



**REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL**

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME  
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL - SGM**

**CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL**

**PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB)**

**PROJETO AEROGEOFÍSICO COMPLEMENTO DA RENCA  
(RESERVA NACIONAL DO COBRE E ASSOCIADOS)**

**RELATÓRIO FINAL DO LEVANTAMENTO E PROCESSAMENTO DOS DADOS  
MAGNETOMÉTRICOS E GAMAESPECTROMÉTRICOS**

**VOLUME I**

**TEXTO TÉCNICO**

**2008**

**PROSPECTORS AEROLEVANTAMENTOS E SISTEMAS LTDA**



## REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

### MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Edílson Lobão  
Ministro de Estado

Márcio Pereira Zimmermann  
Secretário Executivo

Cláudio Scliar  
Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

### **CPRM – Serviço Geológico do Brasil**

Agamenon Sérgio Lucas Dantas  
Diretor-Presidente

Fernando Pereira de Carvalho  
Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento – DRI

Manoel Barreto da Rocha Neto  
Diretor de Geologia e Recursos Minerais – DGM

José Ribeiro Mendes  
Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial – DHT

Eduardo Santa Helena da Silva  
Diretor de Administração e Finanças Interino – DAF

Reinaldo Santana Correa de Brito  
Departamento de Recursos Minerais – DEREM

Maria Laura Vereza de Azevedo  
Divisão de Geofísica – DIGEOF

### **Superintendências Regionais**

Manfredo Ximenes Ponte  
Superintendente de Belém

Hélio Pereira  
Superintendente de Belo Horizonte

Maria Abadia Camargo  
Superintendente de Goiânia

Marco Antonio de Oliveira  
Superintendente Interino de Manaus

José Alcides Fonseca Ferreira  
Superintendente de Porto Alegre

José Wilson de C. Temoteo  
Superintendente de Recife

Ivanaldo Vieira Gomes da Costa  
Superintendente de Salvador

José Carlos Garcia Ferreira  
Superintendente de São Paulo

## APRESENTAÇÃO

No início do ano de 2004 o Governo Federal definiu, no *Plano Plurianual 2004/2007 (PPA 2004-2007)*, as políticas públicas setoriais dos seus diversos Ministérios por meio dos Programas e respectivas Ações.

No âmbito do Ministério de Minas e Energia e sua Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral (SGM/MME), compete a CPRM – Serviço Geológico do Brasil o planejamento e a execução do *Programa Geologia do Brasil (PGB)*, tendo como uma de suas Ações o de Levantamentos Geofísicos.

De acordo com o *Programa de Atividades Técnicas 2006 (PAT 2006)*, a CPRM – Serviço Geológico do Brasil, em 28 de Novembro de 2006, celebrou com o Consórcio LASA Engenharia e Prospecções S.A./PROSPECTORS Aerolevantamentos e Sistemas Ltda. O contrato nº 103/PR/06 para executar os serviços de aquisição e processamento de dados aeromagnetométricos e aerogamaespectrométricos do *Projeto Aerogeofísico Complemento da RENCA (Reserva Nacional do Cobre e Associados)*, o qual localiza-se na porção sudoeste do Estado de Amapá e a porção nordeste do Estado do Pará, na região norte do Brasil.

Para a etapa de aquisição de dados foi utilizada uma aeronave de propriedade da Prospectors Aerolevantamentos e Sistemas Ltda.: Piper Navajo Chieftain PA31-350, prefixo PR-PRS, a qual realizou o projeto no período de 11.09.2007 a 13.12.2007 totalizando 42.600,00 km de perfis.

Como base de operações para a etapa de aquisição de dados foi utilizada a cidade de Macapá (AP). Foram usados magnetômetros de bombeamento ótico de vapor de césio da Geometrics, modelo G822A e gamaespectrômetro da EXPLORANIUM, modelo GR-820, de 256 canais espectrais, bem como o sistema de navegação GPS com receptores de 12 canais da marca AGNAV P141K Gold.

Para o recobrimento do projeto foram utilizadas cerca de 347,30 h de vôo, que resultaram no levantamento efetivo de 42.600,00 km de perfis aprovados pela Fiscalização da CPRM – Serviço Geológico do Brasil em uma área de cerca de 18.911 km<sup>2</sup>. O processamento de dados e a elaboração do Relatório Final foram realizados entre os meses de dezembro de 2007 e março de 2008.

Os produtos finais do Projeto Aerogeofísico Complemento da RENCA estão sendo apresentados sob a forma de Relatório Final (3 exemplares), que consiste em texto técnico (Volume I) e Anexos (Volumes II a XII), os quais incluem os seguintes temas apresentados sob a forma de mapas coloridos nas escalas 1:50.000 e 1:250.000, segundo o corte cartográfico ao milionésimo e na escala 1:250.000 em folha única:

- Escala 1:50.000: Mapas de Contorno do Campo Magnético Total reduzido do IGRF (Campo Total, Primeira Derivada Vertical e Sinal Analítico) e de Contorno Radiométrico em Concentração de Elementos (Contagem Total, Potássio, Urânio, Tório e Razões eU/eTh, eU/K e eTh/K).
- Escala 1:250.000 (Folha Única): Mapas de Contorno do Campo Magnético Total reduzido do IGRF (Campo Total), Mapas de Pseudo-Iluminação do Campo Magnético Total Reduzido do IGRF (Primeira Derivada Vertical e Sinal Analítico) e Radiométrico em Concentração de Elementos (Contagem Total, Potássio, Urânio, Tório, Razões eU/eTh, eU/K e eTh/K e Distribuição Ternária de Potássio, Urânio e Tório) e Mapa de Pseudo-Iluminação do Modelo Digital do Terreno.

Completando os produtos finais, estão sendo também entregues os arquivos digitais referentes aos metadados, os arquivos XYZ (perfis) e em malhas (grids), estes últimos no tamanho de 125 x 125m, ambos no formato *GEOSOFT*, como também arquivos digitais de todos os mapas do projeto nas citadas escalas e o arquivo do texto, figuras e tabelas do Volume 1 do Relatório Final do Projeto em formato PDF, todos os arquivos gravados em DVD-ROM.

**RELATÓRIO FINAL DO LEVANTAMENTO E PROCESSAMENTO DOS DADOS  
MAGNETOMÉTRICOS E GAMAESPECTROMÉTRICOS**

**PROJETO AEROGEOFÍSCO COMPLEMENTO DA RENCA  
(RESERVA NACIONAL DO COBRE E ASSOCIADOS)**

**ÍNDICE DOS VOLUMES**

**VOLUME I            TEXTO TÉCNICO E ANEXOS**

**VOLUME II        ANEXOS**

- Vol. II.1: MAPA DE CONTORNO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF) NA ESCALA 1:50.000 (Folhas 1 a 12)
- Vol. II.2: MAPA DE CONTORNO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF) NA ESCALA 1:50.000 (Folhas 13 a 24)
- Vol. II.3: MAPA DE CONTORNO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF) NA ESCALA 1:50.000 (Folhas 25 a 37)

**VOLUME III        ANEXOS**

- Vol. III.1: MAPA DE CONTORNO DA 1ª. DERIVADA VERTICAL DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF) NA ESCALA 1:50.000 (Folhas 1 a 12)
- Vol. III.2: MAPA DE CONTORNO DA 1ª. DERIVADA VERTICAL DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF) NA ESCALA 1:50.000 (Folhas 13 a 24)
- Vol. III.3: MAPA DE CONTORNO DA 1ª. DERIVADA VERTICAL DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF) NA ESCALA 1:50.000 (Folhas 25 a 37)

**VOLUME IV        ANEXOS**

- Vol. IV.1: MAPA DE CONTORNO DO SINAL ANALÍTICO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF) NA ESCALA 1:50.000 (Folhas 1 a 12)
- Vol. IV.2: MAPA DE CONTORNO DO SINAL ANALÍTICO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF) NA ESCALA 1:50.000 (Folhas 13 a 24)
- Vol. IV.3: MAPA DE CONTORNO DO SINAL ANALÍTICO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF) NA ESCALA 1:50.000 (Folhas 25 a 37)

**VOLUME V ANEXOS**

- Vol. V.1: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA TAXA DE EXPOSIÇÃO DO CANAL DE CONTAGEM TOTAL NA ESCALA 1:50.000 (Folhas 1 a 12)
- Vol. V.2: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA TAXA DE EXPOSIÇÃO DO CANAL DE CONTAGEM TOTAL NA ESCALA 1:50.000 (Folhas 13 a 24)
- Vol. V.3: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA TAXA DE EXPOSIÇÃO DO CANAL DE CONTAGEM TOTAL NA ESCALA 1:50.000 (Folhas 25 a 37)

**VOLUME VI ANEXOS**

- Vol. VI.1: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE POTÁSSIO NA ESCALA 1:50.000 (Folhas 1 a 12)
- Vol. VI.2: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE POTÁSSIO NA ESCALA 1:50.000 (Folhas 13 a 24)
- Vol. VI.3: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE POTÁSSIO NA ESCALA 1:50.000 (Folhas 25 a 37)

**VOLUME VII ANEXOS**

- Vol. VII.1: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE URÂNIO NA ESCALA 1:50.000 (Folhas 1 a 12)
- Vol. VII.2: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE URÂNIO NA ESCALA 1:50.000 (Folhas 13 a 24)
- Vol. VII.3: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE URÂNIO NA ESCALA 1:50.000 (Folhas 25 a 37)

**VOLUME VIII ANEXOS**

- Vol. VIII.1: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE TÓRIO NA ESCALA 1:50.000 (Folhas 1 a 12)
- Vol. VIII.2: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE TÓRIO NA ESCALA 1:50.000 (Folhas 13 a 24)
- Vol. VIII.3: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE TÓRIO NA ESCALA 1:50.000 (Folhas 25 a 37)

**VOLUME IX ANEXOS**

- Vol. IX.1: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/TÓRIO NA ESCALA 1:50.000 (Folhas 1 a 12)
- Vol. IX.2: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/TÓRIO NA ESCALA 1:50.000 (Folhas 13 a 24)
- Vol. IX.3: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/TÓRIO NA ESCALA 1:50.000 (Folhas 25 a 37)

**VOLUME X ANEXOS**

- Vol. X.1: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/POTÁSSIO NA ESCALA 1:50.000 (Folhas 1 a 12)
- Vol. X.2: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/POTÁSSIO NA ESCALA 1:50.000 (Folhas 13 a 24)
- Vol. X.3: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/POTÁSSIO NA ESCALA 1:50.000 (Folhas 25 a 37)

**VOLUME XI ANEXOS**

- Vol. XI.1: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA RAZÃO TÓRIO/POTÁSSIO NA ESCALA 1:50.000 (Folhas 1 a 12)
- Vol. XI.2: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA RAZÃO TÓRIO/POTÁSSIO NA ESCALA 1:50.000 (Folhas 13 a 24)
- Vol. XI.3: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA RAZÃO TÓRIO/POTÁSSIO NA ESCALA 1:50.000 (Folhas 25 a 37)

**VOLUME XII ANEXOS**

- MAPA DE CONTOURNO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF) NA ESCALA 1:250.000 (Folha Única)
- MAPA DE PSEUDO-ILUMINAÇÃO DA 1ª. DERIVADA VERTICAL DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF) NA ESCALA 1:250.000 (Folha Única)
- MAPA DE PSEUDO-ILUMINAÇÃO DO SINAL ANALÍTICO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF) NA ESCALA 1:250.000 (Folha Única)
- MAPA RADIOMÉTRICO DA TAXA DE EXPOSIÇÃO DO CANAL DE CONTAGEM TOTAL NA ESCALA 1:250.000 (Folha Única)
- MAPA RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE POTÁSSIO NA ESCALA 1:250.000 (Folha Única)
- MAPA RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE URÂNIO NA ESCALA 1:250.000 (Folha Única)
- MAPA RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE TÓRIO NA ESCALA 1:250.000 (Folha Única)
- MAPA RADIOMÉTRICO DA RAZÃO DE URÂNIO/TÓRIO NA ESCALA 1:250.000 (Folha Única)
- MAPA RADIOMÉTRICO DA RAZÃO DE URÂNIO/POTÁSSIO NA ESCALA 1:250.000 (Folha Única)
- MAPA RADIOMÉTRICO DA RAZÃO DE TÓRIO/POTÁSSIO NA ESCALA 1:250.000 (Folha Única)
- MAPA RADIOMÉTRICO DA DISTRIBUIÇÃO TERNÁRIA DE POTÁSSIO, URÂNIO E TÓRIO NA ESCALA 1:250.000 (Folha Única)
- MAPA DE PSEUDO-ILUMINAÇÃO DO MODELO DIGITAL DO TERRENO NA ESCALA 1:250.000 (Folha Única)

**RELATÓRIO FINAL DO LEVANTAMENTO E PROCESSAMENTO DOS  
DADOS MAGNETOMÉTRICOS E GAMAESPECTROMÉTRICOS**

**PROJETO AEROGEOFÍSICO COMPLEMENTO DA RENCA  
(RESERVA NACIONAL DO COBRE E ASSOCIADOS)**

**VOLUME I – TEXTO TÉCNICO**

**SUMÁRIO**

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>2. AQUISIÇÃO DE DADOS</b>	<b>6</b>
2.1. Características do levantamento	6
2.2 Equipamentos utilizados	6
2.2.1. Aeronave	7
2.2.2. Aeromagnetômetros	7
2.2.3. Aerogamaespectrômetros	7
2.2.4. Sistema de Aquisição de Dados	9
2.2.5. Sistema de vídeo	10
2.2.6. Altimetros	10
2.2.7. Sistema de Navegação e Posicionamento	10
2.2.8. Magnetômetro Terrestre	10
2.3 Planejamento e Mobilização	11
2.3.1. Elaboração do Plano do vôo	11
2.3.2. Estatísticas das Operações	13
2.3.3. Mapa do Projeto de Vôo	14
2.3.4. Testes dos Equipamentos	14
2.3.5. Cálculo da Resolução dos Cristais Detectores ( <i>downward</i> e <i>upward</i> )	24
2.3.6. Calibração dos Detectores <i>Downward Looking</i>	24
2.3.7. Calibração dos Detectores <i>Upward Looking</i>	27
2.4 Compilação dos dados	27
2.5 Equipe Técnica na Base de Operações	28



