DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

# CONVÊNIO GEOFÍSICA BRASIL-ALEMANHA

Coordenador Geral: ACYR ÀVILA DA LUZ

Coordenador Adjunto: WILSON DE PÁDUA PAULA

PHL 12548

CPRM SUREMI SEDOTE

I. 96

ARQUIVO TÉCNICO

Relatório n.º 609 — 5

N.º de Volumes: — V.: —

OSTENSIVO

CPRM

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELO HORIZONTE

1975

# CONVÊNIO GEOFÍSICA BRASIL-ALEMANHA

Superintendente de Execução
ROBERTO BREVES VIANNA

Chefe da Missão Alemã
HEIMUT SCHMIDT

## DETALHAMENTO AEROGEOFÍSICO POR HELICÓPTERO

## ÁREA DE PITANGUI - MINAS GERAIS


Geofísica : K. P. Sengpiel

Geologia : P. Richter

Tradução e Adaptação : José Ivonez Alexandre
Koji Jinno


Equipe de Trabalho

C. P. R. M.

José Ivonez Alexandre
Galdino S. de Oliveira
Jairo de Lara Filho
Antonino J. Borges
Paulo de C. Mello
Nathanael L. da Silva
Antonio J. Vaghi
Aristides N. de Oliveira
José Pontes Filho
Geraldo A. D. Aguiar

B. G. R.

K. P. Sengpiel
P. Richter
H. J. Rehli
K. H. Meinhardt
W. Kahnt
H. Plessow
B. Radermacher
J. Scheiwein
D. Kossmehl
K. Maekler
D. Jochmann


MISSÃO GEOLÓGICA - GEOFÍSICA ALEMÃ

CPRM

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELO HORIZONTE

1975

CPRM

# S U M Á R I O

(TEXTO)

PÁG.

1. INTRODUÇÃO..... 1

2. PREPARATIVOS PARA INICIO DOS LEVANTAMENTOS E DEFINIÇÃO DOS PROBLEMAS..... 3

2.1 HISTÓRICO..... 3

2.2 DEFINIÇÃO DOS PROBLEMAS..... 4

3. TRIPULAÇÃO E EQUIPAMENTOS DO HELICÓPTERO..... 6

3.1 TRIPULAÇÃO..... 6

3.2 DESCRIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS E MÉTODOS GEOFÍSICOS.... 6

3.2.1 Sistema Eletromagnéticc HEM..... 6

3.2.2 Sistema Eletromagnético VLF..... 8

3.2.3 Gama-espectrômetro..... 9

3.2.4 Magnetômetro de Protons..... 12

3.3 EQUIPAMENTOS COMPLEMENTARES ..... 14

3.3.1 Câmara de Vôo ..... 14

3.3.2 Radar-altimetro..... 16

3.3.3 Intervalômetro..... 17

3.3.4 Registradores Analógicos de 6 Canais..... 18

3.3.5 Aparelhos de Teste..... 20

3.3.6 Equipamentos de Rádio-comunicação..... 21

3.3.7 Gerador Central de Força..... 21

4. POSSIBILIDADES E LIMITAÇÕES DOS SISTEMAS DE MEDIDA DO HELICÓPTERO..... 22

4.1 NOÇÕES DE CARÁTER ECONÔMICC..... 22

4.2 ASPECTOS GEOFÍSICOS DA COMBINAÇÃO DE APARELHOS..... 23

4.2.1 HEM..... 24



Mod. 002

NE 7530.0210.0343

PÁG.


4.2.2 VLF..... 25

4.2.3 Gama-espectrômetro (Radiometria)..... 27

4.2.4 Magnetometria..... 29

4.3 TRABALHOS TERRESTRES COMPLEMENTARES..... 31

5. EXECUÇÃO DO LEVANTAMENTO..... 32

5.1 PESSOAL..... 32

5.2 LOCALIZAÇÃO E TOPOGRAFIA DA ÁREA DE PESQUISA..... 34

5.3 METODOLOGIA DO LEVANTAMENTO..... 35

5.3.1 Bases para a Navegação..... 35

5.3.2 Direção, Separação e Extensão Total dos Perfís de Medida..... 36

5.3.3 Altura e Velocidade de Vôo..... 36

5.3.4 Linha de Teste..... 37

5.4 EVOLUÇÃO CRONOLÓGICA DOS TRABALHOS ..... 37

5.5 COMENTÁRIOS SOBRE OS LEVANTAMENTOS DE SERRA GRANDE 39

5.6 HORAS DE VÔO..... 40

6. GEOLOGIA DA ÁREA DE PESQUISA..... 41

6.1 GRUPO PRÉ-MINAS..... 42

6.1.1 Complexo Gnáissico de Maravilhas..... 42

6.1.2 Complexo Gnáissico de Carioca..... 42

6.2 GRUPO MINAS..... 43

6.2.1 Anfibolitos..... 43

6.2.2 Camadas Itabiríticas..... 43

6.2.3 Sequência Quartzitica..... 44

6.2.4 Filitos Coloridos..... 45




Mod. 002

NE 7530.0210.0343

PÁG.

6.3 GRUPO BAMBUI..... 45
6.4 ALUVIÃO..... 45
6.5 DIQUES..... 46
6.5.1 Diques de Diabásio..... 46
6.5.2 Diques de Quartzo..... 47
6.6 TECTÔNICA..... 47
6.7 OCORRÊNCIAS MINERAIS..... 48
6.7.1 Itabirito..... 48
6.7.2 Ouro..... 48
7. AVALIAÇÃO E REPRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DO AEROLEVANTAMENTO..... 50
7.1 RECONSTRUÇÃO DAS LINHAS DE VÔO..... 50
7.2 AVALIAÇÃO E REPRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DE HEM... 52
7.2.1 Princípios da Avaliação..... 52
7.2.2 Compilação dos Dados..... 57
7.3 AVALIAÇÃO E REPRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DE VLF.... 62
7.4 AVALIAÇÃO E REPRESENTAÇÃO DOS VALORES RADIOMÉTRICOS 64
7.5 AVALIAÇÃO E REPRESENTAÇÃO DOS LEVANTAMENTOS MAGNÉTICOS..... 68
8. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS DO LEVANTAMENTO..... 73
8.1 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS DE HEM..... 73
8.1.1 Comparação com os Resultados da Geofísica Terrestre..... 74
8.1.2 Trabalhos Terrestres Subsequentes nas Anomalias de HEM..... 77



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

PÁG.

8.1.3 Interpretação das demais Anomalias de HEM... 80

8.2 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS DE VLF..... 81

8.3 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS RADIOMÉTRICOS..... 84

8.3.1 Radiação Total..... 84

8.3.2 Radiação de Urânio..... 86

8.3.3 Radiação de Potássio-40..... 87

8.4 INTERPRETAÇÃO DAS ANOMALIAS MAGNÉTICAS..... 88

9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES..... 91

9.1 OPERAÇÕES DE MEDIDA E COMPILAÇÃO DOS DADOS..... 91

9.2 TRABALHOS COMPLEMENTARES DE PROSPECÇÃO..... 93

10. BIBLIOGRAFIA..... 95



Mod. 002

NE 7530.0210.0343

CPRM

SUMÁRIO

(ANEXOS)


1. Distribuição Esquemática dos Equipamentos Aerogeofísicos no Helicóptero - SIKORSKY S-58 T - D-HAGB

2. Localização da Área de Pesquisa do Helicóptero - Pitangui e Papagaios - Escala 1:200 000 (Redução)

3. Mapa Geológico - Folha SE-23-Z-C-IV - Pitangui Escala 1:100 000

4. Mapa Tectônico - Folha SE-23-Z-C-IV - Pitangui Escala 1:100 000

5. Mapa Geológico - Folha SE-23-Z-C-IV (Parte)-Pitangui Escala 1: 57 600

6. Linhas de Vôo Executada pelo Helicóptero - Pitangui Escala 1:56 000

7. DIAGRAMA DE ARGAND

8. Mapa de Isolinhas de Resistividade Equivalente - Pitangui Folha SE-23-Z-C-IV (parte) - Escala 1:56 000

9. Isanomalas do Campo Horizontal - VLF - Pitangui - Folha SE 23-Z-C-IV (parte) - Escala 1:56 000

10. Mapa Topográfico da Parte Norte da Área de Pesquisa - Folha SE-23-Z-C-IV (Parte) - Escala 1:56 000

11. Mapa de Radiação Total - Pitangui - Folha SE-23-Z-C-IV (Parte) - Escala 1:56 000




Mod. 002 NE 7530.0210.0343

12. Mapa de Linhas Isoradias de Potássio ($K^{40}$)
Folha SE-23-Z-C-IV (Parte) - Escala 1:56 000

13. Mapa de Intensidade Magnética Total - Pitangui - Folha SE-23-Z-C-IV (Parte) - Escala 1:56 000



Mod. 002

NE 7530.0210.0343

CPRM


RESUMO

Dentro dos têrmos de um acôrdo de cooperação técnica teuto-brasileiro, o Govêrno Alemão forneceu um helicóptero SIKORSKY modelo S-58, equipado com sistema geofísico múltiplo, para execução dos trabalhos do Convênio Geofísica Brasil-Alemanha em Minas Gerais. O Govêrno Brasileiro por sua vez, providenciou a modificação desse helicóptero para a versão S-58T (turbina). O equipamento geofísico consiste de dois sistemas eletromagnéticos (HEM e Radiophase VLF), um gama espectrômetro e um magnetômetro de prótons.

Como primeira área de pesquisa, escolheu-se uma região com - 524 $km^2$, nas imediações de Pitangui, Minas Gerais, a 100 km NW de Belo Horizonte. Durante este projeto de pesquisa deviam ser testados os equipamentos, assim como a metodologia de levantamento e avaliação de dados e treinados técnicos brasileiros.

O levantamento foi executado no período de 1 a 28 de agosto e 13 a 30 de novembro de 1973, medindo-se um total de 1932 km de perfís; foram necessárias, incluindo deslocamento, 41:20 horas de vôo.

A separação dos perfís foi de, em média, 300 m; a altura de vôo, cerca de 350 pés; a sonda HEM achava-se suspensa cerca de 150 pés sobre o solo. As linhas de vôo tiveram direção N 43° E e comprimento de 23 km.

Os resultados da pesquisa são apresentados em 5 mapas na escala 1:56.000, confeccionados com base nas aero-fotos dos perfís voados e fotomosaicos.

Os resultados de HEM são apresentados através de isolinhas da resistividade equivalente w, segundo um método desenvolvido pelo

autor. Detetaram-se inúmeras áreas bem definidas com resistividade w muito pequena, ou seja, w<5, por vezes até menor que 1 Ohm.m; estas áreas localizam-se principalmente na região de distribuição dos sedimentos eoprecambrianos do Grupo Bambui. Sondagens em duas dessas áreas anômalas (Rio Pará I e Serra Antimes) indicaram que o bom condutor consiste de um xisto escuro muito carbonoso (grafítico?), cujo conteúdo mineral difere de área para área.

Determinaram-se os seguintes teores médios em 8 amostras de sondagem de Serra Antimes (ppm):

B 980 ; Ba 3340 ; Be 1,7 ; Co 80 ; Cr 200 ; Cu 625 ;
La 55 ; Mo 11,5 ; Ni 160 ; Pb 25 ; Sc 17 ; V 210 ;
W 325 ; Y 60 ; Zr 140 .

O teor de metais das amostras de sondagem do rio Pará I é - pelo menos até o momento - em parte muito mais baixo; por exemplo:

Co 30 ; Cu 50 ; Ni 45 ; Pb 25 ; V 273 ppm.

Nas demais áreas anômalas, principalmente as que, como as acima mencionadas, não se localizam nas bordas da bacia de sedimentação do Bambui, não se executou qualquer sondagem até o momento. Na região do Grupo Minas, assim como do complexo gnáissico de Carioca, não se detetou qualquer anomalia de HEM que apresentasse interesse para prospecção.

O levantamento de VLF forneceu apenas anomalias causadas pela topografia. Com o VLF não puderam ser encontradas indicações de anomalias de condutividade interessantes.

Os dados radiométricos mostraram que as três unidades geológicas principais da área têm diferentes níveis de radiação total: Bambui 200-250 cps, Minas 100-200 cps, Gnaisse 150-400 cps.

Estas diferenças são atribuídas, em essência, ao conteúdo variável de Tório e podem ser de grande utilidade no mapeamento geológico. Observou-se alta radiação de Urânio e Tório em uma faixa com cêrca de 19 km de comprimento e até 1,5 km de largura dentro do complexo gnáissico de Carioca (Urânio até 7 vezes o "background") e em alguns locais dos vales. As intensidades absolutas são contudo muito pequenas (até 20 cps). Não se conhece as causas dessas radiações e sua concentração real. As radiações do Potássio variam muito pouco na área levantada e não permitem qualquer correlação definida com as formações geológicas.

As medidas da intensidade magnética total forneceram, em comparação com o levantamento aeromagnético regional, uma série de detalhes complementares. Calcularam-se quantitativamente três anomalias que possuem magnetização da ordem de 100 gamas. Quase todas as anomalias devem ser causadas por corpos itabiríticos do Grupo Minas. Desde que na área do Bambui quase não ocorrem anomalias magnéticas, pode-se supor que na base do Bambui, os itabiritos geralmente estão ausentes.

CPRM

# 1. INTRODUÇÃO

Este relatório não se enquadra, quanto ao conteúdo, nos padrões normais dos relatórios do Convênio Geofísica Brasil-Alemanha, CGBA, pelo fato de dedicar três capítulos (2, 3 e 4) à montagem e adaptação do helicóptero e os problemas a elas relacionados, assim como aos aspectos técnicos e geofísicos dos sistemas de medida utilizados. A seguir o relatório trata da execução e dos resultados do levantamento na área de Pitangui. Existem várias razões para a inclusão dos capítulos 2, 3 e 4:

1. É de se supor que o funcionamento do sistema de medida e suas aplicações ainda não sejam conhecidos universalmente, sobretudo porque o sistema múltiplo aqui descrito é, segundo conhecimento do autor, o primeiro de seu tipo.

2. Todos os participantes tiveram muito trabalho para vencer as dificuldades iniciais e chegar a uma rotina efetiva de trabalho. Com isto, colheram-se experiências valiosas que devem ser registradas.

3. Um dos objetivos principais dos especialistas alemães do CGBA foi e é a instrução de colegas brasileiros. Para esta finalidade a exposição dos dados mais importantes e das propriedades do sistema de helicóptero só pode ser útil.

A região de Pitangui, cerca de 100 km NW de Belo Horizonte, foi escolhida como área-piloto e primeira área de medida, do helicóptero, pois já havia sido pesquisada com diferentes métodos geológicos e geofísicos, antes da vinda do helicóptero. Sobre estes trabalhos foram confeccionados os seguintes relatórios pelo CGBA:

a) BOIE, D.C.,: Relatório sobre um levantamento aeromagnético nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, Brasil - Relatório PRAKLA-SEISMOS nº 070 155/1, junho 1972.

b) RICHTER, P., et alli: Relatório sobre prospecção geológica-geoquímica nas áreas das anomalias aeromagnéticas de Pitangui, Papagaios e Pequi, Minas Gerais, Brasil. CGBA - Belo Horizonte, abril de 1974.

c) ULRICH, H. J., RICHTER, P., HAGEN, D., PAULINO, J.: Pesquisas Geológicas-Geoquímicas-Geofísicas em Pitangui-Norte e Pitangui-Sul. CGBA - Belo Horizonte, 1974.

Uma descrição resumida da geologia da área de Pitangui levantada pelo helicóptero faz parte deste relatório. As regiões denominadas Pitangui-Norte e Pitangui-Sul no relatório(c), e pesquisadas com métodos geofísicos terrestres antes do helicóptero, estão incluidas na área de pesquisa com o helicóptero.

A área de Papagaios, localizada logo a NE de Pitangui,foi também levantada com base nesta última localidade. Sobre os resultados desta área, um relatório separado está sendo confeccionado.



Mod. 002

NE 7530.0210.0343

# 2. PREPARATIVOS PARA INÍCIO DOS LEVANTAMENTOS E DEFINIÇÃO DOS PROBLEMAS

## 2.1 - HISTÓRICO

O helicóptero SIKORSKY modelo H-34G foi equipado em 1972 pela Barringer Research Limited, Toronto (Canadá) com um sistema geofísico que será adiante descrito pormenorizadamente. No mesmo ano, o helicóptero foi modificado pela United Aircraft Canada, Longueil, em Montreal, para a versão H-34 GT* pela substituição do motor convencional de 12 cilindros por uma turbina dupla geminada do tipo Twin-pac PT6T-3, o que lhe aumentou a potência e a segurança. Enquanto o custo de aquisição do helicóptero e da instalação dos equipamentos geofísicos ficaram, dentro dos têrmos do Acôrdo entre os dois govêrnos, a cargo da República Federal da Alemanha, o govêrno brasileiro custeou a modificação para a versão turbinada.

O helicóptero aterrissou em sua base de operações, a cidade de Pitangui, Minas Gerais, no dia 02/05/73. Na parte sul da cidade existe uma extensa pista de aterrissagem, em cujo trecho norte, para evitar a formação de muita poeira, asfaltou-se um quadrado de 40 x 40 m, para pouso e decolagem da aeronave. Nas proximidades construiram-se as instalações necessárias para os serviços de vôo, como depósito de combustível, almoxarifado, oficina de manutenção, estação de rádio, etc. Na cidade de Pitangui alugou-se uma casa para a avaliação preliminar dos registros, revelação de filmes, reconstrução das linhas de vôo e para reparo dos equipamentos eletrônicos.

*A versão H-34 GT corresponde essencialmente ao modelo S-58 T (Vide figura I).

FIG. 1

HELICÓPTERO D-HAGB

COM A SONDA HEM

FIG. 2

HELIPORTO EM PITANGUI

FIG. 3

ESCRITORIO DO C.G.B.A

EM PITANGUI

## 2.2 - DEFINIÇÃO DOS PROBLEMAS

O objetivo principal dos especialistas alemães do grupo do helicóptero era o treinamento dos colegas brasileiros tanto nas técnicas de levantamento geofísico com o helicóptero, como na manutenção dos equipamentos de vôo e de medida, inclusive localização de defeitos e seu reparo, e ainda na avaliação e interpretação dos dados geofísicos. Este treinamento deveria ser feito concomitantemente com trabalhos de levantamento e compilação de dados subseqüente.

Antes de iniciar os serviços normais de levantamento foi necessário resolver os seguintes problemas:

a) Teste e adaptação dos equipamentos de medida às condições brasileiras que, em relação ao Canadá, são as seguintes:

   1. Clima diferente
   2. Intensidade sensivelmente menor do campo magnético
   3. Intensidade dos sinais de VLF muito atenuada, devido a distância dos transmissores (Panamá e EUA)
   4. Outras fontes de interferência naturais e artificiais.

b) Adaptação das técnicas de vôo às particularidades da área de levantamento, como:

   1. Topografia, localização e natureza dos obstáculos para o vôo, naturais e artificiais
   2. Possibilidade de navegação através de fotomosaicos



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

3. Condições meteorológicas

c) Manutenção e operação do helicóptero sob condições adversas, como:

1. Grande distância das oficinas especializadas e dos fornecedores de equipamentos sobressalentes e de material
2. Formação inevitável de poeira por ocasião de decolagem e pouso.

Em virtude das dificuldades previstas para o início das operações no Brasil, a revisão dos equipamentos geofísicos não foi executada no Canadá, mas em Pitangui, no dia 03.08.73. Em primeiro lugar, dois especialistas prepararam o sistema de medida segundo as especificações. O magnetômetro, contudo, ainda mostrou um nível de interferência muito alto, que veio a ser reduzido a um nível operacional após o recebimento de novas unidades suplementares (cabeça do sensor, pré-amplificadores).

## 3. TRIPULAÇÃO E EQUIPAMENTOS DO HELICÓPTERO

### 3.1 - TRIPULAÇÃO

A tripulação mínima para o helicóptero D-HAGB(atual PP - FPM) consiste de três homens: um piloto e um navegador na cabine de comando e um operador no compartimento de passageiros, para manejo dos equipamentos geofísicos. Em virtude do grande número de controles e, em parte, das demoradas calibrações que se fazem necessárias durante o vôo, recomenda-se o emprego de dois operadores. Com isto, diminui-se naturalmente a possibilidade de êrros de operação. Muitas vezes voou-se com até três operadores, dos quais um ou dois brasileiros, designados para receber treinamento no manejo dos aparelhos.

### 3.2 - DESCRIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS E MÉTODOS GEOFÍSICOS

O helicóptero foi equipado com quatro aparelhos geofísicos que fazem medidas simultâneas e ininterruptas durante o vôo. Os dados são registrados em dois registradores analógicos de 6 canais. Os paineis eletrônicos e parte dos acessórios descritos no item 3.3 estão acondicionados juntos, em forma de gavetas de 19 polegadas, em um armário no interior do compartimento de passageiros (fig. 4). O arranjo de todos os aparelhos utilizados no helicóptero e dos respectivos sensores é mostrado no anexo 1.

#### 3.2.1 - Sistema Eletromagnético HEM

Tipo: Barringer 003

Princípio de medida



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

Uma bobina transmissora vertical (eixo na direção do vôo) gera um campo eletromagnético primário de aproximadamente 880 Hz. Este campo penetra no subsolo e induz corrente elétrica (corrente de Foucault), principalmente em áreas bem condutoras. Uma fração do campo magnético produzido por esta corrente parasita (campo secundário ) passa através de uma bobina receptora (coaxial com a bobina emissora a uma distância de 8,7 m), onde induz uma voltagem, que é amplificada e separada em duas componentes temporais (em-fase e em-quadratura com o sinal primário), as quais são registradas. A escala do registro é ajustada de modo que 1 mm corresponda a 4 ppm de variação do campo secundário, em relação ao campo primário existente na bobina receptora.

O sistema é constituido de uma sonda suspensa - ("bird") por cabo de 30 a 60m, abaixo do helicóptero e de um painel de contrôle dentro do mesmo (figs. 4 e 5).

Na parte dianteira da sonda, de aproximadamente - 9m, está instalado o emissor com a bobina transmissora, e na parte trazeira, a bobina receptora com pré-amplificador de sinais. A sonda contém ainda uma bobina de compensação ("bucking coil"), com a qual se pode compensar a maior parte da tensão diretamente induzida na bobina receptora pelo campo primário. Além disso existe uma pequena bobina de calibração, que produz um campo secundário bem conhecido possibilitando calibrações repetidas do sistema.

Com ambos os valores das medidas em-fase e em-quadratura pode-se, através da comparação com curvas modelos, obter noções sobre a distribuição da condutividade no subsolo.



Mod. 002

NE 7530.0210.0343

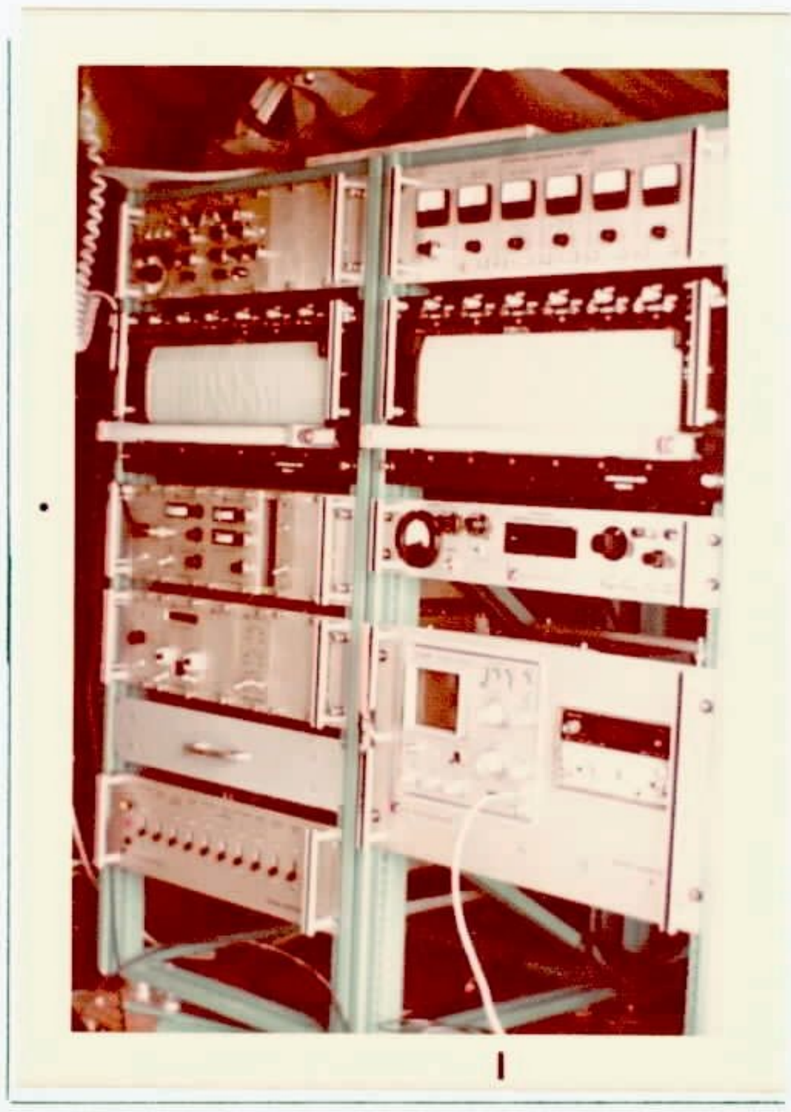


FIG. 4

PAINEL DE CONTROLE DOS INSTRUMENTOS GEOFÍSICOS INSTALADOS NO HELICÓPTERO

FIG. 5

POSIÇÃO DA SONDA HEM DURANTE OS VÔOS

FIG. 6

HELICÓPTERO COM SENSOR PARA MAGNETOMETRIA (A ESQUERDA) E PARA VLF (A DIREITA)

CPRM

3.2.2.- Sistema Eletromagnético VLF

Tipo: Barringer Radiophase, modelo 005

Principio de medida

Com o aparelho, mede-se a variação espacial dos diferentes componentes do campo eletromagnético de uma longinqua estação transmissora de VLF; em nosso caso, utilizou-se a estação de Balboa, Panamá (NBA), que opera na frequência de 24 kHz. Em comparação com as radiofrequências normais (da ordem de MHz), a faixa de frequência ao redor de 20 kHz é muito baixa, donde a denominação VLF - ("Very low frequency"); para a geofísica aplicada, no entanto constituem frequências muito elevadas.

Durante os levantamentos medem-se e registram-se - três componentes do campo eletromagnético no sistema Radiophase:

a) componente em-fase, $H_y^0$, do campo magnético horizontal;

b) componente em-quadratura, $H_y^{90}$, do campo magnético horizontal;

c) intensidade relativa do campo elétrico vertical $E_z$.

A direção X do sistema de coordenadas cartesianas utilizado, é o da estação para o ponto de medida. A referência de fase para $H_y^0$ e $H_y^{90}$ é $E_z$, cuja fase (e amplitude) é quase independente das mudanças de condutividade. $H_y^0$ e $H_y^{90}$ são expressos em porcentagem do campo magnético primário $H_0$. $H_0$ é o campo magnético horizontal normal, fora das anomalias de condutividade; devido a grande distância da emissora, é considerado constante dentro de uma área de me



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

dida. Ela já contém uma parte secundária intrínseca que provém de correntes superfíciais induzidas em extensas áreas. Para calibrar o aparelho corretamente no valor $H_0$= 100%, deve-se voar a uma altura minima de 300 metros;nesta altitude os campos secundários anômalos são desprezíveis.

O registro de $E_z$ é feito para se conhecer as variações de intensidade do campo emissor durante os levantamentos, e com isto corrigir os registros de $H_y^0$ e $H_y^{90}$. Sob determinadas condições, $E_z$ pode também ser empregado para correções da variação de $H_y$ com a topografia.

O equipamento compõe-se de um painel eletrônico e um sensor com uma antena dipolar vertical de 2 m de comprimento (para o campo elétrico $E_z$), e uma pequena bobina giratória, de eixo vertical, para medidas de $H_y$. Antes das medidas a bobina é girada por meio de um servo-motor, de modo que seu eixo fique paralelo a $H_y$.

A cabeça do sensor está instalada na extremidade de um suporte cilindrico ("boom") horizontal de fiberglass, a uma distância de aproximadamente 2 metros da fuselagem do helicóptero (fig. 6).

A intensidade média de $E_z$ é de 300 $\mu$V/m. A sensibilidade de registro é ajustada de modo que 1 mm corresponda a aproximadamente 2% da intensidade normal de $H_0$.

