

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA
DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

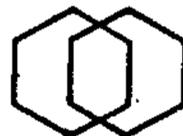
PROJETO PACAÁS NOVOS

VOLUME II

RELATÓRIO FINAL

Ivan L. Spindola dos Anjos

Luís Marcelo F. Mourão



COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

SUPERINTENDÊNCIA DE RECURSOS MINERAIS

1983



DIRETORIA DA ÁREA DE PESQUISAS
SUPERINTENDÊNCIA DE RECURSOS MINERAIS

PROJETO PACAÁS NOVOS

SUPERVISÃO :

DEPARTAMENTO DE PROSPECÇÃO

José Vergos do Silvo Filho

DIVISÃO DE GEOFÍSICA

Mório José Metelo

EQUIPE DO PROJETO :

Ivan L. Spindolo dos Anjos

Luis Marcelo F. Mourão

I-96

CPRM — SEDOTE
ARQUIVO TÉCNICO
Relatório n.º 1082
N.º de Volumes: 4+1x V: 2-5
phi 008459

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA
DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

PROJETO PACAÁS NOVOS

ÍNDICE DOS VOLUMES

- VOLUME I - Texto do Levantamento da Área
- VOLUME II - Texto do Processamento dos Dados
- ANEXO I - Mapas de Contorno do Campo Magnético Residual
(Escala 1:100.000 e 1:250.000)
- ANEXO II - Mapas de Contorno Radiométrico (Contagem Total)
(Escala 1:100.000 e 1:250.000)

INDICE

APRESENTAÇÃO

RESUMO

ABSTRACT

I.	INTRODUÇÃO	1
II.	LOCALIZAÇÃO	1
III.	PESSOAL TÉCNICO	1
IV.	METODOLOGIA DOS TRABALHOS EXECUTADOS	2
V.	COMENTÁRIOS FINAIS	24
VI.	BIBLIOGRAFIAS	25

APRESENTAÇÃO

Este Volume II refere-se ao texto do processamento dos da dos aerogeofísicos de magnetometria (campo total) e gamaespectrometria do Projeto Pacaás Novos, no qual todos os procedimentos a dotados para o tratamento dos dados dos referidos métodos geofísicos são descritos.

O Volume I foi elaborado pela GEOFOTO S/A - Fotogrametria, Cartografia e Aerogeofísica e descreve a fase de aquisição de dados (aerolevantamento).

O Anexo I contém os Mapas de Contorno do Campo Magnético Residual, constituindo o total de 21 folhas na escala 1:100.000 e 5 na escala 1:250.000.

O Anexo II contém os Mapas de Contorno de Isoradas do Canal da Contagem Total, totalizando também 21 folhas na escala 1:100.000 e 5 na escala 1:250.000.

RESUMO

Este Relatório descreve todas as etapas do processamento dos dados aeromagnetométricos (campo total) e aerogamaespectrométricos do Projeto Pacaás Novos.

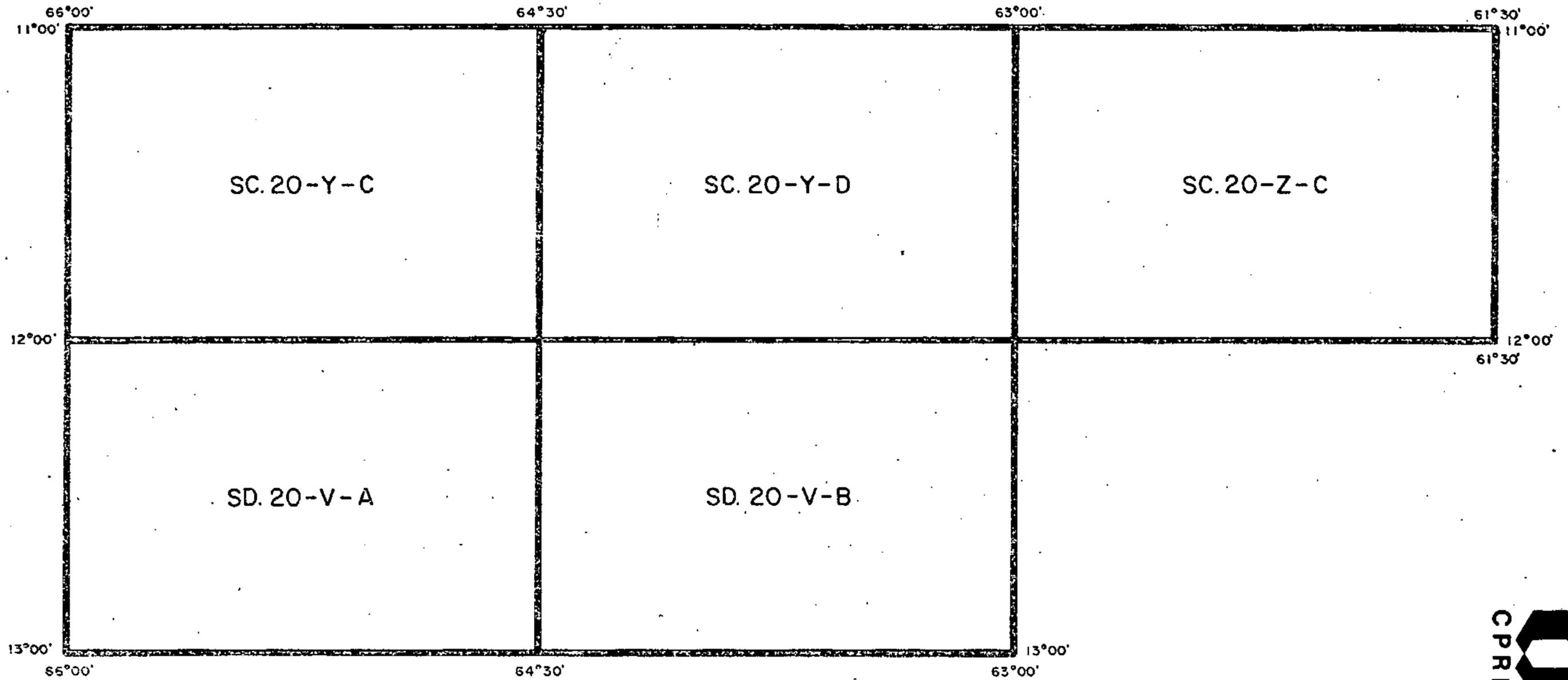
Os resultados finais são apresentados sob a forma de mapas de contorno nas escalas 1:100.000 e 1:250.000, as quais serão de grande utilidade quando da interpretação e integração geológica - geofísica.

