200	0.981	4	-	Granito Jaguaruna	Pico (-) 70 gamas
236	72	200	0.993	5	-	Granito Jaguaruna	Pico (-) 90 gamas
237	53	207	1.274	5	-	Granito Palmeira do Meio	-
238	53	207	1.333	5	-	Granito Palmeira do Meio	-
239	53	208	0.287	5	-	Granito Palmeira do Meio	Lineamento (+) N 30º E
240	41	212	6.031	5	-	Granito Palmeira do Meio	-

Levantamento H. E. M. **CORRELAÇÕES DAS ANOMALIAS** Área : BOTUVERÁ (17)

NÚMERO	VÔO	LINHA DE VÔO	FIDUCIAL	TIPO	PRIORIDADE	CORRELAÇÃO GEOLÓGICA	CORRELAÇÃO MAGNÉTICA
241	41	214	4.309	3	2	Granito Palmeira do Meio	-
242	41	214	4.665	5	-	Granito Palmeira do Meio	Próxima lineamento(+) N 30º E
243	41	216	3.523	5	-	Granito Jaguaruna	Pico (-) 30 gamas
244	41	220	1.188	5	-	Granito Jaguaruna	-
245	65	222	1.623	4	-	Granito Jaguaruna	-

3. CALENDÁRIO DA OBRA

3. CALENDÁRIO DA OBRA

13 DEZ. 77 - Assinatura do contrato para realização do Projeto Eletromagnético Botuverá

FEV. 78 - Perda em acidente, pela PROSPEC dos dois "birds" HEM

AGO. 78 - Chegada do novo "bird" importado do Canadá

12 OUT. 78 - Início da fase de vôo com base em Brusque, S.C.

10 ABR. 79 - Último vôo do projeto.

Dias corridos da fase de vôo	-	181 dias
Dias de imobilização devido a condições adversas	-	104 dias
Dias úteis	-	77 dias

4. LISTA DE MAPAS E PRODUTOS FINAIS

4. LISTA DE MAPAS E PRODUTOS FINAIS

4.1 RELATÓRIO FINAL, EM 6 VIAS

4.2 MAPAS DE POSICIONAMENTO DAS LINHAS DE VÔO SOBRE FUNDO DE FOTOMOSAICO, NA ESCALA 1:25.000 - 24 MAPAS EM 2 VIAS EM MATERIAL PLÁSTICO, TRANSPARENTE E INDEFORMÁVEL E 6 VIAS EM CÓPIAS HELIOGRÁFICAS.

4.3 MAPAS DE CONTORNO DOS VALORES RESIDUAIS DA INTENSIDADE - TOTAL DO CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE, NA ESCALA 1:25.000 - 24 MAPAS, EM 2 VIAS EM MATERIAL PLÁSTICO, TRANSPARENTE E INDEFORMÁVEL E 6 VIAS EM CÓPIAS HELIOGRÁFICAS.

4.4 MAPAS DE COMPILAÇÃO DOS DADOS ELETROMAGNÉTICOS NA ESCALA 1:25.000 - 24 MAPAS, EM 2 VIAS EM MATERIAL PLÁSTICO, TRANSPARENTE E INDEFORMÁVEL E 6 VIAS EM CÓPIAS HELIOGRÁFICAS.

4.5 TODOS OS MATERIAIS E DOCUMENTOS, ORIGINAIS OU NÃO, UTILIZADOS NO PROJETO, QUAIS SEJAM, FILMES, FOTOS, MAPAS, PLANOS DE VÔO, FOTOMOSAICOS, REGISTROS ANALÓGICOS.