3.2.3 - Gama-espectrômetro

Tipo: Gama-espectrômetro Exploranium-DGRS 1001 com 3 cristais de NaI de 6" x 4"; volume dos cristais 5550 $cm^3$.

Principio de medida



Mod. 002

NE 7530.0210.0343

Com o Gama-espectrômetro DGRS-1001 pode-se medir a intensidade de radiação gama em 4 diferentes níveis energéticos, três desses níveis são escolhidos de modo a abranger o assim denominado fotopico de diferentes elementos radioativos ou um sub-produto da respectiva série de desintegração. O fotopico indica o máximo relativo da intensidade de um determinado elemento dentro de seu espectro total de radiação (contínuo). O quarto nível destina-se ao registro da assim denominada radiação total, onde se mede todas as radiações contidas em uma larga faixa energética (em impulsos por unidade de tempo).

O aparelho distingue os seguintes níveis energéticos:

| | |
|---|---|
| Maior do que 800 keV | : radiação total |
| 1,38 a 1,56 MeV | : fotopico de $K^{40}$ (isótopo radiativo natural do Potássio) |
| 1,65 a 1,87 MeV | : fotopico de $Bi^{214}$ (elemento da série de desintegração do Urânio) |
| 2,46 a 2,78 MeV | : fotopico do $Tl^{208}$ (elemento da série de desintegração do Tório). |

Cada quantum de energia gama incidente no cristal de NaI produz um raio luminoso, que é transformado pelo tubo fotomultiplicador em sinal elétrico, cuja amplitude é proporcional à energia incidente. O resultado medido é o número de impulsos por unidade de tempo (p. ex. cps = contagens por segundo) em cada um dos níveis de energia acima. A sensibilidade máxima de registro com o equipamento utilizado é de 1 mm/1 cps (cerca de 50 cps para o total da escala).



Mod. 002

NE 7530.0210.0343

Para evitar deslocamentos dos níveis de energia acima, por variações de temperatura ou mudança na tensão do fotomultiplicador, o aparelho dispõe de um estabilizador que mantém constante a amplitude dos impulsos na saída do detetor. Como referência é utilizado o fotopico de uma amostra de Césio$^{137}$.

Pela variação espacial das intensidades de radiação nestes níveis de energia, pode-se obter informações sobre o conteúdo relativo de Urânio, Tório e Potássio das rochas superficiais.

A determinação dos teores absolutos de Tório e Urânio nas rochas é problemática: para isto deve ser satisfeita a condição de que os sub-produtos, $Tl^{208}$ e - $Bi^{214}$ estejam em equilibrio radioativo com os elementos-mãe, o que é difícil de se averiguar. Deve-se ainda observar que nem toda a radiação captada provém do solo. Uma parte considerável - estatisticamente oscilando com o tempo - provém de produtos secundários da radiação cósmica; também as distribuições anômalas de Radônio (estado gasoso) no ar devem ser consideradas como fontes de interferências secundárias. A oscilação estatística pode ser atenuada internamente pelo aumento do tempo de integração (ou do volume dos cristais).

Uma outra fonte de interferência, que atua principalmente nos canais de Urânio e Potássio, é o efeito - Compton, que consiste nos seguintes fenômenos:

Quando um quantum de energia gama incide sobre uma materia, produzem-se, em geral, radiações gama secundárias em faixas energéticas mais baixas; isto pode ocorrer tanto no solo e no ar, como também nos cristais de



NE 7530.0210.0343

Mod. 002

NaI do detetor. Assim, por exemplo, uma radiação de Tório de alta energia pode produzir radiações secundárias que se situam nas faixas energéticas mais baixas, dos fotopicos de Urânio e Potássio, sendo medidas como tais, apesar de tratar-se primariamente de radiações de Tório. De modo semelhante, podem ocorrer produtos secundários de radiação do Urânio no canal de $K^{40}$.

O aparelho possui um calculador analógico, com o qual a adulteração das contagens reais pelo efeito Compton nos canais de Urânio e Potássio pode ser aproximadamente - corrigida. Os ajustes nesse calculador analógico, necessários à correção do efeito Compton, são apurados de maneira experimental e controlados antes de cada vôo, de modo que os dados de medida de Urânio e Potássio fiquem quase expurgados das distorções causadas pelo efeito Compton.

3.2.4 - Magnetômetro de Protons

Tipo: Magnetômetro aéreo Barringer AM 104

O magnetômetro compõe-se de um sensor, instalado a mais ou menos 2 m da fuselagem do helicóptero, na outra extremidade do suporte cilindrico citado no item 3.2.2. Por meio de um cabo de conexão o sinal é enviado a um pré - amplificador no interior do helicóptero e, posteriormente para o painel eletrônico (fig. 3).

Principio de medida

O magnetômetro de protons mede, em gamas, a intensidade absoluta do campo magnético total. Na cabeça do sensor encontra-se um líquido (querozene) que contém átomos - ou protons de hidrogênio. Os momentos magnéticos dos pro



Mod. 002

NE 7530.0210.0343

tons são orientados mais ou menos paralelos ao campo magnético de uma bobina de corrente contínua, que se encontra dentro da cabeça do sensor. Desligando-se a corrente contínua, os protons ficam sob ação apenas do campo magnético terrestre, adquirindo um movimento de precessão em torno das linhas do campo terrestre com a frequência de Larmor, de modo semelhante ao movimento dos piões. Esta frequência é diretamente proporcional à intensidade H do campo magnético. É válida a relação:

$$H = 23{,}48741 \cdot f$$

H em gamas

f em Hz

O fluxo magnético através da bobina varia com o movimento de precessão dos protons, gerando-se uma tensão elétrica alternada da mesma frequência. Esta frequência é medida no aparelho. No mostrador de cinco dígitos pode-se ler diretamente a intensidade magnética com precisão de 1 gama. Existe ainda uma saída digital (5 digitos,BCD) e duas saídas analógicas para as escalas de 0-99 e 0 -990 gamas. Depois de cada medida, os protons são automaticamente polarizados de novo. O intervalo para cada leitura neste aparelho é de 1 segundo.

A precisão do instrumento é prejudicada pelo nível de interferência magnética e elétrica existente ao redor do helicóptero. A isso, acrescente-se a interferência do campo (880Hz) do transmissor do HEM cuja frequência é próxima à de precessão dos protons na cabeça do sensor ; segundo a fórmula acima, esta última é igual a 1.022 Hz - para um campo magnético de 24.000 gamas (normal para a área).



Mod. 002

NE 7530.0210.0343

Nas medidas da região de Pitangui, o nível médio de interferência foi de $\pm$ 5 gamas.

## 3.3 - EQUIPAMENTOS COMPLEMENTARES

Além dos instrumentos geofísicos citados no item 3.2, existe uma série de outros equipamentos utilizados no levantamento, cujo correto funcionamento é tão importante quanto o dos aparelhos citados para uma pesquisa aérea bem sucedida. Esses acessórios e suas funções são descritos a seguir.

### 3.3.1 - Câmara de Vôo

Tipo: Geocam 35 mm "strip Camera"

A câmara fotografa continuamente a região sobrevoada, ou seja, retrata uma faixa do terreno com largura aproximada a da altura de vôo h. Isto resulta da fórmula:

$$x = \frac{h \cdot f_o}{l}$$

$f_o$ - distância focal = 21 mm
h - altura de vôo
l - largura do filme = 21 mm
x - largura da faixa sobrevoada

Se o helicóptero voa sem inclinação lateral ("roll") o centro do filme corresponde à trajetória voada. No vôo em linha reta a inclinação lateral ("roll") em geral é pequena, isto é, abaixo de $15^o$. Esta inclinação resulta em deslocamento lateral aparente da rota de vôo de aproximadamente 21,5 m (para altura de vôo de 80 m). Este êrro corresponde, na representação cartográfica do perfil de vôo em escala de 1:25 000 a menos que 1 mm, sendo por is



Mod. 002
NE 7530.0210.0343

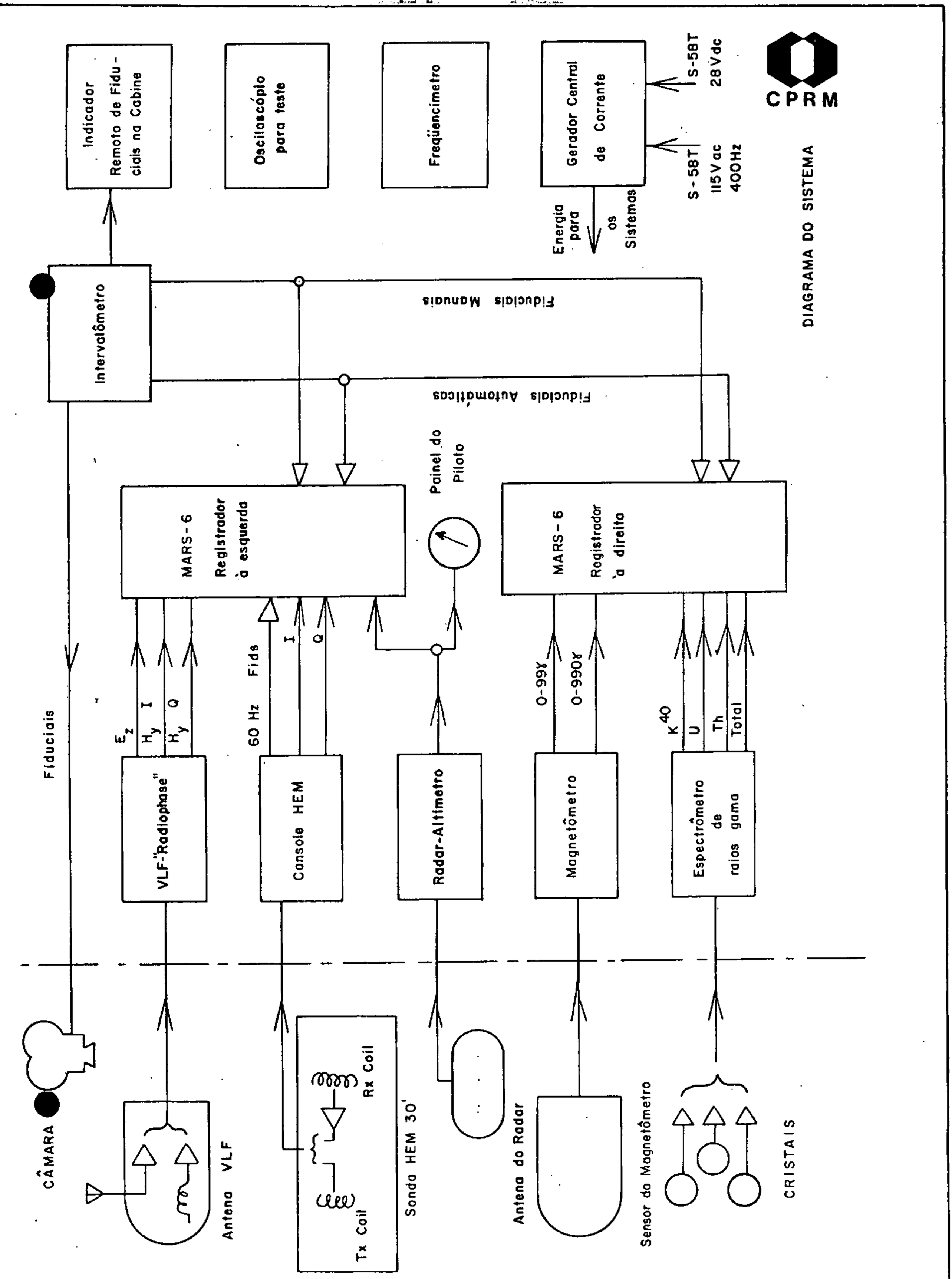

CPRM
DIAGRAMA DO SISTEMA
Indicador Remoto de Fiduciais na Cabine
Osciloscópio para teste
Freqüencimetro
Gerador Central de Corrente
S-58T 28Vdc
S-58T 115Vac 400Hz
Energia para os Sistemas
Intervalômetro
Fiduciais Manuais
Fiduciais Automáticas
Painel do Piloto
MARS-6 Registrador à esquerda
MARS-6 Registrador à direita
Fids
I
Q
0-99γ
0-990γ
Fiduciais
$E_z$
$H_y$ I
$H_y$ Q
60 Hz
$K^{40}$
U
Th
Total
VLF-"Radiophase"
Console HEM
Radar-Altímetro
Magnetômetro
Espectrômetro de raios gama
CÂMARA
Antena VLF
Rx Coil
Tx Coil
Sonda HEM 30'
Antena do Radar
Sensor do Magnetômetro
CRISTAIS

FIG. 7

to desprezado.

A inclinação frontal ("pitch") é constante durante o vôo em linha reta. Os erros na determinação da direção de vôo causados por variação da inclinação frontal são menores do que os produzidos pela inclinação lateral.

O filme se desloca continuamente sobre uma fenda - de 0,25 mm, de tal modo que sua velocidade (v) seja regulada à da velocidade de vôo (V), para evitar distorção na imagem; com base em proporções geométricas a relação abaixo deve ser satisfeita:

$$v = \frac{V \cdot f_o}{h}$$

v - em mm/seg
V - em m/seg
$f_o$ - em mm
h - em m

Para uma velocidade de vôo V de 30 m/seg(110 km/h) e altura de vôo h = 80 m temos uma velocidade do filme de 7,88 mm/seg. Utiliza-se filmes de 400 pés (122 m) de comprimento, suficiente para aproximadamente 4 horas de vôo.

A partir do exemplo acima pode-se calcular que 1mm de filme fotografa cerca de 3,8 m do terreno. Marcas de tempo podem ser impressas no filme através de impulsos externos (do intervalômetro, vide fig. 7). Por intermédio deste aparelho são impressas barras verticais de 3mm (marcas fiduciais), a cada 20 segundos sobre uma das metades da largura do filme. As marcas fiduciais são contadas por um calculador interno; os números identificadores de cada marca fiducial são gravados no filme por meio de três dígitos em uma faixa de 3 mm de largura.

Pelas lâmpadas de controle no console o operador



Mod. 002
NE 7530.0210.0343

pode constatar se o transporte do filme está correto e se a marca fiducial está sendo impressa (vide 3.3.3 e fig.7).

3.3.2 - Radar-altimetro

Tipo: Bonzer TRN-71 frequência de emissão 4,3 GHz

O aparelho compõe-se de três unidades: uma antena para emissão e recepção, uma unidade eletrônica e um indicador. A antena é externa e está instalada na face inferior do helicóptero, a unidade eletrônica dentro do helicóptero, não muito longe da antena, e o indicador no painel de instrumentos da cabine de comando. A unidade eletrônica possui uma saída analógica ligada ao registrador. A escala do indicador varia de 40 a 2000 pés; o registrador grava alturas entre 150 e 600 pés (em uma largura de 5 cm). Ambas as escalas não são lineares. O fabricante do radar-altímetro anuncia uma precisão superior a 5% para as alturas indicadas.

A precisão do registro da altura de vôo é, muitas vezes inferior a 10%, uma vez que é difícil uma exata coordenação entre a posição do ponteiro do indicador e a posição da pena do registrador.

Se o ponteiro do indicador, inicialmente posicionado numa altura de vôo determinada, se move, quando se pressiona o botão teste, para valores decrescentes até a marca de 100 pés e aí permanece, o fabricante garante que o aparelho está operando em ordem. Soltando-se o botão de teste, o ponteiro retrocede lentamente à posição inicial.

O momento da passagem do ponteiro do indicador do



Mod. 002

NE 7530.0210.0343

radar-altimetro pelas marcas de 200, 300, 400, ..., pés é informado pelo piloto ao operador, que marca as posições correspondentes da pena no papel de registro.Conforme nossa experiência, este processo deve ser repetido muitas vezes, pois desta maneira determina-se com bastante precisão a escala de altura no registrador.

3.3.3 - Intervalômetro

Tipo: Barringer Modelo AV 5000 - 0

O intervalômetro cria condições para que os dados de medidas registrados sejam relacionados a sua localização no terreno. Ele produz impulsos que aparecem simultâneamente como marcas de tempo, sobre o filme (barras verticais) e sobre o papel de registro (pontos, denominados fiduciais). Os impulsos são contados a partir de um ponto inicial qualquer; seu número pode ser obtido tanto no próprio intervalômetro como no mostrador existente na cabine de comando (do lado do navegador). De tempo em tempo, o operador lê o número do impulso e anota no papel de registro junto ao ponto fiducial correspondente. O mesmo número será - como já mencionado - impresso no filme com a respectiva barra vertical por meio do contador do intervalômetro.

O intervalo de tempo entre os impulsos pode ser selecionado entre 1 e 99 segundos. Além destas marcas fiduciais de tempo pode-se gravar através do acionamento manual de um botão no intervalômetro ou no mostrador da cabine de comando (vide esquema da fig. 7), outras fiduciais no papel de registro; assim, por exemplo, assinala-



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

se o momento do sobrevôo de pontos notáveis do terreno , como estradas, rios, lagoas etc., possibilitando uma correlação grosseira e rápida dos dados de medida com o terreno sobrevoado - antes mesmo da reconstrução rotineira das linhas de vôo.

O intervalômetro comanda ainda o transporte do filme na câmara (início e fim, vide fig. 4). Lâmpadas de controle indicam se o transporte do filme e a marcação de fiduciais estão sendo executados corretamente.

### 3.3.4 - Registradores Analógicos de 6 Canais

Tipo: Exploranium MARS-6

Os dois registradores operam segundo o princípio - denominado "registro térmico", ou seja, penas aquecidas derretem a camada de cêra que recobre um papel especial de registro, nas posições em que elas passam. Devido a uma lâmina escura existente sob a cêra aparecem traços muito finos. A espessura do traço pode ser variada dentro de determinados limites, conforme a temperatura e a pressão empregada sobre as penas.

Cada um dos seis canais tem uma largura de registro de 50 mm; as faixas de registro possuem base milimetrada. Entre as faixas há um espaço (não milimetrado) de 12,5 mm de largura; aí podem ser registrados, com penas acessórias, marcas de tempo, fiduciais manuais, etc.



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

No nosso caso, emprega-se tais penas nos espaços correspondentes para as marcas de tempo automáticas e as manuais, assim como para um monitor de 60 Hz, que é utilizado para acusar o sobrevôo de áreas com linhas de alta tensão, que produzem um alto nível de interferência na frequência de 60 Hz.

A posição inicial das penas e a escala para o registro do sinal pode ser - dentro de determinados limites - estabelecidas independentemente para cada canal. Podem ser utilizados diferentes módulos de amplificação, dependendo da tensão do sinal existente na entrada do registrador. A linearidade do traçado é igual ou superior a 1%.

A velocidade do papel pode ser ajustada para 2, 3, 4 ou 5 pol/min. A velocidade de registro utilizada, foi de 2 pol/min = 0,85 mm/seg.; para uma velocidade de vôo de 60 nós (31 m/seg), 1 mm no papel de registro corresponde a uma distância de 36 m do terreno.

Um rolo de papel de registro (200 pés de comprimento por 15 polegadas de largura) é suficiente para cerca de 20 horas de serviço.

A disposição dos dados de medida e das fiduciais nos 12 canais de registros, e das marcas eventuais, é mostrada no gráfico da fig. 7.



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

### 3.3.5 - Aparelhos de Teste

Para uma série de testes de funcionamento dos equipamentos, que aqui não serão descritos em detalhe, são necessários permanentemente dois aparelhos de teste, que estão instalados no console:

1. Osciloscópio - tipo Phillips PM 3200
   Aparelho para corrente continua e alternada de até 10 MHz, sensibilidade máxima de 2 mV por unidade de graduação, precisão de ± 5%.

2. Frequencímetro - tipo Hewlett Packard 5321 B
   Frequências de 5 Hz a 10 MHz (ondas senoidais) podem ser medidas com êste aparelho. Possui um indicador luminoso de 5 algarismos. Internamente um oscilador a cristal de 1 MHz com uma precisão de aproximadamente 30 ppm funciona como referência de tempo para contagem de frequência. O intervalo de contagem é opcional entre 0,01; 0,1; 1; 10 segundos.

Estes dois aparelhos podem ser rapidamente ligados, através de cabos e conectores especiais, aos paineis de HEM, VLF e Magnetômetro para os respectivos testes de sinais.

### 3.3.6 - Equipamentos de Rádio-comunicação

Tipo: Bosch KF 80 Frequência de emissão 75 MHz

Além do rádio normal para comunicação com as torres de controle dos aeroportos, o helicóptero está equipado com um rádio UKW (ondas ultra-curtas). Por intermédio de um rádio portátil (Bosch HFG 80), o piloto pode ser instruído pelo pessoal de terra a respeito da subida e descida da sonda do HEM, uma vez que a mesma fica fora da visão do piloto.

Com um segundo KF 80 (instalado no aeroporto)pode-se manter contacto permanente entre a aeronave e o pessoal de terra.

### 3.3.7 - Gerador Central de Fôrça

Para completar, deve-se mencionar que existe um Gerador Central de Corrente, o qual fornece as voltagens necessárias aos diferentes aparelhos. O conjunto é igualmente instalado no console. Através de inúmeros interruptores cada aparelho pode ser ligado ou desligado separadamente . O Gerador Central de Corrente é abastecido pela fonte energética do helicóptero, que fornece corrente contínua de 28 volts e corrente alternada de 117 volts e 400 Hertz (vide fig. 7). A potência total do sistema geofísico e dos acessórios compreende cerca de 1 kW.

# 4 - POSSIBILIDADES E LIMITAÇÕES DOS SISTEMAS DE MEDIDA DO HELICÓPTERO

## 4.1 - NOÇÕES DE CARÁTER ECONÔMICO

Os custos de aquisição de um helicóptero totalmente equipado para a prospecção e os gastos com o aerolevantamento, incluindo as despesas com tripulação e pessoal de terra, são relativamente elevados. Apesar disso, a geofísica de helicóptero é econômica, isto é, mais barata em comparação com os métodos terrestres com volume de trabalho comparável (e naturalmente mais rápido), desde que seja bastante utilizado e que os aparelhos se mantenham constantemente em condições operacionais. Constitui ainda uma necessidade econômica que as verbas para os trabalhos, sejam calculadas e planejadas de antemão, para que seja possível uma operação ininterrupta independente de problemas financeiros.

Em áreas muito pequenas (abaixo de 100 $km^2$), deve-se considerar em cada caso, se o trabalho com helicóptero é compensador, ou se o levantamento terrestre é mais adequado.

A operação do helicóptero prescinde de um aeroporto asfaltado com as instalações de apoio, de modo que mesmo em áreas com poucos quilometros quadrados de superfície, pode ser vantajoso o levantamento com o helicóptero.

É também uma política de caráter econômico, equipar um he

licóptero com a maior variedade possível de aparelhos de medida, dependendo de sua capacidade, para obter o maior número de informações do sub-solo por vôo. Existe uma limitação no entanto, devido a complexidade dos sistemas. Quanto mais complexos forem estes, mais frequentes e demorados serão os períodos inativos. Os trabalhos de medida são suspensos até que os defeitos sejam encontrados e corrigidos. Para melhor desempenho no levantamento por helicóptero é essencial que:

a) se utilize pessoal bem instruido e treinado para a manutenção do helicóptero e dos equipamentos eletrônicos;

b) haja peças sobressalentes para a aeronave e para o equipamento em número suficiente ou que as mesmas possam ser adquiridas em curto prazo;

c) o equipamento geofísico seja específico para vôo, isto é, que seja ajustado para as vibrações e acelerações do helicóptero, através de uma seleção dos componentes e uma construção especialmente robusta.

Durante os trabalhos iniciais em Pitangui, especialmente a condição b, não foi satisfeita, de modo que sujeitou-se a um período inativo muito longo (vide ítem 5.4).

## 4.2 - ASPECTOS GEOFÍSICOS DA COMBINAÇÃO DE APARELHOS

A combinação dos aparelhos citados cumpre, perfeitamente, duas condições que devem ser satisfeitas principalmente na prospecção geofísica:

a) aproveitamento ótimo das possibilidades geofísicas atu-



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

almente existentes, para a descoberta direta de jazidas minerais;

b) obtenção do maior número possível de informações sobre a geologia da área prospectada.

A seguir, descreve-se resumidamente como cada equipamento do sistema contribui para o cumprimento dessas condições.

### 4.2.1 - HEM

O aparelho serve essencialmente para detetar depósitos minerais, que se destacam da encaixante, por possuirem condutividade muito elevada. Quase todos os minerais sulfetados, mas também a grafita, água salgada e argilas, possuem alta condutividade. Todos estes materiais podem produzir "anomalias", sem que se possa diferenciar entre eles, utilizando apenas as medidas de HEM. Em regiões com cobertura má condutora (para o HEM, resistividade $\rho > 100$ Ohm.m) corpos maciços extensos, ótimos condutores, podem ainda ser detetados a uma distância de 140 metros da sonda (anomalia em fase cerca de 20 ppm).

Para o modelo de uma placa delgada com alta condutância ( $\sigma t > 100$ Siemens, $\sigma$ = condutividade , t = espessura) determinou-se teoricamente uma "profundidade" de 100m (anomalia em fase = 8 ppm). Com isso, conclui-se que placas condutoras (diques), localizados a profundidades inferiores a 30 m podem ainda ser detetados a uma distância la



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

teral de 80 m da linha de vôo (para uma altura de vôo de 30 m). A faixa de terreno coberta por um levantamento de HEM a uma altura de vôo normal, tem uma largura de aproximadamente 160 metros. Ela se torna mais larga - ao contrário especialmente das medidas radiométricas - à medida que a altura de vôo diminui. Desde que, ao mesmo tempo, a profundidade de penetração aumenta, é sempre vantajoso para o HEM uma menor altura de vôo (da sonda). A resolução do método é relativamente alta: pode-se diferenciar corpos cuja separação não seja menor do que sua distância para a sonda. Como se demonstrará adiante neste relatório, o HEM pode trazer contribuições essenciais para o mapeamento geológico de uma área, desde que as unidades geológicas tenham diferentes condutividades, mas não muito pequenas . Neste caso é possível confeccionar um mapa da "resistividade equivalente" (w) da área de pesquisa. Esta grandeza é igual a resistividade real do subsolo, se este pode ser definido - relativamente à condutividade - através do modelo de um semi-espaço homogêneo.

4.2.2 - VLF

Com este método determina-se o gradiente lateral da condutividade.

Sôbre subsolo homogêneo ou acamado horizontalmente é constante a grandeza $H_y$. Se a condutividade varia na direção de $H_0$, o campo magnético nas proximidades dos gra



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

dientes de condutividade se modifica. Gradientes deste tipo ocorrem frequentemente nos contactos entre diferentes unidades geológicas e nas zonas de falhas, podendo portanto ser mapeados com o método VLF. Ao contrário do HEM, cuja baixa frequência produz campos secundários mensuráveis somente em áreas com alta condutividade ($\sigma$>0,01 Ohm.$m^{-1}$), com o VLF (f = 24 kHz ) ainda se fazem evidentes as diferenças de condutividade em regiões com alta resistividade. Neste aspecto, estes métodos se complementam. Por outro lado, em regiões com alta condutividade, quase não é possível diferenciar entre bons condutores e condutores médios com o VLF; com isso as possibilidades do método para prospecção mineral direta são limitadas. Além disso, deve - se mencionar três outras restrições:

1. a profundidade de investigação do método VLF é muito dependente da condutividade das camadas sub-superficiais. Em uma cobertura com resistividade $\rho$= 10 Ohm.m, a profundidade de penetração é de 10 m; com $\rho$ = 1000 Ohm.m, de 100 metros.

2. as grandezas $H_y$ e $E_z$ são fortemente influenciadas pela topografia. Uma correção satisfatória do efeito topográfico é muito dispendiosa. Muitas vezes, contudo, pode-se diferenciar as anomalias relacionadas a topografia, das anomalias de condutividade, dada a sua maior extensão.

3. se as estruturas geológicas não estão orientadas na direção da estação, mas normais, ou seja, estão paralelas à direção do campo magnético primário $H_0$, $H_y$ permanece teoricamente constante ,



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

quaisquer que sejam os gradientes de condutividade, não sendo possível - a partir de $H_y$ - obter informações sôbre a distribuição de condutividade. Pode-se contudo observar uma pequena variação de $E_z$, perpendicularmente às estruturas, a qual no entanto é pouco apropriada para interpretação.