ABSTRACT

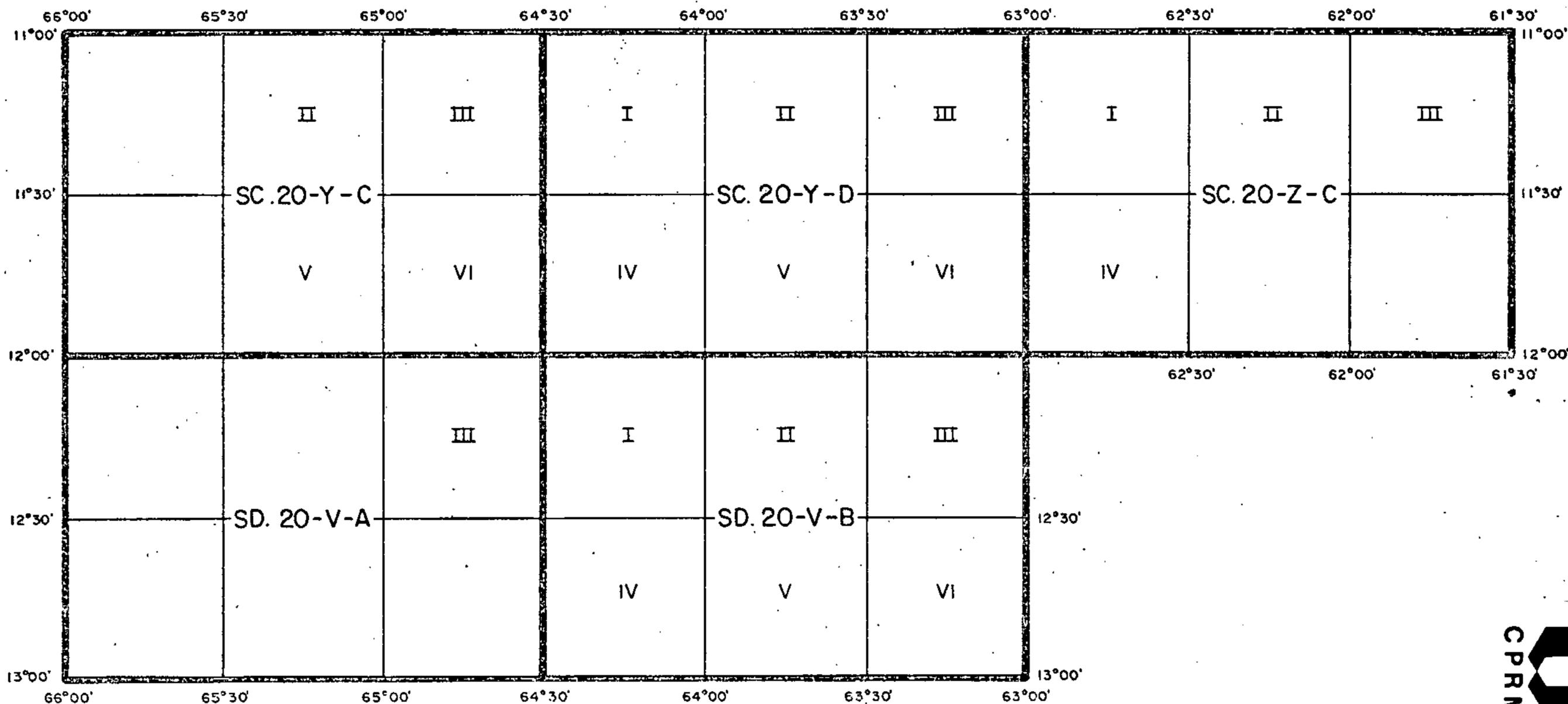
This report describes all the stages of the aeromagnetometric (total field) and aerogammaspectrometric data processing of the Pacaás Novos Project.

The final results are presented as a form of contour maps at 1:100.000 and 1:250.000 scales, which will be of great utility for a subsequent interpretation and geological - geophysical integration.

PROJETO PACAÁS NOVOS
ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS (ESCALA 1:250.000)



PROJETO PACAÁS NOVOS
ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS (ESCALA 1:100.000)



I - INTRODUÇÃO

A GEOFOTO S/A - Fotogrametria, Cartografia, Aerogeofísica executou a fase de aquisição de dados durante o período de 8 de maio a 17 de outubro de 1978 com uma paralização de 24 dias no período de 23/08 a 15/09/78 devido à presença de condições meteorológicas desfavoráveis, bem como de frequentes perturbações do campo geomagnético. Foram levantados cerca de 28.003 quilômetros lineares, utilizando os métodos magnético (campo total) e gamaespectrométrico em uma área de aproximadamente 49.000 Km² no Estado de Rondônia.

Os trabalhos de processamento dos dados foram iniciados em janeiro de 1983 pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais e concluídos em setembro de 1983.

II - LOCALIZAÇÃO

A área do Projeto pode ser definida pelo polígono que tem como vértices as seguintes coordenadas geográficas, conforme ilustrado na página da situação da área do projeto:

A - 11°00'S/Fronteira c/Bolívia

B - 11°00'S/61°30'W

C - 11°30'S/61°30'W

D - 11°30'S/62°30'W

E - 12°00'S/62°30'W

F - 12°00'S/63°00'W

G - Fronteira c/Bolívia/63°00'W

III - PESSOAL TÉCNICO

Para o processamento dos dados, a equipe do Projeto teve a participação dos seguintes técnicos:

Geólogo: Ivan Lopes Spíndola dos Anjos
Geólogo: Luís Marcelo Fontoura Mourão
Analista de Processamento: Elenir Delboni Gusmão

IV - METODOLOGIA DOS TRABALHOS EXECUTADOS

IV.1 - Planejamento do Processamento

A área aerolevantada possui as seguintes características (Volume I) que foram levadas em consideração no processamento:

- a) Foi utilizada uma (1) aeronave Islander de prefixo PT-KNE para o projeto;
- b) Foram usados dois (2) tipos de magnetômetro de estação-base: um do tipo "flux-gate" (registrando variações do campo total) e o outro de precessão nuclear, modelo G-806 da GEOMETRICS (registrando o valor do campo total). O magnetômetro do tipo "flux-gate" foi usado em Guajará-Mirim durante os primeiros 11 dias do projeto sendo substituído pelo de precessão nuclear (G-806).
- c) As localidades de Guajará-Mirim e Ji-Paraná foram as escolhidas pela GEOFOTO S/A para bases de operações e, conseqüentemente, as referidas localidades serviram de estação-base para o registro das variações magnéticas diurnas;
- d) Os registros (fiduciais) dos perfis gravados digitalmente possuem coordenadas UTM, isto é, a GEOFOTO S/A já havia implementado a etapa da digitalização das fiduciais.

Com base no acima exposto, alguns procedimentos foram adotados, os quais, oportunamente e no seu devido lugar, serão analisados e discutidos.

IV.2 - Pré-Processamento e Processamento dos Dados

Para se obter os resultados finais correspondentes ao tratamento geofísico dos dados digitais de magnetometria e gamaespectrometria tres (3) etapas básicas podem ser consideradas :

I) Pré-Processamento dos Dados Digitais

I.1 - Reformatação

I.2 - Preparação para o Posicionamento dos Índices dos Perfis e Códigos de Cruzamento.