<b>3. PROCESSAMENTO DE DADOS.....</b>	<b>28</b>
3.1 Fluxo de Processamento .....	28
3.1.1. Preparação do Banco de Dados do Levantamento .....	28
3.1.2. Processamento dos Dados Magnetométricos.....	29
3.1.2.1. Correção do Erro de Paralaxe.....	29
3.1.2.2. Remoção da Variação Magnética Diurna.....	29
3.1.2.3. Nivelamento dos Perfis.....	30
3.1.2.4. Micronivelamento dos Perfis .....	30
3.1.2.5. Remoção do IGRF .....	30
3.1.3. Processamento dos Dados Gamaespectrométricos.....	31
3.1.3.1. Correção do Tempo Morto .....	31
3.1.3.2. Aplicação de Filtragem.....	31
3.1.3.3. Correlação do Erro de Paralaxe .....	31
3.1.3.4. Cálculo da Altura Efetiva ( $h_c$ ) de Vôo.....	31
3.1.3.5. Remoção do background da Aeronave e Cósmico .....	32
3.1.3.6. Remoção do Background do Radônio .....	32
3.1.3.7. Estimativa dos Coeficientes Skyshine ( $a_1$ e $a_2$ ).....	33
3.1.3.8. Correção do Efeito Compton.....	34
3.1.3.9. Correção Altimétrica (Coeficiente de Atenuação Atmosférica) .....	34
3.1.3.10. Conversão para Concentração de Elementos.....	35
3.1.4. Determinação das Razões eU/eTh, eU/K e eTh/K.....	36
3.2 Interpolação e Contorno .....	36
3.3. Arquivo Final de Dados .....	36
3.3. Equipe Envolvida no Processamento dos Dados .....	37

<b>4. CRONOGRAMA GERAL DAS OPERAÇÕES .....</b>	<b>39</b>
<b>5. PRODUTOS FINAIS .....</b>	<b>39</b>
5.1 Mapas de Contorno do Campo Magnético Total, da 1ª Derivada Vertical e do Sinal Analítico do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF) .....	45
5.2 Mapas Radiométricos dos Canais de Potássio, Urânio, Tório e Contagem total .....	45
5.3 Mapa Radiométrico Ternário .....	45
5.4 Mapas das Razões Radiométricas eU/eTh, eU/K e eTh/K .....	45
5.5 Mapa de Pseudo-Iluminação do Modelo Digital do Terreno .....	46
5.6 Relatório Final .....	46
5.7 Arquivos Digitais Finais .....	46
5.8 Arquivos Poligonais .....	49
5.9 Produtos Originais .....	49
<b>6. PARTICIPAÇÃO DA CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL .....</b>	<b>56</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>57</b>

## ÍNDICE DOS ANEXOS

**ANEXO I** - Resumo do Processo de Calibração dos Gamaespectrômetros

**Anexo I-a** - Resultado dos Testes de resolução dos Cristais Detectores (*downward e upward*) – Aeronave PR-PRS (04/06/2007)

**Anexo I-b** - Resultado do Teste sobre os Tanques de Calibração Transportáveis para Determinação dos Coeficientes de Espalhamento *Compton* – Aeronave PR-PRS (04/06/2007).

**Anexo I-c** - Determinação dos *Backgrounds* da Aeronave e Cósmico – Aeronave PR-PRS (05/06/2007)

**Anexo I-d** - Determinação das Constantes de Calibração do Radônio – Aeronave PR-PRS

**Anexo I-e** - Calibração Dinâmica – Resultados dos Testes – Aeronave PR-PRS (06/06/2007)

**ANEXO II** - Testes Contratuais

**Anexo II-a** - Teste de Altimetros – PR-PRS

**Anexo II-b** - Compensação Magnética – PR-PRS

**Anexo II-c** - Teste de Paralaxe – PR-PRS

**ANEXO III** - Quadros Sinópticos das Operações de Campo

**ANEXO IV** - Conteúdo do CD-ROM e dos DVDs-ROM

**ANEXO V** - Formato de Gravação dos Dados do Projeto

**ANEXO VI** - Listagem das Linhas Aprovadas e Utilizadas no Processamento

**ÍNDICE DAS FIGURAS**

<b>Figura 1</b> – Localização da Área do Projeto Aerogeofísico .....	1
<b>Figura 2</b> – Vértices do projeto e Área de Atuação da Aeronave .....	3
<b>Figura 3</b> –Aeronave Piper Navajo Chieftain PA31-350 - prefixo PR-PRS.....	5
<b>Figura 4</b> – Exemplo de Registro de Magnetômetro de Base .....	11
<b>Figura 5</b> – Mapa das Linhas de Vôo .....	12
<b>Figura 6</b> – Gráfico da Estatística das Operações – Aeronave PR-PRS.....	13
<b>Figura 7</b> – Movimentos de <i>ROLL</i> , <i>PITCH</i> e <i>YAW</i> .....	15
<b>Figura 8</b> – Fluxograma do processamento de dados .....	38
<b>Figura 9</b> – Cronograma Geral das Operações .....	39
<b>Figura 10</b> – Parâmetros para a definição da Projeção das folhas 1:250.000 e 1:50.000.....	40
<b>Figura 11</b> – Articulação das Folhas na escala 1:50.000 .....	43
<b>Figura 12</b> – Articulação das Folhas na escala 1:250.000 .....	44
<b>Figura 13</b> – Mapa Pseudo-Iluminado do Campo Magnético Total (reduzido do IGRF) .....	50
<b>Figura 14</b> – Mapa do Sinal Analítico do Campo Magnético Total (reduzido do IGRF) .....	51
<b>Figura 15</b> – Mapa Radiométrico da Taxa de Exposição do Canal de Contagem Total .....	52
<b>Figura 16</b> – Mapa Radiométrico Ternário (K-U-Th) – (CMY <i>Inverted</i> ) .....	53
<b>Figura 17</b> – Mapa Radiométrico da Razão Tório/Potássio .....	54
<b>Figura 18</b> – Mapa de Pseudo-Iluminação do Modelo Digital do Terreno.....	55

## ÍNDICE DAS TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Coordenadas Geográficas do Projeto .....	4
<b>Tabela 2</b> - Equipamentos Utilizados .....	6
<b>Tabela 3</b> - Faixas Energéticas do Gamaespectrômetro e os Canais Correspondentes.....	8
<b>Tabela 4</b> - Quilometragem Produzida e Área Levantada .....	11
<b>Tabela 5</b> - Estatística das Operações .....	13
<b>Tabela 6</b> - Divisão das Linhas Levantadas pela Aeronave .....	14
<b>Tabela 7</b> - Teste de Manobras – Aeronave PR-PRS .....	16
<b>Tabela 8</b> - Teste Diários com amostras Radioativas do Solo – Aeronave PR-PRS .....	18
<b>Tabela 9</b> - Teste Diários de Repetibilidade Radioativas – Aeronave PR-PRS .....	21
<b>Tabela 10</b> - Concentração dos Tanques de Calibração Transportáveis.....	25
<b>Tabela 11</b> - Coeficientes de Espalhamento <i>Compton</i> .....	25
<b>Tabela 12</b> - <i>Background</i> da Aeronave e <i>Cosmic Stripping Ratios</i> .....	26
<b>Tabela 13</b> - Constantes de Calibração do Radônio .....	33
<b>Tabela 14</b> - Coeficientes <i>Skyshine</i> .....	34
<b>Tabela 15</b> - Coeficientes de Atenuação Atmosférica .....	35
<b>Tabela 16</b> - Coeficientes de Sensibilidade .....	35
<b>Tabela 17</b> - Valores Mínimos para Cálculo das Razões Radiométricas .....	36
<b>Tabela 18</b> - Características da Apresentação dos Mapas Aerogeofísicos .....	41
<b>Tabela 19</b> - Características dos Intervalos de Contorno dos Mapas Aerogeofísicos.....	42
<b>Tabela 20</b> - Banco de Dados <i>Geosoft</i> (GDB) - Magnetometria .....	47
<b>Tabela 21</b> - Banco de Dados <i>Geosoft</i> (GDB) - Gamaespectrometria .....	48
<b>Tabela 22</b> - Banco de Dados <i>Geosoft</i> (GDB) – Gamaespectrometria 256 Canais.....	48
<b>Tabela 23</b> - Arquivo de Cruzamento XYZ - Magnetometria .....	49

## 1. INTRODUÇÃO

A área do levantamento aerogeofísico abrange a porção sudoeste do Estado de Amapá e a porção nordeste do Estado do Pará, localizado na região norte do Brasil, conforme mostra a Figura 1.

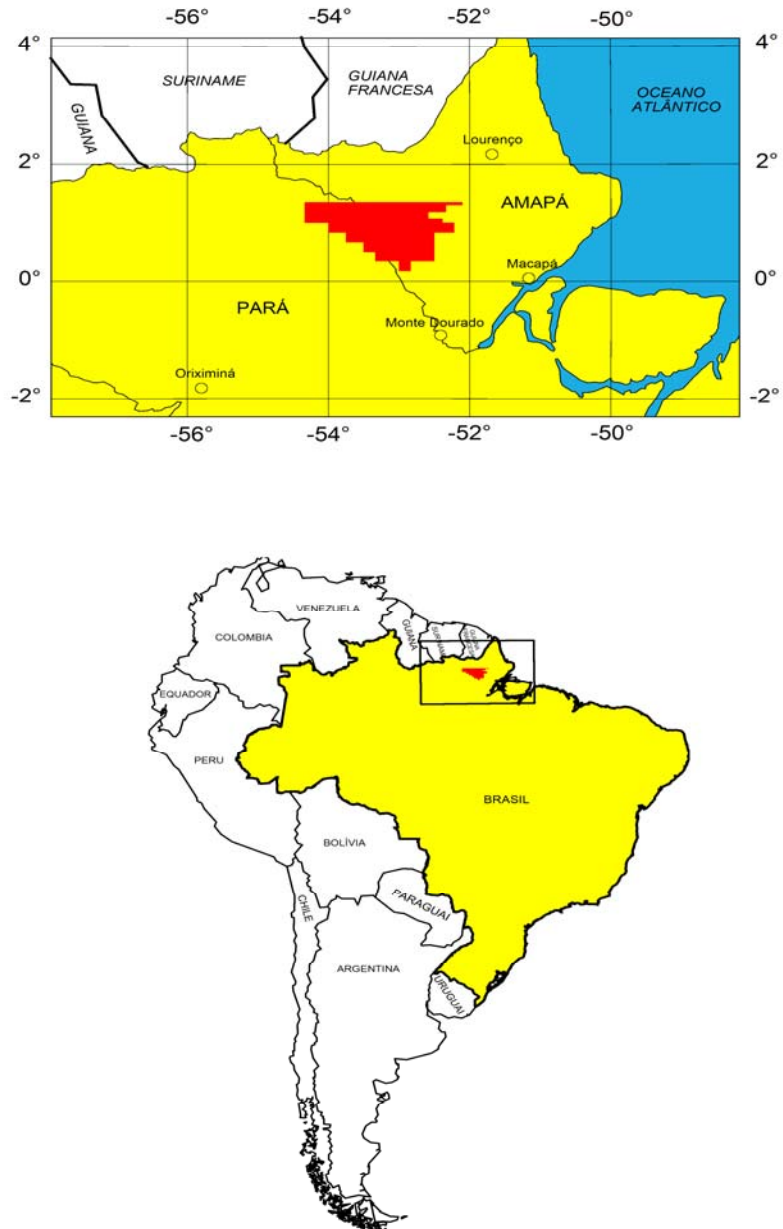


Figura 1 – Localização da Área do projeto Aerogeofísico.

O levantamento aerogeofísico constou do recobrimento de 42.600,00 km de perfis aeromagnetométricos e aerogamaespectométricos de alta resolução, com linhas de vôo e controle espaçadas de 0.5 km e 5 km, respectivamente, orientadas nas direções N45°E e N45°W. A Figura 2 e a Tabela 1 apresentam as coordenadas geográficas que definem o polígono que envolve a área pesquisada. A altura de vôo foi fixada em 100 m sobre o terreno admitindo-se variações de mais ou menos 15 m.

Uma equipe participou do levantamento, utilizando a aeronave Piper Navajo Chieftain PA31-350, prefixo PR-PRS. A aeronave PR-PRS realizou seus trabalhos durante o período de 11/09/2007 a 13/12/2007, adquirindo 42.600,00 km de linhas de vôo. A equipe utilizou como base a cidade de Macapá, no Estado de Amapá e a aeronave operou a partir do Aeroporto Internacional de Macapá (AP).

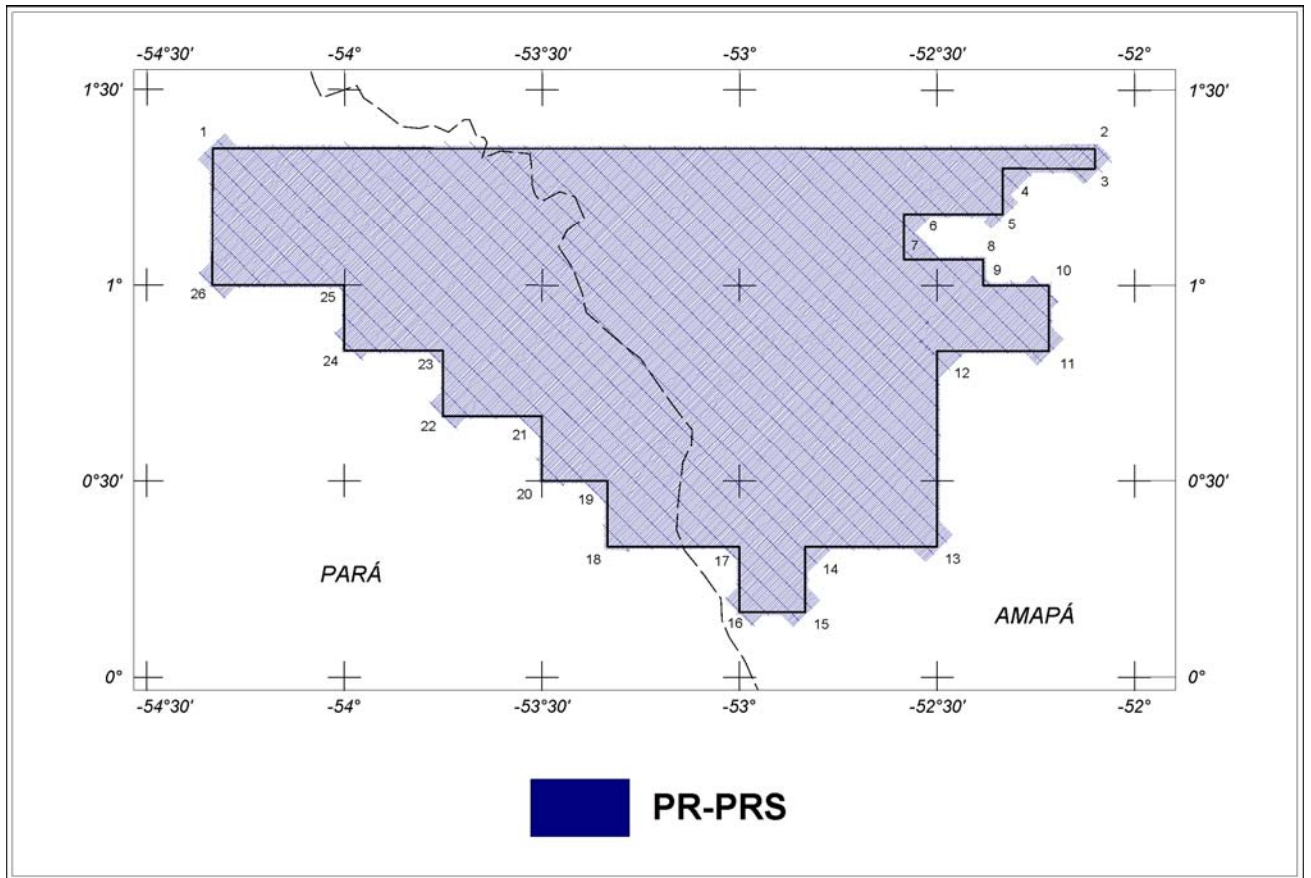


Figura 2 – Vértices do projeto e Área de Atuação da Aeronave.