NOTA: Os mapas 1:25.000 do Projeto foram produzidos por ampliação do fotomosaico confeccionado a partir da fotografia aérea 1:60.000. A numeração e identificação das folhas é a seguinte:

1 - SG-22-Z-D-I-2-NE
2 - SG-22-Z-D-II-1-NO
3 - SG-22-Z-D-II-1-NE
4 - SG-22-Z-D-I-2-SE

5 - SG-22-Z-D-II-1-SO

6 - SG-22-Z-D-II-1-SE

7 - SG-22-Z-D-I-4-NE

8 - SG-22-Z-D-II-3-NO

9 - SG-22-Z-D-II-3-NE

10 - SG-22-Z-D-I-4-SE

11 - SG-22-Z-D-II-3-SO

12 - SG-22-Z-D-II-3-SE

13 - SG-22-Z-D-IV-2-NE

14 - SG-22-Z-D-V-1-NO

15 - SG-22-Z-D-V-I-NE

16 - SG-22-Z-D-IV-2-SE

17 - SG-22-Z-D-V-I-SO

18 - SG-22-Z-D-V-I-SE

19 - SG-22-Z-D-IV-4-NE

20 - SG-22-Z-D-V-3-NO

21 - SG-22-Z-D-V-3-NE

22 - SG-22-Z-D-IV-4-SE

23 - SG-22-Z-D-V-3-SO

24 - SG-22-Z-D-V-3-SE

5. EQUIPAMENTO UTILIZADO NO LEVANTAMENTO

2. MÉTODO COMPUTACIONAL

Ao longo de um perfil horizontal normal à aresta do corpo, isto é, ao longo do eixo ox, escolhe-se quatro pontos de abcissas x_i com i = 1, 2, 3, 4. Em cada um desses pontos, o campo magnético total apresenta um valor F_i. Em virtude de (1) tem-se, em cada ponto x_i a equação:

$$a_o + a_1 x_i + b_o F_i + b_1 x_i F_i = x_i^2 F_i$$

Obtem-se assim um sistema de 4 equações lineares em a_o, a_1, b_o e b_1, que são as incógnitas. Considerando os cinco determinantes seguintes:

5. EQUIPAMENTO UTILIZADO NO LEVANTAMENTO

5.1 PLATAFORMA: Helicóptero Alouette II Astazou

5.2 SISTEMA HEM, GEONICS EM-33

5.2.1 Módulo de processamento de sinais de 1PPM

5.2.2 Módulo de processamento de sinais de 2PPM

5.2.3 Monitor de ruído atmosférico

5.2.4 Módulo de controle

5.2.5 Fonte de alimentação

5.2.6 Sensor com separação entre bobinas de 20 pés e frequência de 733 cps.

5.3 REGISTRADOR ANALÓGICO BARRINGER R 900 DE OITO CANAIS

5.4 AEROMAGNETÔMETRO GEOMETRICS G-803, MODELO 9803/201 E SENSOR

5.5 RADIOALTIMETRO TRT, MODELO ERT-011

5.6 CÂMERA DE RASTREAMENTO AUTOMAX, MODELO 2RS

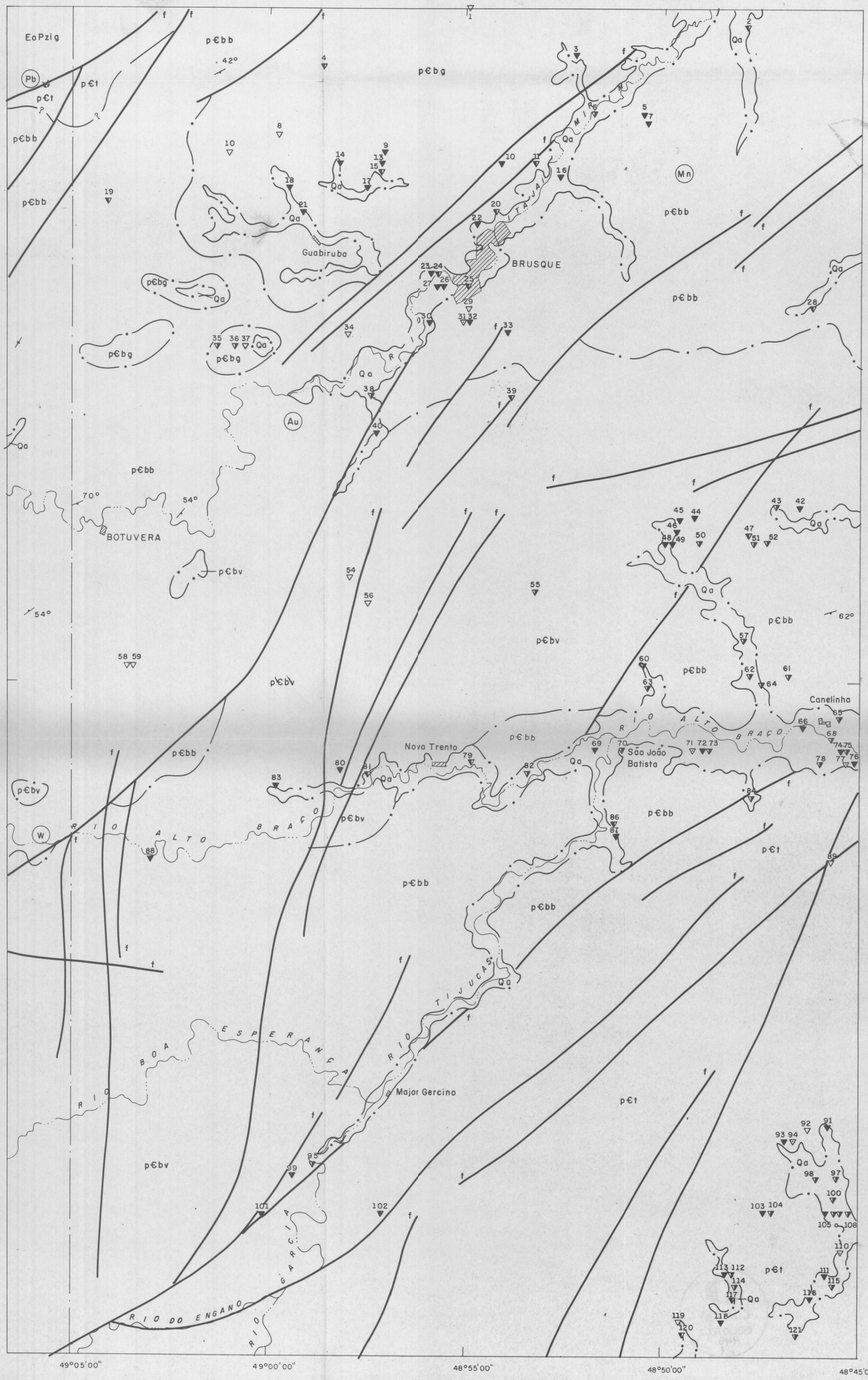
5.7 INTERVALOMETRO GEOMETRICS MODELO 9803/201

5.8 ESTAÇÃO MAGNÉTICA TERRESTRE: MAGNETOMETRO GEOMETRICS G-803, ACOPLADO A REGISTRADOR ANALÓGICO ESTERLINE ANGUS, MODELO AW, SERIE 40.