II) Processamento dos Dados Digitais

II.1 - Crítica dos Dados

II.2 - Correção dos Dados Criticados

II.3 - Tratamento dos Dados

III) Mecanografia

III.1 - Geração dos Mapas de Contorno em "plotter"

III.2 - Montagem Fotográfica dos Mapas Finais.

Partindo-se da premissa de que, para um melhor acompanhamento descritivo de todas as etapas acima mencionadas, é necessária uma visualização abrangente do Sistema de Aerogeofísica, apresentamos através da Figura 1, o "Fluxograma Geral do Processamento de Dados", a partir do qual será calcado o texto a seguir.

A Etapa (I) (Pré-Processamento dos Dados Digitais) compreende as fases de "Reformatação" e "Preparação para o Posicionamento dos Índices dos Perfis e dos Códigos de Cruzamento".

A Reformatação (I.1) é o programa que recebe como entrada os dados de campo fornecidos pela empreiteira do aerolevante e cujo processamento objetiva dispor os referidos dados de acordo com "lay-out" do Sistema de Aerogeofísica da CPRM. O programa transforma o tempo inicialmente informado em horas, minutos e segundos para segundo e a altura, dada em pés, para metros. A saída é constituída de um relatório (da reformatação) e uma fita com os

dados reformatados prontos para entrar na fase de crítica.

A fase da "Preparação para o Posicionamento dos Índices dos Perfis e dos Códigos de Cruzamento" (I.2) visa compor o arquivo que já contém as coordenadas UTM das fiduciais, através do programa "Posicionamento dos Índices dos Perfis e dos Códigos de Cruzamento", com as informações de índices de perfis e códigos de cruzamento (identificado e calculado), parâmetros que serão utilizados quando da passagem do programa "Distribuição dos Erros Magnéticos nos Cruzamentos" (Fase II-3 - Tratamento dos Dados). Para tanto, inicialmente, a partir de uma listagem de computador, fornecida pela GEOFOTO S/A, a qual contém todas as fiduciais de cruzamento das linhas de vôo e de controle e dos respectivos códigos de cruzamento (2 = identificado e 3 = calculado), essas informações são transcritas, juntamente com o índice de cada perfil, para a Folha de Codificação, de acordo com "lay-out" padronizado, visando posterior perfuração em cartões. Estes cartões são submetidos, em seguida, a um programa auxiliar que objetiva listá-los de modo a possibilitar a conferência da perfuração com a Folha de Codificação. Uma vez feitas todas as correções, se houver, os dados em cartões são transferidos para fita magnética através do programa "Transferência dos Dados de Cartão para Fita", fita esta que será a entrada para o programa "Classificação dos Perfis", o qual tem como saídas um relatório e uma fita magnética com os perfis classificados e seus respectivos registros de cruzamento.

Dando continuidade ao processamento, a fita contendo os perfis classificados será a entrada para os programas "Crítica dos Códigos de Cruzamento" e "Listagem dos Perfis", os quais, respectivamente, terão como saídas o "Relatório da Crítica" e o relatório "Situação do Arquivo". Se houver erros apontados no "Relatório da Crítica" inicia-se a "Preparação das Correções", atividade "offline" que utiliza o relatório "Situação do Arquivo" como veículo informativo da disposição de todos os dados dos perfis gravados em

fita, ocasionando a geração de cartões de dados para correção que, juntamente com a fita contendo os perfis classificados, serão a entrada para o programa "Correção dos Códigos de Cruzamento", o qual tem como saídas uma fita contendo os perfis classificados e corrigidos e o relatório das correções. Se o "Relatório da Crítica" não apresentar erros, a fita contendo os perfis classificados será uma das entradas para o programa "Posicionamento dos Índices dos Perfis e Códigos de Cruzamento", conforme pode-se ver através do referido fluxograma. Neste ponto, a fase I.2 é concluída, tendo-se finalmente uma fita contendo todas as fiduciais dos perfis classificados e corrigidos, com seus respectivos índices, bem como a presença de todas as fiduciais de cruzamento com seus códigos de cruzamento, no caso 2 (identificado) ou 3 (calculado).

A Etapa II (Processamento dos Dados Digitais) refere-se às três (3) fases denominadas de "Crítica dos Dados", de "Correção dos Dados Criticados" e "Tratamento dos Dados".

A primeira fase desta etapa (II.1) inicia-se com o programa "Crítica dos Dados" sobre a fita reformatada, o qual fornecerá uma listagem indicando os erros dos parâmetros fiducial, tempo e valores geofísicos quando estes se situam fora das constantes especificadas no cartão-mestre. Os valores geofísicos foram criticados segundo a técnica da segunda diferença e as constantes utilizadas foram as seguintes:

- a) Para magnetometria = 20
- b) Para o tório = 50
- c) Para o urânio = 50
- d) Para o potássio = 100
- e) Para a contagem total = 250

A constante utilizada para a crítica de fiducial e tempo foi 1, visto ser a diferença entre um valor desses parâmetros e o seu antecedente igual àquela constante, uma vez que a cada segundo é gravada uma fiducial.

Os erros de crítica apontados na listagem, no que se refere aos valores geofísicos, devem ser analisados com reserva visto serem os mesmos calculados em função das constantes adotadas. Se os valores geofísicos indicados na listagem como erro forem iguais aos valores existentes nos registros analógicos, consideram-se os mesmos como corretos. Em caso contrário há necessidade da preparação das correções que, no caso, consiste do preenchimento das folhas de codificação para a perfuração dos cartões, cartões estes que serão a entrada para o programa "Crítica dos Cartões à Correção da Crítica", o qual fornece uma listagem com o espelho dos cartões. Se houver erros de dados o programa imprimirá asteriscos na listagem de saída.

A segunda fase (Correção dos Dados Criticados) consiste na submissão do programa "Correção da Crítica" sobre a fita reformata da, cuja entrada serão os cartões com as correções desejadas e a saída uma fita magnética com os dados corrigidos e um relatório das correções efetuadas.

Posteriormente, a fita anterior (dados corrigidos) é submetida ao programa "Classificação dos Perfis", cuja saída é uma fita com os perfis classificados, fita esta que, juntamente com a fita obtida na fase I.2 (perfis classificados e corrigidos contendo seus respectivos índices e fiduciais de cruzamento com seus códigos de cruzamento) serão a entrada para o programa "Posicionamento dos Índices dos Perfis e Códigos de Cruzamento", cujas saídas são um relatório da situação dos perfis e uma fita com a alocação de todos os índices dos perfis bem como de todas as fiduciais de cruzamento com os seus respectivos códigos de cruzamento, a qual está preparada para ser submetida ao processo de "Tratamento dos Dados" (3ª fase), o qual consiste na passagem de diversos programas que visam à correção geofísica dos dados.