### 4.2.3 - Gama-espectrômetro (Radiometria)

Este método presta-se não só à prospecção direta de Urânio, como também ao mapeamento geológico, desde que as rochas se diferenciem entre si pelo seu conteúdo de Tório, Urânio ou Potássio.

Como já mencionamos, apenas uma parcela da radiação gama medida provém do solo, a saber cêrca de 50%(BREINER, 1973). Esta fração diminui sempre com o aumento da altura de vôo, já que parte da radiação gama é absorvida pelo ar. A 200' existe ainda 60%, a 400' ainda 40% da intensidade de radiação no solo (KELLOG, 1971). A radiação da terra provém dos 30 cm superiores do solo; nem sempre é possível uma correlação com os tipos de rochas existentes no subsolo, principalmente quando a cobertura, devido a processos de lixiviação e transporte, tem diferente teor dos três isótopos medidos, em relação à rocha fresca. Há na literatura, contudo, exemplos em que tais correlações se justificam (SCHWARZER and ADAMS, 1973).



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

Ao contrário dos outros métodos de prospecção geofísica (com exceção da magnetometria), que indicam a distribuição de determinados parâmetros físicos no subsolo, pode-se com a radiometria obter informações diretas sôbre a composição, ou melhor, sôbre o conteúdo relativo dos elementos Urânio, Tório e Potássio no solo. Sabe-se que diferentes unidades geológicas possuem frequentemente diferentes teores médios desses três elementos; o valor médio da radiação gama de um determinado isótopo de uma unidade geológica mais a radiação cósmica produz o "background" para esta formação geológica, o qual na maioria das vezes é obtido através de levantamento. Entende-se por anomalia os valores que estão bem acima do "background" específico da área; normalmente, elas são indicadas na forma de múltiplos do valor do "background".

Para se obter uma anomalia a uma altura de vôo determinada, deve-se ter uma fonte de radiação com extensão e intensidade mínimas (KELLOG, 1971); caso contrário, a radiação proveniente do solo, que atinge os cristais dentro de um ângulo espacial de quase $180^{o}$, é muito pequeno. Supondo uma distribuição uniforme na superfície, pode-se determinar, segundo KELLOG (1971), de qual parte da superfície do terreno se origina uma determinada parcela da radiação medida: para uma altura de vôo de 100 m, por exemplo, 70% da radiação provém de uma faixa de 155 m de ambos os lados da linha de vôo; para 300 m de altura esta faixa tem uma largura total de 680 m.



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

### 4.2.4 - Magnetometria

A magnetometria é o método mais usado na aerogeófísica. Ela sempre fornece informações sôbre a geologia do subsolo até profundidades superiores a 10 km - desde que as rochas possuam uma determinada magnetização (mesmo quando pequena). A magnetometria permite diferenciar os diferentes tipos de rochas bem como detetar e mapear feições geológicas e tectônicas como falhas, lineamentos, dobras, contatos, intrusões, chaminés, "graben", sinclinais e anticlinais. Além disso, pode-se calcular a forma e profundidade de corpos magnéticos, como também a espessura de pacotes sedimentares ou de formações de outros tipos.

A magnetometria pode ser muito útil ainda para a pesquisa direta de jazidas minerais, desde que estas contenham material magnético (magnetita, titano-magnetita, pirrotita, etc.). Deve-se contudo alertar para o fato de que muita jazida mal se manifesta magneticamente. Ao contrário dos métodos mencionados, as grandes anomalias não constituem de antemão as mais interessantes na magnetometria.

A magnetometria constitui também um importante complemento para as medidas de HEM, uma vez que a ambiguidade de interpretação das anomalias pode ser reduzida através do confronto dos resultados desses dois métodos. Por exemplo, se um determinado corpo produz anomalias de HEM e de magnetometria, pode-se excluir como causa tanto grafita, argila e água salgada, já que essas não são magnéticas, como tam-

bém rochas cristalinas (por exemplo, diques de basalto) , desde que estes são maus condutores, conforme mostra a experiência.

A distância lateral da linha de vôo em que um corpo magnetizado ainda produz uma anomalia reconhecível depende especialmente de seu tamanho e magnetização. Não se pode estabelecer uma regra absoluta, uma vez que a dimensão da anomalia depende também da altura de vôo, da forma do corpo, da direção de vôo em relação ao norte magnéticoe à direção de uma eventual magnetização remanente do corpo. Alguns exemplos (seg. W. Bosum):

1. Um cilindro vertical de base circular (chaminé) comprimento de 500 m, situado 100 m abaixo do nível de medida e à distância lateral de 150 m da linha de vôo, magnetização de 100 gamas, produz uma anomalia máxima de 14 gamas (ou 0,14 gamas), para um diâmetro de 100 m (ou 10 m).

2. Um corpo tabular (dique) com uma magnetização remanente de 100 gamas, afastado 150 m da linha de vôo e situado a 70 m abaixo do sensor, produz uma anomalia de 25 gamas, quando tem espessura de:

   a) 45 m, no caso de magnetização paralela ao dique

   b) 22m, no caso de magnetização normal ao dique.

De modo geral, a separação entre os perfis de medida não deve ser superior a duas vezes a distância do vôo aos corpos magnéticos, para que as anomalias correspondem-



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

tes sejam abrangidas de modo suficiente.

## 4.3 - TRABALHOS TERRESTRES COMPLEMENTARES

A interpretação se torna consideravelmente mais fácil e segura, especialmente a interpretação dos dados elétricos e magnéticos, se existirem, pelo menos em alguns lugares da área sobrevoada, informações sobre:

- a geologia e tipos de rochas existentes;
- mineralizações e concentrações de determinados elementos;
- constantes físicas das rochas, como sua magnetização e condutividade elétrica.

Por isto, deve-se planejar, em todos os projetos de levantamento aerogeofísico, a execução paralela e concomitante de pesquisas geológicas, como reconhecimentos geológicos, análises geoquímicas, trabalhos geofísicos terrestres e sondagens ou - quando existentes - incluir seus resultados na interpretação geofísica. Com isso pode-se preparar trabalhos terrestres de prospecção e complementação posteriores de modo objetivo e efetivo.

# 5 - EXECUÇÃO DO LEVANTAMENTO

## 5.1 - PESSOAL

Todos os trabalhos do levantamento, ou seja, os vôos e a avaliação de dados foram efetuados pelo pessoal brasileiro e alemão do Grupo do Helicóptero.

A equipe alemã se compunha do seguinte pessoal:

| | |
|---|---|
| Dr. K. P. Sengpiel<br>Geofísico | Chefe do Grupo |
| H. J. Rehli<br>Engenheiro Eletrônico | Chefe do Setor de Eletrônica |
| K. H. Meinhardt<br>Engenheiro Operacional | Operador de Eletrônica |
| W. Kahnt<br>Engenheiro Operacional | Operador de Eletrônica |
| H. Plessow | Piloto |
| B. Radermacher | Piloto |
| J. Scheiwein | Mecânico |
| D. Kossmehl<br>Engenheiro Operacional | Navegador (a partir de nov.1973) |
| K. Maekler<br>Engenheiro Operacional | Compilador |



Mod. 002

NE 7530.0210.0343

CPRM

| | |
|---|---|
| D. Jochmann | |
| Engenheiro Operacional | Compilador |

A equipe brasileira se compunha do seguinte pessoal:

| | |
|---|---|
| J. I. Alexandre | |
| Geofísico | Chefe do Grupo |
| G. S. Oliveira | |
| Engenheiro de Minas | Geofísico Assistente |
| J. Lara Filho | |
| Geólogo | Estagiário em Geofísica |
| A. J. Borges | |
| Engenheiro de Minas | Estagiário do DNPM |
| P. C. Mello | |
| Engenheiro Operacional | Chefe do Setor de Eletrônica |
| N. L. Silva | |
| Eletrônico | Operador de Eletrônica |
| A. J. Vaghi | Piloto |
| A. N. de Oliveira | Mecânico |
| J. P. Filho | Prospector |
| G. A. D. de Aguiar | Prospector |
| D. M. Soares | Motorista |
| D. Palhares | Motorista |
| J. Mafforte Sobrinho | Motorista |
| P. Caldeira | Motorista |
| R. C. Santos | Motorista |

e 5 auxiliares para trabalhos no aeroporto, inclusive vigilância.



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

## 5.2 - LOCALIZAÇÃO E TOPOGRAFIA DA ÁREA DE PESQUISA

Não existem, até o momento, mapas topográficos em escala 1: 100 000 ( ou maiores), da área do levantamento e seus arredores. No planejamento foram utilizados, por esta razão, os mapas aeromagnéticos confeccionados pela Prakla na escala de 1: 100 000. A precisão do posicionamento das feições topográficas nos mapas de isanomalias corresponde à dos mapas topográficos existentes. Os limites das áreas Pitangui e Papagaios foram traçados nos mapas correspondentes da Prakla, tendo em vista a localização das anomalias magnéticas de grande amplitude (ver anexo 2). A área de prospecção de Pitangui localiza-se predominantemente sôbre a folha SE-23-Z-C-IV, formando um losango com lados de 23 km e ângulo de $82^{o}$ nos vértices N e S; abrange uma superfície de 524 $km^2$. Dois lados do losango têm a direção N $43^{o}$ E.

O relevo da área se caracteriza por diferenças relativamente grandes de altitude. O vale do rio Pará tem uma altitude média de 580 m. A leste deste vale, estendem-se várias serras de NW para SE, com largura total de 3 a 10 km e altitudes de 650 m (a NW) até um máximo de 970 m (a SE), aproximadamente a NE de Pitangui. A norte dessas serras o terreno é relativamente plano até o limite da área; a oeste do vale do rio Pará, o terço setentrional tem relêvo plano, enquanto a parte restante é montanhosa. A altitude do aeroporto é de 660 m. Uma vista parcial da paisagem da área mostra a figura 8.

A temperatura durante o dia acusou em média 25 $^{o}$C. Foram registrados como valores extremos 16 e 30 $^{o}$C.



Mod. 002

NE 7530.0210.0343

## 5.3 - METODOLOGIA DO LEVANTAMENTO

### 5.3.1 - Bases Para a Navegação

Um fotomosaico com as linhas de vôo planejadas foi utilizado como orientação para a navegação visual. O mosaico foi montado no CGBA pela composição de fotografias áéreas da área e seus arredores. As fotografias foram confeccionadas pela USAF ("United States Air Force") no ano de 1964 e são, na maioria, de boa qualidade. Possuem escala aproximada de 1: 60 000; deve-se considerar que nas bordas das fotografias podem ocorrer distorções, tanto maiores quanto maior for a diferença de altitude do terreno.

O fotomosaico original foi ampliado fotograficamente para a escala aproximada de 1: 29 000. Em duas ampliações traçaram-se os limites da área e as linhas de vôo planejadas; delineou-se igualmente no fotomosaico ampliado o traçado das linhas de alta tensão segundo os planos obtidos na CEMIG (Centrais Elétricas de Minas Gerais) e observações locais. As linhas constituem perigo para a sonda e o helicóptero, principalmente quando atravessam os vales, devendo-se prestar especial atenção às mesmas.



Mod. 002

NE 7530.0210.0343

### 5.3.2 - Direção, Separação e Extensão Total do Perfis de Medida

A direção das linhas é paralela aos limites SW- NE da área, ou seja, N 43° E (geográfico) correspondente a N 60° E magnético. Esta direção foi selecionada de modo que as medidas se efetuassem o mais perpendicularmente possível à direção geral das estruturas geológicas.

Perpendiculares aos perfis de medida, isto é, com uma direção média de N 39° W, foram executados três perfis de contrôle, localizados preferencialmente sôbre áreas magnéticas pouco perturbadas; o intervalo entre estes perfis foi de 5,8 e 11,2 km.

Os perfis de medida foram traçados no fotomosaico com separação de 1 cm, correspondente a 290 m no terreno , perfazendo um total de 81 perfis. Com a inclusão dos 3 perfis de contrôle a extensão total dos perfis é de 1.932 km.

### 5.3.3 - Altura e Velocidade de Vôo

O piloto deve manter, tanto quanto possível, uma altura constante de 300 a 350 pés ( 90 a 105 m ) sobre o solo . Como a sonda HEM está suspensa por um cabo com comprimento de 180 pés (linhas 1 a 9) e 200 pés ( a partir da linha 10), sua altura correspondente sobre o solo foi em média de 100 a 150 pés ( 30 a 45 m).

A velocidade de vôo permaneceu entre 60 e 80 nós (110 a 150 km/h). O limite superior de velocidade é regulado sobretudo pela sonda suspensa, uma vez que as medidas são prejudicadas por perturbações mecânicas causadas por altas velocidades.

### 5.3.4 - Linha de Teste

Selecionou-se uma linha de teste, para sobrevôo antes e depois de cada jornada, com a finalidade de verificar a reprodutibilidade das medidas e determinar a variação diária dos valores, especialmente do campo magnético e da radiação gama. Como linha de teste estabeleceu-se o limite norte de 600 m de comprimento da pista do aeroporto, em cuja extremidade leste se encontra a área de pouso do helicóptero. A localização da pista é mostrada no anexo 5.

## 5.4 - EVOLUÇÃO CRONOLÓGICA DOS TRABALHOS

1973

02.05 - Deslocamento do helicóptero para Pitangui.

17.05 - Primeiro vôo de teste.

29.05 - Teste com espectrômetro de radiação gama sôbre Serra Grande; descoberta de uma anomalia radioativa.



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

31.05 - Levantamento da anomalia de Serra Grande: 18 perfis com 5 km de extensão.

19.06 e

20.06 - Procura de outras anomalias radiométricas na região de Pará de Minas.

25.06 - Início dos trabalhos dos especialistas McNeill e Cox da Barringer, no equipamento aerogeofísico(Cox até 19.07., McNeill até 04.08).

01.08 - Vôo de teste e primeiros vôos regulares de produção na região de Pitangui, linhas 1 e 2.

02.08 - Primeiro defeito na unidade de contrôle de combustível ( FCU) da turbina 2.

07.08 - Vôos de produção.

10.08 - Traslado para Belo Horizonte devido a falhas técnicas do helicóptero.

20.08 - Deslocamento para Pitangui; continuação dos vôos de produção.

21.08 - Vôos de produção até 28.08 (inclusive)

30.08 - Traslado para Belo Horizonte, devido a defeitos técnicos com a turbina nº 2 (FCU).

Setembro/outubro - Nenhum vôo de produção, aguardando peças de reposição ( FCU ), que foram encomendadas nos E.U.A.

05.11 - Traslado do helicóptero para Pitangui; defeitos na parte eletrônica.

13.11 - Prosseguimento dos vôos; repetição de alguns perfis devido a levantamentos defeituosos em agosto.

27.11 e

28.11 - Defeito do radar-altímetro.

30.11 - Término dos vôos na região de Pitangui.



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

## 5.5 - COMENTÁRIOS SÔBRE OS LEVANTAMENTOS DE SERRA GRANDE

Medidas radiométricas foram executadas nos dias 29 e 31.05.73, fora da área de levantamento de Pitangui, sem os equipamentos eletromagnéticos e sem o radar-altímetro, que não estavam operacionais. Resultaram da proposta de P. RICHTER, que supôs que os conglomerados fracamente radioativos encontrados em um local na borda do sinclinal de Pequi, deviam prosseguir ao longo da direção das camadas. A borda do sinclinal de Pequi é formada por duas serras notáveis constituindo uma cunha com vértice no eixo do sinclinal. A sul destas cumeadas localiza - se a Serra Grande, a cêrca de 1200 m de altitude.

No levantamento radiométrico ao longo dos cumes registrou-se em 29.05 uma radiação muito alta nos canais de Urânio, Tório e Radiação Total ( até 4 vezes o "background" para uma altura de vôo de 150 m), sôbre Serra Grande. Em consequência, mediram-se no dia 31.05, 18 perfis de 5 km de comprimento, separados de em média 300 metros, transversalmente à direção da Serra Grande, para determinar a extensão da anomalia. Observou-se que a anomalia está contida em uma faixa de 500 m de largura por cêrca de 6 km de comprimento ao longo das camadas de Serra Grande. Esta faixa foi pesquisada mais tarde por medidas radiométricas terrestre pelo CGBA; a CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear - executou algumas sondagens. Existe um relatório - (RICHTER, dezembro 1974), descrevendo os resultados destes trabalhos.

Os vôos dos dias 19 e 20.06 foram executados na região entre Serra Grande e Pará de Minas, na procura de anomalias radio



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

ativas; não foram encontradas contudo, anomalias de interesse - (RICHTER, dezembro 1974).

## 5.6 - HORAS DE VÔO

Para os levantamentos na área de Pitangui, foram necessárias 41:20 horas de vôo. Aí estão incluídos os tempos decorridos entre o início e o fim de cada perfil, dos vôos interrompidos por defeitos técnicos e mau tempo, dos perfis revoados por resultados inaproveitáveis, e os tempos para sobrevôo periódico da linha de teste. Não estão contidos os vôos anteriores a 01.08.73, isto é, antes que o sistema geofísico estivesse operacional, os vôos de traslado de e para Belo Horizonte e vôos de testes puros ( sem medidas associadas ) para verificação do funcionamento do helicóptero e do sistema de medida. Para estes últimos foram necessários 7:50 horas, no período de 01.08 a 30.11.73. Relacionando as 41:20 horas de vôo para as medidas à extensão total líquida de 1.932 km de perfis, obtem-se uma média de 46,7 km por hora de vôo.

# 6 - GEOLOGIA DA ÁREA DE PESQUISA

A geologia regional da área já foi descrita nos relatórios de Pitangui-Papagaios-Pequi e Pitangui-Norte e Sul (RICHTER et al., abril 1974 e ULRICH et al., 1974). A estratigrafia, tectônica e ocorrências minerais são reportadas de forma resumida neste relatório.

Para a área, confeccionaram-se um mapa geológico e um mapa tectônico na escala de 1: 100 000 e um mapa tectônico-geológico na escala aproximada de 1: 56 000 (anexos 3, 4 e 5). O mapa geológico da área de Pitangui tem por base o fotomosaico da região e a mesma escala dos mapas geofísicos (anexos 7 a 13).

Na área de Pitangui, ocorrem três unidades pré-cambrianas:

Grupo Bambui

Grupo Minas

Grupo Pré-Minas (complexo gnáissico de Carioca).

Para se estabelecer uma correlação geológica precisa, deve - se mencionar que o Grupo Pré-Minas aparece ainda sob a forma do com - plexo gnáissico de Maravilhas, na área vizinha de Papagaios a leste.

Entre os gnaisses de Maravilhas a NE e o de Carioca a SE, situa-se um sinclinório do Grupo Minas. O trecho setentrional da área está coberto predominantemente pelo Grupo Bambuí (ver anexos 3 e 4) . No fim de 1974, foi coletado um total de 24 amostras de rochas da região de Pitangui para determinação geocronológica nos laboratórios do Serviço Geológico da Alemanha (BGR). Com os resultados a se - rem liberados em 1975/76, as sequências metamórficas devem ser correlacionadas entre si e com o conhecido Quadrilátero Ferrífero.

## 6.1 - GRUPO PRÉ-MINAS

### 6.1.1 - Complexo Gnáissico de Maravilhas

A NE da área de pesquisa, o complexo de gnaisses graníticos claros compõe a borda do sinclinório do Minas. É possível que se trate de orto-gnaisse: feldspato potássico e plagioclásios ocorrem abundantes, quase na mesma-proporção; texturas paralelas se desenvolvem localmente-de modo muito fraco. Somente a leste de Pequi foram observadas intercalações de leitos de biotita-hornblenda - gnaisse (140/30-40 SW).

### 6.1.2 - Complexo Gnáissico de Carioca

A parte sudoeste do sinclinório Minas é formado, pelo complexo gnáissico de Carioca; este compreende uma sequência de gnaisses bandeados claros, intensamente migmatizados intercalados a gnaisses facoidais ("Augengneise") e quartzitos sericíticos. Diques de diabásios cortam o complexo.

Devido a sua posição estratigráfica, considera - se que os gnaisses de Pitangui são mais velhos que o Grupo Minas.



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

## 6.2 - GRUPO MINAS

As camadas do Grupo Minas encontram-se dobradas no sinclinório situado entre os dois complexos gnáissicos, e podem ser divididas em quatro unidades:

Filitos coloridos
Sequência quartzítica
Camadas itabiríticas
Anfibolitos

### 6.2.1 - Anfibolitos

A leste, o anfibolito verde-escuro compreende cerca de 800 m, e é muito mais espesso que a oeste, onde atinge localmente apenas cerca de 10 m e não foi cartografado. O (quartzo) anfibolito de grã fina a grossa é xistoso e tem provável origem magmática primária.

### 6.2.2 - Camadas Itabiríticas

As camadas itabiríticas atingem uma espessura aproximada de 1000 m a leste e compõem-se de filitos quartzosos avermelhados, filitos ferruginosos, filitos hematíticos, xistos verdes e itabiritos. Elas podem ser consideradas como causas das anomalias aeromagnéticas das áreas vizinhas Papagaios e Pequi.



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

### 6.2.3 - Sequência Quartzítica

A sequência quartzítica do Grupo Minas possui uma espessura total aproximada de 1 000 m, podendo-se distinguir até 5 fácies ( RICHTER et al., abril 1974 a ).

Na área de pesquisa, os espigões do Grupo Minas , que avançam para norte são constituidos predominantemente por rochas da sequência quartzítica. Dentro dos quartzitos cinza-claros intercalam-se pequenas lentes de agalmatolitos, filitos quartzosos, xistos grafitosos, filitos hematíticos e itabiritos. Os itabiritos têm localmente teor econômico de ferro e foram explorados em duas minas a céu aberto; constituem a causa das anomalias magnéticas - terrestres da área de Pitangui-Norte (ULRICH et al.,1974).

Na Serra do Pires, bancos de conglomerados radioativos de 2 a 3 metros de espessura se intercalam na sequência quartzítica. Mediu-se no solo valores de radiação de até 20 vezes o "background" (cintilômetro SRAT). A zona radioativa tem largura entre 50 e 100 m. Análises químicas de amostras de rochas da superfície forneceram valores de até 0,09% $ThO_2$ e 41 ppm $U_3O_8$. Os valores da Serra Grande são comparativamente mais altos - radiações de até 3750 cps (SRAT), 0,4% $ThO_2$ e 400 ppm $U_3O_8$.



Mod. 002

NE 7530.0210.0343

### 6.2.4 - Filitos Coloridos

A capa do Grupo Minas consiste de uma sequência monótona de filitos avermelhados amarelo-claros e quartzitos, com espessura superior a 1 000 m.

## 6.3 - GRUPO BAMBUÍ

Na parte norte da área de Pitangui, predomina o Grupo Bambuí, composto de camadas horizontais de rochas clásticas finas e carbonáticas, que podem ser divididas da seguinte maneira:

- margas amareladas
- argilitos coloridos
- calcáreos tabulares escuros, alguns vermelhos
- argilitos vermelhos e amarelos
- rochas argilosas vermelhas
- conglomerado basal

O conglomerado basal tem ocorrência local e só foi encontrado nas sondagens do rio Pará (RICHTER, et al., abril 1974b).

## 6.4 - ALUVIÃO

A parte norte do vale do rio Pará está coberta por pedregulhos, seixos e areias; camadas do Bambuí podem ocorrer abai-



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

xo de pequena cobertura.

## 6.5. DIQUES

Diques extensos de diabásio, de granito e de quartzo ocorrem na área de pesquisa. No complexo gnáissico de Maravilhas compõem um denso sistema de diques, onde os de direção NNW são predominantemente de granito e quartzo, enquanto os diques orientados WNW são de diabásio. Na área de pesquisa do helicóptero, os diques se concentram na região do eixo do sinclinal de Pitangui.

### 6.5.1 - Diques de Diabásio

O diabásio tem granulação essencialmente fina, raramente apresenta-se grosseiro e com pórfiros grosseiros de plagioclásio. A parte opaca compreende cerca de 10% e é constituída de ilmenita, pirrotita e pirita ripiforme. Em circunstâncias favoráveis(concentrações locais), podem provocar anomalias magnéticas ( ULRICH et al., 1974).

Análises químicas de amostras de rochas superficiais forneceram valores médios de ( em ppm ) : Zn 130, Ni 60 e Co 55. Mineralizações econômicas não foram encontradas.



Mod. 002

NE 7530.0210.0343

### 6.5.2 - Diques de Quartzo

Mencione-se apenas os diques de quartzo da região de Pitangui, que possuem interesse econômico, devido ao seu teor em ouro ( vide ítem 6.7.2 ). Os diques de quartzo se localizam em falhas e possuem espessura de até 20m.

## 6.6 - TECTÔNICA

Na parte oeste da área de pesquisa Pitangui, situa-se o sinclinal de Pitangui, cujo eixo tem direção NW/SE mergulhando suavemente na parte SE. Pouco a oeste de Pitangui, o sinclinal é cortado por uma falha de direção NNE.

O Grupo Minas, que avança para norte em forma de espigão, é limitado a oeste pela falha do rio Pará que, possivelmente , tem uma paralela a leste ao longo da estrada Pitangui- Martinho Campos. Pitangui-Norte é atravessada por três falhas de direção NW, mais recentes que os diques de quartzo e diabásio.

O anticlinal de Onça que ocorre na parte leste apresenta-se aqui pouco desenvolvido. A NE o sinclinal de Pequi adentra na área de Papagaios; seu eixo mergulha suavemente com cerca de $30^{o}$ para NW.

Os grandes sinclinais de Pitangui e Pequi possuem eixos com mergulhos opostos e são separados pela importante falha de Jaguara.

O anticlinal quartzítico de Papagaios encontra-se fora do sinclinório Minas e é cortado a oeste por uma importante falha ; seu eixo inclina-se para sudoeste.

## 6.7 - OCORRÊNCIAS MINERAIS

Descrevem-se resumidamente apenas as ocorrências minerais que podem prestar-se à interpretação das anomalias do helicóptero.

### 6.7.1 - Itabirito (Ver 6.2.2)

Existem duas minas a céu aberto, abandonadas, a 3 km a Norte de Velho da Taipa, dentro da sequência quartzítica do Grupo Minas. Os minérios compactos de ferro, situados entre camadas de quartzitos cinza esbranquiçadas possuem aqui espessuras de até 1 m.

### 6.7.2 - Ouro (Ver 6.5.2)

O ouro ocorre em diques de quartzo (leitoso ou escuro). Junto ao ouro nativo encontra-se sulfetos, dos quais os mais importantes são: pirita, arseno-pirita e possivelmente a estibinita. Além de um pouco de prata, o ouro



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

nativo contém ainda uma porcentagem variável (2 a 8%) de paládio e platina ( KNECHT, 1928).

Atualmente, uma firma americano-brasileira executa prospecções a sul de Pitangui, entre o Rio São João e o Rio Pará, em área de 5 000 hectares.

Amostras dos diques de quartzo foram analisadas nos laboratórios do IPR ( Instituto de Pesquisas Radioativas ), da CBTN (Companhia Brasileira de Tecnologia Nuclear) e do CGBA/DNPM,obtendo-se teores de 12, 15, 30, 80 e máximo de 200 g de ouro por tonelada de minério. Análise de uma amostra escolhida, realizada em 03.01.75 pelo LAMIN (Laboratório Central da CPRM, Rio de Janeiro), determinou ( em ppm): Au 100, Sb 35 000, As 300, Cu 50, Zn 20, Pb 20. Os diques devem ser na maioria Pré-Bambuí ( RICHTER et al., 1974 a ).