VÉRTICE	LATITUDE	LONGITUDE
1	1°21'00''	-54°20'00''
2	1°21'00''	-52°06'00''
3	1°18'00''	-52°06'00''
4	1°18'00''	-52°20'00''
5	1°11'00''	-52°20'00''
6	1°11'00''	-52°35'00''
7	1°04'00''	-52°35'00''
8	1°04'00''	-52°23'00''
9	1°00'00''	-52°23'00''
10	1°00'00''	-52°13'00''
11	0°50'00''	-52°13'00''
12	0°50'00''	-52°30'00''
13	0°20'00''	-52°30'00''
14	0°20'00''	-52°50'00''
15	0°10'00''	-52°50'00''
16	0°10'00''	-53°00'00''
17	0°20'00''	-53°00'00''
18	0°20'00''	-53°20'00''
19	0°30'00''	-53°20'00''
20	0°30'00''	-53°30'00''
21	0°40'00''	-53°30'00''
22	0°40'00''	-53°45'00''
23	0°50'00''	-53°45'00''
24	0°50'00''	-54°00'00''
25	1°00'00''	-54°00'00''
26	1°00'00''	-54°20'00''

Tabela 1 – Coordenadas Geográficas do Projeto.

Foi utilizada a seguinte aeronave para a execução deste projeto: Piper Navajo Chieftain PA31-350, prefixo PR-PRS (Figura 3), de propriedade da Prospectors Aerolevantamentos e Sistemas Ltda..



Figura 3 – Aeronave Piper Navajo Chieftain PA31-350 – PR-PRS.

A metodologia para a aquisição dos dados seguiu a sistemática descrita adiante. Ao longo dos perfis foram realizadas dez leituras de aeromagnetômetro para a aeronave PR-PRS e uma leitura do gamaespectrômetro por segundo, posicionadas com sistema de observação de satélites GPS, de precisão melhor do que 10 m. Uma estação fixa para controle da variação diurna do campo magnético terrestre foi instalada na base de operações utilizada durante o levantamento no Aeroporto Internacional de Macapá – AP .

As calibrações dos sistemas detectores aerogamaespectrométricos foram realizadas em duas etapas: a primeira, estática, com emprego de fontes padronizadas (tanques de calibração transportáveis ou *transportable calibration pads* para o *background*, potássio, urânio e tório), foi conduzida no aeroporto de Jacarepaguá, Rio de Janeiro (RJ). A calibração dinâmica foi executada na região de Maricá (RJ), sobre a pista de calibração dinâmica (*dynamic calibration range – DCR*) que resultou de levantamento terrestre.

O processamento dos dados foi desenvolvido no escritório sede da Prospectors Aerolevantamentos e Sistemas Ltda., no Rio de Janeiro e envolveu a aplicação de rotinas do sistema *GEOSOFT Oasis Montaj* (versão 6.4.1), utilizado para a compilação das informações coletadas e apresentação dos resultados na forma de mapas nas escalas 1:50.000 e 1:250.000, arquivos de banco de dados e *grids*.

## 2. AQUISIÇÃO DE DADOS

### 2.1 Características do Levantamento

Os parâmetros que nortearam a execução do levantamento são descritos, resumidamente, a seguir:

- Direção das linhas de vôo: N45°E
- Espaçamento entre as linhas de vôo: 0.5 km
- Direção das linhas de controle: N45°W
- Espaçamento entre as linhas de controle: 5 km
- Intervalo entre medições geofísicas consecutivas: 0,1 s (magnetômetro) e 1,0 s (espectrômetro)
- Altura média de vôo: 100 m
- Velocidade aproximada de vôo PR-PRS: 278 km/h

### 2.2 Equipamentos Utilizados

A Tabela 2, a seguir apresenta os equipamentos utilizados pela aeronave durante a execução do Projeto Aerogeofísico Complemento da RENCA.

Prefixo da aeronave	PR-PRS
Modelo da aeronave	Navajo Chieftain PA31-350
Fabricante da aeronave	Piper
Aeromagnetômetro	Geometrics G822A
Gamaespectrômetro	Exploranium GR-820
Volume dos Cristais Detectores de iodeto de Sódio	2.560 pol <sup>3</sup> <i>down</i> e 512 pol <sup>3</sup> <i>up</i>
Sistema de navegação <i>"Real time"</i>	AGNAV P141 K GOLD <i>"Real time"</i>
Sistema de Aquisição GPS <i>"Real time"</i>	MIDTECH RX400-P <i>"Real time"</i>
Câmera de Vídeo	JVC TK 9804 U
Radar Altímetro	Terra TRA 3000
Altímetro Barométrico	Setra 276
Magnetômetro Terrestre a Vapor de Césio	Pico Envirotec HSMAG
Sistema de Aquisição	RMS DGR33

Tabela 2 – Equipamentos Utilizados.

### 2.2.1. Aeronave

O levantamento foi efetuado pela aeronave Piper, modelo Navajo Chieftain PA31-350, prefixo PR-PRS, que é uma aeronave a pistão, bimotor, de asa baixa, trem de pouso retrátil, equipada com motores Lycoming de 350 HP. Essa aeronave opera a uma velocidade média de 278 km/h, e possui autonomia de 6 horas.

### 2.2.2. Aeromagnetômetros

Sistema aeromagnético acoplado a um sensor de vapor de césio montado na cauda (tipo *Stinger*) da aeronave. O sinal é recebido através de um pré-amplificador, localizado na base do cone de cauda da aeronave, e enviado ao sistema de aquisição e compensação aeromagnética contido no sistema DGR33A.

Sensor: Geometrics G-822A  
Resolução: 0,001 nT  
Faixa: 20.000 – 95.000 nT  
Montagem: *Stinger*

As leituras do magnetômetro são realizadas a cada 0,1 segundo, o que equivale, para a velocidade de 278 km/h da aeronave, a aproximadamente 7,8 m no terreno.

### 2.2.3. Aerogamaespectrômetros

Foram utilizados pela aeronave, gamaespectrômetros EXPLORANIUM, modelo GR-820, de 256 canais espectrais, onde o espectro de cada um dos cristais detectores é analisado individualmente para determinação precisa dos fotopicos de potássio, urânio e tório. Uma correção linear é aplicada individualmente a cada cristal, mantendo o espectro permanentemente alinhado. As radiações gama detectadas são somadas e as leituras reduzidas a uma única saída de 256 canais espectrais.

A correspondência entre as janelas dos gamaespectrômetros e as respectivas faixas de energia é mostrada na Tabela 3, a seguir:

Canal Radiométrico	Faixa de Energia (MeV)		Canais Correspondentes	
	Min	Max	Canais	Canais
Contagem Total	0,41	2,81	34	233
Potássio	1,37	1,57	155	131
Urânio	1,66	1,86	139	155
Tório	2,41	2,81	202	233
Cósmico	3,00	∞	256	-

Tabela 3 – Faixas Energéticas do Gamaespectrômetro e os Canais Correspondentes.

As leituras do gamaespectrômetros são realizadas a cada segundo, representando medições a intervalos de amostragem de aproximadamente 78 para a aeronave PR-PRS.

Cada sistema detector voltado para baixo (*downward looking*) é constituído por três conjuntos de cristais de iodeto de sódio (NaI), sendo dois de 1024 polegadas cúbicas e um de 512 polegadas cúbicas, totalizando 2.560 polegadas cúbicas.

O sistema detector voltado para cima (*upward looking*) é constituído por dois cristais de 256 polegadas cúbicas, totalizando 512 polegadas cúbicas.

Os detectores *upward looking* monitoram as radiações decorrentes da influência do radônio na faixa energética do canal do urânio (1,66 a 1,86 MeV).

#### 2.2.4. Sistema de Aquisição de Dados

O computador do sistema de aquisição de dados DGR33A é a principal unidade do sistema aeromagnético instalado a bordo das aeronaves. Todos os dados adquiridos são armazenados no disco rígido e posteriormente transferidos para o disco magnético, para efeito de *backup* e transferência dos dados para o computador de processamento.

O formato de gravação relativo aos dados de campo comporta as seguintes informações:

Taxa de Amostragem (Hz)	Parâmetro	Unidade
1	Fiducial	s
1	Número da Linha	*
10	Magnetômetro compensado	nT
10	Magnetômetro bruto	nT
10	Componente X <i>fluxgate</i>	mV
10	Componente Y <i>fluxgate</i>	mV
10	Componente Z <i>fluxgate</i>	mV
10	Radar altímetro	μV
10	Temperatura	μV
10	Barômetro	μV
10	Temperatura	°C
10	Altura do Vôo	m
10	Altitude Barométrica	m
1	Horário UTC (GPS)	s
1	Latitude (GPS)	Graus decimais
1	Longitude (GPS)	Graus decimais
1	Qualidade da correção GPS	*
1	Número de satélites	*
1	<i>Horizontal Dilution of precision</i>	*
1	Altitude (GPS)	m
1	Código de erro do gamaespectrômetro	*
1	Número de detectores <i>Down</i>	*
1	Número de detectores <i>Up</i>	*
1	<i>Sample Time</i>	ms
1	<i>Live Time</i>	ms
1	Radiação cósmica	cps
1	Resolução do sistema	*
1	Contagem Total	cps
1	Potássio	cps
1	Urânio	cps
1	Tório	cps
1	Urânio <i>Up</i>	cps
1	256 canais <i>Down</i>	cps
1	256 canais <i>Up</i>	cps

### **2.2.5. Sistema de vídeo**

A aeronave PR-PRS utiliza sistemas de vídeo digital OEM PM-380, modelo constituído por câmara de alta definição acoplada ao gravador. Monitor de 5" é disponível na cabine para visualização em tempo real. A câmara é instalada em janela especialmente projetada no piso da aeronave para permitir completa visibilidade do terreno.

O sistema de aquisição de dados DGR33A possibilita a gravação do número do vôo, número da linha e valores das fiduciais nas imagens de vídeo coletadas.

### **2.2.6. Altímetros**

A altura de vôo da aeronave foi monitorada através dos altímetros de radar e dos barômetros de precisão incluídos no sistema aerogeofísico. O radar altímetro utilizado pela aeronave PR-PRS foi o Terra, modelo TRA-3000. Todos os equipamentos apresentam precisão de 40 pés e alcance de 2500 pés. Os barômetros são transdutores de pressão que registram a altitude de vôo em relação ao nível do mar. Todos os barômetros utilizados apresentam precisão e alcance equivalentes aos dos radares altímetros.

### **2.2.7. Sistema de Navegação e Posicionamento**

A navegação das aeronaves foi efetuada pro sistemas GPS de 12 canais, receptores MIDTECH RX-400P. As informações de posicionamento são processadas pelos respectivos sistemas de aquisição de dados e enviadas aos computadores de navegação, ficando disponíveis aos pilotos através de indicadores analógicos e das telas dos computadores.

As coordenadas GPS (latitude/longitude) são armazenadas nos discos rígidos dos sistemas de aquisição de dados e transferidas ao escritório de campo.

As aeronaves estão equipadas com sistemas de correção em tempo real (DGPS *real time*), cujas coordenadas são transferidas ao escritório de campo já corrigido.

### **2.2.8. Magnetômetro Terrestre**

Para controle diário das variações do campo magnético terrestre foram utilizados dois magnetômetros portáteis Pico Envirotec, modelo HSMAG de resolução de 0,1 nT e envoltória de ruídos em nível equivalente. As leituras do campo magnético total foram realizadas a intervalos de 0,1 segundos e armazenadas na memória do próprio equipamento.

Os magnetômetros foram instalados no Aeroporto Internacional de Macapá (AP), em local de gradiente magnético suave, livre de objetos móveis e de interferência cultural.

Ao término de cada jornada de produção, os arquivos contendo os dados da variação diurna eram transferidos aos computadores instalados nas bases de campo para uso no pré-processamento. A Figura 4 mostra um exemplo do registro do magnetômetro.