Com relação à terceira fase desta etapa (II.3), a qual denominamos "Tratamento dos Dados", a mesma foi dividida em duas partes, conforme pode ser visto através do "Fluxograma Geral do Processamento de Dados" da Figura 1: os programas de tratamento geofísico dos métodos magnético e gamaespectrométrico.

Em primeiro lugar procuraremos descrever sucintamente os programas utilizados para o tratamento dos dados de magnetometria os quais, em ordem, são:

1) Correção da Variação Diurna

Segundo o próprio nome indica, este programa visa corrigir os dados de campo, gravados digitalmente, da influência da variação magnética diurna. Para tal, a partir dos registros analógicos da estação-base, são anotados nos mesmos os tempos (em horas, minutos e segundos) e os valores magnéticos nos pontos de inflexão nos trechos compreendidos entre os tempos inicial e final dos perfis de produção (linhas de vôo e de controle), informações estas que são transferidas para a Folha de Codificação para posterior perfuração em cartões. Estes cartões, juntamente com a fita magnética contendo os perfis com seus respectivos índices (obtida na fase I.2) constituem as entradas do referido programa. As saídas são uma fita magnética com os dados magnetométricos corrigidos da variação diurna e o relatório das operações efetuadas.

Devido aos fatos mencionados nas letras b e c do ítem 4.1 deste relatório, vamos, a seguir, tecer comentários a respeito dos procedimentos adotados para a correção da variação magnética diurna do projeto:

- a) A existência de duas (2) informações distintas sobre o registro da variação magnética diurna, ou seja, uma relacionada à variação do campo total (magnetômetro do tipo "flux-gate") e a outra relacionada ao valor do campo total (magnetômetro de preces

são nuclear) foi o único obstáculo encontrado para o processamento dos dados do projeto. No entanto, felizmente, este problema pôde ser contornado através da utilização dos registros da estação-base da cidade de Vilhena, Rondônia, na qual foi usado o magnetômetro de precessão nuclear durante o levantamento aerogeofísico do Projeto Rio do Sangue, Convênio DNFM - CPRM, também executado pela GEOFOTO S/A na mesma época do presente projeto.

Desta forma o que se pretendeu primeiramente foi calcular os valores do campo magnético total nos dias em que houve o registro da variação do campo magnético total através do magnetômetro do tipo "flux-gate" na base de Guajará-Mirim, possibilitando, com isso, homogeneizar as informações para o programa "Correção da Variação Diurna", o qual utiliza como entrada o valor do campo total e não a sua variação. Por outro lado os registros da estação-base de Vilhena (Projeto Rio do Sangue) englobam os dias de produção do presente Projeto nas bases de operações utilizadas pelo mesmo: Guajará - Mirim e Ji-Paraná, fato que possibilitou calcular as diferenças entre os valores magnéticos relativos às tres (3) estações-base mencionadas.

- b) Levando-se em consideração de que a maioria dos perfis do projeto referia-se à estação-base sediada na cidade de Ji-Paraná, optou-se em adotar esta cidade como "estação-base de referência" para todo o projeto, fato que implicou, conseqüentemente, na necessidade de haver uma correspondência entre os valores magnéticos registrados nas estações-base de Guajará-Mirim e Vilhena com relação à "estação-base de referência" de Ji-Paraná.
- c) Após estas colocações, mostraremos, a seguir, os procedimentos adotados para o cálculo das médias dos valores magnéticos entre as estações-base citadas:

- c-1) Inicialmente, com relação às bases de Guajará-Mirim e Vilhena (Projeto Rio do Sangue) verificou-se haver uma diferença entre as mesmas de 746 nanoteslas quando se comparou valores magnéticos registrados em tempos diferentes tomados em dois dias (25/06 e 30/06/78).
- c-2) Da mesma forma verificou-se existir uma diferença de valores magnéticos entre as estações-base de Ji-Paraná e Vilhena de 235 nanoteslas.
- c-3) Através das diferenças dos valores magnéticos em relação às estações-base mencionadas (Guajará-Mirim/Vilhena e Ji-Paraná/Vilhena), constatou-se que a diferença entre os valores magnéticos entre as estações de Guajará-Mirim e Ji-Paraná (estação-base de referência) é de 511 nanoteslas (746-235).
- d) Resumindo-se, tem-se o seguinte quadro das relações entre as estações-bases consideradas:
- Guajará-Mirim/Vilhena: 746 nanoteslas
 - Guajará-Mirim/Ji-Paraná: 511 nanoteslas
 - Vilhena/Ji-Paraná: 235 nanoteslas
- e) Finalmente, como Ji-Paraná foi considerada a "estação-base de referência" para todo o projeto, procedeu-se às seguintes correções:
- e-1) Guajará-Mirim para Ji-Paraná: os valores dos pontos de inflexão para o programa da correção da variação diurna da estação-base de Guajará-Mirim foram subtraídos de 511 nanoteslas;
- e-2) Vilhena para Ji-Paraná: os valores dos pontos de inflexão da estação-base de Vilhena foram somados de 235 nanoteslas.

2) Espectro da Potência

Ao se analisar os dados oriundos de aerolevantamentos geofísicos é necessário se distinguir o que é "sinal", isto é, a informação devida à geologia local, do "ruído", uma componente alheia que se sobrepõe ao "sinal" e que é caracterizada pela presença aleatória de valores de alta frequência e pequena amplitude, parâmetros que mascaram o padrão dos dados do perfil.

No que concerne à magnetometria, o "ruído" é devido a anomalias superficiais, ao próprio equipamento, à presença de tempestades magnéticas e à variação diurna do campo geomagnético.

O presente programa tem por finalidade determinar quais as frequências que contribuem para a formação do "ruído" a fim de que as mesmas sejam eliminadas através do programa de filtragem tipo "low-pass". Para tal, inicialmente, através dos registros analógicos, são escolhidos trechos de perfis magnéticos, totalizando 200 pontos consecutivos cada, localizados em zona de litologia homogênea, de maneira que, no referido trecho, esteja representado principalmente o "ruído".

Após a determinação dos trechos representativos dos perfis, as informações são perfuradas no cartão-mestre de entrada do referido programa (nº do perfil, nº do canal e fiduciais inicial e final do trecho) o qual, juntamente com a fita de entrada (após a correção da variação diurna), gera a listagem com o gráfico do espectro da potência, gráfico este que possibilita a determinação da frequência de corte (f_c), a qual será informada no programa seguinte (Filtragem do tipo "low-pass"), se fôr o caso.

A determinação da frequência de corte (f_c) também depende de uma regra de processamento de dados aerogeofísicos, a qual especifica que, para a melhor representação dos dados obtidos, a amostragem de pontos para a confecção da malha para contorno deve ser

efetuada a um intervalo em torno do equivalente à metade do espaçamento das linhas de vôo. No caso do presente projeto a distância entre as linhas de vôo foi de 2000 m e o "grid" utilizado foi de 1000 m.