Mod. 002

NE 7530.0210.0343

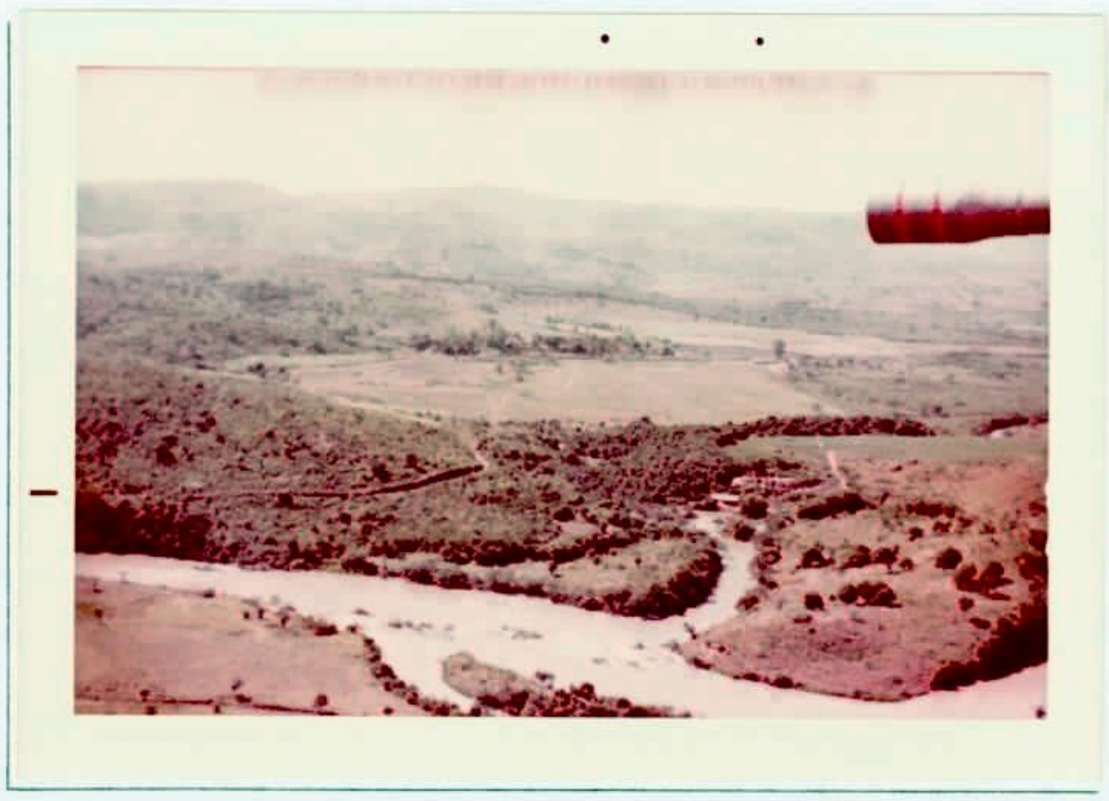


FIG 8

VISTA PARCIAL DA REGIÃO DE TRABALHOS MOSTRANDO O RIO PARÁ

FIG. 9

RECONSTRUÇÃO DAS LINHAS DE VÔO

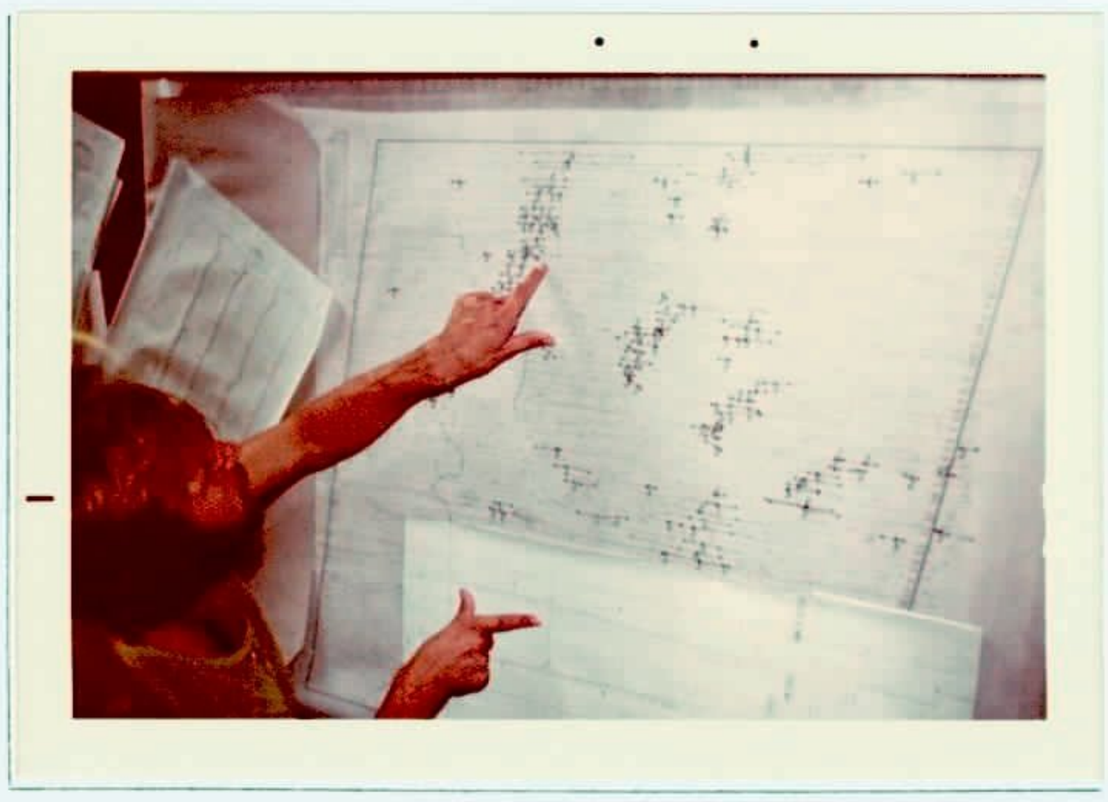


FIG. 10

TESTE DA SONDA HEM ANTES DOS VÔOS

# 7 - AVALIAÇÃO E REPRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DO AEROLEVANTAMENTO

## 7.1 - RECONSTRUÇÃO DAS LINHAS DE VÔO

A rota real do helicóptero, representada por sua projeção sôbre a superfície do solo ( linha de vôo ) é determinada através da comparação do filme com o fotomosaico, quando se faz a reconstrução da linha de vôo ( fig. 9 ). Isto requer alguma prática, porque o filme de vôo possui escala de 1: 4 000 e o mosaico, escala 1: 29 000.

Sempre que possível marcam-se no fotomosaico pontos de referência; são aqueles pontos do terreno sobrevoados exatamente, quando uma marca fiducial é impressa sôbre o filme. Cada ponto de referência recebe o número da marca fiducial correspondente. A trajetória entre dois pontos de referência pode ser considerada retilínea com bastante precisão, como se pode verificar a qualquer tempo com os filmes de vôo. Desde que as marcas de tempo aparecem a cada 20 segundos, a distância entre duas fiduciais corresponde em média a 600 m.

Se não se pode determinar, por falta de detalhes identificáveis no solo, o local exato de uma fiducial, determinam-se no fotomosaico os pontos notáveis mais próximos e localiza-se a fiducial procurada entre os pontos identificados. A precisão relativa dos pontos de referência em relação aos detalhes do terreno identificados no fotomosaico é em torno de 50 m. As fiduciais são numeradas durante o vôo (sôbre os vários perfis de medida).



Mod. 002

NE 7530.0210.0343

A correlação dos valores das medidas geofísicas aos pontos de medida é efetuada através da chamada coordenada S formada pelo número da marca fiducial precedente e pela fração da distância entre o ponto S e S + 1; por exemplo, S = 136,15 significa que, a partir da fiducial 136 ( na direção da fiducial 137),o local de medida se encontra a 15/100 da distância entre as fiduciais 136 e 137, ou seja, desde que a distância aproximada entre as fiduciais é geralmente de 600 m, o ponto se localiza a 90 m da fiducial 136, contado na direção da fiducial 137.

Para a numeração das linhas de vôo, escolheu-se um código de quatro algarismos: o primeiro algarismo indica o número da área ( por exemplo, 1 = Pitangui), os três restantes, a respectiva linha de vôo. Dividindo-se por cinco o número composto pelos três últimos algarismos, obtem-se o número de ordem planejado , da linha de vôo. Exemplo: linha 1055 é a linha de vôo nº 11 da área de Pitangui. O número 1056, 1057 ou 1058 indica que sobre a linha de vôo planejada 11 ( devido a êrros de medidas ou de navegação ), executou-se um primeiro, segundo ou terceiro vôo, até se obter resultados aproveitáveis.

A reconstrução das linhas de vôo sobre o fotomosaico é mostrada no anexo 6. As trajetórias de vôo tracejadas significam que a localização dos pontos de referência naquele trecho não pode ser efetuada de modo preciso. A reconstrução das linhas de vôo constitui a base para a representação dos resultados das medidas geofísicas de todos os métodos descritos a seguir.



Mod. 002

NE 7530.0210.0343

## 7.2 - AVALIAÇÃO E REPRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DE HEM

### 7.2.1 - Princípios da Avaliação

Informações detalhadas sôbre o esquema de avaliação das medidas de HEM são pouco encontradas na literatura. Constitui evidentemente um processo normal a seleção nos registros de anomalias significativas cujos valores máximos de $I_m$ e $Q_m$, componentes em-fase e em-quadratura, são levados a um diagrama de Argand para modelo de placa delgada vertical; com isto pode-se determinar a condutância $C=\sigma.t$ (t= espessura) da placa e a distância da sonda ao topo da placa. ( Em lugar da condutância, é também empregada com frequência, a expressão condutividade vezes espessura).

Este tipo de avaliação com diagrama de Argand para uma placa delgada ( encaixante não condutora ) somente tem sentido quando a forma da anomalia sugere o emprêgo deste modelo. A partir das curvas-modelo AEM de GOSH e WEST (1971), facilmente se pode deduzir que a distância entre as meia-amplitudes das anomalias de uma placa vertical delgada, para grande gama de valores de condutância, é aproximadamente igual à profundidade do topo das placas. Desde que as placas condutoras não podem situar-se a profundidades maiores do que 100 m abaixo da sonda, para ainda produzir anomalias significativas (comparar com 4.2.1), a distância entre as meia-amplitudes para o modelo de placa não pode ser maior do que 100 m, que corresponde a menos de 3 mm no papel de registro. Na região de Pitangui, não ocorrem anomalias com



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

distância entre meia-amplitudes tão pequenas. A maioria das anomalias apresenta distância de meia-amplitude entre 500 e 2.500 m (ver também fig. 10). Por isso, é de supor que se deva empregar um outro modelo de interpreção, a saber, o de semi-espaço condutor homogêneo. Este tem, em relação ao modelo igualmente aplicável de uma placa delgada horizontal, a vantagem de se obter, a partir da leitura de I e Q, a condutividade $\sigma$ e a profundidade do topo do corpo; com a placa horizontal pode-se apenas determinar (para um sistema de frequência única), em lugar de $\sigma$ , o produto condutividade x espessura.

Um diagrama de Argand para semi-espaço homogêneo, que se adapte às dimensões do sistema de medida empregado, não pode ser encontrado na literatura. Por isso , foi necessário que o autor o desenvolvesse, tendo como base os trabalhos de WAIT (1955), FRISCHKNECHT (1967) e MALMQUIST (1965). Segundo WAIT, o campo secundário de um arranjo coaxial emissor-receptor em um semi-espaço homogêneo, é:

Componente em-fase : $I = -\frac{B^2}{2}(B.\ \mathrm{Re}\ T_0 - \mathrm{Re}\ T_2)$

Componente em-quadratura : $Q = -\frac{B^2}{2}(B.\ \mathrm{Im}\ T_0 - \mathrm{Im}\ T_2)$

com $B = \sqrt{0,5\ \mu_0 \sigma \omega}\ .\ d$ (d = distância do emissor-receptor).

$T_0$ e $T_2$ são integrais infinitas de valores complexos, que são funções dos parâmetros B e $A = \sqrt{2\ \mu_0 \sigma \omega}.h$, onde h = distância do transmissor-ao topo do semi-espaço.



Mod. 002

NE 7530.0210.0343

As partes real e imaginária $T_0$ e $T_2$ foram calculadas com boa precisão por MALMQUIST(1965) e tabeladas como funções de A e B. Com a substituição em A e B das grandezas conhecidas (para nosso sistema de medida) $\omega = 2\pi f$, f = 870 Hz e d = 8,7m, assim como $\mu_o = 4\pi.10^{-7}$ (permeabilidade do ar), obtem-se uma correlação dos valores I e Q à resistividade $\rho$ e à distância h para o topo do semi-espaço. O diagrama de Argand resultante é apresentado no anexo 7.

É claro que, mesmo com o emprego do modelo de semi-espaço homogêneo, muitas vezes não se determina a distribuição real da resistividade no subsolo. Para os cálculos a seguir, a resistividade calculada com o modelo do semi-espaço será indicada como "resistividade equivalente (w)".

É muito útil considerar qual o erro que se comete quando se emprega o semi-espaço para a interpretação de um caso de camadas múltiplas.

Para comparação foram utilizados nas integrais $T_0^{II}$ e $T_2^{II}$ os valores que FRISCHKNECHT (1967) calculou para o caso de duas camadas.

Para descrever resumidamente os resultados, deve-se definir, primeiro, os seguintes símbolos:

$\sigma_1$,m : condutividade e espessura da cobertura,

$\sigma_2$ : condutividade do semi-espaço situado por baixo,

$\delta = (0,5\ \mu_0 \cdot \sigma_1\ \omega\ )^{-1/2}$: profundidade de penetração de uma onda plana na cobertura,



Mod 002 NE 7530.0210.0343

$D = 2\ m/\delta$ : espessura numérica da cobertura.

a) Efeito de uma cobertura sobre o semi-espaço

Interessa aqui, apenas o caso de uma cobertura má condutora ($\sigma_1 < \sigma_2$), sobreposto a um subsolo bom condutor, cujos parâmetros devem ser determinados.

1) Para pequeno D, até $\leqslant 0,4$ o efeito da cobertura pode ser desprezado.

2) Para $D > 0,4$ a condutividade e profundidade determinadas com o modelo de semi-espaço são menores que os valores reais.

3) A partir de $D \geqslant 2$, o semi-espaço situado por baixo é consideravelmente blindado, mesmo quando ele é bom condutor; em vez de seus parâmetros obtém-se os da camada de cobertura.

Exemplos:

Segundo ULRICH et alli (1974) a resistividade da camada de cobertura é, em geral, muito elevada na área de Pitangui; pode-se considerar um valor médio $\rho =$ 1 000 Ohm.m.

Daí resulta para o caso (1), que uma cobertura de 107 m de espessura quase não modifica os parâmetros do semi-espaço que nos interessa. Quando $\rho = 50$ Ohm.m, a cobertura deve ter uma espessura de apenas 24 m, para chegar aos mesmos resultados.

b) Camada de boa condutividade e espessura finita em lugar do semi-espaço.

Verifiquemos agora qual a espessura mínima de uma



Mod. 002 NE 7630.0210.0343

camada de boa condutividade, para que ela possa ser utilizada como semi-espaço.

1) Quando uma camada tem a espessura numérica D $\geqslant$ 2, pode ser tomada como semi-espaço, sem considerar se existe abaixo um condutor melhor ou pior.

2) Se D < 2, os valores de condutividade e profundidade obtidos com o modelo de semi-espaço são menores que os valores reais, no caso de um pior condutor por baixo, e maiores no caso de um melhor condutor.

3) Extremamente desfavorável para a determinação da condutividade e profundidade da camada é quando a mesma, além de ser muito delgada ( D < 2 ), sobrepõe-se a um não condutor ( $\sigma_2 = 0$).

Exemplos:

Na área ocorrem frequentemente regiões com resistividade' $\rho \leqslant 2$ Ohm.m. Uma camada deste tipo precisa ter apenas 24 m de espessura para apresentar-se como semi-espaço. Se ela tem somente 4,8 m de espessura, $\rho_1 = 1,64$ Ohm.m e $\rho_2 = \infty$, obtém-se com a utilização do modelo de semi-espaço, 48 Ohm.m para $\rho$, em vez de 1,64 Ohm.m; em lugar da profundidade suposta de 43,5 m, teremos apenas 26 m.

Em resumo, pode-se dizer que, para camadas horizontais com alta condutância (correspondente ao alto D) em regiões pouco condutoras, a avaliação com semi-espaço homogeneo pode determinar valores de condutividade e profundidade quase corretos. Neste caso, é mais significativo, ao invés de escolher anomalias isoladas, obter no registro o mais continuamente possível os pares de valores I e



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

Q e determinar no diagrama ( anexo 7 ) os valores correspondentes da resistividade equivalente w e da profundidade do topo.

7.2.2 - Compilação dos Dados

a) Determinação do nível zero

Os valores I e Q devem ser referidos a um nível zero absoluto; para determinação do zero absoluto para as medidas de HEM eleva-se a altura de vôo para 1 000 ' pés (sonda a 800'), onde o campo secundário da Terra é praticamente nulo (esta elevação da altura de vôo é necessária também para as medidas de VLF) - ela é executada durante os vôos, antes do início e após o término de cada perfil (nas voltas). O nível zero correto pode, portanto, ser obtido na faixa de registro à esquerda e à direita dos dados registrados ao longo do perfil. A variação do nível zero entre o início e final do perfil constitui um problema frequente de difícil solução; atribuem-se diferentes causas a esta variação:

1. Dilatação ou contração da sonda por variação de temperatura.

2. Variação eletrônica no equipamento, inclusive no registrador.

3. Variação da permeabilidade do subsolo.



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

As causas 1 e 3 atuam sobre o canal em-fase e a segunda, sobre os dois canais. Os erros na determinação do ponto zero através da interpolação linear entre os valores antes do início e após o final do perfil são detetados quando os valores medidos sobre longo trecho se encontram abaixo da linha zero (isto é, na faixa positiva ); isto pode teoricamente ocorrer em dois casos de exceção, sobre os quais não se faz aqui um estudo detalhado. Além disso, reconhecem-se erros de determinação da linha zero, quando perfis vizinhos apresentam valores de I e Q muito discrepantes.

Para manter a linha zero a mais correta possível , o nível zero deve ser representado em alguns casos por meio de uma poligonal pouco quebrada. A linha zero é sempre determinada primeiro para os valores de quadratura que, conforme mencionado acima, poucas causas têm para variar . A linha zero para os valores em-fase é traçada em seguida e verifica-se, se nos locais de valores nulos de Q, também são nulos os valores de I.

Este procedimento tem por base o diagrama do anexo 7: se partimos do princípio que a componente Q é nula porque a sonda não encontra um bom condutor em um raio de 120 m, com maior razão deve inexistir uma componente em-fase, segundo o diagrama; o caso dos valores de Q serem muito pequenos por causa de um subsolo bom condutor pode ser excluído, porque então os valores de I tornar-se-iam anormalmente altos, o que naturalmente se deve ter em mente quando da fixação do nível zero.



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

b) Determinação da graduação das escalas

A graduação das escalas é determinada com os valores de calibração obtidos através de medidas com a bobina calibradora interna ( vide ítem 3.2.1 ). Segundo o fabricante, a bobina calibradora deve produzir um campo secundário de 50 ppm, tanto no canal em-fase como no de quadratura. Uma verificação, efetuada segundo instruções de SENGPIEL ( 1974 ) mostrou que a bobina calibradora produz na realidade um campo de apenas 47 ppm, pelo que as leituras' de I e Q são 6% maiores; estes erros atuam de maneira insignificante sôbre os resultados.

As diversas leituras do valor de calibração acusaram uma diferença média de ± 5%, visto que o nível de interferência frequentemente prejudica uma leitura correta ; por isso, várias calibrações devem ser feitas pelo operador, antes e depois de cada perfil de medida. No início dos trabalhos em Pitangui calibrou-se apenas antes de cada vôo de medida (algumas vezes depois), o que se mostrou insuficiente.

c) Confecção dos mapas de isolinhas

Uma vez que o sistema de processamento não tinha sido ainda experimentado, não se podia pensar em uma compilação eletrônica dos dados. Tentou-se no entanto, restringir ao máximo os gastos com trabalhos manuais.

A elaboração dos mapas de isolinhas decorreu de acôrdo com o seguinte esquema:



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

1. Determinação da linha zero nos registros, conforme descrito;

2. Aproximação da componente de quadratura a uma poligonal, unindo todos os máximos e mínimos do registro;

3. Leitura dos valores de I, Q e h nos pontos de quebra da poligonal da componente Q; leitura concomitante da correspondente coordenada s, em relação a pontos de referência;

4. Cálculo, para cada ponto de leitura, da distância $h_s$ da sonda ao solo, através da subtração do comprimento do cabo (200 pés) das respectivas indicações h do radar-altímetro;

5. Determinação, no diagrama de Argand para semi-espaço homogêneo, da resistividade equivalente w e da distância h' de cada ponto de leitura;

6. Cálculo, em cada ponto de leitura s, da profundidade $h_0 = h' - h_s$, do topo do condutor em relação à superficie do terreno;

7. Registro de w e $h_0$ nas posições correspondentes do mapa de linhas de vôo;

8. Desenho das isolinhas de w = 5, 20 e 100 Ohm. m por interpolação linear entre os valores de w registrados de acordo com o item anterior;

9. Transferência das isolinhas de w para um mapa da área contendo os acidentes geográficos importantes e uma legenda minuciosa;



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

10. Individualização, através de pontilhado, das regiões com w inferior a 5 Ohm.m (ver anexo 8).

Em relação a este esquema, fazem-se algumas observações:

1. Como mostra o diagrama de Argand do anexo 7, para resistividades w maiores que 15 Ohm.m e profundidades h' (relativas à sonda) inferiores a 85 m, a componente de quadratura Q é maior que a componente em-fase I; para w = 150 Ohm.m, o último atinge valores que se encontram dentro do nível de interferência, enquanto Q tem três vezes a amplitude do seu nível de interferência. Para menores profundidades h', a proporção Q/ I torna-se ainda maior. Por estas razões, Q é mais apropriado que I para um mapeamento de resistividade. Por outro lado, com base nas causas citadas, as resistividades w superiores a 100 Ohm.m não podem ser determinadas com suficiente precisão; por isto, as isolinhas do anexo 8 delimitam somente as regiões com w inferiores a 100 Ohm.m.

2. A poligonal foi traçada de modo a excluir variações insignificantes (menores do que 4 ppm); por isso, cada perfíl tem menos que 20 leituras.

3. Nas regiões em que w < 5 Ohm.m (pontilhadas), existem frequentes valores de w ⩽ 1 Ohm.m e alguns ainda mais baixos.

4. As profundidades calculadas $h_0$ não sofreram tra



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

tamento posterior, porque elas variam mais que os valores de w; muitas vezes, elas parecem - ser muito grandes (comparar item 8.1).

Até o momento, o processo aqui desenvolvido para mapeamento aéreo da resistividade tem dado bons resultados, como mostra o anexo 8; apesar de algumas deficiências dos equipamentos de medida (alto nível de interferência., variação do nível zero) inúmeras áreas contínuas com resistividade equivalente muito baixa foram nítidamente detetadas. Para complementar, todos os levantamentos terrestres realizados até agora (total de 6 áreas, vide 8.1), puderam confirmar a existência e o local destas áreas.

## 7.3 - AVALIAÇÃO E REPRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DE VLF

Existem dados de VLF apenas para os perfis 1 a 49 (1 005 a 1 245); após o período inativo (setembro/outubro), o sistema VLF não funcionou mais, porque a intensidade do campo recebido reduziu-se extremamente em comparação com o mês de agosto e se encontrava abaixo da intensidade mínima necessária.

Para representar a distribuição do campo de VLF utilizou-se a componente horizontal do campo magnético (em-fase) abreviadamente $H_y^0$. O anexo 9 representa as isolinhas dos desvios da intensidade de $H_y^0$ em relação à intensidade normal na área, medidos em porcentagem. A componente de quadratura do VLF ($H_y^{90}$) é menos adequada como grandeza de medida para uma representação cartográfica, pois as variações observadas são menores do que as de $H_y^0$; é necessária, contudo, para cálculo de modelos.



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

O mapa de isanômalas de $H_y^0$ foi confeccionado com base no seguinte esquema:

1. Verificação do registro de $E_z$: caso ocorram variações descontínuas - relacionadas à energia alternada do transmissor - os trechos correspondentes do registro de $H_y^0$ devem ser desprezados;

2. Determinação visual da linha zero (campo normal) para as leituras de cada perfil. Uma reta pode ser empregada como nível zero; em geral, foi adotada a do trecho do registro em que $H_y^0$ se apresenta quase retilíneo. Com isso, eventuais derivas instrumentais ("drift") também - foram considerados.

3. Determinação dos pontos s onde os desvios de $H_y^0$ têm valores de $\pm$ 4, $\pm$8, $\pm$ 12% em relação à linha zero.

4. Registro desses locais s de cada perfil no mapa de reconstrução das linhas de vôo;

5. Contorno das isanômalas de $H_y^0$ em equidistâncias de 4%.

Para melhor distinção entre as áreas positivas e negativas (anexo 9), essas áreas foram individualizadas através de diferente simbologia. O esquema de concepção - simples acima citado foi aplicado a título experimental e trouxe, sob o ponto de vista da avaliação de dados, resultados satisfatórios na primeira tentativa. Pode-se traçar as isolinhas sem muita rigidez e com isso determinar áreas



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

contínuas de valores anômalos. Erros na determinação do nível zero, que se manifestam nos mapas de isolinhas por meio das assim chamadas "espinhas de peixe", são raros.

Sobressai no mapa de VLF uma série de anomalias ao longo de ambos os lados do rio Pará, em região de grandes variações topográficas. Era de se esperar que , para a interpretação dos resultados de VLF, deveriam ser consideradas as condições de relevo da área de pesquisa. Como não existe ainda qualquer mapa topográfico para a região de Pitangui, K. MAEKLER confeccionou um mapa grosseiro da área, com as fotografias aéreas nº 5010 e 5011 e estereoscópio de espelho (Wild ST 4); o mapa contem a rede de drenagem (vales), e as elevações topográficas - que se manifestam mais nítidamente e suas linhas de cumeada. Além disso, determinou-se a altitude de alguns pontos do terreno, com base nas alturas, determinadas por taqueometria, dos perfis da geofísica terrestre executados na região de Pitangui-Norte e Pitangui-Sul, igualmente registrados no mapa; estas altitudes são amarradas à estação ferroviária de Velho da Taipa, situada a 585 m acima do nível do mar. O mapa topográfico (folha transparente) é representado no anexo 10.

## 7.4 - AVALIAÇÃO E REPRESENTAÇÃO DOS VALORES RADIOMÉTRICOS

Com os dados obtidos no gama-espectrômetro, foram confeccionados mapas para:

a) radiação total (anexo 11)

b) radiação de $K^{40}$ (anexo 12)



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

Os registros mostraram que as variações regionais da radiação total são comparáveis às da radiação de tório. Por este motivo, desistiu-se de representar em mapa a distribuição da radiação de tório; além disso, parece que a radiação total, em comparação com a de tório, é mais apropriada para uma primeira tentativa de avaliação de dados radiométricos, uma vez que a primeira apresentou o mais baixo nível de ruído.

Para um tempo de integração de 2 segundos, obteve-se os seguintes valores típicos de "background" e de níveis médios de interferência, provocados pela variação estatística da radiação:

| Canal | "Background" | Nível de interferência (pico a pico) | |
|---|---|---|---|
| | cps | em cps | em % dos valores de "background" |
| Radiação total | 200 | 20 | 10 |
| Tório | 30 | 10 | 33 |
| Urânio | 6 | 10 | 170 |
| Potássio-40 | 16 | 12 | 75 |

A fim de reduzir os elevados níveis de interferência nos canais de U e $K^{40}$ a uma escala razoável, as linhas 1210 a 1405 foram medidas com um tempo de integração de 5 segundos. Desta maneira, reduziu-se o nível de interferência na radiação de Urânio para 4 cps (67% do "background") e na de $K^{40}$ para 6 cps (38% do "background").

A radiação de Urânio não se presta, ao menos nesta área, para uma representação em forma de "isoradias", devido à sua



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

pouca variação regional, à sua baixa intensidade e ao elevado nível de interferência. Por isto, todos os registros foram cuidadosamente examinados com vista a anomalias de Urânio e, em casos favoráveis, determinadas suas posições e valores; estes locais estão representados no anexo 11, utilizando três símbolos diferentes para a intensidade de radiação de Urânio medida. Como a legenda do anexo 11 demonstra, estes símbolos indicam-se a intensidade medida tem, em relação ao "background" das proximidades da anomalia:

a) de 2 a 3,9 vezes

b) de 4 a 5,9 vezes

c) de 6 a 7 vezes.

Devido ao alto nível de interferência e à pequena intensidade absoluta de radiação, os valores máximos para a determinação das grandezas acima devem ter sido calculados com erro de até 50%.

Em relação aos anexos 11 (radiação total) e 12 ($K^{40}$), deve-se fazer as seguintes observações:

1. A equidistância no mapa de radiação total é de 50 cps, no da radiação de $K^{40}$ de 10 cps.

2. Não foram efetuadas correções de altura. A altura de vôo sobre o terreno, em relação à planejada, não variou (com raras exceções) mais do que 100 pés. Segundo KELLOG (1971), a uma altura média de vôo de 300 pés, uma variação de altura de 100 pés produz uma alteração teórica de aproximadamente 20% na intensidade de radiação; uma medida real da variação da radiação com a altura forneceu, contudo, apenas 10% para cada 100 pés (em faixa de 300 ± 100 pés). Esta discordância en



Mod. 002

NE 7530.0210.0343

tre a radiação calculada e medida provém do fato de que KELLOG considerou apenas a radiação proveniente do solo; a parte atmosférica, que é constante, contribui para que a taxa de variação da radiação com a altura decresça. Desde que as variações de intensidade com a altura são menores do que os níveis de interferência descritos, torna-se sem sentido computar a correção de altura.