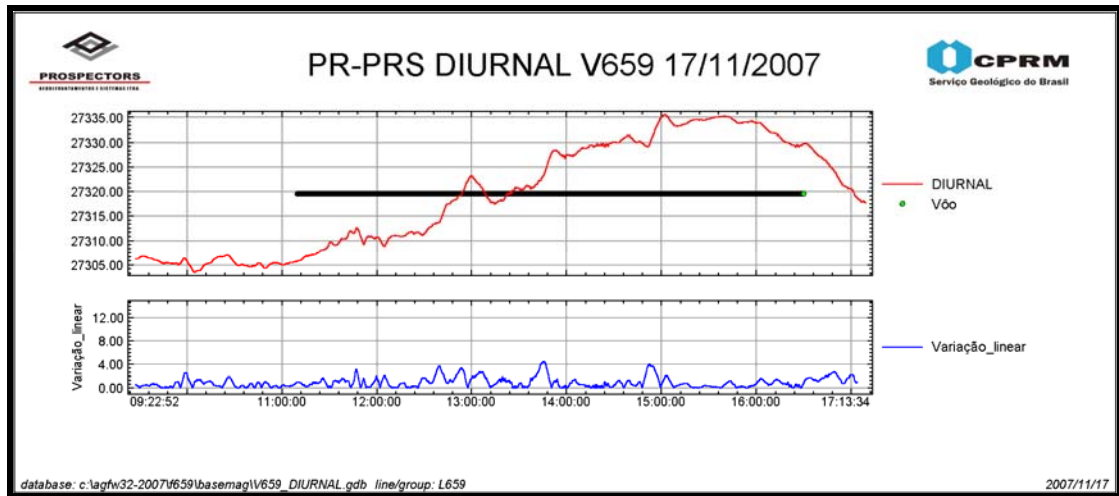


Figura 4 – Exemplo de Registro de Magnetômetro de Base

### 2.3 Planejamento e Mobilização

Nesta fase foram estabelecidas as diretrizes básicas para a execução de todas as etapas envolvidas na operação, quais sejam:

- Seleção da base de operações, instalada na cidade de Macapá (AP);
- Obtenção da autorização do aerolevante junto ao Ministério da Defesa;
- Preparação do plano de vôo e obtenção dos materiais necessários ao levantamento;
- Ajuste dos equipamentos às especificações contratuais;
- Realização dos testes pré-levantamento previstos contratualmente.

O levantamento recebeu do Ministério da Defesa a autorização nº 170, de 10.09.2007.

#### 2.3.1. Elaboração do Plano do vôo

Para a cobertura completa da área relativa ao Projeto Aerogeofísico Complemento da RENCA, foram programadas 554 linhas de vôo e 53 linhas de controle, totalizando 42.600,00 km de perfis geofísicos, conforme a Tabela 4 a seguir. A Figura 5 apresenta o arranjo das linhas distribuídas sobre a poligonal envoltória da área.

Área (km <sup>2</sup> )	Total de linhas de Vôo (km)	Total de linhas de Controle (km)	Total de linhas de Vôo+Controle (km)
18.911	38.666,85	3.933,15	42.600,00

Tabela 4 – Quilometragem Produzida e Área Levantada.





### 2.3.2. Estatísticas das Operações

O projeto Aerogeofísico Complemento da RENCA foi executado entre 11/09/2007 e 13/12/2007. A aeronave PR-PRS completou o levantamento com 92 dias. Foram gastas cerca de 347,30 horas de voo produtivo para a aquisição dos dados e testes. A Tabela 5 e o gráfico da Figura 6, a seguir, mostram as estatísticas obtidas durante a fase de aquisição dos dados. Para a execução do levantamento, a aeronave PR-PRS utilizou 331,20 horas de voo produtivo.

Item	Indicadores do Levantamento	AERONAVE PR-PRS	
		Nº dias	%
1	Produção	61	64,21%
2	Meteorologia	7	7,37%
3	Manutenção de Aeronave	12	12,63%
4	Tempestade Magnética	1	1,05%
5	Falha do Equipamento	4	4,21%
6	Testes Contratuais	3	3,16%
7	Outros	7	7,37%
	Totais	95	100%

Tabela 5 – Estatística das Operações.

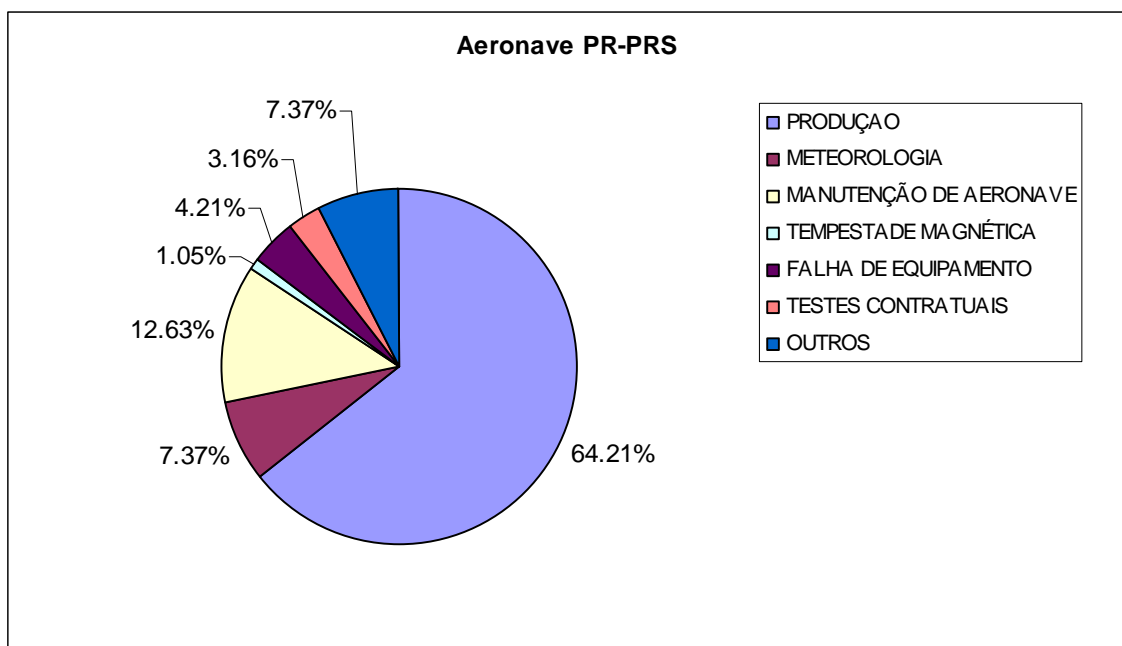


Figura 6 – Gráfico da Estatística das Operações PR-PRS.

### 2.2.3. Mapa do Projeto de Vôo

O mapa do projeto de vôo foi obtido analiticamente, sendo determinadas, por cálculo, as coordenadas UTM do início e fim de cada linha de vôo e de controle, considerando-se os espaçamentos de 500 m para as linhas de vôo e 5.000 m para as linhas de controle.

As coordenadas dos limites da área, assim como dos extremos dos perfís, foram projetadas no sistema WGS-84.

A divisão das linhas da Aeronave em determinada área do projeto é mostrada na Tabela 6 a seguir.

PREFIXO DA AERONAVE	LINHAS DE VÔO	LINHAS DE CONTROLE
PR-PRS	10010 a 14510	19010 a 19420

Tabela 6 – Divisão das Linhas por Aeronave.

### 2.3.4. Testes dos Equipamentos

#### a) Teste Altimétrico

Teste conduzido antes do início das operações para calibração do radar altímetro a bordo da aeronave. Neste teste, a aeronave realiza passagens consecutivas sobre uma base de altitude conhecida, voando em alturas entre 200 e 800 pés, tendo como referência as leituras fornecidas pelo barômetro nas passagens sobre a pista. Antes da decolagem o piloto ajusta a indicação da pressão barométrica na cabine da aeronave para aferição do barômetro. Os resultados dos testes encontram-se no Anexo II-a.

#### b) Compensação Magnética Dinâmica

A base da compensação é a eliminação do ruído induzido pelo movimento da aeronave nas medições do campo magnético terrestre realizado a bordo. Este ruído é proveniente da complexa assinatura magnética tridimensional da plataforma que, com a mudança de altitude em relação ao vetor campo magnético terrestre, altera a intensidade deste. O ruído é proveniente das magnetizações permanentes, induzidas e dos efeitos da corrente de *Eddy* da plataforma, acrescidos dos efeitos de orientação do sensor propriamente.

O procedimento de compensação consiste na determinação de quatro conjuntos de coeficientes, cada qual determinado para uma das direções de vôo no levantamento.

Os efeitos produzidos em cada uma das direções de vôo são medidos pelos magnetômetros Geometrics G822A, instalados no *stinger* da aeronave e usados para medir o acoplamento dos três eixos com o *background* do campo magnético na região. Os sensores Geometrics G822A são muito sensíveis às mudanças de altitude sendo usados para monitorar acuradamente os efeitos decorrentes de tais mudanças.

A resposta de frequência e amostragem do módulo utilizado para medir os sinais do Geometrics G822A é equivalente ao do módulo de processamento do sensor de vapor de césio do magnetômetro da aeronave, havendo, portanto, perfeita sincronia dos eventos nos dois sistemas.

As séries de movimentos, envolvendo as manobras do tipo *Roll*, *Pitch* e *Yaw* (Figura 7) são conduzidas para cada uma das direções de vôo do levantamento, com o objetivo de variar o acoplamento Geometrics G822A/vetor campo, e acumular medições ao longo das diferentes manobras e direções. Estes dados são então processados com técnicas de regressão para determinar um conjunto de coeficientes de compensação do sistema.

Quando o algoritmo de compensação é inicializado com os novos coeficientes introduzidos, seja em tempo real ou via pós-processamento, resultam nos dados magnéticos compensados.

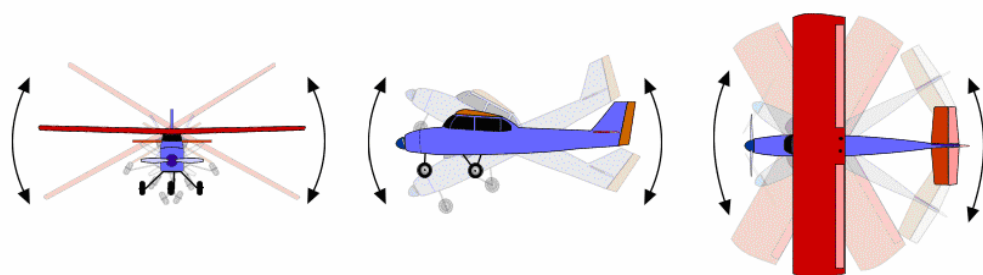


Figura 7 – Movimentos de *Roll*, *pitch* e *Yaw*.

O sistema DGR33A possui em sua programação, um *software* especialmente desenvolvido para efetuar os cálculos da compensação magnética *on line*, ou seja, os sistemas recebem os dados enviados pelo magnetômetro *fluxgate* durante as manobras de *Roll*, *pitch* e *Yaw*, armazenam a equação com melhor solução de compensação aplicando estes coeficientes obtidos em X, Y e Z ao valor do campo magnético bruto produzindo, então, o campo magnético compensado, livre dos efeitos de “manobras” que venham a interferir na medida do campo magnético.

#### c) Determinação dos Coeficientes de Compensação Magnética

As manobras de compensação são conduzidas à altitude de 10.000 pés, em uma área de gradiente magnético suave. Os movimentos *Roll*, *pitch* e *Yaw* regulam segundo ângulos de 10° a 12° e duração de 30 segundos cada. Cada conjunto de manobras obedece à diferentes direções dos perfis do projeto, assim como ângulos intermediários da ordem de 15° em torno daquela direção, de modo que sejam efetuados pelo menos três conjuntos de manobras para cada rumo.

Para avaliação da qualidade da compensação magnética da aeronave foram realizados testes do tipo Manobras, antes do início das operações e após cada manutenção efetuada na parte elétrica das aeronaves. O desempenho do sistema aeromagnético, determinado pela soma das amplitudes pico a pico dos doze resultados obtidos, estão resumidos na Tabela 7 a seguir e os resultados completos podem ser consultados no Anexo II-b.

DATA	AZIMUTE	ROLL(nT)	PITCH (nT)	YAW (nT)	TOTAL (nT)
17/09/2007	45°	0,06	0,02	0,04	0,12
	135°	0,20	0,02	0,14	0,32
	225°	0,12	0,14	0,12	0,38
	315°	0,09	0,07	0,03	0,19
<b>Somatório</b>					<b>1,01</b>
18/09/2007	45°	0,03	0,04	0,07	0,14
	135°	0,02	0,11	0,13	0,26
	225°	0,07	0,10	0,04	0,21
	315°	0,03	0,08	0,04	0,15
<b>Somatório</b>					<b>0,76</b>

Tabela 7 – Testes de Manobras – Aeronaves PR-PRS.

d) Teste de Paralaxe

O processamento dos dados brutos do magnetômetro de césio pelo sistema de aquisição da aeronave, introduz um retardamento de tempo nos dados magnéticos compensados. Uma linha especial de calibração é executada para gravar as informações necessárias para quantificar este intervalo de tempo para que os dados possam ser re-sincronizados.

O processo de calibração consiste em voar uma mesma linha em sentidos opostos cobrindo, idealmente, uma série de anomalias magnéticas bem características e distintas. Em consequência, o fator de defasagem é determinado pela análise da separação espacial. A componente que normalmente influencia no comportamento do erro paralaxe, é a posição da antena do receptor GPS.

Quando o erro paralaxe é introduzido pelo sistema de aquisição de dados, uma vez que alguns instrumentos necessitam de um tempo para armazenar os sinais na forma digital, ocorre então atrasos entre o tempo da amostragem e o tempo da gravação propriamente dito, resultando num valor do paralaxe com sinal oposto ao produzido pela diferença de posição entre a antena GPS e o sensor magnetométrico.

Os dados magnetométricos desta linha voada em sentidos inversos, são representados em formas de perfis empilhados. O eixo horizontal dos perfis plotados refere-se às coordenadas geográficas mostrando, assim, a correlação das anomalias corrigidas independentemente do sentido voado. A calibração resultou em um fator de defasagem de 0,40 segundos para a aeronave PR-PRS. Os resultados dos testes são apresentados no Anexo II-c.

e) Testes com Amostras Radioativas no Solo

Com vistas a controlar o comportamento do desempenho do sistema gamaespectrométrico dos cristais voltados para baixo, testes com amostras de mão de urânio e tório são realizados antes do início e após os vôos operacionais. As amostras são colocadas sobre o mesmo local, próximo aos cristais detectores, com a aeronave

estacionada no mesmo local. As Tabelas 8 e 9 apresentam os resultados desses testes, para a aeronave PR-PRS.