Com base nesta assertiva, podemos considerar que a frequência de corte (f_c) para a filtragem do tipo "low-pass" dos dados, antes do contorno, pode ser a frequência correspondente a um espaço (comprimento de onda λ) igual a duas (2) vezes o intervalo de amostragem utilizado, ou seja, para o "grid" = 1000 m tem-se o comprimento de onda (λ) = 2000 m. No caso do projeto o espaçamento entre as fiduciais foi de 60 m.

Como $\lambda = \text{espaçamento entre fiduciais} / \text{frequência}$, obtem-se $f_c \gg 0.03$ ciclos/unidades de amostragem.

Analisando-se o gráfico da listagem do programa verificou-se que não apareceram picos de alta frequência, característica de "ruído", fato que justificou a não submissão dos dados magnetométricos à filtragem.

3) Filtragem do tipo "low-pass"

Conforme citado no último parágrafo do item anterior, não houve necessidade de submeter os dados magnetométricos à filtragem, porém este programa foi aqui mencionado apenas para manter a ordem da sequência do "Fluxograma Geral", anteriormente mencionado.

4) Distribuição dos Erros nos Cruzamentos

O programa inicialmente dispõe os dados magnéticos sob a forma de uma matriz a fim de calcular todos os erros existentes nas interseções entre as linhas de vôo e de controle, erros esses devidos principalmente ao posicionamento destas interseções que são, em geral, inferidas, e pelas diferenças altimétricas existentes nas linhas de vôo e de controle em relação ao mesmo ponto.

Por intermédio de um processo iterativo, através do uso de parâmetros obtidos no ajuste de retas pelo método dos mínimos quadrados, estes erros são minimizados, obtendo-se diferenças cada vez menores que visam otimizar o nivelamento entre os perfis, o que, em última instância, propicia a geração de uma superfície magnética que apresenta a melhor regularidade possível em função dos dados do projeto. No nosso caso foram feitas 15 iterações.

As entradas do programa são a fita magnética contendo os dados após a correção da variação diurna (visto não ter havido necessidade de efetuar a filtragem) e o cartão-mestre com o número de iterações (15 no caso). As saídas do programa são a fita magnética com a distribuição dos erros nas interseções e uma listagem (relatório das iterações efetuadas).

5) Cálculo do Campo Geomagnético

Este programa calcula os valores dos coeficientes da equação do campo geomagnético, que é definido por uma superfície do 2º grau da forma $Ax^2 + By^2 + Cxy + Dx + Ey + F$, a partir das informações das coordenadas UTM dos vértices das quadriculas do projeto, na escala 1:100.000, das coordenadas UTM de um ponto o mais central da área, bem como da fração do ano do aerolevanteamento e da altitude, esta última obtida considerando-se o somatório das médias das altitudes da área e da altura do aerolevanteamento.

Os coeficientes da referida equação serão utilizados pelo próximo programa (Redução do Campo Geomagnético), o qual reduzirá, de acordo com a posição geográfica de cada registro, os valores magnéticos gravados durante o aerolevanteamento do valor do campo geomagnético que passa naquele lugar, obtendo-se, portanto, valores residuais ou anômalos.

Abaixo discriminam-se os valores fornecidos ao programa (5.1 a 5.3) e os calculados pelo programa (5.4):

5.1) Coordenadas UTM de um ponto o mais central da área do projeto correspondente a $12^{\circ}00'00''$ latitude sul e $63^{\circ}30'$ longitude oeste de Gr: Este: 445568 m, N = 8673382 m.

5.2) Fração do ano do aerolevanteamento: 1978.6

5.3) Altitude utilizada para cálculo: 300 m

5.4) Coeficientes da equação do campo geomagnético da forma $Ax^2 + By^2 + Cxy + Dx + Ey + F$:

$$A = 0,840324 \text{ E-09}$$

$$B = 0,137804 \text{ E-09}$$

$$C = - 0,183558 \text{ E-11}$$

$$D = 0,255449 \text{ E-02}$$

$$E = - 0,853272 \text{ E-03}$$

$$F = 26029,6$$

Desta maneira, o programa tem como entrada um cartão-mestre contendo as informações acima referidas e os cartões-detalhes com as coordenadas UTM dos vértices das quadrículas do projeto e tem como saída a listagem contendo os valores dos coeficientes A,B,C,D,E e F da equação do 2º grau.

6) Redução do Campo Geomagnético

Conforme dito anteriormente, este programa efetua a redução do campo geomagnético (IGRF) dos valores registrados durante o aerolevanteamento. O mesmo tem como entradas a fita magnética contendo os dados após a distribuição dos erros nas interseções e o cartão-mestre com os valores dos coeficientes A,B,C,D,E e F, calculado pelo programa anterior, bem como a fração do ano do aerolevanteamento e a altitude considerada.

As saídas são a fita magnética contendo os valores magnetométricos residuais e a listagem contendo a relação dos perfis reduzidos do IGRF.

7) Amostragem de Pontos para Contorno

Devido à existência de limitação da capacidade física da memória dos computadores, não é possível utilizar todas as informações (registros) medidas para a geração dos mapas de contorno. Além do mais há necessidade de se dispor os dados segundo u'a malha (grid) regular, no nosso caso quadrada, para a confecção do contorno automático por computador, o que implica na aplicação de u'a amostragem dos pontos em função dos requisitos acima.

Há uma regra prática para o dimensionamento da malha para contorno, a qual estabelece que as dimensões da mesma devem corresponder à metade (1/2) ou um quarto (1/4) do espaçamento entre as linhas de vôo. No nosso caso escolheu-se u'a malha quadrada de 1 km visto as linhas de vôo estarem espaçadas de 2 km.

As linhas de vôo e de controle foram amostradas de 10 pontos, correspondendo a uma distância de cerca de 600 metros de intervalo.

Dessa maneira o programa tem como entradas a fita magnética contendo os dados magnetométricos residuais e o cartão-mestre com a informação do intervalo de amostragem, tendo como saídas a fita magnética contendo os dados amostrados prontos para os programas SORT, STAMPEDE e GPCP, os quais visam a confecção dos mapas de contorno, e uma listagem fornecendo os pontos amostrados dos perfis, segundo o intervalo informado.

8) SORT, STAMPEDE e GPCP (Contorno dos Dados)

8.1) SORT

Este é o primeiro programa relativo ao contorno dos dados geofísicos. Sua particularidade é a de, a partir das informações das coordenadas UTM de uma área que se deseja contornar e do número do canal desejado, classificar em ordem crescente a numeração dos perfis pertencentes à referida área, gerando como

saída uma fita com estas informações, as quais serão utilizadas pelo próximo programa (STAMPEDE).