3. O sobrevôo da linha de teste antes e depois de cada missão, assim como medidas diárias no solo, não forneceram qualquer indício de variações significativas na intensidade de radiação durante o tempo total de vôo; para o mapa de radiação total, foram utilizados os valores dos registros sem qualquer correção. A intensidade da radiação $K^{40}$ foi um pouco mais elevada em agosto do que em novembro (período das chuvas). Para se obter um nível de radiação uniforme, determinou-se as diferenças de radiação nos pontos de cruzamento dos perfís de medida e de controle; para cada perfíl de medida foi calculado um desvio médio em relação aos três perfís de controle. De acordo com o sinal desse desvio todos os valores de cada perfíl foram aumentados ou diminuidos, e referidos, portanto, ao nível de intensidade dos perfís de controle. A distribuição estatística das radiações de $K^{40}$, especialmente para o tempo de integração de 2 segundos, foi ajustada manualmente, antes das leituras, através do traçado de uma curva média.



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

## 7.5 - AVALIAÇÃO E REPRESENTAÇÃO DOS LEVANTAMENTOS MAGNÉTICOS

A confecção de um mapa da intensidade magnética total com equidistância de 25 $\gamma$, foi dificultado por uma série de deficiências:

a) Não existia estação terrestre para registro das variações diurnas do campo magnético; as medidas realizadas sobre as linhas de teste, antes e após cada vôo, não foram suficientes para uma eliminação satisfatória das variações diurnas.

b) Os dados existentes variam de qualidade; o nível de interferência esporadicamente alcançou apenas 2 $\gamma$, algumas vezes porém, 10 $\gamma$. Não foi fácil encontrar e eliminar as diferentes causas destas perturbações; elas são atribuidas aos campos elétricos e magnéticos produzidos pelos equipamentos e circuitos do helicóptero e da sonda.

c) Para remoção destas perturbações foram efetuadas (entre os levantamentos) modificações no magnetômetro ou na posição do sensor; isto alterou em parte o "heading error" (erro dependente da direção de vôo) inicialmente verificado durante a avaliação.

d) A suposição de que três perfís de controle, juntamente com as medidas sobre as linhas de teste deviam ser suficientes para eliminar as variações diurnas foi muito otimista; isto porque variam muito as diferenças entre os valores medidos nos pontos de cruzamento dos três perfís de controle com cada perfíl de medida. Grande parte destas diferenças é maior do que as va



Mod. 002 NE 7630.0210.0343

riações diurnas verificadas, sendo necessários mais de três pontos de intersecção para cada perfíl. A limitação a três perfís de controle, efetuou-se tendo em vista primeiro a avaliação sob forma manual.

Apesar das deficiências descritas, pôde-se encontrar, após algumas tentativas, um método de avaliação que possibilitou a confecção de um mapa de isolinhas da intensidade magnética total, com equidistância de 25 gamas (anexo 13). Em relação a este mapa deve-se mencionar que foi efetuada somente uma insignificante suavização das isolinhas, isto é, uma isolinha não apresenta deslocamento lateral superior a ± 6 gamas em relação aos valores reais registrados.

Os valores medidos sofreram os seguintes tratamentos:

1. Eliminação da variação diurna das medidas efetuadas - nos perfís de controle; para isto, determinou-se a diferença do campo magnético obtido durante o sobrevôo da linha de teste, antes e depois do levantamento dos perfís de controle, distribuindo-se a variação, linearmente por este período de tempo.

2. Determinação das coordenadas s dos pontos de intersecção dos perfís de controle e de medida no mapa de reconstrução das linhas de vôo; as coordenadas de alguns pontos de cruzamento foram obtidas diretamente dos filmes de vôo e comparadas com as do mapa. Uma vez que se encontrou uma boa concordância de coordenadas em todos os casos verificados, pôde-se aplicar intensivamente o método mais simples de determinação de coordenadas dos pontos de intersecção a partir dos mapas de reconstrução.



Mod. 002

NE 7530.0210.0343

3. Leitura dos valores registrados no perfíl de controle e de medida em cada ponto de intersecção. Cálculo da correção = valor medido no perfíl de controle menos o valor registrado no perfil de medida.

4. Reunião de todos os perfís de medida sobrevoados durante a mesma missão; em cada missão voaram-se em média quatro perfís, no máximo sete. Cada missão teve uma duração (tempo de vôo menos decolagem e aterrisagem) de aproximadamente 1 hora. Admitiu-se como quase linear a variação da intensidade do campo magnético possivelmente ocorrente neste período. As correções e suas coordenadas de todos os perfís pertencentes a um mesmo sobrevôo foram levadas a um computador de mesa, do tipo HP 9100-A, calculando-se a reta de ajuste para esta série de pontos, segundo o método - dos mínimos quadrados (programa de cálculo de J. Ostwald e K. Maekler); com o Plotter "em linha" os pontos e a reta de ajuste foram desenhados. Para quatro linhas por sobrevôo e três pontos de cruzamento por linha, a reta é determinada através de 12 pontos. A tendência da reta fornece a variação diária média do campo magnético durante o vôo; suas ordenadas mostram a diferença do campo magnético em relação ao nível dos perfís de controle, nos trechos correspondentes ( em tempo) ao sobrevôo de um determinado perfíl de medida. Com isto, cada perfíl de medida pode ser amarrado ao nível do campo magnético dos perfís de controle. Supõe-se, naturalmente, que as medidas ao longo dos perfís de controle estão livres de erro, com base nos seguintes fatos:



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

- os perfis de controle foram medidos sequencialmente, isto é, durante o mesmo vôo,
- a eliminação da variação diurna do campo magnético é efetuada segundo o item 1, ou melhor ainda, de acordo com os registros de uma estação terrestre. O processo acima descrito fornece resultados essencialmente melhores do que a determinação da reta de ajuste para cada perfil isolado; neste caso, há apenas tres pontos para o cálculo da reta de ajuste. A figura 11 mostra um exemplo para quatro perfis - 1030 a 1045 -; nesta pode-se também observar a oscilação dos valores de correção nos 12 pontos de cruzamento.

5. Em alguns diagramas de reta de ajuste, D. Kossmehl observou um salto sistemático nos valores de correção de perfis consecutivos, enquanto os valores de perfis alternados apresentam boa concordância. Isto se explica através dos já mencionados "heading error", quando se considera que cada perfil alternado tem a mesma direção de vôo, e dois perfis vizinhos têm direção oposta. Para eliminar os "heading error", somente os perfis voados na mesma direção durante uma missão foram reunidos para determinar a reta de ajuste.

6. A leitura dos valores registrados e de suas correspondentes coordenadas foi efetuada em intervalos de 10 gamas; para isto, utilizou-se um "over-lay" de linhas paralelas, com a linha zero coincidente com a reta de ajuste determinada para a correção média, desprezando-se a linha zero primitiva de registro. Foram anotados' também os mínimos e máximos relativos. As coordenadas-



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

# PITANGUI VÔO 41

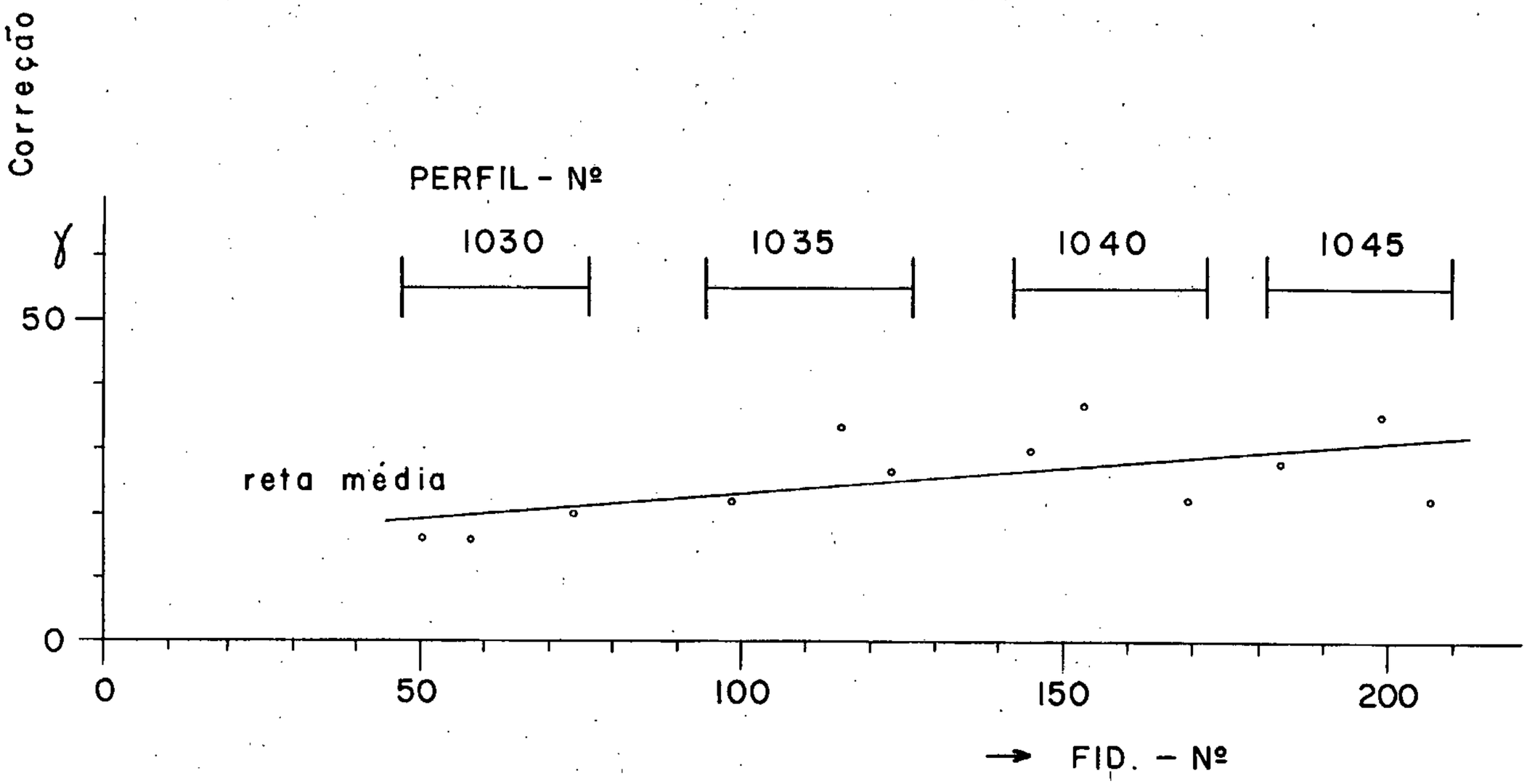



FIG II

CPRM

Mod. 002
NE 7530.0210.0343

CPRM

das leituras de 10 gamas e dos valores extremos foram tomadas do mapa de reconstrução das linhas de vôo. As isolinhas foram traçadas com equidistância de 25 gamas e levemente suavizadas, conforme descrito. No anexo 13, os valores das isolinhas, estão referidos ao valor absoluto de 23.000 gamas, da intensidade total do campo magnéticc. Uma comparação do mapa de isogamas obtido através do helicóptero com o mapa da Prakla, (anexo 2 ) indica que no primeiro, além das duas anomalias principais (mínimos) - que ambos mapas ressaltam nitidamente- evidencia-se uma série de outras pequenas anomalias ; isto se atribue à pequena altura de vôo e à pequena distância entre perfís do levantamento com o helicóptero.

# 8. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS DO LEVANTAMENTO

Para uma comparação mais direta dos mapas aerogeofísicos com:

a) a geologia
b) a topografia e os resultados dos levantamentos geofísicos terrestres

os anexos 5 e 10 estão em forma transparente para serem sobrepostos aos mapas do helicóptero. Todos os mapas foram inicialmente - confeccionados a partir do fotomosaico, cuja escala é de aproximadamente 1:28 000; os anexos estão reduzidos pela metade, isto é , em escala de mais ou menos 1:56 000.

## 8.1 - INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS DE HEM

Como mostra o anexo 8, na área de levantamento existem inúmeras regiões que se distinguem dos arredores por uma resistividade equivalente w consideravelmente menor. Essas regiões foram numeradas; a seguir elas são designadas apenas como anomalias.

Estão traçadas as isolinhas de w = 100, 20 e 5 Ohm.m. A localização dos valores máximos das anomalias nos registros de HEM foi assinalada por pontos escuros; nestes locais, o condutor tem a menor profundidade. Nas regiões com w menor do que 5 Ohm.m, frequentemente aparecem valores de w aproximadamente igual a 1 Ohm.m; resistividades desta ordem não são conhecidas para condutores eletrolíticos em rochas, com exceção de água salgada. Não existe indício da presença na área de água intersticial muito salgada; devido também à abundância de água flu

vio-pluvial na região, não se deve esperar água salgada no subsolo. Pode-se por isso admitir que a alta condutividade seja originária de condutores eletrônicos, como grafita, ou sulfetos.

Comparando com o mapa geológico, verifica-se que-com exceção das anomalias 15a, 16, 17,18, 20 e 21 - as anomalias ocorrem apenas em regiões dos sedimentos pré-cambrianos do Bambui. A área anômala 2, no trecho norte do vale do rio Pará, não deve ser correlacionada aos aluviões existentes na superfície , mas deve também, com grande probabilidade, ter sua causa nas camadas parcialmente subjacentes do Bambui; isto se deduz especialmente da profundidade do horizonte condutor, calculada em aproximadamente 30 m. Nas rochas do Grupo Minas e no gnaisse do complexo de Carioca não existem - com exceção das acima citadas - regiões de condutividade muito alta, isto é, as resistividades equivalentes nestes locais são sempre superiores a 100 Ohm.m.

### 8.1.1 - Comparação com os Resultados da Geofísica Terrestre.

Nas áreas de Pitangui-Norte e Pitangui-Sul ( anexo 10) levantamentos geofísicos terrestres e outros trabalhos geológicos foram realizados sobre uma rede de perfís (vide ULRICH et al., 1974), antes do levantamento - com o helicóptero; os pontos de medida sobre os perfís são caracterizados por uma coordenada norte e uma coordenada leste (ver anexo 10), referenciadas a um ponto inicial arbitrário.



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

a) Eletroresistividade

Comparando-se os resultados de HEM e do método Eletroresistividade, notam-se concordâncias considerá - veis; em áreas sem anomalias HEM não se encontraram camadas com resistividades menores do que 100 Ohm.m, pelo método de eletroresistividade. Uma pequena exceção ocorre ao sul da anomalia HEM 21 onde uma camada com 70 Ohm.m pode ser seguida ao longo do perfíl NS 180 até o ponto 180/180; a anomalia HEM, contudo atinge apenas o ponto 170/180. O método geoelétrico confirma as anomalias 20 e 21; nestas regiões existem no subsolo camadas boas condutoras com resistividades de 10 a 25 Ohm.m, como se deduz dos resultados dos perfís 180 E, 160 N e 200 N da geofísica terrestre.

A anomalia HEM 8, ao norte de Campo Grande corresponde, no método de eletroresistividade, a uma camada de 40 a 80 m de espessura, com resistividade de 15 a 40 Ohm.m, localizada no perfíl 240 E; as sondagens elétricas não cobrem, contudo, a extensão total da anomalia HEM.

Observa-se que a resistividade equivalente w do levantamento de HEM é geralmente menor do que a resistividade "real" determinada pelo método geoelétrico; a este respeito deve-se mencionar que a resistividade das camadas superficiais geralmente atingem valores de alguns milhares de Ohm.m. Sabe-se que é muito difícil determinar as resistências reais das rochas pela interpretação das medidas geoelétricas com curvas modelo disponíveis, quando as rochas sobrepostas têm resistividades



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

100 vezes maiores. Em compensação o HEM responde melhor justamente às áreas com resistividades mais baixas (vide item 4.2.1).

b) Slingram

Um menor grau de concordância do que o método de eletroresistividade mostra o Slingram com o método de HEM. É o caso por exemplo, da anomalia de HEM 21, que no método de Slingram é apenas indicada pela componente - "out-of-phase" (perfíl 200 N). Também a anomalia HEM 20 é fracamente detetada pelo Slingram, porém na mesma proporção em ambas componentes. Uma boa concordância , se bem que apenas qualitativa, já que não se fez qualquer avaliação para determinar a resistividade equivalente pelo método de Slingram, existe na região da anomalia 8. Esta ausência parcial de concordância entre Slingram e HEM e a boa concordância entre HEM e o método Eletroresistividade, não pode ser atribuida em todos os casos à pequena profundidade de resolução do Slingram (400 pés).

c) Potencial Espontâneo (SP)

Uma correlação ainda mais fraca pode ser assinalada entre a localização das anomalias HEM e a das grandes anomalias de Potencial Espontâneo das áreas de Pitangui-Norte e Pitangui-Sul. Somente em dois locais as duas anomalias ocorrem de modo aproximado:

1) Anomalia HEM 20 com a anomalia SP no ponto - 160/195
2) Anomalia HEM 19 com a anomalia SP do ponto - 220/200 (Pitangui-Sul).



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

As anomalias de SP ocorrem tanto no Grupo Minas como no Bambui. Desde que - menos as duas exceções acima - não se encontram indícios de camadas condutoras nas vizinhanças das outras anomalias de SP, deve-se supor que a causa das anomalias de SP não corresponde aos modelos padrões; ao contrário, as anomalias de SP observadas devem ser atribuidas a heterogeneidades laterais muito intensas dos potenciais eletroquímicos das águas intersticiais, sem qualquer contribuição de condutores eletrônicos. Isto indica que a coincidência das duas anomalias de HEM e SP foi fortuita, não existindo uma relação de causa.

### 8.1.2 - Trabalhos Terrestres Subsequentes nas Anomalias de HEM.

Diversos levantamentos subsequentes foram realizados sobre 6 anomalias de HEM, confeccionando-se três relatórios sobre os resultados. A tabela seguinte relaciona estes trabalhos

| Anomalia HEM Nº | Nome da Região | Métodos de Pesquisa | Autor |
|---|---|---|---|
| 1 | Rio Pará I | Geofísica, geologia, geoquímica e 3 sondagens. | RICHTER et alii abril 74 |
| 15 | Serra Antimes | Geofísica, geologia geoquímica e 1 sondagem. | RICHTER et alii dez. 74 |
| 8 | Jacuba | Geofísica | VIEIRA et alii |



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

| Anomalia HEM Nº | Nome da Região | Métodos de Pesquisa | Autor |
|---|---|---|---|
| 10 | Rio do Peixe II | Geofísica | VIEIRA et alii 1975 - (em elaboração) |
| 12 | Santiago N | Geofísica | VIEIRA |
| 13 | Santiago S | Geofísica | VIEIRA |

O anexo 10 mostra a localização e dimensão dessas áreas.

Os trabalhos subsequentes produziram em essência, os seguintes resultados:

1) A localização e as resistividades em parte muito baixas das anomalias de HEM puderam ser confirmadas pela Geofísica Terrestre em todos os casos; para a localização das anomalias no terreno, o método de Slingram com separação transmissor-receptor de 400 pés é o mais apropriado. Em alguns casos, pode-se detetar camadas condutoras até uma profundidade de 100 metros usando a eletroresistividade, o que não é possível com o Slingram.

2) As sondagens na região do rio Pará I e Serra dos Antimes, atingiram a 10 e 6 m de profundidade respectivamente, um xisto escuro carbonoso (grafítico ?), de 15 a 30 metros de espessura cujo conteúdo de carbono é, indubitavelmente, a causa das anomalias de condutividade.

3) As análises químicas dos testemunhos forneceram teores bem diferentes de alguns elementos nas duas



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

áreas pesquisadas. Nas sondagens do rio Pará I foram determinados os seguintes teores médios (ppm) no laboratório do CGBA/DNPM: Zn 50, Ni 45, Co 30, Pb 25, Cu 50, Li 13, V 273, Au 0,24. Estes valores situam-se dentro do "background" normal para xisto grafitoso, com exceção do Vanádio, cujo teor é o dobro do "background" ( RICHTER , et alii 1974 b). Muito mais interessantes são os resultados da análise efetuada pelo LAMIN em oito amostras de testemunhos de Serra dos Antimes; obteve-se os seguintes valores médios (ppm): B 980 (10); Ba 3340 (4,5) ; Be 1,7 (0,6); Co 80 (4); Cr 200 (2); Cu 625 (12); La 55 (1); Mo 11,5 (5); Ni 160 (2); Pb 25 (1,2); Sc 17 (1,5); V 210-(1,6); W 325 (170); Y 60 (2,1) e Zr 140 (0,8). Os números entre parentêses representam os fatores de concentração em relação ao valor médio mundial para xistos (segundo tabelas de ROESLER e LANGE, 1965); estes fatores foram determinados por W. Eberle para o relatório de - RICHTER et al., dez. 1974. O teor de carbono dos testemunhos não foi determinado até o momento. Richter e Eberle são de opinião que os resultados das análises indicam uma concentração de elementos sob condições euxínicas; devido aos altos teores de Boro, Wolfrâmio e Bário, Eberle supõe a participação de processos singenético-exalativos.

4) Deve-se notar que as análises geoquímicas das amostras de sedimentos de corrente localizados sobre os xistos escuros perfurados na Serra dos Antimes não apresentaram qualquer indicação sobre o conteúdo mineral destes xistos; também nas regiões das demais anomalias de HEM não se observou qualquer correlação com os resultados



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

da geoquímica. Os elevados teores de Cu (460 ppm) descritos por D. Hagen no "Follow-up"geoquímico na área 1, a NE de Papagaios (fora da área do levantamento do helicóptero) poderiam igualmente provir destes xistos escuros. Este fácies não era ainda conhecido nesta região, na época das pesquisas.

### 8.1.3 - Interpretação das demais Anomalias de HEM

Depois que as sondagens no rio Pará I (anomalia-1) e Serra dos Antimes (anomalia 15) demonstraram que o bom condutor é um xisto carbonoso escuro, pode-se supor que as demais anomalias de HEM localizados sobre o Bambui, em especial as de resistividade equivalente inferior a 5 Ohm.m (identificadas no anexo 8 por simbologia-específica), foram também causadas por xistos escuros.

Nas regiões das anomalias, o topo do bom condutor tem profundidade inferior a 80 metros, mas é bastante presumível, de acordo com os resultados de HEM, que o condutor ocorra lateralmente a maiores profundidades, além dos limites pontilhados no anexo 8. Determinou - se uma profundidade média de 30 a 50 metros para o topo do condutor. Os resultados da pesquisa complementar com o Slingram permite supor que em muitos lugares o condutor se encontra a apenas 10 m abaixo da superfície.

As anomalias HEM restantes, a saber as de número 15a, 16, 17, 18, 19 (somente em parte), 20 e 21 encontram-se, segundo o mapa geológico de P. Richter, sobre o Grupo Minas; no complexo gnáissico de Carioca não foram



Mod 002 NE 7530.0210.0343

encontradas anomalias de HEM. O autor considera possível que as anomalias citadas por último não tenham suas origens em camadas do Grupo Minas, mas sim que estejam relacionadas a relíctos do Grupo Bambuí; assim, por exemplo, é muito improvável que uma pequena parte da anomalia 19 em Velho da Taipa se situe em região das rochas do Grupo Minas, enquanto a maior parte (a Norte), no Bambuí. Com base na topografia e em concordância com os resultados da Radiometria (vide item 8.3), as anomalias 20 e 21 podem ter sido causadas por sedimentos do Bambui, aí depositados em uma bacia existente no passado.

É possível ainda, que a sedimentação do Bambui tenha ultrapassado o limite atual, além das anomalias 15 e 19, e atingido a região das anomalias 15a, 16, 17 e 18, onde deixou relíctos de sedimentos relativamente condutores; a condutividade na região dessas anomalias é relativamente mais baixa (5 a 50 Ohm.m) do que a das anomalias sobre o Bambui, sendo pouco provável que, na região das anomalias 15a a 18, o fácies de xisto escuro, quando totalmente desenvolvido, tenha teor muito alto de carbono.

## 8.2 - INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS DE VLF

No mapa de isanomalas de VLF (anexo 9), procura-se em vão por uma confirmação das anomalias de HEM (anexo 8), isto é, as regiões de boa condutividade do Bambui; as anomalias de HEM e VLF se distribuem de maneira totalmente diferentes. À primeira vista, isto é incompreensível, pois ambos métodos devem fornecer informações sobre a distribuição de condutividade das ro



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

chas. Como foi mencionado no item 4.2.2, o VLF somente fornece variações do campo magnético horizontal (ou seja anomalias), quando a condutividade do subsolo varia lateralmente, o que certamente acontece nas bordas das anomalias de HEM;pode-se verificar, contudo, que o método de VLF não é particularmente sensível às mudanças de condutividade da área.

Segundo MADDEN e VOZOFF (1971), Caso 060, pode-se esperar uma variação máxima em $H_y^0$ (componente em-fase) de 23% (- 7 a + 16%) nas proximidades do contato entre dois semi- espaços com resistividades de $\rho_2$ = 10 000 Ohm.m (esquerda) e $\rho_1$ = 1 000 Ohm.m (direita); se $\rho_2$ = 10 Ohm.m e $\rho_1$ = 1 000 Ohm.m (Caso 078), a variação máxima será de apenas 15% (- 6 a + 9%),ainda que a relação de condutividade seja igual a 100 (em comparação com 10 no caso anterior). Estes valores se aplicam para a frequência de 20 kHz. À primeira vista, tais anomalias podem ainda ser medidas. Uma camada delgada de condutividade média sobre zonas com diferentes condutividades produz efeitos diferentes: segundo o Caso 063, onde uma camada de apenas 10 m de espessura e $\rho_0$ = 100 Ohm.m se sobrepõe ao semi-espaço do Caso 060, a anomalia VLF ainda presente tem no máximo 1,1 % (- 0,7 a + 0,4 %); anomalias ainda menores (não calculadas por MADDEN e VOZOFF), deve apresentar o Caso 078, com camada sobreposta.

As sondagens no rio Pará I e Serra dos Antimes mostram que o xisto escuro bom condutor está recoberto por alguns metros de material margo-argiloso ou simplesmente argiloso, cuja resistividade deve ser inferior a 100 Ohm.m; de acordo com a teoria, não se deve esperar qualquer anomalia perceptível de VLF sobre as anomalias de HEM.

Um pouco mais favoráveis se mostram as medidas de VLF



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

realizadas ao nível do solo; o Caso 063, por exemplo, pode ser detetado como uma anomalia de 8% (em $H_y^0$).

Segundo os cálculos de modelos de MADDEN e VOZOFF, pode-se ainda deduzir que a componente horizontal do campo magnético do VLF varia em grande proporção com a topografia, sem que haja variação da condutividade das rochas; isto é válido especialmente para estruturas geológicas normais à direção do campo magnético primário. Alguns exemplos:

1) 80 m acima do pico de uma elevação com 100 m de altura e 400 m de largura (inclinação da encosta de 26,5°), $\rho$ = 1000 Ohm.m, localizada em uma vizinhança plana, $H_y^0$ = 112% e $H_y^{90}$ = 94%, em relação a $H_0$ da parte plana; na base da encosta, $H_y^0$ = 97% e $H_y^{90}$ = 103,5 %.

2) 80 m acima do fundo de um vale com 100 m de profundidade e 400 m de largura, $H_y^0$ = 79 % e $H_y^{90}$ = 108,5 % em relação a $H_0$; pouco antes da borda do vale, $H_y^0$ = 102% e $H_y^{90}$ = 98,5 %.

Não vale a pena calcular as variações de VLF com a topografia e corrigir os valores medidos em cada perfíl, já que tais cálculos provém de casos ideais como por exemplo estruturas alongadas perpendiculares ao campo primário. Na morfologia complexa de ambos os lados do rio Pará existe pouca perspectiva para cálculo de efeitos topográficos.