<b>TESTE DE REPETIBILIDADE RADIOATIVA (LOW LEVEL =100m) Base: Macapá - AP</b>				
<b>DATA</b>	<b>HORÁRIO</b>	<b>VÔO</b>	<b>TÓRIO</b>	<b>URÂNIO</b>
19/09/07	INÍCIO	611	237,57	108,60
	FIM		246,28	107,58
20/09/07	INÍCIO	612	239,06	110,55
	FIM		-	-
25/09/07	INÍCIO	615	239,99	102,99
	FIM		247,90	107,27
26/09/07	INÍCIO	616	244,05	110,77
	FIM		249,02	107,51
27/09/07	INÍCIO	617	247,20	107,59
	FIM		246,45	105,77
28/09/07	INÍCIO	618	238,04	106,11
	FIM		248,70	109,25
01/10/07	INÍCIO	619	249,54	107,03
	FIM		247,54	107,16
02/10/07	INÍCIO	620	247,99	106,82
	FIM		244,17	105,84
04/10/07	INÍCIO	622	240,81	107,20
	FIM		246,60	106,94
06/10/07	INÍCIO	623	243,89	108,05
	FIM		250,50	108,41
07/10/07	INÍCIO	624	246,87	110,97
	FIM		250,86	110,77
08/10/07	INÍCIO	625	246,12	107,59
	FIM		245,45	108,19
09/10/07	INÍCIO	626	247,15	107,77
	FIM		245,16	106,41
10/10/07	INÍCIO	627	245,05	108,72
	FIM		248,34	107,83
11/10/07	INÍCIO	628	242,53	110,28
	FIM		255,53	106,09
12/10/07	INÍCIO	629	246,60	108,96
	FIM		244,50	109,38
13/10/07	INÍCIO	630	247,88	106,37
	FIM		245,12	108,49
15/10/07	INÍCIO	631	241,62	108,31
	FIM		247,41	106,47
16/10/07	INÍCIO	632	245,30	106,69
	FIM		247,66	105,74
17/10/07	INÍCIO	633	246,23	107,86
	FIM		245,87	104,78
18/10/07	INÍCIO	634	246,72	107,74
	FIM		245,86	109,22
19/10/07	INÍCIO	635	244,83	109,08
	FIM		246,59	106,10
20/10/07	INÍCIO	636	241,18	104,96
	FIM		249,63	105,33
22/10/07	INÍCIO	637	246,46	106,65
	FIM		248,27	103,75
23/10/07	INÍCIO	638	245,59	108,76
	FIM		243,44	106,93

DATA	HORÁRIO	VÔO	TÓRIO	URÂNIO
24/10/07	INÍCIO	639	242,68	104,64
	FIM		242,73	105,58
25/10/07	INÍCIO	640	241,36	107,53
	FIM		245,10	108,75
26/10/07	INÍCIO	641	244,88	108,62
	FIM		250,54	107,11
27/10/07	INÍCIO	642	247,09	107,07
	FIM		243,44	106,50
28/10/07	INÍCIO	643	243,92	109,93
	FIM		244,82	107,88
29/10/07	INÍCIO	644	243,61	107,33
	FIM		247,31	108,12
30/10/07	INÍCIO	645	243,70	108,71
	FIM		242,81	104,39
31/10/07	INÍCIO	646	242,88	111,57
	FIM		242,64	103,19
03/11/07	INÍCIO	648	243,08	104,51
	FIM		249,53	109,22
04/11/07	INÍCIO	649	241,97	108,89
	FIM		243,56	107,78
05/11/07	INÍCIO	650	244,30	104,53
	FIM		247,38	109,81
06/11/07	INÍCIO	651	246,20	107,35
	FIM		243,66	106,30
07/11/07	INÍCIO	652	243,20	106,92
	FIM		248,10	106,78
08/11/07	INÍCIO	653	249,87	108,47
	FIM		234,50	99,01
09/11/07	INÍCIO	654	244,77	107,77
	FIM		248,57	106,02
10/11/07	INÍCIO	655	242,79	107,28
	FIM		246,71	105,61
11/11/07	INÍCIO	656	244,24	109,40
	FIM		245,52	108,70
12/11/07	INÍCIO	657	244,68	107,65
	FIM		249,78	106,53
14/11/07	INÍCIO	658	242,55	109,39
	FIM		246,82	104,93
17/11/07	INÍCIO	659	243,18	107,61
	FIM		238,66	108,83
18/11/07	INÍCIO	660	243,73	108,29
	FIM		244,32	108,98
19/11/07	INÍCIO	661	242,99	106,84
	FIM		248,19	106,47
21/11/07	INÍCIO	662	245,10	106,83
	FIM		245,91	105,81
22/11/07	INÍCIO	663	241,28	106,93
	FIM		244,65	106,00
23/11/07	INÍCIO	664	241,14	107,54
	FIM		248,50	107,00



DATA	HORÁRIO	VÔO	TÓRIO	URÂNIO
24/11/07	INÍCIO	665	244,06	106,03
	FIM		246,54	105,20
25/11/07	INÍCIO	666	244,69	105,61
	FIM		247,30	106,97
27/11/07	INÍCIO	667	240,57	107,24
	FIM		-	-
28/11/07	INÍCIO	668	242,41	106,64
	FIM		239,84	107,58
29/11/07	INÍCIO	669	241,54	107,77
	FIM		244,51	104,11
30/11/07	INÍCIO	670	241,95	108,05
	FIM		243,07	106,75
01/12/07	INÍCIO	671	241,16	105,68
	FIM		244,10	103,35
04/12/07	INÍCIO	673	242,22	105,85
	FIM		247,87	108,11
05/12/07	INÍCIO	674	246,48	109,11
	FIM		245,18	103,97
06/12/07	INÍCIO	675	246,74	104,63
	FIM		248,61	102,51
07/12/07	INÍCIO	676	247,94	106,33
	FIM		245,27	105,36
13/12/07	INÍCIO	677	248,49	107,63
	FIM		242,79	106,75
13/12/07	INÍCIO	677	147,71	69,98
	FIM		147,71	69,98

Tabela 8 – Testes Diários com Amostras Radioativas no Solo – Aeronave PR-PRS.

f) Teste de Repetibilidade Radioativa

Estes testes foram realizados diariamente com a finalidade de verificar a repetibilidade e a consistência das medições dos equipamentos geofísicos, tendo sido registrado na forma digital e analógica.

Consistem na perfilagem sobre um mesmo segmento de linha, no início e no fim de cada vôo, com a extensão mínima de 5 km, ao longo das pistas de pouso dos aeroportos utilizados para as operações, na altura do levantamento (100 m).

Para efeito de avaliação, foram comparados os perfis magnetométricos e radiométricos entre os testes iniciais e finais de cada vôo.

Os valores médios em cps, obtidos em cada canal radiométrico, estão relacionados na Tabela 9, a seguir, para a aeronave de prefixo PR-PRS.

<b>TESTE DE REPETIBILIDADE RADIOATIVA (LOW LEVEL =100m) Base: Macapá - AP</b>				
<b>DATA</b>	<b>HORÁRIO</b>	<b>VÔO</b>	<b>TÓRIO</b>	<b>URÂNIO</b>
19/09/07	INÍCIO	611	81,33	52,19
	FIM		75,37	43,18
20/09/07	INÍCIO	612	85,92	56,11
	FIM		81,57	48,55
25/09/07	INÍCIO	615	81,23	48,29
	FIM		83,93	48,88
26/09/07	INÍCIO	616	82,17	48,61
	FIM		75,80	44,64
27/09/07	INÍCIO	617	89,08	59,98
	FIM		82,12	46,59
A partir do dia 28/09 foi trocado o local do teste de repetibilidade devido ao intenso tráfego aéreo sobre o aeroporto.				
28/09/07	INÍCIO	618	157,84	72,82
	FIM		153,89	71,42
01/10/07	INÍCIO	619	156,78	72,17
	FIM		155,33	71,58
02/10/07	INÍCIO	620	152,86	70,35
	FIM		153,69	71,79
04/10/07	INÍCIO	622	153,27	71,01
	FIM		152,36	71,09
06/10/07	INÍCIO	623	151,24	70,54
	FIM		152,03	71,07
07/10/07	INÍCIO	624	151,94	70,97
	FIM		151,75	70,92
08/10/07	INÍCIO	625	151,67	70,68
	FIM		151,73	71,05
09/10/07	INÍCIO	626	151,36	70,84
	FIM		151,52	71,10
10/10/07	INÍCIO	627	151,83	71,20
	FIM		151,68	71,32

<b>TESTE DE REPETIBILIDADE RADIOATIVA (LOW LEVEL =100m) Base: Macapá - AP</b>				
11/10/07	INÍCIO	628	151,49	71,19
	FIM		151,41	71,29
12/10/07	INÍCIO	629	150,80	71,01
	FIM		150,35	70,91
13/10/07	INÍCIO	630	150,51	70,98
	FIM		150,53	71,04
15/10/07	INÍCIO	631	150,41	70,94
	FIM		150,36	71,01
16/10/07	INÍCIO	632	150,39	70,91
	FIM		150,48	70,98
17/10/07	INÍCIO	633	150,29	70,83
	FIM		150,21	70,84
18/10/07	INÍCIO	634	149,42	70,43
	FIM		149,32	70,51
19/10/07	INÍCIO	635	149,37	70,48
	FIM		149,46	70,66
20/10/07	INÍCIO	636	149,44	70,61
	FIM		149,38	70,69
22/10/07	INÍCIO	637	149,38	70,69
	FIM		149,51	70,87
23/10/07	INÍCIO	638	149,43	70,76
	FIM		149,13	70,73
24/10/07	INÍCIO	639	149,12	70,75
	FIM		149,12	70,81
25/10/07	INÍCIO	640	148,93	70,66
	FIM		148,87	70,71
26/10/07	INÍCIO	641	148,64	70,53
	FIM		148,42	70,45
27/10/07	INÍCIO	642	148,60	70,48
	FIM		148,19	70,31
28/10/07	INÍCIO	643	147,98	70,10
	FIM		148,24	70,26
29/10/07	INÍCIO	644	148,02	70,06
	FIM		147,94	70,03
30/10/07	INÍCIO	645	147,98	69,97
	FIM		148,22	70,09
31/10/07	INÍCIO	646	148,18	70,12
	FIM		148,20	70,15
03/11/07	INÍCIO	648	148,29	70,13
	FIM		148,30	70,13
04/11/07	INÍCIO	649	148,33	70,11
	FIM		148,22	70,08
05/11/07	INÍCIO	650	148,48	70,12
	FIM		148,45	70,12
06/11/07	INÍCIO	651	148,76	70,20
	FIM		148,76	70,22
07/11/07	INÍCIO	652	149,11	70,34
	FIM		149,07	70,33
08/11/07	INÍCIO	653	149,05	70,26
	FIM		148,90	70,25
09/11/07	INÍCIO	654	148,94	70,23
	FIM		149,11	70,30

<b>TESTE DE REPETIBILIDADE RADIOATIVA (LOW LEVEL =100m)</b>				
<b>Base: Macapá - AP</b>				
10/11/07	INÍCIO	655	149,14	70,28
	FIM		149,15	70,31
11/11/07	INÍCIO	656	149,06	70,26
	FIM		148,99	70,26
12/11/07	INÍCIO	657	148,96	70,21
	FIM		148,97	70,23
14/11/07	INÍCIO	658	149,04	70,22
	FIM		149,08	70,29
17/11/07	INÍCIO	659	149,06	70,25
	FIM		149,06	70,27
18/11/07	INÍCIO	660	149,10	70,24
	FIM		149,10	70,26
19/11/07	INÍCIO	661	149,12	70,26
	FIM		149,09	70,30
21/11/07	INÍCIO	662	149,23	70,33
	FIM		149,20	70,36
22/11/07	INÍCIO	663	149,24	70,33
	FIM		149,27	70,41
23/11/07	INÍCIO	664	149,33	70,41
	FIM		149,41	70,47
24/11/07	INÍCIO	665	149,38	70,43
	FIM		149,39	70,48
25/11/07	INÍCIO	666	149,39	70,47
	FIM		149,41	70,55
27/11/07	INÍCIO	667	149,41	70,55
	FIM		-	-
28/11/07	INÍCIO	668	149,22	70,54
	FIM		149,16	70,60
29/11/07	INÍCIO	669	149,16	70,60
	FIM		-	-
30/11/07	INÍCIO	670	149,01	70,52
	FIM		148,90	70,49
01/12/07	INÍCIO	671	148,75	70,50
	FIM		148,61	70,42
04/12/07	INÍCIO	673	148,60	70,39
	FIM		148,49	70,37
05/12/07	INÍCIO	674	148,46	70,31
	FIM		148,23	70,25
06/12/07	INÍCIO	675	148,12	70,18
	FIM		148,01	70,14
07/12/07	INÍCIO	676	147,91	70,08
	FIM		147,82	70,05
13/12/07	INÍCIO	677	147,71	69,98
	FIM		147,71	69,98

Tabela 9 – Testes Diários de Repetibilidade Radioativas - PR-PRS.

### 2.3.5. Cálculo da Resolução dos Cristais Detectores (*downward* e *upward*)

A resolução é a medida da precisão da energia dos raios gama registrados pelo gamaespectrômetro, a qual é representada pelo cálculo matemático em relação a um elemento radioativo de referência.

Para os atuais gamaespectrômetros auto-estabilizados, costuma-se usar o espectro do tório ( $^{208}\text{Tl}$ ) para calcular a resolução dos “cristais detectores voltados para baixo” (*downward looking*), tanto para os cristais individuais (2560 pol<sup>3</sup>) quanto para os “pacotes” ou “caixas” de 1024 pol<sup>3</sup> cada, bem como espectro do céσιο ( $^{137}\text{Cs}$ ) para calcular a resolução dos “cristais detectores voltados para cima” (*upward looking*), tanto para cristais individuais (256 pol<sup>3</sup>) quanto para o “pacote” ou “caixa” de 512 pol<sup>3</sup> no caso deste projeto.

O procedimento para medir a resolução consiste em determinar as amplitudes a partir do fotopico do tório ou do céσιο, respectivamente. A largura do pico (medida como número de canais) na metade da amplitude máxima pode ser determinada. Esta largura é definida como *full width at half maximum* ou *FWHM*. A resolução é calculada (Grasty & Minty, 1995) como a seguir:

$$R(\%) = 100 \times \text{FWHM (canais)} / \text{canal do fotopico}$$

A resolução também pode ser obtida a partir dos referidos elementos, porém utilizando o cálculo a partir das faixas de energia do espectro em vez do número de canais, conforme a equação a seguir (IAEA, 2003):

$$R(\%) = 100 \times \text{FWHM (energia)} / \text{canal do fotopico}$$

A resolução calculada a partir do tório deve ser menor que 7% e a resolução a partir do céσιο deve ser menor que 12%. O monitoramento da resolução do cristal e do tubo fotomultiplicador, é o melhor procedimento para se manter o controle de qualidade e detectar qualquer tipo de deterioração do sistema gamaespectrométrico. Os valores de resolução obtidos para os três pacotes de cristais detectores *downward looking* (2.560 pol<sup>3</sup>) ficaram abaixo de 7% e para os cristais detectores de *upward looking* (512 pol<sup>3</sup>) ficaram abaixo de 12% para a aeronave, sendo, portanto estes testes aprovados. Os resultados dos testes de resolução encontram-se no Anexo I-a.