Desta forma, o programa tem como entradas a fita contendo os dados amostrados (saída do programa anterior) e o cartão - mestre que informa as coordenadas UTM da área a ser contornada e o número do canal, no caso o de magnetometria. As saídas são a fita magnética contendo os valores magnetométricos dos perfis ordenados relativos à área a ser plotada e uma listagem contendo a relação dos valores magnetométricos dos perfis, bem como os valores mínimo e máximo existentes na referida área.

8.2) STAMPEDE (Surface Techniques, Annotation and Mapping Programs for Exploration, Development and Engineering)

Este segundo programa para o contorno recebe como entradas a fita de saída do programa anterior (SORT) e o cartão - mestre especificando o intervalo da malha quadrada, no caso de 1000 m, e as coordenadas UTM dos vértices da área a ser contornada.

O programa utiliza os dados ordenados pelo programa anterior e calcula os valores magnetométricos correspondentes aos vértices (nós) de uma malha regular de dimensões estabelecidas (1000m), ordenando-os segundo uma matriz. O programa permite também, opcionalmente, a suavização do valor relativo a cada nó da malha, utilizando valores pertencentes aos nós circunvizinhos.

Com relação ao projeto considerou-se uma suavização utilizando os valores correspondentes a 12 nós circunvizinhos a cada nó.

O programa tem como saídas a fita magnética contendo todos os valores segundo a malha utilizada e a listagem informando as coordenadas UTM que deverão ser especificadas no próximo programa (GPCP).

8.3) GPCP (G eneral P urpose C ontouring P rogram)

A fita magnética contendo os valores magnetométricos em malha do programa anterior, juntamente com o cartão-mestre informando o intervalo de contorno de 10 em 10 nanoteslas e as curvas-mestres de 100 em 100 nanoteslas, bem como as coordenadas UTM da área a ser plotada, constituem as entradas para este programa que, basicamente, a partir dos "grids" existentes, cria sub-"grids", aumentando, dessa forma, o número de informações dentro da malha original, fato que objetiva otimizar a precisão do contorno dos valores magnetométricos.

As saídas deste terceiro programa de contorno são a fita magnética após a criação de "sub-grids", a qual está pronta para o "plotter", e a listagem informando o número de "blocos" para a confecção dos mapas de contorno.

O "plotter" recebe a fita gerada pelo programa anterior e plota os "Mapas de Contorno do Campo Magnético Residual".

Em prosseguimento ao tratamento geofísico, veremos, em segundo lugar, os programas envolvidos para a correção dos dados gamaespectrométricos, os quais serão sucintamente em seguida descritos, conforme o "Fluxograma Geral" da Fig.1.

1) Espectro da Potencia

As considerações sobre este programa foram, em parte, discorridas quando do tratamento dos dados magnetométricos.

Com relação à gamaespectrometria, a principal fonte causadora do "ruído" é a flutuação estatística dos dados registrados pelos equipamentos utilizados no sensoramento. Outras importantes fontes de "ruído" são a imperfeição das correções digitais, as quais simplificam extraordinariamente as complexas interações das partículas radioativas no solo, na atmosfera e nos detetores, assim como as variações mineralógicas e de intemperismo ocorrentes em uma mesma litologia.

A partir dos registros analógicos foram selecionados trechos de perfis com intervalos de 200 fiduciais nos quais o "ruído" poderia estar representado, correspondentes aos canais de tório, urânio, potássio, contagem total, incluindo também a altura, sendo estes dados informados no cartão-mestre do programa (nº do perfil, nº dos canais, fiduciais inicial e final do trecho), o qual, juntamente com a fita magnética de saída do programa "Posicionamento dos índices dos perfis e códigos de Cruzamento", constituem as entradas para o presente programa. A saída do programa é uma listagem com os gráficos do espectro da potencia para cada canal mencionado.

Segundo os parâmetros utilizados para o projeto, verificou-se anteriormente que a frequência de corte (fc) deveria ser igual ou maior do que 0,03 ciclos/unidades de amostragem. Analisando-se os gráficos do espectro da potência para os dados radiométricos e mais a altura adotou-se para frequência de corte (fc) o valor de 0,11 ciclos/unidades de amostragem.

Para a determinação do número de coeficientes do filtro (N) para ser informado no programa seguinte (Filtragem do tipo "low-pass"), utilizou-se a seguinte fórmula, baseada no Princípio da Incerteza:

$$(FH - FL) > \frac{1}{DT \cdot N}$$

Em que:

FH = frequência mais alta, no caso 0,11 ciclos/unidades de amostragem.

FL = menor frequência. No caso da filtragem do tipo "low-pass" é igual a zero.

DT = espaçamento dos dados amostrados. No caso como são tomadas de uma em uma fiducial, DT = 1.

Então $N > \frac{1}{FH}$, logo $N > 9$

Como o número de coeficientes do filtro (N) deve ser sempre ímpar, devido a função ser simétrica, considerou-se $N=11$.

2) Filtragem do tipo "low-pass"

Após a determinação da frequência de corte (f_c) e do número de coeficientes do filtro (N), parâmetros obtidos através do programa anterior, procedeu-se ao programa "Filtragem do tipo "low-pass" (ruído).

Dessa forma as frequências superiores a 0,11 ciclos/unidade de amostragem serão eliminadas por este programa, nos canais relativos à altura, tório, urânio, potássio e contagem total.

Os 11 coeficientes do filtro, calculados pelo programa, são: 0.22000, 0.20290, 0,15634, 0.09298, 0.02929, -0.01967, - 0.04479, - 0.04511, 0.02724, - 0.00222, 0.01871.

As saídas do programa são uma fita magnética com os dados gamaespectrométricos filtrados e uma listagem contendo a relação dos perfis filtrados.

3) Correção Gamaespectrométrica

Este programa visa submeter os dados radiométricos, após a filtragem, às seguintes correções:

- 3.1) Redução do "background" atmosférico.
- 3.2) Correção do espalhamento COMPTON nos cristais.
- 3.3) Correção altimétrica.

Abaixo descrevemos sucintamente cada sub-ítem citado acima:

3.1) Redução do "background" atmosférico

O "background" atmosférico é definido como a interação devida à radiação cósmica, a relativa à estrutura da

da aeronave e de seus equipamentos bem como causas diversas.

Os valores do "background" são registrados em fita magnética antes e após cada missão de produção, a 2500 pés de altura, sob a forma de perfis-testes. Um programa auxiliar lê os valores do "background", calcula a média aritmética, os valores máximos e mínimos, além do desvio-padrão de cada canal.

O "background" final representativo, considerado para a redução dos dados, é obtido através do cálculo da média aritmética das médias dos valores do "background" anterior e posterior a cada missão. Exemplificando-se, abaixo apresentamos a fórmula adotada:

$$\text{Média Final} = \frac{\text{Média (anterior)} + \text{Média (posterior)}}{2}$$

Média (anterior) = média aritmética dos valores anteriores ao registro dos perfis de produção de determinada missão.