Uma comparação detalhada dos resultados de VLF com a topografia do anexo 10 mostra que os mínimos e máximos de VLF são bastante correlacionáveis aos vales mais profundos e aos espigões, por vezes até mesmo em todos os pormenores. Em alguns lugares, por outro lado, não se verifica tal concordân



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

cia; sem maiores estudos não se pode indicar causas para esses eventos. Não se determinaram diferenças sistemáticas entre as anomalias de VLF e a topografia, ligadas a possíveis falhas com condutividade diferente da vizinhança, que se manifestassem - contínuamente sobre vários perfís. A parte nordeste da área , onde ocorre o Grupo Bambui tem relevo levemente ondulado; em consequência, aparecem apenas poucas anomalias fracas de VLF . As anomalias negativas são quase sempre causadas pelos vales (vide anexo 5).

Concluindo, deve-se salientar que o levantamento com VLF aerotransportado não forneceu informações úteis sobre a constituição do subsolo desta área. Pode-se esperar resultados melhores em áreas mais planas onde as diferenças de condutividade entre os complexos de rochas má condutoras tenham qualquer interesse .

## 8.3 - INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS RADIOMÉTRICOS

### 8.3.1 - Radiação Total

A comparação da distribuição regional da radiação total (anexo 11) com o mapa geológico (anexo5) permite as seguintes observações:

1. Com pouquíssimas exceções, a intensidade de radiação total em toda a área de ocorrencia do Bambui fica entre 200 e 250 cps, sem qualquer arranjo preferencial; em concordância com a geologia dc Bambui, estruturas ou direções de camadas não se fazem reconhecer. Grosso modo,



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

a isolinha de 200 cps marca o contato do Bambui com as rochas do Grupo Minas, em alguns casos até nos menores detalhes; esta delimitação é incerta apenas na área a sul de Conceição do Rio do Peixe.

2. A intensidade de radiação total nas áreas do Grupo Minas fica entre 100 e 200 cps. A sul de Conceição do Rio do Peixe, em áreas de ocorrência do Minas, ocorrem também valores de até 250 cps; não se pode excluir a possibilidade da existência de relíctos do Grupo Bambui neste local. As isoradias de 150 cps mostram grosseiramente a direção das camadas do Grupo Minas.

3. A identificação dos contatos do complexo gnáissico de Carioca (Pré-Minas) com os Grupos Bambui e Minas, através da radiação total, não é muito nítida, se os limites entre as rochas estiverem corretamente traçados no mapa geológico. No complexo gnáissico observa-se uma distribuição irregular dos elementos radioativos. A NW de Conceição do Pará foram medidos sobre o gnaisse valores de apenas 150 cps, correspondentes à intensidade de radiação do Grupo Minas; nas demais áreas de gnaisses a radiação total fica acima de 200 cps. Uma faixa nítida de aproximadamente 1,5 km de largura, que se extende a partir de Conceição do Pará por cerca de 10 km na direção WNW, e prossegue para norte por mais 9 km, apresenta in



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

tensidade da ordem de 300 a 400 cps; P. Richter supõe que esta faixa tenha sido a área- fonte dos conglomerados radioativos (Minas) de Serra Grande.

8.3.2 - Radiação de Urânio

Elevados valores da radiação de Urânio são observados principalmente na faixa do gnaisse acima citada (vide anexo 11). Existem máximos de radiação de até 7 vezes o "background"; os valores absolutos da radiação do Urânio no entanto são, mesmo nos seus máximos, muito pequenos - eles têm de 20 a 24 cps.

Na faixa mencionada, a radiação do Tório também é elevada, mas com máximo de apenas 3 vezes o " back - ground"; parece pois, existir um enriquecimento relativo de Urânio. Não se conhece, até o momento, o causador da alta radiação no gnaisse e suas concentrações.

Em alguns locais do vale do rio Pará observam - se intensidades elevadas da radiação total e de Urânio ; podem ser causadas por depósitos fluviais de materiais ' radioativos oriundos dos gnaisses ou pelos conglomerados radioativos do Grupo Minas. Com base nos resultados obtidos não se deve esperar enriquecimentos mais altos do que os das rochas primárias.

No curso superior do riacho do Campo Grande , próximo a Serra do Pompeo (vide anexo 5), e na parte média do riacho que, vindo de NE, deságua no rio Pará próximo de Velho da Taipa, encontram-se igualmente, alguns locais com radiação elevada de Urânio; a área fon



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

te não pôde ser localizada através de medidas radiométricas, mas deve situar-se em região do Grupo Minas.

8.3.3 - Radiação de Potássio-$^{40}$

A distribuição de $K^{40}$ (anexo 12) não é correlacionável às unidades geológicas aflorantes. Embora se possa delimitar regiões com diferentes intensidades de radiação por meio de quatro isolinhas de 10 a 40 cps, não é possível efetuar uma correlação com as formações geológicas: no Bambui ocorrem intensidades entre 3 e 40 cps, valores muito próximos aos dos gnaisses, entre 2 e acima de 40 cps; no Grupo Minas observam-se valores entre 2 e 30 cps.

Uma exceção na distribuição desordenada da radiação do Potássio-$^{40}$ constitui apenas a faixa já mencionada dentro do gnaisse, com altos valores de radiação total e de Urânio; esta faixa também se distingue da vizinhança pela sua elevada intensidade de radiação de $K^{40}$. Isto constitui outro indício de que esta faixa possui uma composição diferente em relação às outras partes do gnaisse.

Do que foi mencionado acima, pode-se concluir que as medidas de radiação total (ou da radiação de Tório, vide item 7.4):

a) Podem servir como ajuda para o mapeamento geológico, especialmente para a delimitação entre o Grupo Bambui e o Grupo Minas;



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

b) Contribuem para descoberta e diferenciação de regiões dentro dos gnaisses que se distinguem, provavelmente, através de diferentes quimismos.

A radiação $K^{40}$ possui interesse nesta área somente no caso (b) acima citado. As áreas de elevada radiação de Urânio coincidem essencialmente com as de radiação total e de tório.

## 8.4 - INTERPRETAÇÃO DAS ANOMALIAS MAGNÉTICAS

O mapa da intensidade magnética total apresenta duas áreas principais de anomalias:

1) Campo Grande, com mínimos de 540 e 548 gamas
2) W de Pitangui, com mínimos de 885, 595 e 303 gamas.

Os valores registrados representam a diferença entre a intensidade total medida e o valor de 23.000 gamas. Desde que, segundo a Prakla, o valor médio da intensidade total nesta região é de aproximadamente 24.100 gamas, a isolinha de 1.100 gamas pode ser considerada como linha base.

Para interpretação das anomalias principais, os perfís - AB e CD foram amostrados por J. Ostwald, que efetuou a determinação dos corpos magnéticos responsáveis; o contorno dos corpos magnéticos e sua profundidade estão registrados no mapa.

Corpo (1): seu topo, que a SW se encontra a uma profundidade de cerca de 600 m, mergulha para NE por uma extensão de 2,5 km e atinge profundidade de 800 m. Seu limite norte pode coincidir com uma falha de direção aproximada



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

E-W, indicada por uma curvatura das isanômalas e por uma volta acentuada do rio Pará. Adotando-se mergulho vertical para o corpo, e uma inclinação magnética aparente de $0^{o}$, obtém-se uma intensidade de magnetização J = 125 gamas.

Com base na estruturação geológica apresentada pelo Sinclinal de Pitangui, pode-se supor que o corpo (1) se compõe de itabiritos intercalados a essas profundidades dentro das formações do Grupo Minas. A hipótese inicial de um corpo intrusivo básico em profundidade, formulada com base na forma quase circular da anomalia no mapa da Prakla, não foi confirmada pelos resultados do levantamento de detalhe; verifica-se que a anomalia está localizada na direção do sinclinal de Pitangui.

Corpo (2): a interpretação dos valores magnéticos ao longo do perfil CD, resultou em um corpo cujo topo meridional encontra-se a uma profundidade de 100 m; para norte sua superfície mergulha até uma profundidade de 300 metros. Adotou-se um mergulho vertical e uma inclinação magnética aparente de $22^{o}$, resultando um valor de J = 100 gamas para a magnetização. Seus prováveis limites podem ser verificados no mapa. As pequenas anomalias com mínimos de 595 e 303 gamas sobrepostas à anomalia principal são causadas por corpos rasos, com grande probabilidade os itabiritos que parcialmente afloram (vide ítem 6.7.1). Muito provavelmente, também o corpo (2) é constituído de itabirito.

A anomalia com mínimo de 591 gamas do rio Pará, foi também interpretada por J. Ostwald, através do perfil EF. Como resultado, obteve-se um corpo quase aflorante com uma magnetização de 75 gamas, mergulho vertical e uma inclinação magnética



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

aparente de 15°. O corpo se encontra - segundo o mapa geológico - na região das camadas itabiríticas do Grupo Minas e pode igualmente ser constituido de itabirito. Dentro destas faixas itabiríticas ocorrem outras anomalias de menor dimensão - (por exemplo mínimo de 987 gamas) a norte, atribuíveis também aos itabiritos. A mesma interpretação é válida para as fracas anomalias nas proximidades de Conceição do Pará e para as anomalias localizadas a leste de Pitangui, principalmente a de Serra dos Antimes, que se encontra predominantemente em região de rochas do Grupo Minas.

No Gnaisse não existe anomalia de destaque; pode-se talvez mencionar a ocorrência de uma pequena (M = 955 gamas) em sua parte norte.

No Bambui, especialmente em sua parte central, a NE de Campo Grande, quase não ocorrem anomalias magnéticas; este fato leva a conclusão de que neste local não há itabiritos com grande espessura sob o Bambui.

## 9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As observações seguintes referem-se, de um lado, à experiência obtida com os trabalhos de levantamento e compilação de dados, e de outro, aos resultados dos levantamentos geofísicos.

### 9.1 - OPERAÇÕES DE MEDIDA E COMPILAÇÃO DOS DADOS

Pode-se afirmar que o helicóptero modelo S-58T é apropriado para as missões a que se propôs no CGBA - levantamento aerogeofísico e treinamento de pessoal. As paradas por causa de peças defeituosas podem ser consideradas normais - contanto - existissem peças sobressalentes, os reparos puderam ser realizados rapidamente. O compartimento de carga (e passageiros) relativamente espaçoso prestou-se muito bem à instrução dos operadores.

Tanto o helicóptero em sí, como também o sistema geofísico, devido à sua complexidade técnica, requerem grande dedicação do pessoal de operação e de manutenção; a eficácia de um levantamento com helicóptero depende muito das condições de treinamento, da experiência e do interesse da equipe, isto é, dos pilotos, do pessoal de bordo e do pessoal da eletrônica.

Pausas de serviço muito prolongadas produzem efeitos muito desfavoráveis nos equipamentos de medida: como causas de interferências nos registros pode-se citar maus contatos causados por corrosão, e alterações da capacidade dos capacitores eletrolíticos. Durante os trabalhos, as unidades eletrônicas - acusaram frequentemente pouca robustez mecânica, como por exem



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

plo, o pré-amplificador da sonda HEM e do magnetômetro assim como alguns componentes do emissor de HEM.

A instalação do sensor do magnetômetro no suporte cilíndrico("boom")horizontal a uma distância relativamente pequena do helicóptero mostrou-se problemática; verificou-se que o giroscópio comandado pela bússola perturbaas medidas magnéticas. Recomenda-se, portanto, que o giroscópio seja desligado durante as medidas ou instalado em outro local do helicóptero.

O gama-espectrômetro mostrou-se menos infenso a interferências. Recomenda-se contudo, que o controle do ajuste dos cristais se faça, não apenas uma, mas várias vezes por ano.

A navegação com mosaicos mostrou-se um método adequado. A sinalização dos perfís através de bandeiras no terreno não é necessária para navegadores bem treinados. A reconstrução - das linhas com base nos filmes de vôo é normalmente muito demorada mas póde ser acelerada com pessoal selecionado e experiente.

A avaliação inteiramente manual dos registros é, devido à demora, muito dispendiosa. Por isto é necessário, como etapa seguinte para acelerar a compilação dos dados, a digitalização dos dados de registro e do perfíl de vôo em um computador apropriado e posterior processamento eletrônico. À época da confecção deste relatório, os programas de processamento - necessários estavam na maior parte prontos.

Para a eliminação da variação diária do campo magnético, deve-se utilizar de preferência os dados sincronicamente registrados de uma estação terrestre. Este procedimento parece adaptar-se melhor à solução do problema, do que a minimização estatística simples dos desvios, nos pontos de cruzamento dos



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

perfís de medida e de controle, originados das variações diárias e erros de medida. Condição prévia para a utilização de uma estação terrestre, contudo, é que a variação magnética diurna seja a mesma para toda a área de pesquisa.

## 9.2 - TRABALHOS COMPLEMENTARES DE PROSPECÇÃO

Do ponto de vista da prospecção mineral, o resultado mais interessante do sobrevôo de detalhe nesta área talvez seja a descoberta dos xistos escuros carbonosos do Bambui. Os resultados das análises dos testemunhos de rio Pará I e Serra dos Antimes mostram diferenças marcantes nos respectivos conteúdos minerais (vide item 8.1.2). Estas ocorrências situam - se nas bordas da bacia de sedimentação Bambui. Interessa sobremaneira agora, e é necessário verificar através de sondagens, a composição mineralógica das anomalias mais centrais, que provavelmente também seriam causadas por xistos escuros. Através do estudo sistemático de todas as anomalias de HEM (ocorrências de xistos escuros do Bambui), pode-se obter informações sobre o gradiente do conteúdo mineral em uma determinada direção e determinar as zonas de maior teor. Talvez se possa inclusive localizar as áreas de proveniência deste material.

A área de pesquisa Pitangui abrange apenas uma pequena zona marginal de ocorrência do Bambui. Torna-se necessário verificar com outros sobrevôos de HEM e pesquisas complementares, se o xisto escuro ocorre também em outras zonas dentro do Bambui e se nestas, existem maiores teores de diferentes elementos como cobre, wolframio e vanadio, do que os encontrados até agora na região de Pitangui.



Mod. 002 NE 7530.0210.0343

Para determinação dos locais mais favoráveis para sondagem existe um plano detalhado para trabalhos geofísicos terrestres complementares nas anomalias HEM conhecidas, o qual não foi incluido ainda no programa de trabalho para 1975 do CGBA; antes disso, devem ser pesquisadas as anomalias HEM da área de Papagaios. Como nesta área só foi sobrevoada uma pequena faixa da região limítrofe Bambui/Minas, permanecerá ainda sem resposta, mesmo após esses trabalhos complementares, a questão do conteúdo mineralógico nas ocorrências mais centrais do xisto escuro.

Os resultados dos outros três métodos de pesquisa não forneceram - com exceção das ocorrências de itabirito descritas e em parte já conhecidas - qualquer indicação direta sobre jazidas que poderiam ser detetadas por esses métodos. Recomenda-se a pesquisa geológica das faixas com alta radiação dentro do complexo gnáissico de Carioca, e a análise química de algumas amostras com alto nível de radiação.



Mod. 002

NE 7530.0210.0343

## 10. BIBLIOGRAFIA


BREINER, S. - 1973 - "High Resolution Airbone Magnetics and Gamma Ray Spectrometry for Reconnaissance Geological Mapping" Geometrics - Palo Alto, California USA - "Separata".

FRISCHKNECHT, F.C. - 1967 - "Fields about an Oscillating Magnetic Dipole over the Two-Layer Earth". Quarterly of the Colorado School of Mines v. 62 nº 1.

GHOSH, M. K. and WEST, G.F. - 1971 - "AEM Analogue Model Studies"- Norman Paterson & Associates Limited, Toronto Canada.

KELLOG, W. C. - 1971 - "Calculation of Airbone Radioactivity Survey Responses: Theory, Method, and Field Tests". Lockwood, Kessler and Bartlett, Inc. Consulting Engineers, Pasadena California USA.

KNECHT, Th. - 1928 - "Das Goldvorkommen des Pitangui-Distrikts in Oestlichen Minas Gerais, Brasilien", z. f. prakt. Geol., S.7-11.

LOWRIE, W. and WEST, G. F. - 1965 - "The Effect of a Conducting Overburden on Electromagnetic Prospecting Measurements" - Geophysics v. 30 pp 624-632.

MADDEN, T. R. and VOZOFF, K. - 1971 - "VLF Model Suite" - Second Edition

MALMQUIST, D. - 1965 - " A Numerical Calculation of the Electromagnetic Field from a Vertical and a Horizontal Magnetic - Dipole above a Homogeneous Earth". Geoexploration v. 3 nº 3 pp 175-227.




Mod. 002 NE 7530.0210.0343

SCHWARZER, T. F. and ADAMS, J. A. S. - 1973 - "Rock and Soil Discrimination by Low Altitude Airborne Gamma Ray Spectro - metry in Payne County, Oklahoma". Economic Geology v. 68 pp 1297-1312.

SENGPIEL, K. P. - 1974 - "Verificação do Sistema HEM com uma Bobina de Aferição Externa". CGBA Belo Horizonte "inédito".

WAIT, J. R. - 1955 - "Mutual Electromagnetic Coupling of Loops over a Homogeneous Ground". Geophysics v. 20 nº 3 pp 630-637.

RICHTER, P., LACERDA G. M., HAGEN, D. e BOSUM, W. - 1975 - "Reconhecimento Geológico-Geoquímico em Pitangui, Papagaios e Pequi, Minas Gerais". Relatório CGBA Belo Horizonte.

RICHTER, P., HAGEN D. e ULRICH H. J. - 1975 - "Detalhamento Geofísico-Geoquímico da anomalia HEM de Rio Pará, Pitangui Minas Gerais". Relatório CGBA - Belo Horizonte.

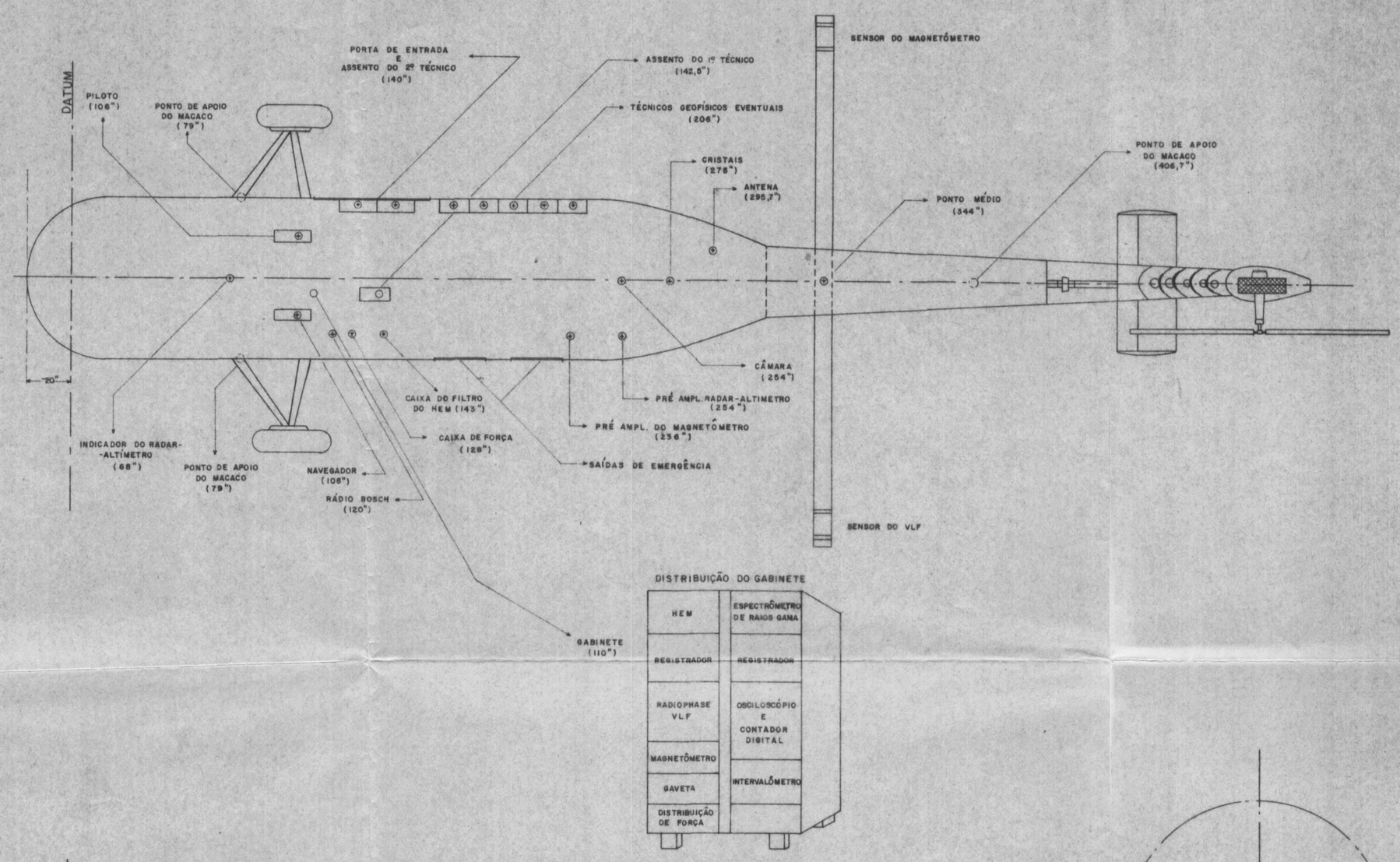
ULRICH, H. J., RICHTER P. e BOHN VIEIRA A. - 1975 - " Detalhe Geológico-Geoquímico e Geofísico da Anomalia HEM de Antimes, Pitangui-Minas Gerais". Relatório CGBA - Belo Horizonte.

RICHTER P., LACERDA G. - 1975 - "Ocorrências de Conglomerados Radioativos em Serra Grande - Onça do Pitangui - Minas Gerais." Relatório CGBA - Belo Horizonte.

ULRICH H. J., RICHTER P., HAGEN D. e PAULINO J. - "Detalhamento Geológico-Geoquímico-Geofísico Pitangui Norte e Sul , Minas Gerais." Relatório CGBA - Belo Horizonte - "Inédito".



Mod. 002 NE 7530.0210.0343




NOTA: AS DISTÂNCIAS EM POLEGADAS SÃO REFERIDAS AO DATUM DA FIGURA.

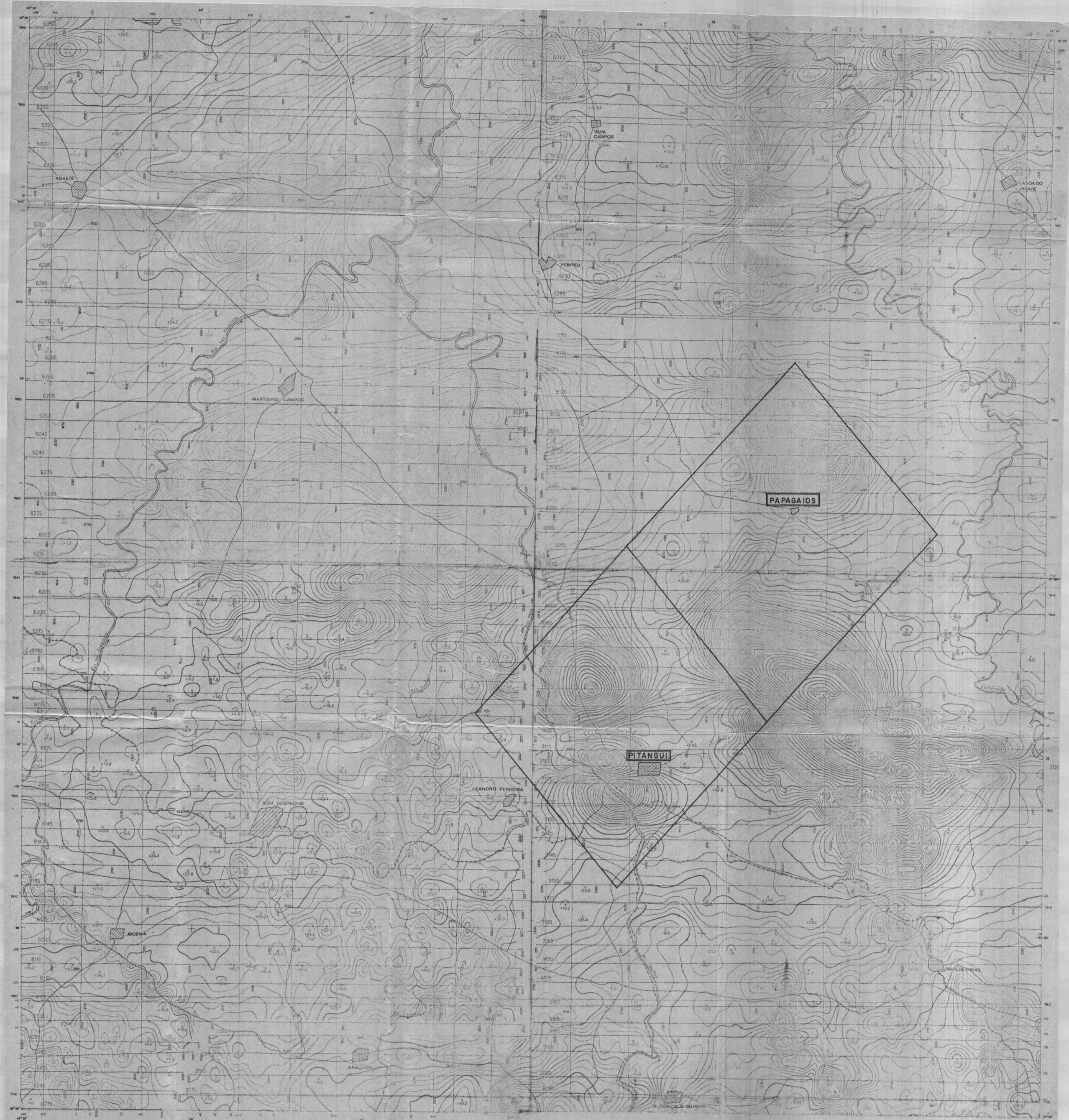
CONVÊNIO GEOFÍSICA BRASIL-ALEMANHA

ÁREA DE PITANGUI - MINAS GERAIS
DETALHAMENTO AEROGEOFÍSICO POR HELICÓPTERO

DISTRIBUIÇÃO ESQUEMÁTICA DOS EQUIPAMENTOS AEROGEOFÍSICOS NO HELICÓPTERO — SIKORSKY S-58 T

ANEXO I

DES: HELOISA S. SILVA




## ESPECIFICAÇÕES GEOFÍSICAS

MAGNETÔMETRO (PROTONS) PRAKLA PM 34 GEOMETRICS G.803

PRECISÃO DO MAGNETÔMETRO ± 1 γ

ESPAÇAMENTO ENTRE MEDIDAS ~ 66 m

ISO-ANÔMALAS DA INTENSIDADE MAGNÉTICA TOTAL COM VALORES EXTREMOS, EQUIDISTÂNCIA 5 γ

INCLINAÇÃO MAGN. MÉDIA : 21°S

DECLINAÇÃO MAGN. MÉDIA : -17°

INTENSIDADE MAGN. MÉDIA : 24 150 γ

CAMPO REGIONAL REDUZIDO. ÉPOCA 1971.5

$$T(I) = a_{00} + a_{10}\Delta x + a_{01}\Delta y + a_{11}\Delta x\Delta y + a_{20}\Delta x^2 + a_{02}\Delta y^2$$

$\Delta x = x - 7.800$ km $\quad \Delta y = y - 810$ km

$a_{00} = 24.104 - 0.02$ (ALT. VÔO - 1.200 m) (γ)

| | |
|---|---|
| $a_{10} = 0.850\,61$ | $a_{01} = 0.319\,61$ |
| $a_{20} = 0.000\,002\,33$ | $a_{11} = -0.000\,323\,82$ |
| $a_{02} = 0.000\,365\,12$ | |

LINHA DE VÔO COM NÚMERO E MARCA FIDUCIAL 4075 / 2250

ESPAÇAMENTO

DAS LINHAS DE MEDIDAS : 2 km

DAS LINHAS DE CONTRÔLE : 14 - 20 km

ALTURA CONST. DE VÔO SÔBRE NÍVEL DO MAR : V. ÍNDICE

ALTURA MÉDIA SÔBRE TERRENO : 200 m

NAVEGAÇÃO PELO SISTEMA DOPPLER / FILME AMARRADA AOS MAPAS TOPO. DISPONÍVEIS OU PONTOS DE TRIANGULAÇÃO

ESCALA 1:200 000

0 1 5 10 Km

SISTEMA UTM MERIDIANO CENTRAL 45° O. GR. ELIPSOIDE INTERNACIONAL

ÍNDICE

DAS ÁREAS DE MEDIDAS NA FÔLHA COM NÚMERO E ALTURA DE VÔO EM m

6 / 950 — 12 / 1370

DAS FÔLHAS ADJACENTES

FÔLHA SE-23-Y-D-VI

| | | |
|---|---|---|
| AUTOR Dr. D.C. BOIE | | ESC. 1:200 000 |
| DES. G. LUIR | DATA 1971 | |

CONVÊNIO GEOFÍSICA BRASIL - ALEMANHA
MISSÃO GEOLÓGICA - GEOFÍSICA ALEMÃ EM BELO HORIZONTE

MAPA DE INTENSIDADE MAGNÉTICA TOTAL

MINAS GERAIS

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

C.P.R.M

BUNDESANSTALT FÜR BODENFORSCHUNG

B.F.B

SERVIÇO GEOLÓGICO FEDERAL DA ALEMANHA

# CONVÊNIO GEOFÍSICA BRASIL-ALEMANHA

## ÁREA DE PITANGUI - MINAS GERAIS
## DETALHAMENTO AEROGEOFÍSICO POR HELICÓPTERO

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE PESQUISA

ANEXO 2

# MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA

## DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

MAPA GEOLOGICO
FOLHA SE-23-Z-C-IV

ÁREA PITANGUI
(Helicóptero)

MARTINHO CAMPOS
PAPAGAIOS
MARAVILHAS
SETE LAGOAS
CONCEIÇÃO DO RIO DO PEIXE
CATITA
CAMPO GRANDE
SERRA DO POMPEU
SERRA DOS ANTAS
SERRA DO HOUTAS
SERRA DA FABRICA
PEQUI
PITANGUI
VELHO DA TAIPA
SÃO JOSÉ DA VARGINHA
JAGUARA
ONÇA
CONCEIÇÃO DO PARÁ
CAPOEIRA GRANDE
COVA D'ANTA
CARIOCA
PARA DE MINAS
LEANDRO
SÃO GONÇALO DO PARÁ

## CONVENÇÕES-LEGENDE

A — ALUVIÃO / ALUVIUM

SL — SOLO VERMELHO / ROTLEHM

### GRUPO BAMBUI

BAMBUI INDIVISO / BAMBUI UNGEGLIEDERT — PRECAMBRIANO SUPERIOR

### GRUPO MINAS

FILITOS DE CÔRES VARIADAS / BUNTE PHYLLITE

QUARTZITOS - COM CONGLOMERATOS E PIROFILITOS / QUARZIT MIT KONGLOMERATEN UND PYROPHYLLIT

CAMADAS ITABIRITICAS / ITABIRIT - SCHICHTEN

ANFIBOLITOS / AMPHIBOLIT

— PRECAMBRIANO

### GRUPO PRÉ-MINAS

COMPLEXO GNAISSICO DE MARAVILHAS / GNEISKOMPLEX VON MARAVILHAS

COMPLEXO GNAISSICO DE CARIOCA / GNEISKOMPLEX VON CARIOCA

### ROCHAS INTRUSIVAS / INTRUSIVGESTEINE

GRANITOS / GRANIT

DIQUE EM GERAL / GANG ALLGEMEIN

DIQUE DE DIABASIO / DIABASGANG

DIQUE DE GRANITO / GANGGRANIT

"MONADNOCK" DE GNAISSE / GNEISHARTLINGE

CONTATO GEOLÓGICO DEFINIDO / GEOLOGISCHE GRENZE, SICHER

CONTATO GEOLÓGICO INFERIDO / GEOLOGISCHE GRENZE, VERMUTET

FALHA INFERIDA / STÖRUNG, VERMUTET — FALHA / STÖRUNG

FRATURA / KLUFT

X — MINA EM ATIVIDADE / BERGBAU IN BETRIEB

X — MINA ABANDONADA / BERGBAU AUFGELASSEN

AL — PIROFILITO - PYROPHYLLIT
Au — OURO - GOLD
CG — CALCARIO - KALK
Fe — FERRO - EISEN
Q — QUARTZO - QUARZ
102 — AMOSTRAS PARA DETERMIN. RAD. DE IDADE / PROBEN FÜR RAD. ALTERSBEST.