PROJETO ELETROMAGNÉTICO BOTUVERÁ

ESBOÇO GEOLÓGICO
E
LOCALIZAÇÃO DAS ANOMALIAS ELETROMAGNÉTICAS

ESCALA 1: 100.000



CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

- Qa — Quaternário: areias e cascalhos inconsolidados; depósitos de aluvião e eluvião.
- Qp — Quaternário; Conglomerado Pinheiros: depósito de encosta com eixos em matriz areno-síltico-argilosa, muito pouco consolidado.
- JKsga — Jurássico-Cretáceo; Formação Serra Geral: intrusões de composição alcalina, do tipo ijolito-carbonatito.
- Cg — Carbonífero superior, Grupo Tubarão, Sub-grupo Guatá: arenitos e folhelhos, siltitos, camadas de carvão.
- Ci — Carbonífero superior; Grupo Tubarão, Sub-grupo Itararé: siltitos, folhelhos varvíticos e carbonosos, arenitos conglomeráticos, carvão.
- EoPzib — Eo-Paleozóico; Grupo Itajaí; Formação Baú: conglomerados e arenitos arcosianos.
- EoPzica — Eo-Paleozóico; Grupo Itajaí; Formação Campo Alegre: riolitos, brechas e tutos riolíticos, andesitos.
- EoPzig — Eo-Paleozóico; Grupo Itajaí; Formação Garcia: siltitos, folhelhos, arenitos e conglomerados, ardósias
- p€bg — Pré-Cambriano; Grupo Brusque; Granito Guabiruba: biotita-granito, equigranular médio, localmente porfiróide.
- p€bv — Pré-Cambriano; Grupo Brusque; Granodiorito Valsungana: biotita-granodiorito porfirítico, com fenocristais em matriz de granulação grosseira.
- p€bb — Pré-Cambriano; Grupo Brusque; Formação Botuverá: filitos, quartzitos, calcários, dolomitos e mármores.
- p€pgj — Pré-Cambriano; Grupo Pedras Grandes: Granito Jaguaruna: biotita-(muscovita)-granitos, equigranulares, granulação média, localmente porfiróides
- p€pgp — Pré-Cambriano; Grupo Pedras Grandes; Granito Palmeira do Meio: biotita-granito equigranular de granulação grosseira
- p€t — Pré-Cambriano; Grupo Taboleiro: biotita e hornblenda-granitos, gnaisses e dioritos, migmatitos, ultrabasitos, quartzitos e itabiritos; pegmatitos.

- Contato geológico.
- Contato geológico duvidoso.
- Falha.
- 70° Direção e mergulho de camada e/ou foliação.
- Direção de camada e/ou foliação, vertical.
- Mina em atividade.
- Mina abandonada.

OCORRÊNCIA DE:

- (Fl) Fluorita;
- (Ca) Calcário e dolomitos;
- (Mo) Mármore;
- (W) Tungstênio;
- (Au) Ouro;
- (Mn) Manganês;
- (Pb) Chumbo;
- (P) Fósforo (apatita)
- (Fe) Ferro (magnetita)
- (Cu) Cobre
- (Mo) Molibdênio

CONVENÇÕES GEOFÍSICAS

- 123 ▽ Anomalia eletromagnética com número de ordem:
- ▼ Anomalia tipo 1 (corpo muito condutivo)
- ▼ Anomalia tipo 2 (corpo normalmente condutivo)
- ▼ Anomalia tipo 3 (corpo pouco condutivo)
- ▽ Anomalia tipo 4 (corpo magnético e condutivo)
- ▽ Anomalia tipo 5 (corpo magnético e não condutivo)

ARTICULAÇÃO

Levantamento aeromagnetométrico e aeroeletromagnético
Executado no período 1978/1979 por:

LASA
ENGENHARIA E PROSPECÇÕES S.A.

CONVÊNIO DNPM/ CPRM

FIG. III.1a

PROJETO ELETROMAGNÉTICO BOTUVERÁ

MAPA DE ISOGAMAS DE INTENSIDADE MAGNETICA RESIDUAL

ESCALA 1: 100.000

CONVENÇÕES GEOFÍSICAS

CURVAS ISOGAMAS EM INTERVALOS DE 5 γ — 5

CURVAS MESTRAS COM INTERVALOS DE 25 γ — 25

MÍNIMOS MAGNÉTICOS

ARTICULAÇÃO

1

2

Levantamento aeromagnetométrico e aeroeletromagnético
Executado no período 1978/1979 por:

LASA
ENGENHARIA E PROSPECÇÕES S.A.