Média (posterior) = média aritmética dos valores posteriores ao registro dos perfis de produção de determinada missão.

Os valores médios finais do "background" dos canais, obtidos da forma acima, são informados no cartão-mestre de entrada do programa "Correção Gamaespectrométrica" para a redução do "background" atmosférico.

3.2) Correção do espalhamento COMPTON nos cristais

A correção do espalhamento COMPTON nos cristais é indispensável devido à maior energia emitida pelo Tálcio 208 (Tório), cuja radiação "espalhada" irá contribuir para o aumento do nível da radiação medida nos canais de Urânio e Potássio,

de menores energia, enquanto que a radiação proveniente do Bis muto 214 (Urânio) "espalhada" irá contribuir para o aumento do nível da radiação medida do canal do Potássio.

Em consequência do exposto acima, é necessária a correção nos valores registrados digitalmente nos canais de u rânio e potássio, visto que no registro analógico os referidos canais já se apresentam corrigidos do efeito COMPTON, não so frendo, no entanto, correção os canais de Tório e Contagem To tal.

Esta correção na fita magnética é efetuada medi ante a determinação e redução das parcelas responsáveis pelo au mento do nível da radiação dos canais de Urânio e Potássio a partir dos valores reduzidos do "background" atmosférico (corre ção anterior) da seguinte forma:

$$D(U)_{CORR} = D(U) - \alpha \cdot D(Th)$$

$$D(K)_{CORR} = D(K) - \beta \cdot D(Th) - \gamma \cdot D(U)_{CORR}$$

onde α é o coeficiente de correção do Urânio com relação ao Tório; β é o de correção do Potássio com relação ao Tório e γ o de correção do Potássio com relação ao Urânio (já cor rigido do efeito COMPTON).

Resumindo, tem-se que:

- $D(U)_{CORR}$ = Valor com a correção do efeito COMPTON (Urânio)
- $D(K)_{CORR}$ = Valor com a correção do efeito COMPTON (Potássio)
- $D(U)$ = Valor com correção do "background" atmosférico (U rânio)
- $D(K)$ = Valor com correção do "background" atmosférico (Potássio)
- $D(Th)$ = Valor com correção do "background" atmosférico (Tó rio).

Os coeficientes de correção do espalhamento COMPTON nos cristais (α , β e γ) dependem da largura da janela empregada, bem como do tamanho, número e espaçamento dos cristais. Os fabricantes dos equipamentos, em função do tipo montado na aeronave, fornecem gráficos-padrões para a determinação dos referidos coeficientes de correção.

Conforme pode ser visto na Fig.2, o gráfico a apresenta no seu eixo horizontal valores dos coeficientes α , β e γ e no eixo vertical o volume dos cristais, em polegadas cúbicas.

Como no caso deste Projeto o volume total dos cristais é de 1017,87 polegadas cúbicas, são os seguintes os valores determinados dos coeficientes de correção em função do volume dos cristais, segundo o gráfico da Fig. 2: $\alpha = 0,341$; $\beta = 0,479$; $\gamma = 0,749$.

3.3) Correção altimétrica

Em virtude da impossibilidade de a aeronave manter, durante o aerolevanteamento, a mesma altura de vôo sobre o terreno, devido às diferenças altimétricas bruscas e também devido a velocidade média da aeronave (220 km/h), e como as intensidades das radiações gama emitidas pelas rochas e solos são atenuadas pela altura, há necessidade de se escolher trecho de uma linha de vôo, em local de topografia pouco acidentada e com anomalia conspícua, para a execução do teste de absorção, o qual consiste em sucessivos vôos a diferentes alturas e no mesmo sentido, objetivando o cálculo do coeficiente de atenuação atmosférica (μ) para os canais de K, U, Th e CT. O coeficiente de atenuação total é a soma dos coeficientes devido ao espalhamento COMPTON, efeito fotoelétrico e formação de pares. Para a aerogamaespectrometria considera-se apenas o espalhamento COMPTON, tendo em vista a insignificância do efeito fotoelétrico e da formação de pares (CARDOSO, 1976).