### FOSSEIS - FOSSILIEN

ESTROMATOLITOS / STROMATOLITHEN

CIDADE / STADT

ESTRADA / STRASSE

DRENAGEM / FLUSS

## CONVÊNIO GEOFÍSICA BRASIL-ALEMANHA

BASE PLANIMETRICA CONFECCIONADA COM O AUXILIO DA FOLHA SE-23-Z-C-IV DA CARTA DO BRASIL, DO IBGE
ESCALA 1:100.000

LOCALIZAÇÃO DA FOLHA

ARTICULAÇÃO DA FOLHA

| | | |
|---|---|---|
| SE-23-X-D-III | SE-23-Z-C-I | SE-23-Z-C-II |
| SE-23-V-D-VI | SE-23-Z-C-IV | SE-23-Z-C-V |
| SE-23-V-B-III | SF-23-X-A-I | SF-23-X-A-II |

ESCALA 1:100.000

1974

DADOS SOBRE O LEVANTAMENTO GEOLÓGICO
FOTO INTERPRETAÇÃO E TRABALHO DE CAMPO EXECUTADO PELA
EQUIPE MISTA BRASILEIRA-ALEMÃ
EM 1972 — 1974
DIRETORIA DE OPERAÇÕES
COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - C.P.R.M. - AG BH
BUNDESANSTALT FUR BODENFORSCHUNG - BFB - HANNOVER

NV — 17°

DECLINAÇÃO MAGNÉTICA

## ÁREA DE PITANGUI - MINAS GERAIS
## DETALHAMENTO AEROGEOFÍSICO POR HELICÓPTERO

ANEXO 3
ANLAGE 3

# MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA

## DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

MAPA TECTONICO
FOLHA SE-23-Z-C-IV

ÁREA PITANGUI
(Helicóptero)

MARAVILHAS
CONCEIÇÃO DO RIO DO PEIXE
CATITA
CAMPO GRANDE
SERRA DOS PIRES
SERRA DO PEQUI
PEQUI
RIO PARAOPEBA
SERRA DO TORNA
CRUZEIRO DO MONTE
PITANGUI
SERRA DO POMPEU
SERRA DOS ANTIMES
SERRA GRANDE
SERRA DA FABRICA
VELHO DA TAIPA
S. JOSÉ DA VARGINHA
JAGUARA
ONÇA
CONCEIÇÃO DO PARÁ
CAPOEIRA GRANDE
COVA D'ANTA
CARIOCA
PARA DE MINAS
SÃO GONÇALO DO PARÁ

### CONVENÇÕES-LEGENDE

**QUATERNARIO**

I — ALUVIÕES - ALUVIUM

**PRE-CAMBRIANO (SUPERIOR)**

II — GRUPO BAMBUI — BAMBUI-GRUPPE

**PRE-CAMBRIANO (MEDIO)**

III — GRUPO MINAS — MINAS-GRUPPE

**PRE-CAMBRIANO (INFERIOR)**

IV — COMPLEXO GNAISSICO DE MARAVILHAS - GNEISKOMPLEX VON MARAVILHAS
V — COMPLEXO GNAISSICO DE CARIOCA — GNEISKOMPLEX VON CARIOCA
} GRUPO PRE-MINAS

**ROCHAS INTRUSIVAS**

VI — GRANITOS — GRANITE

**DIQUES — GANGE**

DIQUE EM GERAL — GANG ALLGEMEIN
"MONADNOCK" DE GNAISSE — GNEISHARTLINGE
DIQUE DE DIABÁSIO — DIABAS-GANGE
DIQUE DE GRANITO — GANG-GRANIT

**TECTONICA**

CAMADA COM MERGULHO — STREICHEN UND FALLEN
CAMADA HORIZONTAL — HORIZONTALE LAGERUNG
CAMADA INVERTIDA — UBERKIPPTE LAGERUNG
LINEAÇÃO — LINEATION
FALHA — STORUNG
FALHA INFERIDA — STORUNG VERMUTET
FRATURA — KLUFT
ANTICLINAL COM DIREÇÃO DE MERGULHO DO EIXO — SATTELACHSE MIT EINFALLSRICHTUNG
SINCLINAL COM CAIMENTO — MULDENACHSE MIT EINFALLEN
CONTATO GEOLOGICO DEFINIDO — GEOLOGISCHE GRENZE, SICHER
CONTATO GEOLOGICO APROXIMADO — GEOLOGISCHE GRENZE, VERMUTET
CIDADE — ORTSCHAFT
ESTRADA — STRASSE
DRENAGEM — FLUSS

DECLINAÇÃO MAGNETICA

## CONVÊNIO GEOFÍSICA BRASIL-ALEMANHA

BASE PLANIMETRICA CONFECCIONADA COM O AUXILIO DA FOLHA SE-23-Z-C-IV DA CARTA DO BRASIL, DO IBGE ESCALA 1:100.000

LOCALIZAÇÃO DA FOLHA

ESCALA 1:100.000

1974

ARTICULAÇÃO DA FOLHA

DADOS SOBRE O LEVANTAMENTO GEOLOGICO

FOTO INTERPRETAÇÃO E TRABALHO DE CAMPO EXECUTADO PELA EQUIPE MISTA BRASILEIRA-ALEMÃ EM 1972 — 1974
DIRETORIA DE OPERAÇÕES
COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS C.P.R.M AG-BH
BUNDESANSTALT FUR BODENFORSCHUNG-BFB-HANNOVER

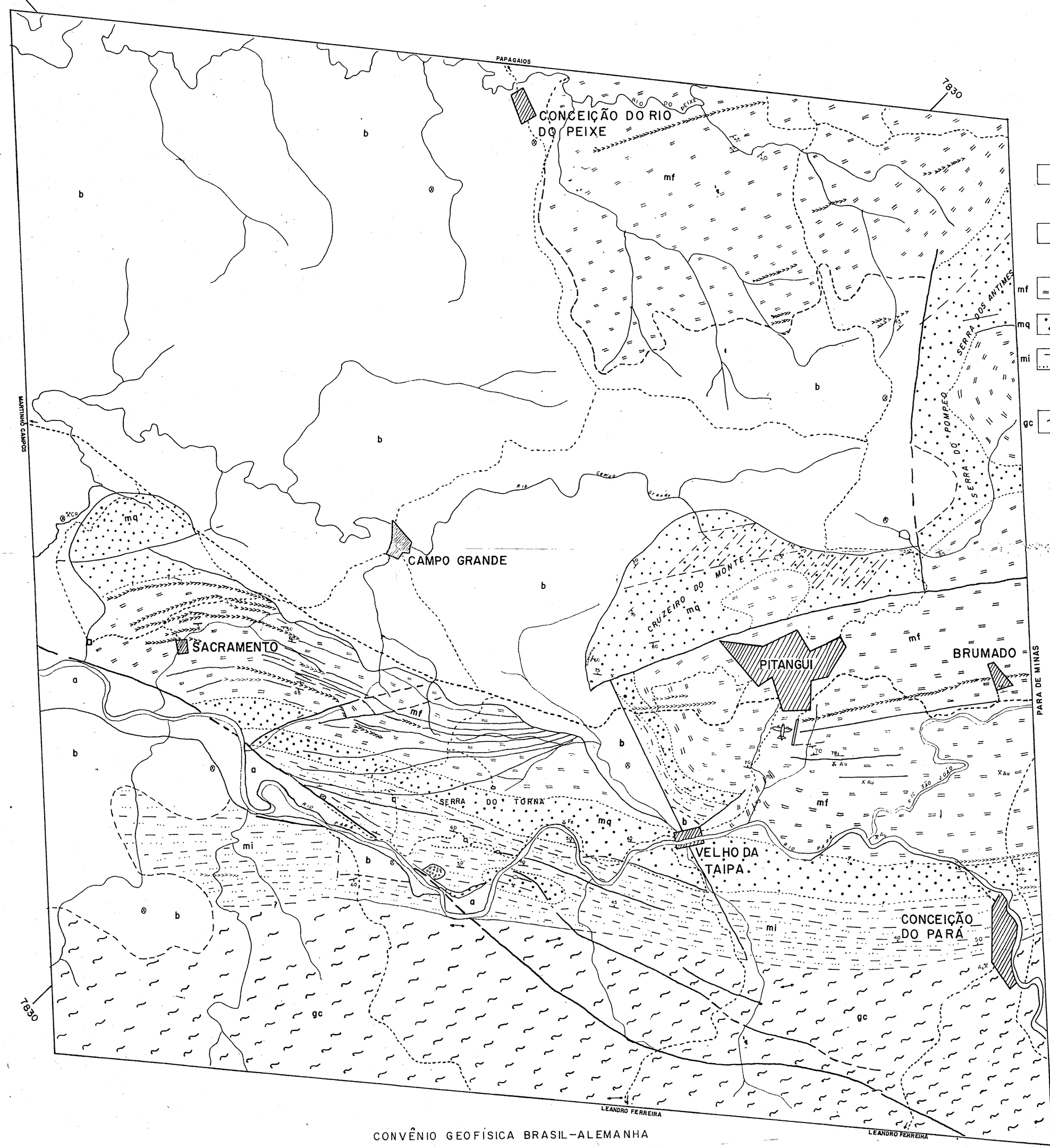
ÁREA DE PITANGUI — MINAS GERAIS
DETALHAMENTO AEROGEOFÍSICO POR HELICÓPTERO

ANEXO 4
ANLAGE 4

# MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA

DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

MAPA GEOLOGICO
PARTE DA FOLHA SE-23-Z-C-IV




## CONVENÇÕES-LEGENDE

### QUATERNARIO

- a — ALUVIÃO / ALUVIUM

### GRUPO BAMBUI

- b — BAMBUI INDIVISO / BAMBUI, UNGEGLIEDERT

### GRUPO MINAS

- mf — FILITOS DE CORES VARIADAS / BUNTE PHYLLITE
- mq — QUARTZITOS / QUARZIT
- mi — CAMADAS ITABIRÍTICAS / ITABIRIT - SCHICHTEN

### GRUPO PRÉ-MINAS

- gc — COMPLEXO GNÁISSICO DE CARIOCA / GNEIS KOMPLEX VON CARIOCA

### DIQUES - GANGE

- DIQUES EM GERAL / GANG, ALLGEMEIN
- DIQUES DE DIABÁSIO / DIABASGANG

### TECTONICA - TEKTONIK

- ATITUDE DAS CAMADAS / STREICHEN UND FALLEN
- CAMADA HORIZONTAL / HORIZONTALE LAGERUNG
- CAMADA INVERTIDA / UBERXIPPTE LAGERUNG
- LINEAÇÃO / LINEATION
- FALHA / STÖRUNG — FALHA INFERIDA / STORUNG, VERMUTET
- FRATURA / KLUFT
- SONDAGEM / BOHRUNG
- MINA EM ATIVIDADE / BERGBAU IN BETRIEB
- MINA ABANDONADA / BERGBAU, AUFGELASSEN
- AL — PIROFILITO - PYROPHYLLIT
- Au — OURO - GOLD
- Ca — CALCÁRIO - KALK
- Q — QUARTZITO - QUARZIT
- Fe — FERRO - EISEN
- CONTATO GEOLÓGICO DEFINIDO / GEOL GRENZE SICHER
- CONTATO GEOLÓGICO APROXIMADO / GEOL GRENZE VERMUTET
- LIMITE DE FACIES / FAZIES GRENZE
- CIDADE / STADT
- ESTRADA PRINCIPAL / HAUPTSTRASSE
- ESTRADA SECUDARIA / WEGE
- DRENAGEM / FLUSS

510 7830 UTM

N.G. N.M. 17°

CONVÊNIO GEOFÍSICA BRASIL-ALEMANHA

MAPA FEITO A PARTIR DE MOSAICO DE AERO FOTO DO CGB.A NA ESCALA - 1:28800

KARTENGRUNDLAGE
LUFTBILDMOSAIK DES CGBA IM MASSTAB — 1:28800

ESCALA — 1:57600

0 1 2 3 Km

ARTICULAÇÃO DA FOLHA

| | | |
|---|---|---|
| SE23-Y D-III | SE23-Z C-I | SE23-Z C-II |
| SE-23 Y-D-VI | SE 23 Z-C-IV | SE23 Z C-V |
| SE23-Y F-IV | SF23-X A-I | SF23-X A-II |

DADOS SOBRE O LEVANTAMENTO GEOLOGICO
TRABALHO DE CAMPO EXECUTADO PELA EQUIPE MISTA BRASILEIRA-ALEMÃ EM 1972 - 1974
DIRETORIA DE OPERAÇÕES
COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS C.P.R.M. AG. BH
BUNDESANSTALT FÜR BODENFORSCHUNG - B.F.B - HANNOVER

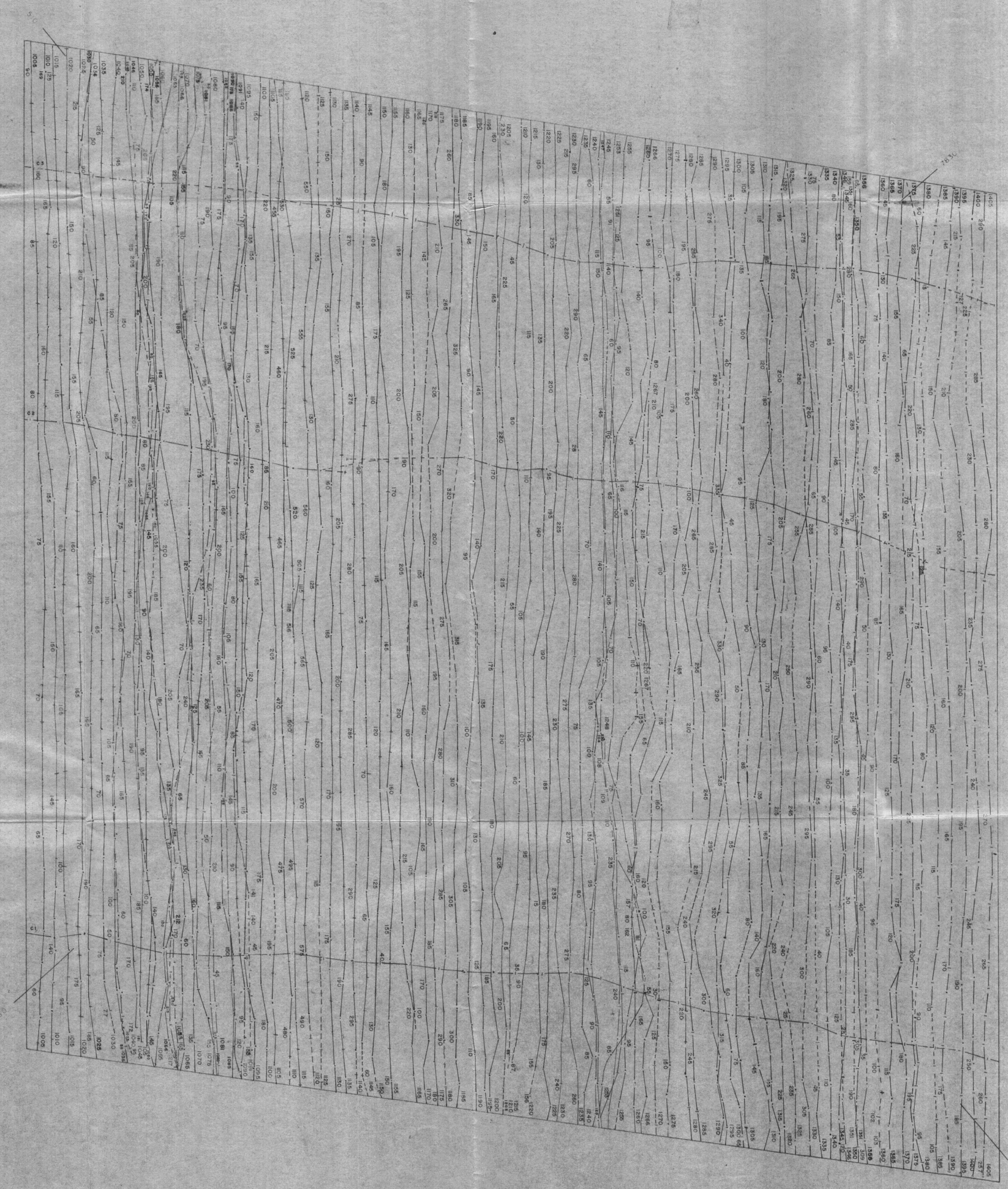
ÁREA DE PITANGUI - MINAS GERAIS
DETALHAMENTO AEROGEOFÍSICO POR HELICÓPTERO

ANEXO: 5
ANLAGE 5

Des: R. César

# MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA

## DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL



CONVENÇÕES – LEGENDE

MARCA FIDUCIAL

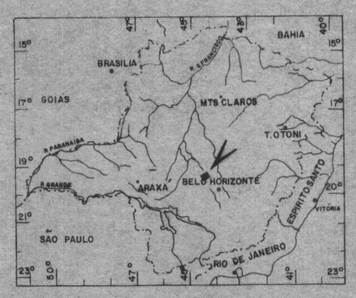
PASSPUNKT — NUMMER

COORDENADAS UTM

UTM-KOORDINATEN

MAPA BASE UTILIZADO MOSAICO DE FOTOS AÉREAS (NÃO CORRIGIDO)
KARTENUNTERLAGE FOTOMOSAIK (NICHT ENTZERRT)
ESCALA ORIGINAL ≃ 1:28.000
MASSSTAB ≃ 1:28.000

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA




## CONVÊNIO GEOFÍSICA BRASIL – ALEMANHA

FLUGLINIEN DES HUBSCHRAUBERS

ESCALA ≃ 56000

0 1 2 3 Km

1974

ARTICULAÇÃO DA ÁREA

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

C.P.R.M

BUNDESANSTALT FÜR BODENFORSCHUNG

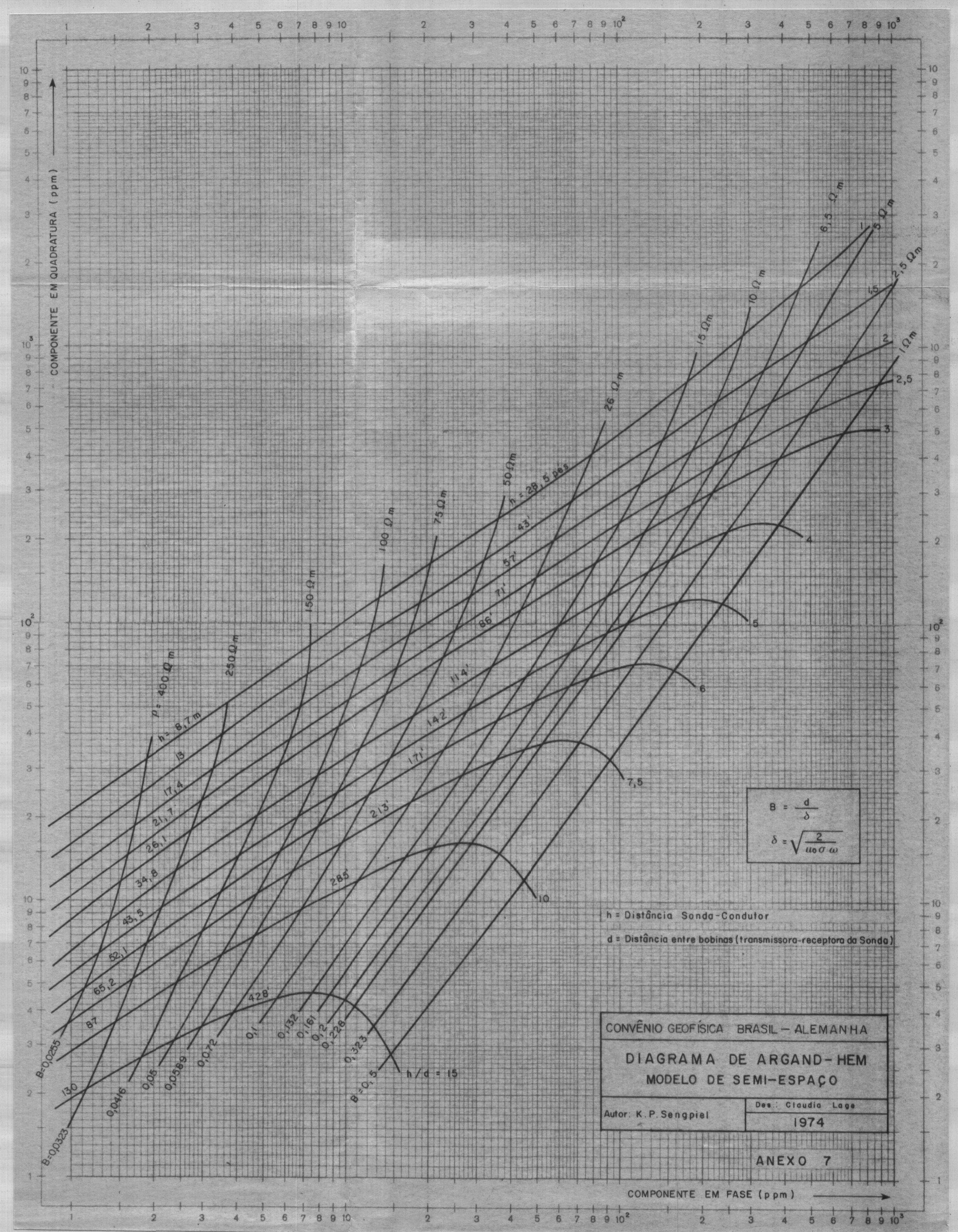
B.F.B.