### 2.3.6. Calibração dos Detectores *Downward Looking*

Foram realizados testes gamaespectrométricos específicos objetivando a calibração dos sistemas detectores da aeronave. A aeronave prefixo PR-PRS foi calibrada em junho de 2007. Essas calibrações obedeceram a duas etapas distintas.

- Calibração estática – Realizada no Aeroporto de Jacarepaguá (RJ). Após a determinação e aprovação dos cálculos da resolução dos cristais detectores *down* e *up* são realizados os testes que visam à determinação dos coeficientes de espalhamento *Compton* do sistema detector. Para tal, 4 (quatro) tanques de calibração transportáveis, constituídos por blocos de concreto com resposta radiométrica para os elementos potássio ( $^{40}\text{K}$ ), urânio ( $^{238}\text{U}$ ), tório ( $^{232}\text{Th}$ ) e *background* são empregados.

As concentrações dos tanques de calibração transportáveis utilizados, de propriedade da Prospectors Aerolevantamentos e Sistemas Ltda, estão indicadas na Tabela 10:

FONTE PADRÃO	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)
<i>Background</i>	1,41 ± 0,01	0,97 ± 0,03	2,26 ± 0,10
Potássio	8,71 ± 0,09	0,32 ± 0,02	0,74 ± 0,10
Urânio	1,34 ± 0,02	59,9 ± 1,00	3,40 ± 0,14
Tório	1,34 ± 0,02	2,96 ± 0,06	136,0 ± 2,10

Tabela 10 – Concentração dos Tanques de Calibração Transportáveis.

Para a determinação dos coeficientes de espalhamento *Compton*, a aeronave foi estacionada sobre os tanques de calibração transportáveis que foram sequencialmente posicionados sob cada pacote detector, aí permanecendo por 10 minutos para acumulação de dados na seguinte ordem: *background*, Th, U, K e *background*. Os dados acumulados foram processados pelo programa PADWIN, fornecidos pelo fabricante dos tanques calibradores (EXPLORANIUM), resultando nos valores dos coeficientes *Compton* para cada pacote de detectores de 1.024 polegadas cúbicas e para o total de 2.560 polegadas cúbicas. Os valores encontrados para os coeficientes de espalhamento *Compton* estão resumidos na Tabela 11. O Anexo I-b, no final deste relatório, apresenta os resultados dessas calibrações.

AERONAVE	DATA	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	a	b	g
PR-PRS	04/06/2007	0,2596 ±0,0029	0,4021 ±0,0066	0,7539 ±0,0096	0,0622 ±0,0047	0,0117 ±0,0028	0,0090 ±0,0020

Tabela 11 – Coeficientes de Espalhamento Compton.

- Calibração Dinâmica – Realizada com vistas à determinação dos *backgrounds* da aeronave e cósmico (*cosmic flight*), e identificação dos coeficientes de sensibilidade do detector, com o levantamento de um perfil situado em zona radiometricamente conhecida (*dynamic calibration range - DCR*) na altura nominal do levantamento. Os referidos testes comentados a seguir.

**a) Vôo Cósmico (Cosmic Flight)**

A partir da fórmula da IAEA, 1991, tem-se:

$$N = a + bC, \text{ onde:}$$

N é a contagem (em cps) em determinada janela;

**a** é o *background* (em cps) da aeronave em determinada janela;

**b** é a razão entre a contagem em determinada janela e a contagem no canal do cósmico;

**C** é a contagem na janela cósmica.

O vôo cósmico envolveu o recobrimento de perfis sobre o mar, em área distante da costa cerca de pelo menos 20 km, voando nas altitudes de 4500, 5500, 6500, 7500, 8500, 9500, 10500, 11500 e 12500 pés, com duração de 15 minutos cada.

A Tabela 12, a seguir, resume os resultados obtidos pelas aeronaves nos vôos cósmicos. A apresentação dos resultados na forma de tabelas e gráficos encontra-se no Anexo I-c, no final deste relatório.

CANAL	COEFICIENTE	PR-PRS (05/06/07)
Contagem total	<b>a (cps)</b>	152,8900
	<b>b</b>	0,5304
Potássio	<b>a (cps)</b>	23,275
	<b>b</b>	0,0261
Urânio	<b>a (cps)</b>	4,6539
	<b>b</b>	0,0246
Tório	<b>a (cps)</b>	2,2218
	<b>b</b>	0,0298
U <sub>up</sub>	<b>a (cps)</b>	1,1534
	<b>b</b>	0,0049

Tabela 12 – Background das Aeronaves e Cosmic Stripping Ratios.

**b) Pista de Calibração Dinâmica (*Dynamic Calibration Range – DCR*):**

Este teste envolve uma série de passagens consecutivas sobre a pista de calibração dinâmica definida pela CPRM em Maricá (RJ), com passagens sucessivas nas alturas de 200, 330, 400, 500, 600, 700, e 800 pés e duas passagens adicionais a 330 pés, correspondentes à altura padrão do levantamento (100 m). Na sequência dos perfis também são realizadas passagens sobre o Oceano Atlântico na mesma altura de vôo observada sobre a pista de calibração dinâmica, com vistas à determinação do *background*.

A calibração dinâmica tem por finalidade a correlação entre as medições feitas em terra (com intervalos de 50 m entre as estações, com emprego de gamaespectrômetro portátil Exploranium Modelo GR-320), com as leituras registradas pelo sistema detector da aeronave na altura de 100 m (cerca de 330 pés), permitindo a conversão das contagens obtidas a bordo (em cps) para concentrações de potássio, urânio, tório e contagem total no solo. A sensibilidade do sistema gamaespectrométrico é definida como a razão entre a média dos valores aéreos, medidos na altura nominal do levantamento (100 m), em cps, para os canais de contagem total, K, U, e Th, e a média dos valores das estações terrestres (em concentração) para os canais de contagem total, K, eU e eTh (Anexo I-e).

As passagens em várias alturas permitem ainda a determinação dos coeficientes de atenuação atmosférica ( $\mu$ ) do sistema detector da aeronave, os quais são utilizados para a correção altimétrica (Anexo I-f).

### **2.3.7. Calibração dos Detectores *Upward Looking***

A calibração dos detectores aerogamaespectrométricos voltados para cima, tem por finalidade estabelecer a relação entre as contagens observadas nos canais de contagem total, potássio, urânio e tório, medidas nos detectores normais da aeronave, com aquelas registradas pelo detector *upward*, resultantes da presença de radônio disperso no ar. Tal relação é expressa por um conjunto de coeficientes obtidos a partir de dados de vôos realizados sobre a água, ou uma altura elevada, onde não exista qualquer influência de radiações provenientes do solo. Para tanto, foram utilizados os dados dos testes *high level*, ou *background*, onde são registrados perfis diários na altura de 2.500 pés (Anexo I-d).

Outro procedimento associado ao processo de calibração do detector *upward looking* envolve a determinação dos coeficientes *skyshine*. Como tal determinação não prevê a realização de testes específicos, o método está descrito apenas no Capítulo 3.

## **2.4 Compilação dos dados**

Ao término de cada jornada de produção, as informações coletadas eram submetidas ao processamento preliminar consistindo no seguinte:

- a) Transferência das leituras do magnetômetro terrestre para o computador de campo para o processamento da variação diurna de acordo com o gradiente fixado no contrato, qual seja: 15 nT/ 5 min;
- b) Leituras dos arquivos dos vôos das aeronaves e transferências dos dados coletados para o computador de campo, para fins de verificação da qualidade da gravação e análise dos perfis coletados, no que se refere a desvios na altura de vôo, envoltória de ruídos e desvios de navegação, estabelecidos respectivamente, em: 15 m para mais ou para menos, 0,5 nT e 50 m em relação à linha teórica;
- c) Geração das plotagens dos traços das linhas de vôo e controle, corrigidos diferencialmente, em superposição ao plano de vôo para identificação dos possíveis trechos desviados em mais de 20% do espaçamento teórico (100 m) por mais de 1000 m;
- d) Verificação da qualidade da gravação, em vídeo, do trajeto percorrido pela aeronave.

Para o controle da produção, acompanhamento dos trabalhos, plotagem, listagem de dados, compilação dos registros e demais controles foi montado, no escritório de campo, um conjunto de equipamentos de processamento de dados, consistindo em:

- Microcomputadores PC Pentium;
- Impressora;
- Sistema de PC/Vídeo digital.



## 2.5 Equipe Técnica na Base de Operações

Participaram da equipe na fase de aquisição de dados os seguintes técnicos:

Edmilson Linguanotto	Chefe de Equipe
Iupanque V. Morales	
Fabiano Della Justina	
Antonio Cezar da Fonseca	Supervisor de Operador
Rodrigo Batista	Operador de Equipamento
Wendel Gomes Lins	
Ranilson Matos Costa	Piloto
Antonio Luiz Albuquerque	
Josiel Pergentino	
Luiz Eduardo Zavataro	
Aguinaldo Eustáquio A. Vieira	Mecânico
Walter Garroni	
Wilson Poleti	
Ricardo Abreu	

## 3. PROCESSAMENTO DE DADOS

### 3.1 Fluxo de Processamento

No processamento de dados do Projeto Aerogeofísico Complemento da RENCA, foi empregado o *software* OASIS MONTAJ versão 6.4.1, do sistema *GEOSOFT*, além das rotinas de pré-processamento proprietárias, que permitem a exploração do dado binário coletado em voo para formato ASCII XYZ *GEOSOFT*. A Figura 8 no final do capítulo, mostra o fluxo de processamento utilizado para o levantamento.

#### 3.1.1. Preparação do Banco de Dados do Levantamento

Os dados brutos gravados em formato binário da aeronave, são convertidos diretamente para bancos de dados no formato de GDB's compatíveis com o OASIS MONTAJ, onde estão agrupadas informações de posicionamento corrigidas e todos os demais canais de informação registrados a bordo da aeronave, quais sejam: intensidade total do campo magnético, valores dos canais radiométricos, altura e altitude de voo, temperatura, etc.

Preparado o banco de dados do tipo .XYZ, onde Z corresponde a cada uma das variáveis

medidas a bordo da aeronave e XY as coordenadas UTM do ponto em que a medida foi tomada, o processamento é então iniciado com as correções dos dados magnetométricos e radiométricos propriamente.

### **3.1.2. Processamento dos Dados Magnetométricos**

#### **3.1.2.1. Correção do Erro de Paralaxe**

O processamento dos dados brutos do magnetômetro de bombeamento Ótico pelo sistema de aquisição da aeronave, introduz um retardamento de tempo nos dados magnetométricos compensados, bem como a posição da antena receptora do GPS em relação à posição do sensor magnetométrico, causam uma defasagem entre o valor de posicionamento (X e Y) e o valor do campo que está sendo mostrado num mesmo intervalo de tempo. Sendo assim, uma correlação denominada de Paralaxe ou Correlação de *Lag* deve ser aplicada. Uma linha especial de calibração foi voada para gravar as informações necessárias para qualificar este intervalo de tempo, para que os dados pudessem ser re-sincronizados.

O erro de paralaxe corresponde à defasagem nos tempo de medição do magnetômetro e altímetros com o sistema de posicionamento. Assim, o erro de paralaxe é determinado a partir de uma linha voada em sentidos opostos sobre uma mesma feição magnética anômala reconhecida no terreno. A correção a ser aplicada corresponde ao valor deslocado do tempo de amostragem, de modo a que as duas feições se tornem coincidentes.

A equação utilizada é a seguinte:

$F_c(t_0) = F_c(t_0 \pm I_p)$ , onde:

$F_c$  = Valor do Campo Magnético Total corrigido do erro de paralaxe,

$t_0$  = Tempo de Amostragem,

$I_p$  = Valor do Intervalo de Tempo a ser deslocado no banco de dados.

Deve-se observar que não se adiciona nenhum valor ao Campo Magnético e sim desloca-se os valores em relação ao tempo em que foram mostrados os pontos, ou seja, o valor do Campo Magnético após a correção do Paralaxe, sofre apenas um reposicionamento temporal dentro do banco de dados.

A correção aplicada a todas as amostras coletadas pela aeronave PR-PRS, correspondeu a **0,40** segundo. Estas diferenças significativas são devidas às diferenças encontradas nos sistemas de aquisição. Os resultados dos testes para determinação encontram-se no Anexo II-c, no final deste relatório.

#### **3.1.2.2. Remoção da Variação Magnética Diurna**

Os valores obtidos pelo magnetômetro monitor foram inicialmente subtraídos das leituras do campo magnético realizadas a bordo da aeronave, tendo como variável comum a hora de amostragem, fixada com precisão de décimos de segundo. As diferenças encontradas, positivas ou negativas, foram, então, somadas algebricamente ao nível base, definido em **27.343 nT**. Os valores resultantes correspondem à intensidade total do campo magnético corrigido da variação diurna.

### 3.1.2.3. Nivelamento dos Perfis

A aplicação do nivelamento através do *software* OASIS MONTAJ versão 6.4.1, do sistema *GEOSOFT* consiste, basicamente, no ajuste das linhas de controle com base na média das diferenças (ou diferença de 1ª ordem) com as linhas de vôo. Este procedimento assume que tais diferenças estão distribuídas de forma aleatória, de forma que um *trend* de no máximo 1ª ordem define o desnível entre as linhas de vôo e controle.

O procedimento compreende duas etapas distintas, conforme a seguir:

1º - As linhas de controle são niveladas por aplicação de valores que reduzam as diferenças com as linhas de vôo a valores mínimos. Este procedimento assume que existem cruzamentos suficientes para modelar adequadamente as diferenças de nível entre as linhas de controle.

2º - Após o nivelamento das linhas de controle, todas as linhas de vôo são ajustadas às linhas de controle, de forma que os valores do campo magnético encontrados nos seus cruzamentos sejam equivalentes.

Nesta fase é criada uma Tabela de Interseções que contém as diferenças entre as linhas de controle niveladas e a linhas de vôo nos pontos de cruzamento.