CONVÊNIO DNPM/ CPRM

FIG. III. 2a

PROJETO ELETROMAGNÉTICO BOTUVERÁ

ESBOÇO GEOLÓGICO
E
LOCALIZAÇÃO DAS ANOMALIAS ELETROMAGNÉTICAS

ESCALA 1: 100.000

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

Qa	—	Quaternário: areias e cascalhos inconsolidados; depósitos de aluvião e eluvião.
Qp	—	Quaternário; Conglomerado Pinheiros: depósito de encosta com eixos em matriz areno-siltico-argilosa, muito pouco consolidado.
JKsga	—	Jurássico-Cretáceo; Formação Serra Geral: intrusões de composição alcalina, do tipo ijolito-carbonatito.
Cg	—	Carbonífero superior, Grupo Tubarão, Sub-grupo Guatá: arenitos e folhelhos, siltitos, camadas de carvão.
Ci	—	Carbonífero superior; Grupo Tubarão, Sub-grupo Itararé: siltitos, folhelhos varvíticos e carbonosos, arenitos conglomeráticos, carvão.
EoPzib	—	Eo-Paleozóico; Grupo Itajaí; Formação Baú: conglomerados e arenitos arcosianos.
EoPzica	—	Eo-Paleozóico; Grupo Itajaí; Formação Campo Alegre: riolitos, brechas e tutos riolíticos, andesitos.
EoPzig	—	Eo-Paleozóico; Grupo Itajaí; Formação Garcia: siltitos, folhelhos, arenitos e conglomerados, ardósias
p€bg	—	Pré-Cambriano; Grupo Brusque; Granito Guabiruba: biotita-granito, equigranular médio, localmente porfiróide.
p€bv	—	Pré-Cambriano; Grupo Brusque; Granodiorito Valsungana: biotita-granodiorito porfirítico, com fenocristais em matriz de granulação grosseira.
p€bb	—	Pré-Cambriano; Grupo Brusque; Formação Botuverá: filitos, quartzitos, calcários, dolomitos e mármores.
p€pgj	—	Pré-Cambriano; Grupo Pedras Grandes: Granito Jaguaruna: biotita-(muscovita)-granitos, equigranulares, granulação média, localmente porfiróides
p€pgp	—	Pré-Cambriano; Grupo Pedras Grandes; Granito Palmeira do Meio: biotita-granito equigranular de granulação grosseira
p€t	—	Pré-Cambriano; Grupo Taboleiro: biotita e hornblenda-granitos, gnaisses e dioritos, migmatitos, ultrabasitos, quartzitos e itabiritos; pegmatitos.

- Contato geológico.
- Contato geológico duvidoso.
- Falha.
- 70° Direção e mergulho de camada e/ou foliação.
- Direção de camada e/ou foliação, vertical.
- Mina em atividade.
- Mina abandonada.

OCORRÊNCIA DE:

- (Fl) Fluorita;
- (Ca) Calcário e dolomitos;
- (Ma) Mármore;
- (W) Tungstênio;
- (Au) Ouro;
- (Mn) Manganês;
- (Pb) Chumbo;
- (P) Fósforo (apatita)
- (Fe) Ferro (magnetita)
- (Cu) Cobre
- (Mo) Molibdênio

CONVENÇÕES GEOFÍSICAS

- 123 ▽ Anomalia eletromagnética com número de ordem:
- ▼ Anomalia tipo 1 (corpo muito condutivo)
- ▼ Anomalia tipo 2 (corpo normalmente condutivo)
- ▽ Anomalia tipo 3 (corpo pouco condutivo)
- ▽ Anomalia tipo 4 (corpo magnético e condutivo)
- ▽ Anomalia tipo 5 (corpo magnético e não condutivo)

ARTICULAÇÃO

1
2

Levantamento aeromagnetométrico e aeroeletromagnético
Executado no período 1978/1979 por:

LASA
ENGENHARIA E PROSPECÇÕES S.A.

CONVÊNIO DNPM/ CPRM

FIG. III. 1b

CPRM BIBLIOTECA DNPM

PROJETO ELETROMAGNÉTICO BOTUVERÁ

MAPA DE ISOGAMAS DE INTENSIDADE MAGNÉTICA RESIDUAL

ESCALA 1: 100.000

CONVENÇÕES GEOFÍSICAS

CURVAS ISOGAMAS EM INTERVALOS DE 5 γ — 5

CURVAS MESTRAS COM INTERVALOS DE 25 γ — 25

MÍNIMOS MAGNÉTICOS

ARTICULAÇÃO

1

2

Levantamento aeromagnetométrico e aeroeletromagnético
Executado no período 1978/1979 por:

LASA
ENGENHARIA E PROSPECÇÕES S.A.

CONVÊNIO DNPM/ CPRM

FIG. III. 2b