SERVIÇO GEOLÓGICO FEDERAL DA ALEMANHA

**CONVÊNIO GEOFÍSICA BRASIL-ALEMANHA**

**ÁREA DE PITANGUI-MINAS GERAIS**
**DETALHAMENTO AEROGEOFÍSICO POR HELICÓPTERO**
**POSIÇÃO DAS LINHAS DE VÔO EXECUTADAS PELO HELICÓPTERO**

ANEXO 6


COMPONENTE EM QUADRATURA (ppm)
COMPONENTE EM FASE (ppm)
ρ = 400 Ωm
250 Ωm
150 Ωm
100 Ωm
75 Ωm
50 Ωm
26 Ωm
15 Ωm
10 Ωm
6,5 Ωm
5 Ωm
2,5 Ωm
1 Ωm
h = 8,7 m
13
17,4
21,7
26,1
34,8
43,5
52,1
65,2
87
130
h = 28,5 pés
43'
57'
71'
86'
114'
142'
171'
213'
285'
428'
B=0,0255
B=0,0323
0,0416
0,05
0,0589
0,072
0,1
0,132
0,161
0,2
0,228
0,323
B=0,5
h/d = 15
1
2
3
4
5
6
7,5
10
B = d/δ
δ = √(2/μ₀σω)
h = Distância Sonda-Condutor
d = Distância entre bobinas (transmissora-receptora da Sonda)
CONVÊNIO GEOFÍSICA BRASIL – ALEMANHA
DIAGRAMA DE ARGAND-HEM
MODELO DE SEMI-ESPAÇO
Autor: K. P. Sengpiel
Des.: Claudia Lage
1974
ANEXO 7

# MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA

## DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

PARTE DA FOLHA SE 23-Z-C-IV

## CONVENÇÕES – LEGENDE

SISTEMA ELETROMAGNÉTICO DE HELICÓPTERO
HEM HELICOPTER ELECTROMAGNETIC SYSTEM

MODELO BARRINGER TIPO 003
MODELL BARRINGER TYPE 003

CONFIGURAÇÃO DAS BOBINAS : COAXIAL
SPULENKONFIGURATION KOAXIAL

DISTÂNCIA ENTRE BOBINAS : 8,7m
SPULENABSTAND : 8,7m

FREQUÊNCIA UTILIZADA 880 Hz
MESSFREQUENZ 880 Hz

DISTÂNCIA ENTRE AS LINHAS DE VÔO ≃ 300m
FLUGLINIENABSTAND ≃ 300m

DIREÇÃO DE VÔO : N43°E (223°)
FLUGRICHTUNG : N43°E (223°)

ALTURA MÉDIA SOBRE O TERRENO : ≃ 50m
MITTLERE HÖHE ≃ 50m

ISOLINHAS DE RESISTIVIDADE EQUIVALENTE EM OHM – METRO
ISOLINIEN DES ÄQUIVALENTEN WIDERSTANDES IN OHMMETERN

MODELO DE CALCULO SEMI ESPAÇO HOMOGENEO
AUSWERTUNGSMODELL HOMOGENER HALBRAUM

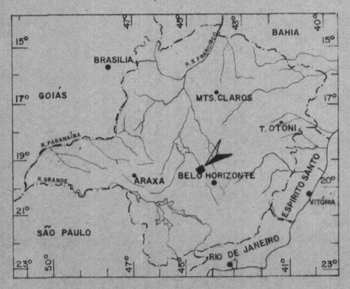
7830 COORDENADAS UTM
510 KOORDINATEN UTM

(4) ANOMALIA 4
ANOMALIE 4

● LOCALIZAÇÃO DOS VALORES MÁXIMOS DO CAMPO SECUNDÁRIO
LAGE MAXIMALER WERTE DES SEKUNDÄRFELDES

MAPA BASE UTILIZADO
KARTENUNTERLAGE
MOSAICO DE FOTOS AÉREAS (NÃO CORRIGIDO)
FOTOMOSAIK ( NICHT ENTZERRT )
ESCALA ORIGINAL ≃ 1:28.000
MASSSTAB ≃ 1:28.000

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA




KARTE DER LINIEN GLEICHEN ÄQUIVALENTEN WIDERSTANDES

ESCALA ≃ 1:56.000

0 1 2 3Km

1974

ARTICULAÇÃO DA ÁREA

| | | |
|---|---|---|
| SE-23-Y-D-III | SE-23-Z-C-I | SE-23-Z-C-II |
| SE-23-Y-D-VI | SE-23-Z-C-IV | SE-23-Z-C-V |
| SE-23-Y-B-III | SE-23-X-A-I | SE-23-X-A-II |

LEVANTAMENTO ELETROMAGNÉTICO DE HELICÓPTERO EXECUTADO POR

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS — CPRM

BUNDESANSTALT FÜR BODENFORSCHUNG — B.F.B
SERVIÇO GEOLÓGICO FEDERAL DA ALEMANHA

**CONVENIO GEOFÍSICA BRASIL-ALEMANHA**

**ÁREA DE PITANGUI – MINAS GERAIS**
**DETALHAMENTO AEROGEOFÍSICO POR HELICÓPTERO**

MAPA DE ISOLINHAS DE RESISTIVIDADE EQUIVALENTE

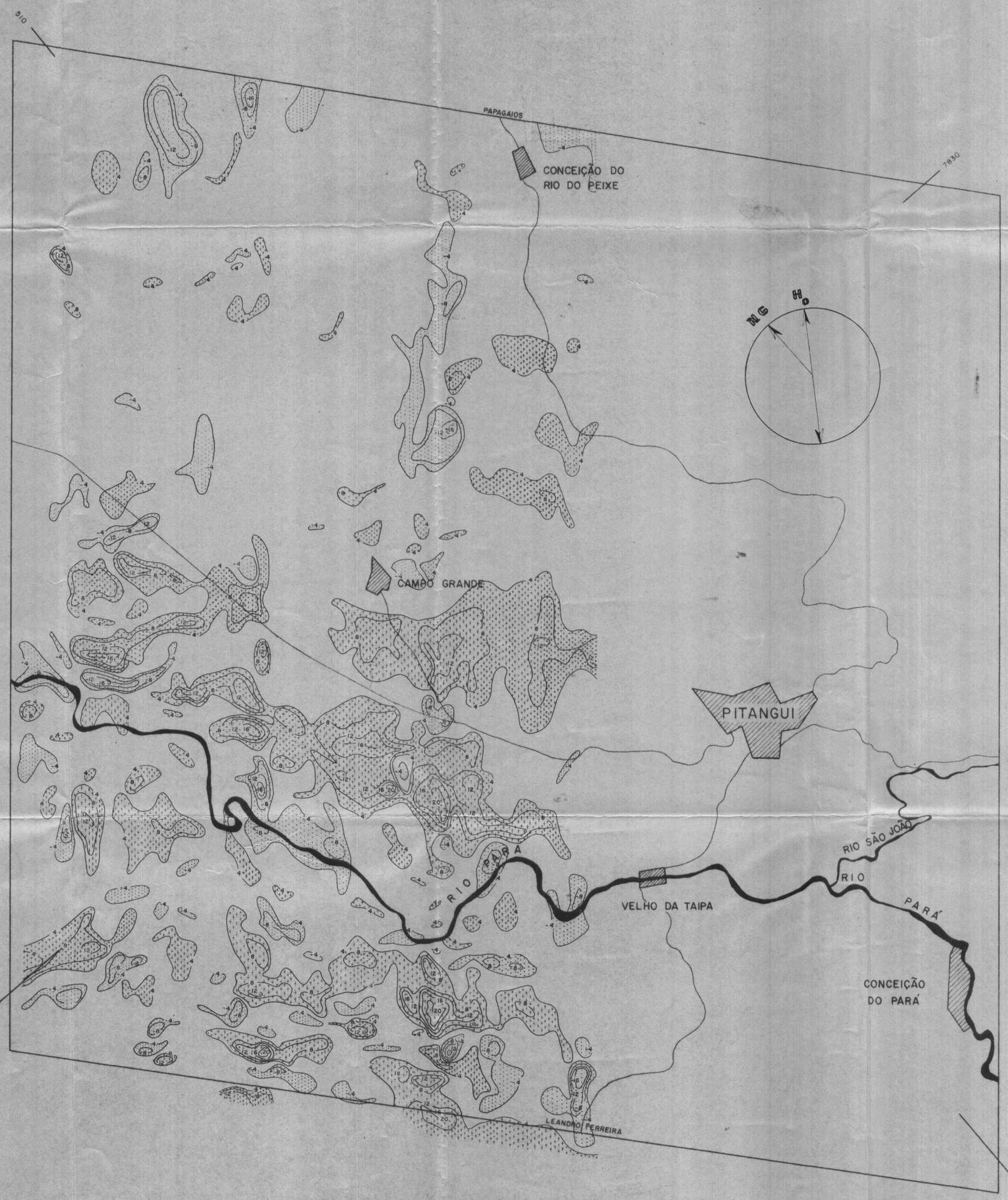
ANEXO 8

DES. O.G. PEDROSA / 74

# MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA

## DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

PARTE DA FOLHA SE-23-Z-C-IV




## CONVENÇÕES - LEGENDE

MÉTODO ELETROMAGNÉTICO - VLF
VLF - ELEKTROMAGNETIK

EQUIPAMENTO:
MESSGERÄT: MODELL BARRINGER 005 RADIOPHASE

ESTAÇÃO TRANSMISSORA UTILIZADA:
BENÜTZTER SENDER: BALBOA/PANAMA (NSA)

FREQUÊNCIA DE TRANSMISSÃO:
SENDEFREQUENZ: 24 KHz

4 8 12 ISANOMALAS DO CAMPO MAGNÉTICO HORIZONTAL
Hy (INPHASE) EM % DO CAMPO PRIMÁRIO $H_0$
ISANOMALEN DES HORIZONTALEN MAGNETFELDS
Hy (INPHASE) IN % DES PRIMÄRFELDES $H_0$

DIREÇÃO DE $H_0$ EM PITANGUI:
RICHTUNG VON $H_0$ IN PITANGUI: N35°E

DISTÂNCIA ENTRE LINHAS DE VÔO:
FLUGLINIENABSTAND: ≅ 300m

DIREÇÃO DE VÔO
FLUGRICHTUNG: ≅ N43°E

ALTURA MÉDIA DE VÔO SOBRE O TERRENO:
MITTLERE FLUGHÖHE ÜBER GRUND: ≅ 100m

7830 510 COORDENADAS - UTM
UTM - KOORDINATEN

MAPA BASE UTILIZADO: MOSAICO DE FOTOS AÉREAS (NÃO CORRIGIDO)
KARTENUNTERLAGE: FOTOMOSAIK (NICHT ENTZERRT)
ESCALA ORIGINAL ≅ 1:28.000
MASSSTAB ≅ 1:28.000

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

## CONVÊNIO GEOFÍSICA BRASIL - ALEMANHA

ISANOMALEN DES HORIZONTALEN VLF-FELDES

ESCALA ≅ 1:56000

0 1 2 3 Km

1974

ARTICULAÇÃO DA ÁREA

| | | |
|---|---|---|
| SE-23-Y D-III | SE-23-Z C-I | SE-23-Z C-II |
| SE-23-Y V-D-IV | SE-23-Z C-III | SE-23-Z C-IV |
| SF-23-V B-III | SF-23-X A-I | SF-23-X A-II |

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
C.P.R.M

BUNDESANSTALT FÜR BODENFORSCHUNG
B.F.B.
SERVIÇO GEOLÓGICO FEDERAL DA ALEMANHA

CONVÊNIO GEOFÍSICA BRASIL-ALEMANHA

ÁREA DE PITANGUI - MINAS GERAIS
DETALHAMENTO AEROGEOFÍSICO POR HELICÓPTERO

MAPA DE ISANOMALAS
DO
CAMPO HORIZONTAL-VLF

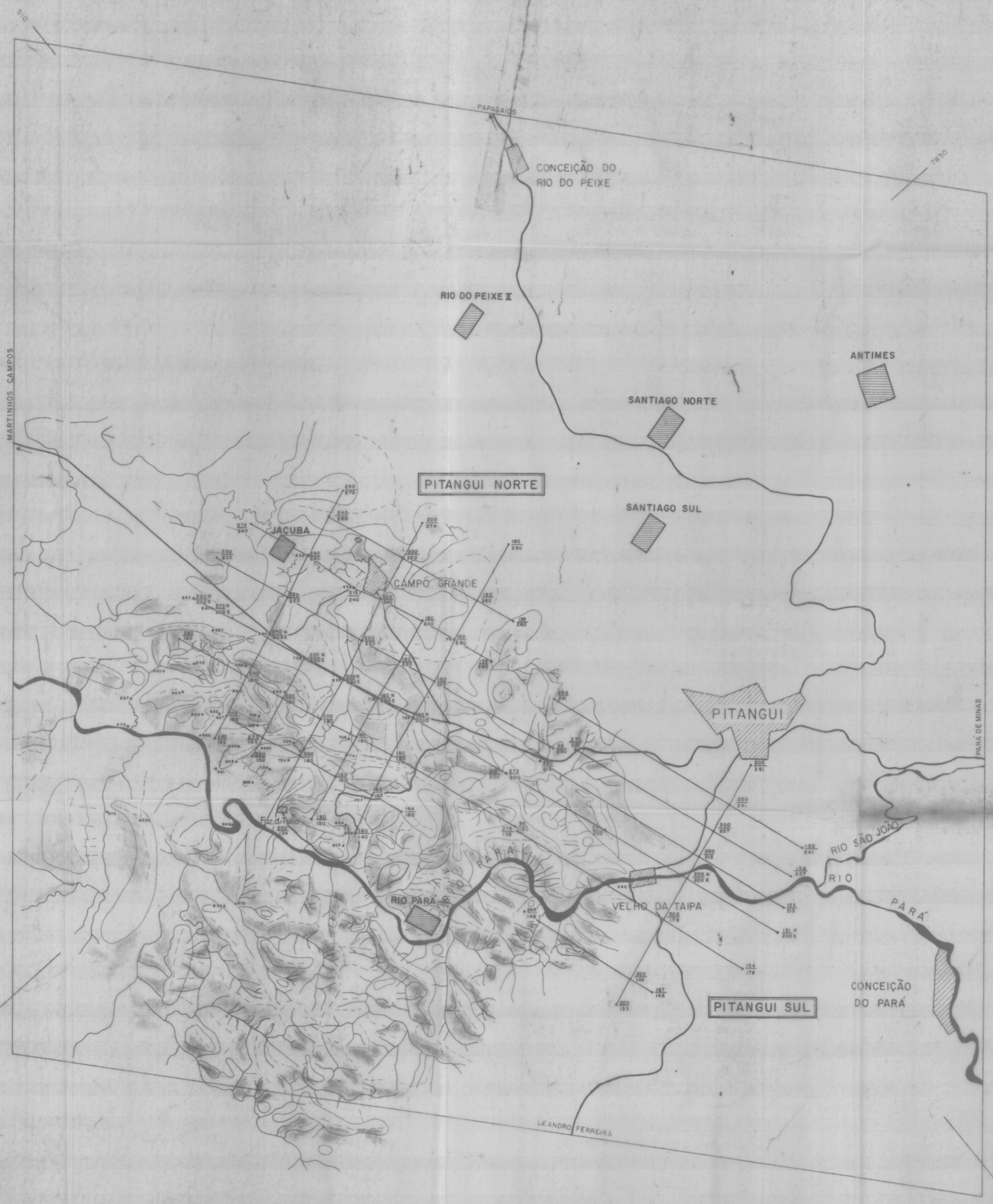
ANEXO 9

DES. O.G. PEDROSA

# MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA

## DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

PARTE DA FOLHA SE-23-Z-C-IV




CONVENÇÕES – LEGENDE

TOPOGRAPHISCHE ERHEBUNGEN
MONTANHAS
KAMMLINIE
CUME

SCHNEISENNETZ DER BODENGEOPHYSIKALISCHEN MESSUNGEN 1972/73 IN PITANGUI NORD UND SÜD MIT KOORDINATEN IN EINEM RELATIVEN KOORDSYSTEM
REDE DE PERFIS DO LEVANTAMENTO GEOFÍSICO TERRESTRE 1972/73 EM PITANGUI NORTE E SUL COM COORDENADAS EM UM SISTEMA ARBITRARIO

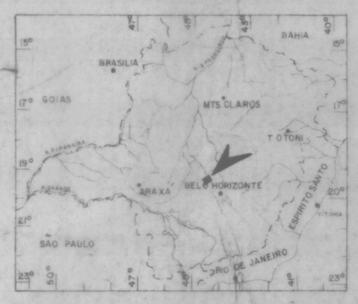
HÖHE ÜBER N.N.
ALTITUDE EM METROS

GEBIETE MIT FOLGEARBEITEN AM BODEN
ÁREAS COM TRABALHOS TERRESTRES ADICIONAIS

COORDENADAS U.T.M.
U.T.M. KOORDINATEN

MAPA BASE UTILIZADO MOSAICO DE FOTOS AÉREAS (NÃO CORRIGIDO)
KARTENUNTERLAGE FOTOMOSAIK (NICHT ENTZERRT)
ESCALA ORIGINAL: 1:28.000
MASSSTAB 1:28.000

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA




CONVÊNIO GEOFÍSICA BRASIL – ALEMANHA

TOPOGRAPHISCHE KARTE VOM NORDTEIL DES MESSGEBIETES

0 1 2 3 Km

ESCALA ≃ 1:56.000

1974

ARTICULAÇÃO DA ÁREA

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
C.P.R.M

BUNDESANSTALT FÜR BODENFORSCHUNG
B.F.B.
SERVIÇO GEOLÓGICO FEDERAL DA ALEMANHA

CONVÊNIO GEOFÍSICA BRASIL-ALEMANHA

ÁREA DE PITANGUI – MINAS GERAIS
DETALHAMENTO AEROGEOFÍSICO POR HELICÓPTERO

TOPOGRAFIA SIMPLIFICADA
DA PARTE NORTE DE PITANGUI
COM REDE DE PERFÍS
DE GEOFÍSICA TERRESTRE

ANEXO 10

DES. O.G. PEDROSA

# MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA

## DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

PARTE DA FOLHA SE-23-Z-C-IV

## CONVENÇÕES – LEGENDE

ESPECTRÔMETRO DE RADIAÇÃO GAMA:
γ – SPEKTROMETER.

MODELO EXPLORANIUM DGRS 1001
MODELL EXPLORANIUM DGRS 1001

VOLUME DOS CRISTAIS – 5550 cm³
KRISTALL-VOLUMEN – 5550 cm³

FAIXA ENERGÉTICA DOS CANAIS
ENERGIEBEREICHE DER EINZELNEN KANÄLE

TOTAL / TOTAL > 800 KEV

POTÁSSIO / KALIUM ($K^{40}$) 1.38 ATÉ / BIS 1.56 MEV

URÂNIO / URAN ($Bi^{214}$) 1.65 ATÉ / BIS 1.87 MEV

TÓRIO / THORIUM ($Tl^{208}$) 2.46 ATÉ / BIS 2.78 MEV

LINHAS ISORADIAS EM C.P.S./100
ISOLINIEN γ – STRAHLUNG IN C.P.S./100

DISTÂNCIA ENTRE LINHAS DE VÔO / FLUGLINIENABSTAND ≃ 300 m

DIREÇÃO DE VÔO / FLUGRICHTUNG – N43° E (223°)

ALTURA MÉDIA SOBRE O TERRENO / MITTLERE HÖHE – 100 m

7830 COORDENADAS UTM
510 COORDINATEN UTM

SIMBOLOGIA DA RADIAÇÃO GAMA DE $Bi^{214}$ (β, γ)
ORTE ERHÖHTER GAMMASTRAHLUNG VON URAN ($Bi^{214}$)

2 – 3,9 VEZES "BACKGROUND" – FACHER

4 – 5,9 VEZES "BACKGROUND" – FACHER

6 – 7 VEZES "BACKGROUND" – FACHER

MAPA BASE UTILIZADO MOSAICO DE FOTOS AÉREAS
(NÃO CORRIGIDO)
KARTENUNTERLAGE. FOTOMOSAIK (NICHT ENTZERRT)
ESCALA ORIGINAL ≃ 1:28.000
MASSSTAB ≃ 1:28.000

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

## CONVÊNIO GEOFÍSICA BRASIL – ALEMANHA

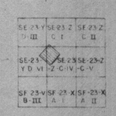
### ISOLINIEN DER TOTALSTRAHLUNG

ESCALA ≃ 1:56.000

0 1 2 3 Km

1974

ARTICULAÇÃO DA ÁREA



COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS
C.P.R.M

BUNDESANSTALT FÜR BODENFORSCHUNG
B.F.B.
SERVIÇO GEOLÓGICO FEDERAL DA ALEMANHA

**CONVÊNIO GEOFÍSICA BRASIL-ALEMANHA**

**ÁREA PITANGUI-MINAS GERAIS**
**DETALHAMENTO AEROGEOFÍSICO POR HELICÓPTERO**

**MAPA DE RADIAÇÃO TOTAL**

ANEXO II

DES. O.G. PEDROSA

# MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA

## DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

PARTE DA FOLHA SE-23-Z-C-IV

## CONVENÇÕES – LEGENDE

ESPECTRÔMETRO DE RADIAÇÃO GAMA
$\gamma$ — SPEKTROMETER

MODELO EXPLORANIUM DGRS 1001
MODELL EXPLORANIUM DGRS 1001

VOLUME DOS CRISTAIS — 5550 cm³
KRISTALL VOLUMEN — 5550 cm³

FAIXA ENERGÉTICA DOS CANAIS:
ENERGIEBEREICHE DER EINZELNEN KANÄLE

TOTAL
TOTAL > 800 KEV

POTÁSSIO : $(K^{40})$ 1.38 ATÉ 1.56 MEV
KALIUM : BIS

URÂNIO : $(Bi^{214})$ 1.65 ATÉ 1.87 MEV
URAN : BIS

TÓRIO : $(Tl^{208})$ 2.46 ATÉ 2.78 MEV
THORIUM : BIS

LINHAS ISORADIAS EM C.P.S.
ISOLINIEN DER GAMMA STRAHLUNG VON K40 IN C.P.S.

DISTÂNCIA ENTRE LINHAS DE VÔO:
FLUGLINIENABSTAND: — 300 m

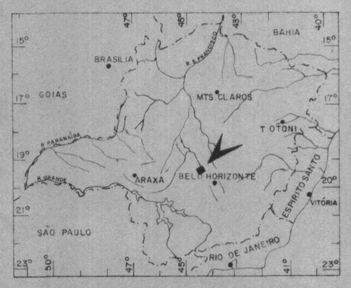
DIREÇÃO DE VÔO
FLUGRICHTUNG — N 43° E (223°)

ALTURA MÉDIA SOBRE O TERRENO
MITTLERE HÖHE ÜBER GRUND — 100 m

7830 COORDENADAS UTM
510 COORDINATEN UTM

MAPA BASE UTILIZADO: MOSAICO DE FOTOS AÉREAS
(NÃO CORRIGIDO)
KARTENUNTERLAGE: FOTOMOSAIK (NICHT ENTZERRT)
ESCALA ORIGINAL ≅ 1:28.000
MASSSTAB ≅ 1:28.000

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA




## CONVÊNIO GEOFÍSICA BRASIL – ALEMANHA

ISOLINIEN DER $\gamma$ – STRAHLUNG VON K40

ESCALA ≅ 1:56.000

0 1 2 3 Km

1974

ARTICULAÇÃO DA ÁREA

| | | |
|---|---|---|
| SE-23-Y D-III | SE-23-Z C-I | SE-23-Z C-II |
| SE-23 Y-D-VI | SE-23 Z-C-III | SE-23-Z C-IV |
| SF-23-Z B-III | SF-23-X A-I | SF-23-X A-II |

LEVANTAMENTO ESPECTROMÉTRICO DE HELICÓPTERO EXECUTADO POR

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS — CPRM

BUNDESANSTALT FÜR BODENFORSCHUNG
B.F.B.
SERVIÇO GEOLÓGICO FEDERAL DA ALEMANHA

CONVÊNIO GEOFÍSICA BRASIL-ALEMANHA

ÁREA DE PITANGUI-MINAS GERAIS
DETALHAMENTO AEROGEOFÍSICO POR HELICÓPTERO

MAPAS DE LINHAS
ISORADIAS DE POTÁSSIO
($K^{40}$)

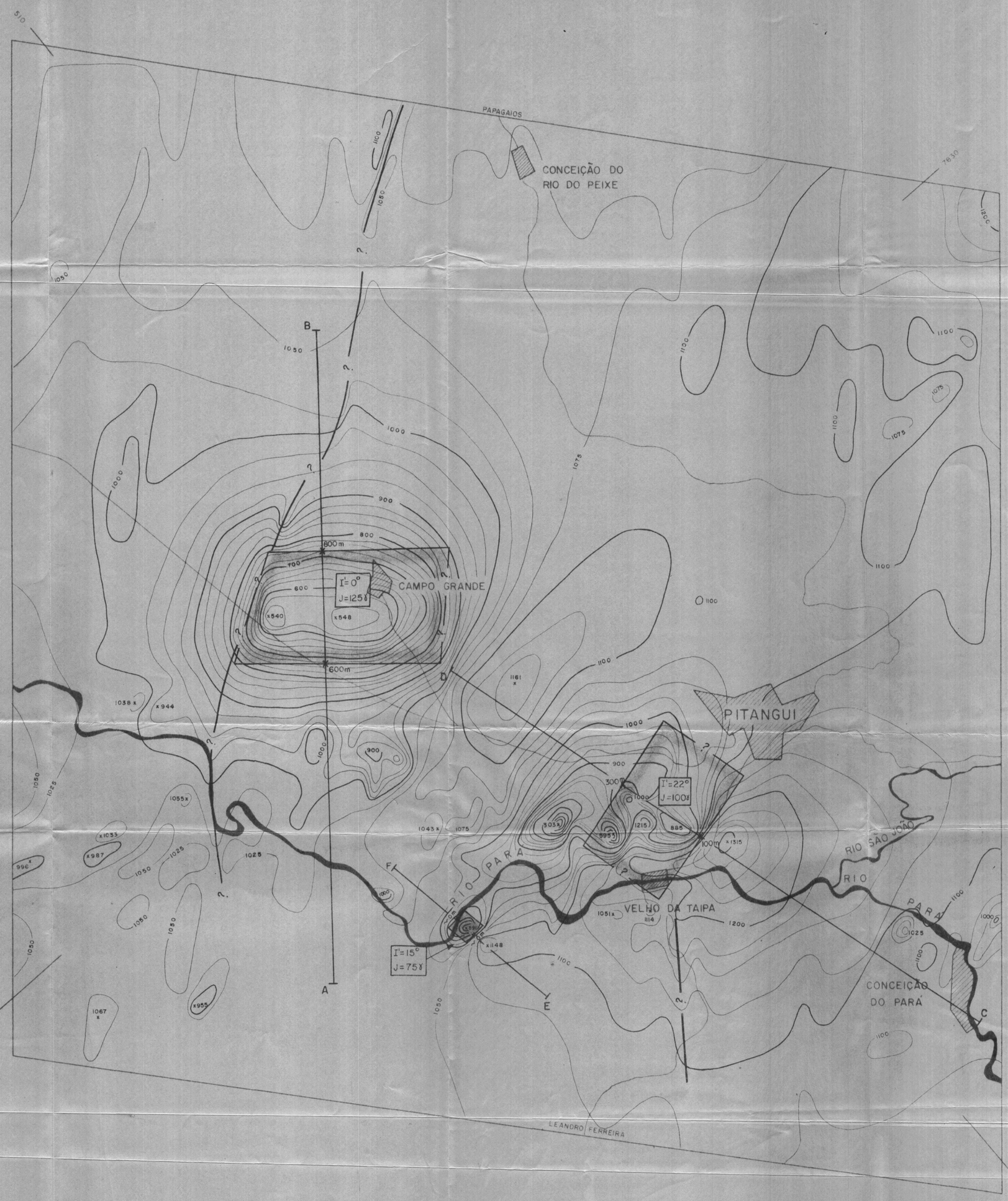
ANEXO 12

DES. O.G. PEDROSA / 74

# MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA

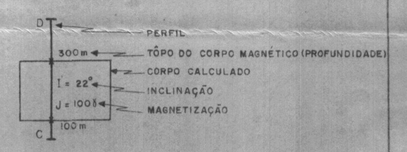
## DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

PARTE DA FOLHA SE-23-Z-C-IV



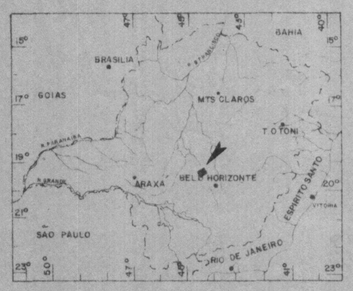

## CONVENÇÕES – LEGENDE

| | |
|---|---|
| MAGNETÔMETRO (PROTONS): MODELO BARRINGER<br>PROTONEN-MAGNETOMETER: MODELL BARRINGER | AM 104 |
| INTERVALO ENTRE DUAS LEITURAS MAGNÉTICAS<br>ZWISCHENRAUM ZWISCHEN ZWEI MESSWERTEN | ~ 30 m |
| ISOLINHAS DE INTENSIDADE MAGNÉTICA TOTAL MENOS 23 000 γ<br>25 γ ISOLINIEN DER MAGNETISCHEN TOTALINTENSITÄT MINUS 23 000 γ<br>VALOR EXTREMO<br>EXTREMWERTE | 1050, 1000, ×960 |
| INCLINAÇÃO MAGNÉTICA MÉDIA | 21° S |
| DECLINAÇÃO MAGNÉTICA MÉDIA | -17° |
| INTENSIDADE MAGN. MÉDIA | 24 100 γ |
| DISTÂNCIA ENTRE AS LINHAS DE VÔO<br>FLUGLINIENABSTAND | ≃ 300 m |
| DIREÇÃO DE VÔO<br>FLUGRICHTUNG | N 43° E (223°) |
| ALTURA MÉDIA SOBRE O TERRENO<br>MITTLERE HÖHE ÜBER GRUND | ≃ 100 m |
| COORDENADAS U.T.M.<br>KOORDINATEN U.T.M. | 510 / 7830 |




MAPA BASE UTILIZADO: MOSAICO DE FOTOS AÉREAS (NÃO CORRIGIDO)
KARTENUNTERLAGE: FOTOMOSAIK (NICHT ENTZERRT)
ESCALA ORIGINAL ≃ 1:28 000
MASSSTAB ≃ 1:28 000

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA




# CONVÊNIO GEOFÍSICA BRASIL – ALEMANHA

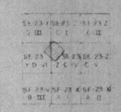
## KARTE DER MAGNETISCHEN TOTALINTENSITÄT

ESCALA ≃ 1:56 000

0 2 5 Km

1974

ARTICULAÇÃO DA ÁREA



LEVANTAMENTO MAGNETOMÉTRICO DE HELICÓPTERO EXECUTADO POR

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS — C.P.R.M

BUNDESANSTALT FÜR BODENFORSCHUNG — B.F.B.
SERVIÇO GEOLÓGICO FEDERAL DA ALEMANHA

**CONVÊNIO GEOFÍSICA BRASIL-ALEMANHA**

**ÁREA DE PITANGUI-MINAS GERAIS**
**DETALHAMENTO AEROGEOFÍSICO POR HELICÓPTERO**

ISANOMALAS DE INTENSIDADE MAGNÉTICA TOTAL

ANEXO 13

DES. O.G. PEDROSA