Tal procedimento é conduzido pelo comando XLEVEL GX. Estes valores são armazenados no banco de dados e utilizados no cálculo das correções a serem aplicadas às linhas de vôo. Os cruzamentos onde o gradiente magnético excedeu a 2 nT/fiducial (0,025 nT/m) foram descartados pelo programa. Com base neste gradiente, o programa ainda analisou as interseções quanto à sua aplicabilidade, atribuindo peso mais baixo quanto mais alto fosse o gradiente. Deste modo, uma interseção situada em zona de forte gradiente magnético teve pouca ou nenhuma influência no nivelamento.

O OASIS MONTAJ permitiu ainda o exame visual da Tabela de Interseções, possibilitando sua edição manual quando necessário. Por exemplo, a linha nivelada pode ser comparada à sua versão obtida em diferentes estágios do processo.

### 3.1.2.4. Micronivelamento dos Perfis

Os dados do levantamento foram ainda micronivelados para eliminação de qualquer resíduo de “desnivelamento” que tenha permanecido nos dados. O processo envolveu a geração de dois *grids* auxiliares, resultantes da aplicação de filtros passa-alta tipo Butterworth (comprimento de onda da ordem de 4 vezes o espaçamento das linhas de vôo) e cosseno direcional atuando na direção das linhas de vôo e perpendicularmente a elas, seguindo-se, então, a criação de um *grid* final decorrugado, que resultará do somatório dos *grid* produzidos em etapas distintas. Este último, subtraído de um *grid* normal irá, por sua vez expressar o erro de nivelamento a ser subtraído aos dados pré-nivelados conforme o procedimento inicial acima.

### 3.1.2.5. Remoção do IGRF

A remoção do Campo Geomagnético Internacional de Referência (IGRF) obedeceu à rotina incluída no Sistema OASIS MONTAJ que consiste, basicamente, na definição da

superfície de tendência que expressa o comportamento de campo geomagnético internacional na área do projeto.

Esta superfície foi definida com base no valor do IGRF, tendo sido considerada a altitude de 400 m, referidos ao ano de 2005 e atualizados para a data de 31/10/2007 (2007, 717).

O campo magnético total corrigido para cada um dos pontos amostrados foi obtido pela subtração ao campo total micronivelado, do valor do IGRF calculado para o ponto. Os valores resultantes são os valores anômalos do campo (campo magnético total reduzido do IGRF).

### **3.1.3. Processamento dos Dados Gamaespectrométricos**

O processamento dos dados gamaespectrométricos obedeceu aos procedimentos recomendados na Seção 4 do Relatório Técnico, Número de Série 323, da Agência Internacional de Energia Atômica, intitulado *Airbone gamma ray spectrometry surveying*. Foi empregada a rotina contida no sistema de processamento radiométrico OASIS-RPS da *GEOSOFT*.

#### **3.1.3.1. Correção do Tempo Morto**

A correção do “tempo morto” consiste na divisão das contagens dos canais radiométricos pelo valor do *livre time* registrado pelo aparelho, normalizando, assim, os valores brutos, dos canais da contagem total, potássio, urânio, tório e urânio *upward* para contagem por segundo.

#### **3.1.3.2. Aplicação de Filtragem**

Este processo se aplica somente aos dados afetados por variações de alta frequência quais sejam: dados do radar altímetro, do canal de radiação cósmica e do canal de urânio *up*, utilizando no cálculo da influência do radônio nas medições realizadas.

Dependendo do comportamento dos dados, são aplicados dois tipos de filtragem:

- Filtragem não linear, que permite a remoção de *spikes* nos dados e a compensação de Variações abruptas do radar altímetro;
- Filtragem do tipo passa-baixa, que reduz o erro estatístico nos dados da radiação cósmica, suaviza o comportamento do radônio. Opcionalmente, é aplicado aos demais canais radiométricos com objetivos específicos, como o cálculo das razões radiométricas.

#### **3.1.3.3. Correlação do Erro de Paralaxe**

O erro de paralaxe não foi observado nos dados radiométricos, não sendo, assim, necessário sua aplicação.

### 3.1.3.4. Cálculo da Altura Efetiva ( $h_c$ ) de Vôo

A altura de vôo foi ajustada com base na temperatura e pressão ambientais, utilizando-se da fórmula (IAEA, 2003):

$$h_c = h (273,15/T+273,15) \times (P/1013,25), \text{ sendo:}$$

$h$  – altura de vôo medida pelo radar altímetro em metros

$T$  – temperatura do ar medida em °C,

$P$  – pressão atmosférica em milibar.

A pressão atmosférica é obtida a partir da altitude medida pelo altímetro barométrico.

### 3.1.3.5. Remoção do background da Aeronave e Cósmico

O *background* é obtido através do somatório das contribuições do *background* da aeronave e da radiação cósmica em cada uma das janelas do gamaespectrômetro.

O cálculo das contribuições da aeronave e da radiação cósmica é conduzido através da fórmula (IAEA, 1991):

$$N = a + bC, \text{ onde:}$$

$N$  – somatório das duas contribuições (em cps),

$a$  – *background* da aeronave em cada janela do espectrômetro,

$C$  – canal de radiação cósmica.

$b$  – razão entre a contagem em determinada janela e a contagem no canal do cósmico.

Os coeficientes aplicados aos dados (Tabela 15 – *Background* da Aeronave e *Cosmic Stripping Ratios*, item 2.3.6) foram aqueles definidos pelo vôo cósmico pelo mar, em área distante da costa, cujos gráficos estão indicados no Anexo I-c.

### 3.1.3.6. Remoção do Background do Radônio

O efeito do *background* do radônio, por sua vez, é determinado a partir das medições realizadas na janela do urânio pelo detector *upward looking*. A expressão que define a parcela de radônio influenciando no canal do urânio é a seguinte (IAEA, 1991):

$$U_r = (u - a_1U - a_2Th) + (a_2 b_t - b_u) / (a_u - a_1 - a_2 a_t), \text{ onde:}$$

$U_r$  – background do radônio medido no canal *downward* do urânio,

$u$  – contagem medida no canal *upward* do urânio,

$U$  – contagem medida no canal *downward* do urânio,

$Th$  – contagem medida no canal *downward* do tório,

$a_1, a_2, a_u, a_t, b_u, b_t$  – coeficientes de proporcionalidade, sendo que  $b_u$  e  $b_t$  são zerados e  $a_1$  e  $a_2$  os coeficientes *skyshine*.

As contagens relativas ao urânio, tório e urânio *up* devem ser corrigidas previamente dos efeitos de backgrounds da aeronave e cósmico.

A relação entre as contagens atribuídas ao radônio observadas na janela do urânio, com as demais janelas de canais *downward*, detectadas nos cristais voltados para baixo, pode ser determinada através de regressão linear aplicada sobre um conjunto de dados que reflita as variações decorrentes da presença de radônio nos dados.

O procedimento de cálculo dos coeficientes que expressam a relação entre os detectores (*upward* e *downward*) utiliza as seguintes fórmulas (IAEA, 1991):

$$U_r = a_u U_u + b_u,$$

$$K_r = a_k U_r + b_k,$$

$$T_r = a_t U_r + b_t,$$

$$TC_r = a_{tc} U_r + b_{tc}, \text{ onde:}$$

$u_r$  é a componente do radônio no urânio *up*,  $U_r$ ,  $K_r$ ,  $T_r$  e  $TC_r$  são as contribuições do radônio nas demais janelas associadas ao detector *downward*. Se os componentes dos *backgrounds* da aeronave e cósmico são perfeitamente removidos, as constantes “b’s” ( $b_u$ ,  $b_k$ ,  $b_t$  e  $b_{tc}$ ) devem ser zeradas (IAEA, 1991, p. 27).

No cálculo dos coeficientes  $a_{tc}$ ,  $a_k$ ,  $a_u$  e  $a_t$  (Tabela 13) foram utilizados os valores calculados a partir dos testes de *high level*. Os gráficos que correspondem a estes cálculos, encontram-se no Anexo I-d.

CANAL	COEFICIENTE	VALOR OBTIDO
Contagem Total	$a_{tc}$	13,4410
Potássio	$a_k$	0,8165
Urânio <i>upward</i>	$a_u$	0,1432
Tório	$a_t$	0,1518

Tabela 13 – Constantes de Calibração do Radônio.

### 3.1.3.7. Estimativa dos Coeficientes Skyshine ( $a_1$ e $a_2$ )

Estes coeficientes relacionam a contribuição das radiações de urânio e tório provenientes do terreno, que influenciam as contagens do urânio no detector *upward*. Admitindo-se que tais contribuições variem linearmente com as contagens destas mesmas radiações nas janelas de urânio e tório, nos detectores voltados para baixo, a estimativa destes coeficientes emprega a expressão geral (Grasty & Minty, 1995):

$$u_g = a_1 U_g + a_2 T_g, \text{ onde:}$$

$u_g$  – contribuição do solo na janela do urânio *up*;

$U_g$  – contribuição do solo na janela do urânio *down*;

$T_g$  – contribuição do solo na janela do tório *down*;

$a_1$  e  $a_2$  – constantes de calibração requeridas.

A partir de uma série de valores de  $u_g$ ,  $U_g$  e  $T_g$  os fatores de calibração  $a_1$  e  $a_2$  podem ser determinados pelo método dos mínimos quadrados. Isso pode ser feito resolvendo as duas equações simultâneas abaixo:

$$a_1 \sum (U_g)^2 + a_2 \sum U_g T_g = \sum u_g U_g$$

$$a_1 \sum U_g T_g + a_2 \sum (U_g)^2 = \sum u_g T_g$$

Este processo foi efetuado automaticamente utilizando todos os dados do levantamento.

Os valores obtidos no levantamento em pauta estão demonstrados na Tabela 14 abaixo.

COEFICIENTE	PR-PRS
$a_1$	0,048
$a_2$	0,020

Tabela 14 – Coeficientes de *Skyshine*.

### 3.1.3.8. Correção do Efeito Compton

É aplicada com objetivo principal de eliminar a influência das radiações atribuídas aos canais de mais alta energia que penetram nos canais de baixa energia, quais sejam: contribuições do tório no urânio e no potássio, assim como a contribuição do urânio no potássio. Nos sistemas de alta resolução, em uso atualmente, são também consideradas as influências de radiações de baixa energia nas janelas de energia mais alta, resultando, desta forma, nos seis coeficientes abaixo:

- $\alpha$  – radiações de tório no urânio,
- $\beta$  – radiações de tório no potássio,
- $\gamma$  – radiações de urânio no potássio,
- $a$  – radiações de urânio no tório,
- $b$  – radiações de potássio no tório,
- $g$  – radiações de potássio no urânio.

Os valores adotados para correção do efeito *Compton* são os descritos na Tabela 14 – Coeficientes de Espalhamento *Compton*, apresentada no item 2.3.6. Maior detalhamento deste teste está presente no Anexo I-b.

### 3.1.3.9. Correção Altimétrica (Coeficiente de Atenuação Atmosférica)

A correção altimétrica tem por objetivo referenciar os valores radiométricos à altura nominal do aerolevanteamento (100 m), eliminando falsas anomalias ocasionadas por elevações no terreno.

A atenuação das radiações gama em relação ao afastamento da fonte, pode ser expressa matematicamente, de forma aproximada, pela fórmula (IAEA, 1991):

$$N_H = N_0 \cdot e^{-\mu H} \quad (1), \text{ onde:}$$

$N_H$  é a radiação a distância  $H$  da fonte,

$N_0$  é a radiação na superfície do terreno ( $H=0$ ),

$\mu$  é o coeficiente de atenuação atmosférica.

Extraindo-se o logaritmo neperiano na relação acima, tem-se:

$$\ln(N_H) = -\mu H + \ln(N_0)$$

que é a equação de uma reta de coeficiente angular  $-\mu$  e o coeficiente linear  $\ln(N_0)$ . Na determinação dos coeficientes de atenuação atmosférica ( $\mu$ ) para cada um dos canais radiométricos foram utilizados os valores apresentados na Tabela 15, obtidos durante os testes realizados em Maricá (RJ). Os gráficos apresentando a correlação logarítmica entre as contagens e a altura de vôo encontram-se no Anexo I-f.

Canal Radiométrico	$\mu$ em $m^{-1}$
	PR-PRS (06/06/2007)
Contagem Total	-0,0068
Potássio	-0,0087
Urânio	-0,0066
Tório	-0,0071

Tabela 15 – Coeficiente de Atenuação Atmosférica.

### 3.1.3.10. Conversão para Concentração de Elementos

As sensibilidades dos detectores da aeronave PR-PRS para as janelas do potássio, urânio e tório foram determinadas com base nas razões entre as medições efetuadas a bordo ( $N$ ) e em terra ( $C$ ), no teste conduzido em 06/06/2007, com aplicação da expressão:

$$S = N/C, \text{ onde:}$$

$S$  corresponde à sensibilidade para cada janela,

$N$  é a média das contagens corrigidas (em cps) para cada canal referente à altura do levantamento (100 m) e situada no trecho de interesse das estações terrestres utilizadas,

$C$  é a média das concentrações para cada canal das estações terrestres de interesse.

A Tabela 16 a seguir, corresponde à sensibilidade dos detectores analisados (volume total de 42 litros e dimensões de 10 cm x 10 cm x 40 cm cada), tomando por base a altura de vôo de 100 m sobre o terreno.



Canal Radiométrico	SENSIBILIDADE
	PR-PRS (06/06/2007)
Contagem Total	171,14 cps/μR/h CT
Potássio	63,44 cps / %K
Urânio	8,80 cps / ppm eU
Tório	3,59 cps / ppm eTh

Tabela 16 – Coeficientes de Sensibilidade.

Para calcular a “taxa de exposição” (*Exposure Rate*) do canal de contagem total (em μR/h) utiliza-se a fórmula abaixo (IAEA, 1991):

$$E = 1,505K + 0,653eU + 0,287eTh, \text{ onde:}$$

**K**, **eU** e **eTh** correspondem às concentrações aparentes destes elementos definidas em terra, quando do levantamento da pista de calibração dinâmica. Os valores da concentração determinados para o canal de contagem total foram 16,08 μR/h (PR-PRS).

Os gráficos comparativos dos perfis coletados durante a calibração dinâmica, após a conversão da amostragem para concentração aparente, acompanham o texto descritivo do procedimento de calibração apresentado no Anexo I-e.

#### 3.1.4. Determinação das Razões eU/eTh, eU/K e eTh/K

As razões foram calculadas a partir dos valores radiométricos corrigidos, conforme descritos no item 3.1.3 deste capítulo. Para a eliminação de indeterminações, ou incorreções devidas a valores anormalmente abaixo, foi convencionada a fixação dos valores mínimos de K, U e Th em 10% da média destes canais na área de levantamento e aplicado também um filtro passa-baixa de 15 amostras. A Tabela 17, a seguir, resume os valores utilizados.