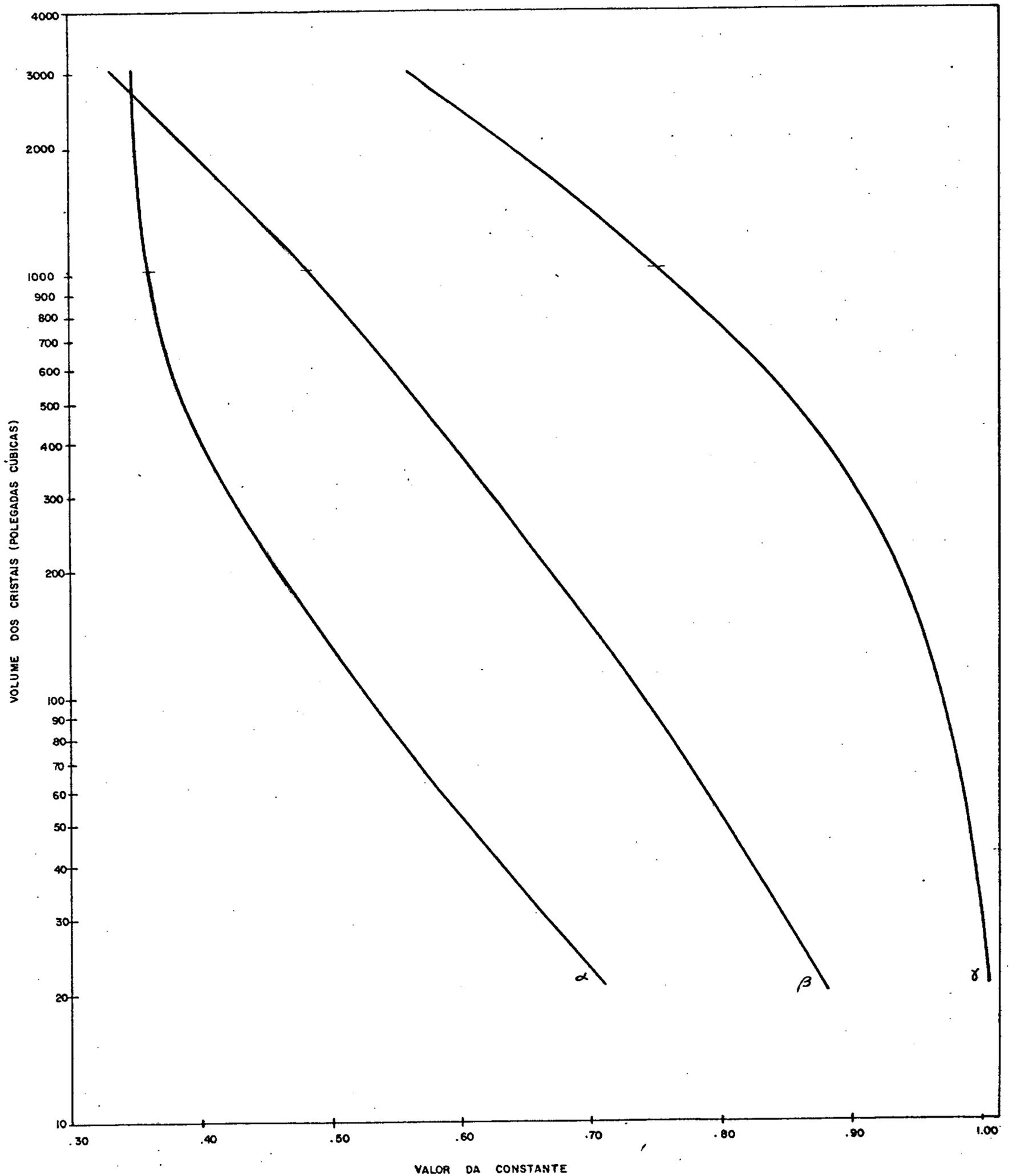


Gráfico para determinação das constantes utilizadas na correção do espalhamento Compton nos cristais (Fonte: Preliminary Technical Memo - GEOMETRICS)

Fig.2

A atenuação dos níveis de radiação com o incremento da altura de vôo obedece, aproximadamente dentro da faixa de variação da altura entre 50 e 250 m, a uma função exponencial (DARNLEY, 1973) da forma:

$$N = N_0 \cdot e^{-\mu H} \quad (I)$$

onde:

N = é a radiação medida em um canal a uma altura H .

N_0 = é a radiação medida na elevação zero, isto é, em rocha ou solo aflorante.

μ = coeficiente de atenuação atmosférica do canal.

Desenvolvendo-se a equação (I), tem-se:

$$\ln(N) = -\mu H + \ln(N_0) \quad (II)$$

onde $\ln(N)$ e $\ln(N_0)$ são os valores dos logaritmos neperianos de N e N_0 , sendo esta equação (II) a equação de uma reta onde $(-\mu)$ é o coeficiente angular da reta e $\ln(N_0)$ o termo independente.

Para se achar a função matemática mais próxima dos dados medidos, determinam-se os parâmetros μ e $\ln(N_0)$ pelo método dos mínimos quadrados:

$$\mu = \frac{\sum h \cdot \sum \ln(N) - n \sum (h \cdot \ln(N))}{n \cdot \sum h^2 - (\sum h)^2}$$

$$\ln(N_0) = \frac{\sum h^2 \cdot \sum \ln(N) - \sum h \cdot \sum (h \cdot \ln(N))}{n \cdot \sum h^2 - (\sum h)^2}$$

onde n é o número de valores medidos.

Os valores de μ obtidos, para a aeronave PT-KNE, foram:

Para o K:	0,001733/m
Para o U:	0,002776/m
Para o Th :	0,005919/m
Para a CT :	0,004049/m

Através dos valores do coeficiente de absorção corrigem-se os valores das radiações gama para uma mesma altura, no caso 150 m, permitindo a correlação entre os dados geológicos e geofísicos.

Desta forma, determinados os coeficientes de atenuação atmosférica dos canais, os dados medidos foram corrigidos, ponto a ponto, para uma altura - base de 150 m, através da seguinte equação:

$$D = D_0 \cdot e^{-\mu(H-150)}$$

onde D_0 é o valor do ponto corrigido do espalhamento COMPTON no cristal, μ o coeficiente de atenuação atmosférica calculado para o canal; H a altura em relação ao solo, na qual foi medido o valor, e D é o valor do canal corrigido da altura.

O programa "Correção Gamaespectrométrica" tem como saídas a fita magnética com os dados radiométricos corrigidos e o relatório das correções efetuadas.

4) Amostragem de pontos para contorno

Da mesma forma que os dados magnetométricos foram amostrados para o contorno, foi utilizado o intervalo de amostragem de 10 pontos, correspondendo a uma distância de 600 metros.

O programa tem como entradas o cartão-mestre com o intervalo de amostragem e a fita magnética com os pontos amostrados.

5) SORT, STAMPEDE e GFCP (Contorno dos Dados)

As características gerais destes programas para o contorno foram descritas quando da referência dos dados magnetométricos. Por esta razão somente enfatizaremos que no

cartão-mestre de entrada do programa SORT, além das coordenadas da área a ser plotada fornecemos o número do canal da contagem total.

O intervalo de contorno informado no programa GPCP para o referido canal é de 50 CPS, sendo que as curvas-mestras são numeradas de 250 em 250 CPS.

O "plotter" recebe a fita gerada pelo programa GPCP e plota os "Mapas de Contorno do Canal de Contagem Total".

A Etapa (III) (Mecanografia) consiste na confecção dos mapas de contorno no "plotter" e na montagem fotográfica final dos mesmos.

V - COMENTÁRIOS FINAIS

Descontando o atraso de dois meses em relação ao cronograma inicialmente previsto, devido à espera dos registros analógicos da estação-base do Projeto Rio do Sangue e sua compatibilização com os dados do presente projeto, conforme oportunamente comentado, bem como a paralização do "plotter" da CPRM por duas semanas devido a problemas de caráter elétrico, em linhas gerais pode-se considerar que o processamento dos dados aerogeofísicos do projeto e a entrega do Relatório Final do mesmo transcorreu conforme nossas estimativas.

Os mapas de contorno finais do projeto, tanto os do campo magnético residual quanto os de isoradas do canal de contagem total, apresentam algumas anomalias que justificam ser estudadas com atenção na etapa da integração geológica-geofísica dos dados.

Ressaltamos, particularmente, a anomalia magnética na Folha SC.20-Y-D, no seu quadrante NE, próximo à nascente do Rio Apitá, bem como a anomalia radiométrica na Folha SD.20-V-B, no seu quadrante

NW, no local denominado Morro Ouro Fino, cujo valor máximo está em torno de 7000 CPS quando o valor médio circundante à anomalia está por volta de 200 CPS.

Finalizando, esperamos que os resultados ora apresentados sejam de grande valia para os trabalhos que em seguida serão desenvolvidos, quais sejam, as etapas de interpretação e integração geológica-geofísica.

VI - BIBLIOGRAFIAS

CARDOSO, C.E.T. - Determinação dos coeficientes de absorção - Projeto Serra de Itiúba - Gamaespectrometria. CPRM, Rel. Tec. Int. Rio de Janeiro, 1976, 12 p.

DARNLEY, A.G. - Airborne gamma-ray survey techniques - present and future. In: International Atomic Energy Agency, ed. Uranium Exploration Methods, Proceedings of Panel. Austria, 1973, p. 67-108.

ANJOS, I.L.S dos et alii - Projeto Serra de Itiúba, Relatório Final, Vol. II, NME, DNPM/CPRM, 1980, 19 p.