Canal Radiométrico	VALOR MÍNIMO
K (%)	0,028
eU (ppm)	0,190
eTh (ppm)	2,576

Tabela 17 – Valores Mínimos para Cálculo das Razões Radiométricas.

## 3.2 Interpolação e Contorno

Para a geração dos *grids*, foram utilizadas as rotinas do Oasis Montaj de *minimum curvature* (*RANGRID*) e *bi-directional line gridding* (*BIGRID*). Nos dados radiométricos utilizou-se a mínima curvatura e nos magnetométricos a gridagem bidirecional. Os programas *BIGRID* e *RANGRID* interpolam dados em perfis paralelos com linhas

orientadas, usando mínima curvatura (RANGRID) e *spline* bicúbico (*BIGRID*) para interpolação de amostras nos pontos do *grid*.

Os mapas de contorno foram elaborados a partir de *grid* regulares, interpolados em malha quadrada, com dimensões de 125 m x 125 m, o que equivale a um quarto do espaçamento entre as linhas de vôo.

### **3.3. Arquivo Final de Dados**

Os arquivos finais dos perfis do levantamento foram gravados em DVD-ROM, em arquivos ASCII, no formato XYZ e em banco de dados no formato GDB (*GEOSOFT*), contendo as seguintes informações:

- Dados magnetométricos brutos e reduzidos da variação diurna,
- Dados magnetométricos nivelados, reduzidos do IGRF e micronivelados,
- Dados radiométricos brutos e corrigidos e respectivas razões,
- Altura e Altitude do vôo,
- Posicionamento GPS: Coordenadas UTM, Latitude, Longitude e elevação GPS.

Todos os dados dos cruzamentos entre linhas de vôo e linhas de controle, arquivos digitais em malha quadrada e de plotagem dos mapas apresentados, bem como o presente relatório em formato PDF (*Adobe Acrobat*) foram gravados em DVD-ROM, descrito no item 5 deste relatório.

### **3.3. Equipe Envolvida no Processamento dos Dados**

Participou dos trabalhos de processamento o seguinte técnico:

Rodrigo Heidy Sternert - Gerente de Processamento de Dados

A direção geral das operações no Projeto Aerogeofísico Complemento da RENCA esteve a cargo do economista Rodolfo Rocha Miranda.

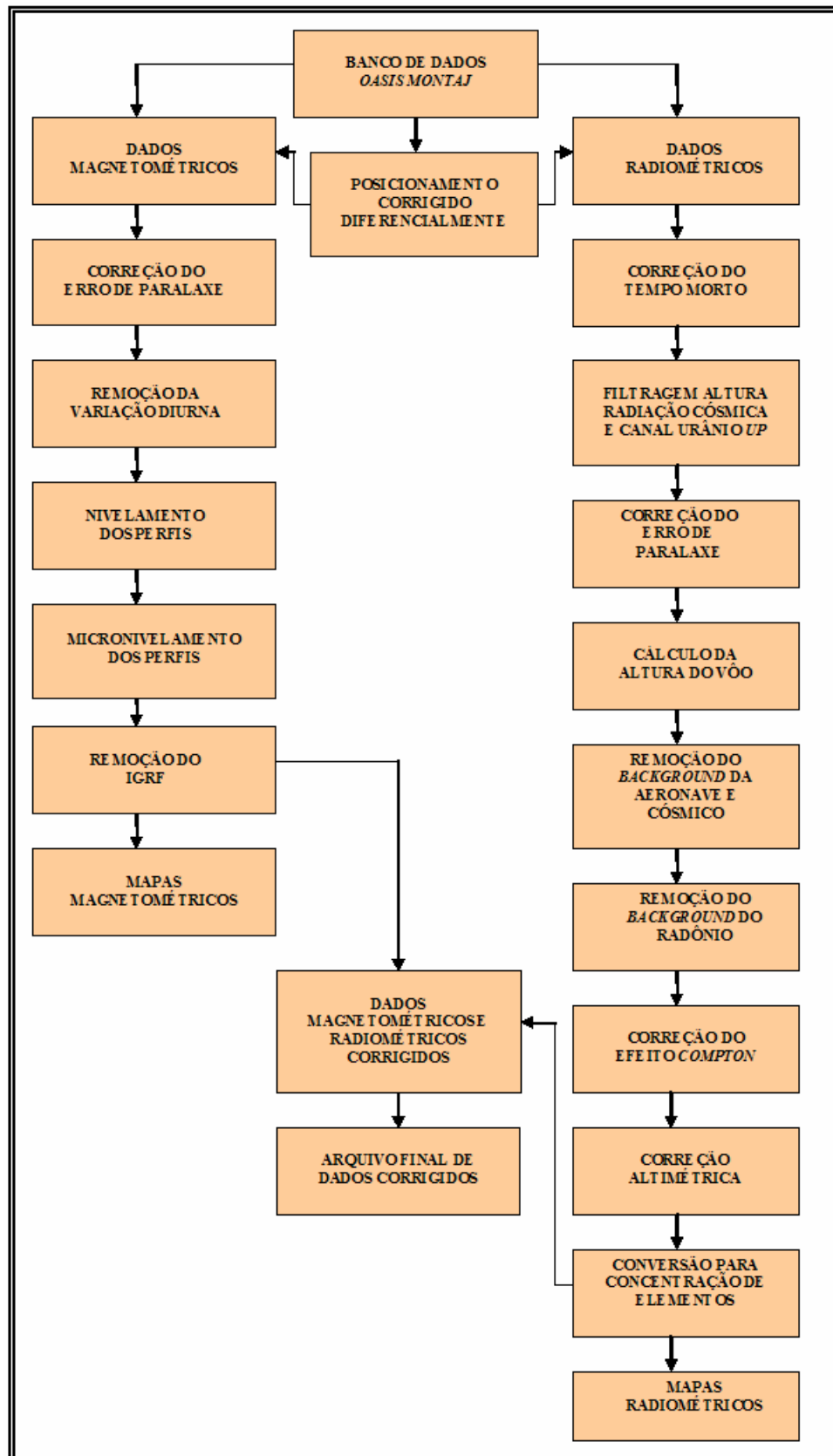


Figura 8 – Fluxograma do processamento de dados.

#### 4. CRONOGRAMA GERAL DAS OPERAÇÕES

O levantamento do Projeto Aerogeofísico Complemento da RENCA foi executado no período de 11 de setembro de 2007 a 13 de dezembro de 2007. O processamento dos dados e elaboração do Relatório Final teve início após o término da fase de aquisição e foram concluídos em 22/02/2008.

A Figura 9 fornece o quadro comparativo entre o cronograma previsto e a duração efetiva do projeto.

Ano	2007								2008		
	jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	
Etapa/Duração (mês)											
Calibração Inicial Mobilização											
Aquisição de Dados											
Dynamic Calibration Range											
Processamento e Relatório Final											

Figura 9 – Cronograma Geral das Operações.

#### 5. PRODUTOS FINAIS

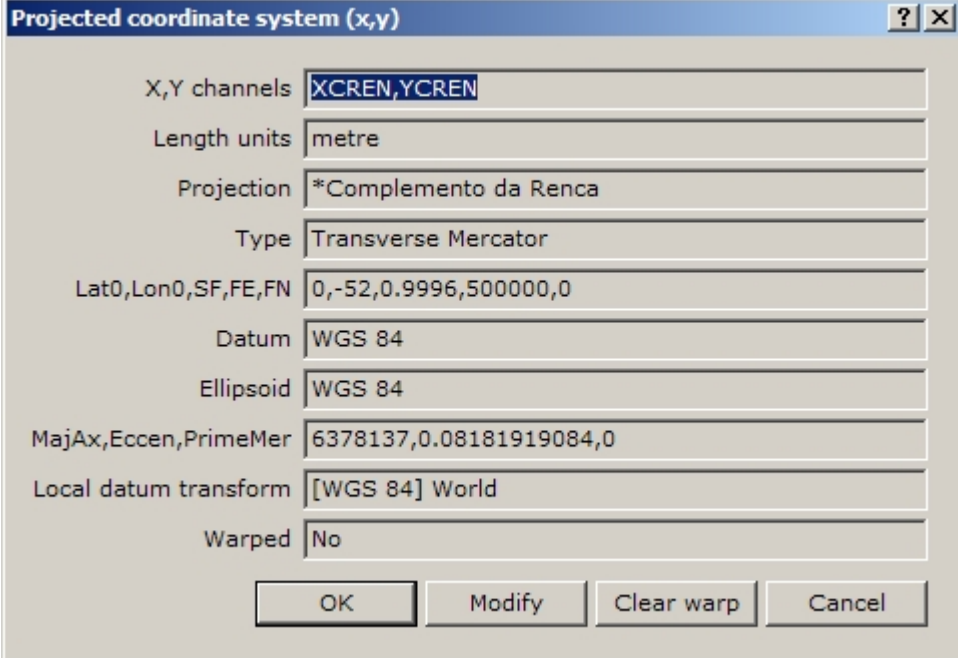
Os produtos finais relativos ao Projeto Aerogeofísico Complemento da RENCA estão sendo apresentados, na forma de mapas, nas escalas 1:50.000 e/ou 1:250.000 que seguem em anexo ao presente relatório. Os resultados na forma de mapas são acompanhados dos arquivos digitais finais do levantamento, gravados em DVD-ROM, no formato *GEOSOFT*.

Os mapas foram elaborados de acordo com as especificações do Manual Técnico do DNPM. As informações geofísicas estão superpostas à rede de projeção UTM, traçada com retículas de 8 cm (20 km em 1:250.000, 4 km em 1:50.000), à rede geográfica, indicada por cruzetas dispostas a cada 5 e 15 minutos, respectivamente, para as escalas 1:50.000 e 1:250.000, e às informações planimétricas, obtidas dos arquivos digitais das folhas ao milionésimo NA.21 e NA.22 disponíveis no *site* do IBGE ([www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)). Na escala de 1:250.000 os mapas integrados foram elaborados de forma a englobar toda a área do Projeto em uma folha única.

Para a folha única confeccionada na escala 1:250.000 e as folhas confeccionadas na escala 1:50.000 foi utilizada a projeção Transversa de Mercator com meridiano central 52° WGr e fator de escala para meridiano central igual a 0,9996 conforme consulta feita

ao Dr. Íris Pereira Escobar, consultor da CPRM nas áreas de Cartografia, Geodésia e Geofísica.

A Figura 10 abaixo, apresenta os parâmetros utilizados para definição da projeção no *software* Oasis Montaj.



Parameter	Value
X,Y channels	XCREN,YCREN
Length units	metre
Projection	*Complemento da Renca
Type	Transverse Mercator
Lat0,Lon0,SF,FE,FN	0,-52,0.9996,500000,0
Datum	WGS 84
Ellipsoid	WGS 84
MajAx,Eccen,PrimeMer	6378137,0.08181919084,0
Local datum transform	[WGS 84] World
Warped	No

Buttons: OK, Modify, Clear warp, Cancel

Figura 10 – Parâmetros para a Definição da Projeção das Folhas 1:250.000 e 1:50.000.

As Figuras 11 e 12 ilustram a articulação das folhas relativas aos mapas apresentados nas escalas 1:50.000 e 1:250.000, respectivamente.

A Tabela 18 apresenta os diversos tipos de mapas apresentados e suas características:

<b>TEMA</b>	<b>PADRÃO (1:50.000)</b>	<b>FOLHA ÚNICA (1:250.000)</b>
<b>Campo Magnético Total (reduzido do IGRF)</b>	Contorno, imagem e planimetria	Contorno, imagem e planimetria
<b>1ª.Derivada Vertical do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)</b>	Contorno, imagem e planimetria	Imagem sombreada (pseudo-iluminação) e planimetria
<b>Sinal Analítico do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)</b>	Contorno, imagem e planimetria	Imagem sombreada (pseudo-iluminação) e planimetria
<b>Radiométrico de Contagem Total</b>	Contorno, imagem e planimetria	Contorno, imagem e planimetria
<b>Radiométrico de Potássio</b>	Contorno, imagem e planimetria	Contorno, imagem e planimetria
<b>Radiométrico de Urânio</b>	Contorno, imagem e planimetria	Contorno, imagem e planimetria
<b>Radiométrico de Tório</b>	Contorno, imagem e planimetria	Contorno, imagem e planimetria
<b>Razão Radiométrica eU/eTh</b>	Contorno, imagem e planimetria	Contorno, imagem e planimetria
<b>Razão Radiométrica eU/K</b>	Contorno, imagem e planimetria	Contorno, imagem e planimetria
<b>Razão Radiométrico eTh/K</b>	Contorno, imagem e planimetria	Contorno, imagem e planimetria
<b>Radiométrico Ternário</b>	-	Imagem e planimetria
<b>Modelo Digital do Terreno</b>	-	Imagem sombreada (pseudo-iluminação) e planimetria

Tabela 18 – Características da Apresentação dos Mapas Aerogeofísicos.

As especificações dos intervalos de contorno utilizados constam da Tabela 19 a seguir:

TEMA	PADRÃO (1:50.000)	PADRÃO (1:250.000)
<b>Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)</b>	<b>20 e 100 nT</b>	<b>20 e 100 nT</b>
<b>1ª.Derivada Vertical do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)</b>	<b>0,05 e 0,25 nT/m</b>	<b>-</b>
<b>Sinal Analítico do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)</b>	<b>0,05 e 0,25 nT/m</b>	<b>-</b>
<b>Radiométrico de Contagem Total</b>	<b>1 e 5 µR/h</b>	<b>1 e 5 µR/h</b>
<b>Radiométrico de Potássio</b>	<b>0,05 e 0,25 %</b>	<b>0,05 e 0,25 %</b>
<b>Radiométrico de Urânio</b>	<b>0,5 e 2,5 ppm</b>	<b>0,5 e 2,5 ppm</b>
<b>Radiométrico de Tório</b>	<b>2 e 10 ppm</b>	<b>2 e 10 ppm</b>
<b>Razão Radiométrica eU/eTh</b>	<b>0,05 e 0,25</b>	<b>0,05 e 0,25</b>
<b>Razão Radiométrica eU/K</b>	<b>2 e 10</b>	<b>2 e 10</b>
<b>Razão Radiométrico eTh/K</b>	<b>20 e 100</b>	<b>20 e 100</b>

Tabela 19 – Características dos intervalos de contorno dos mapas aerogeofísicos.

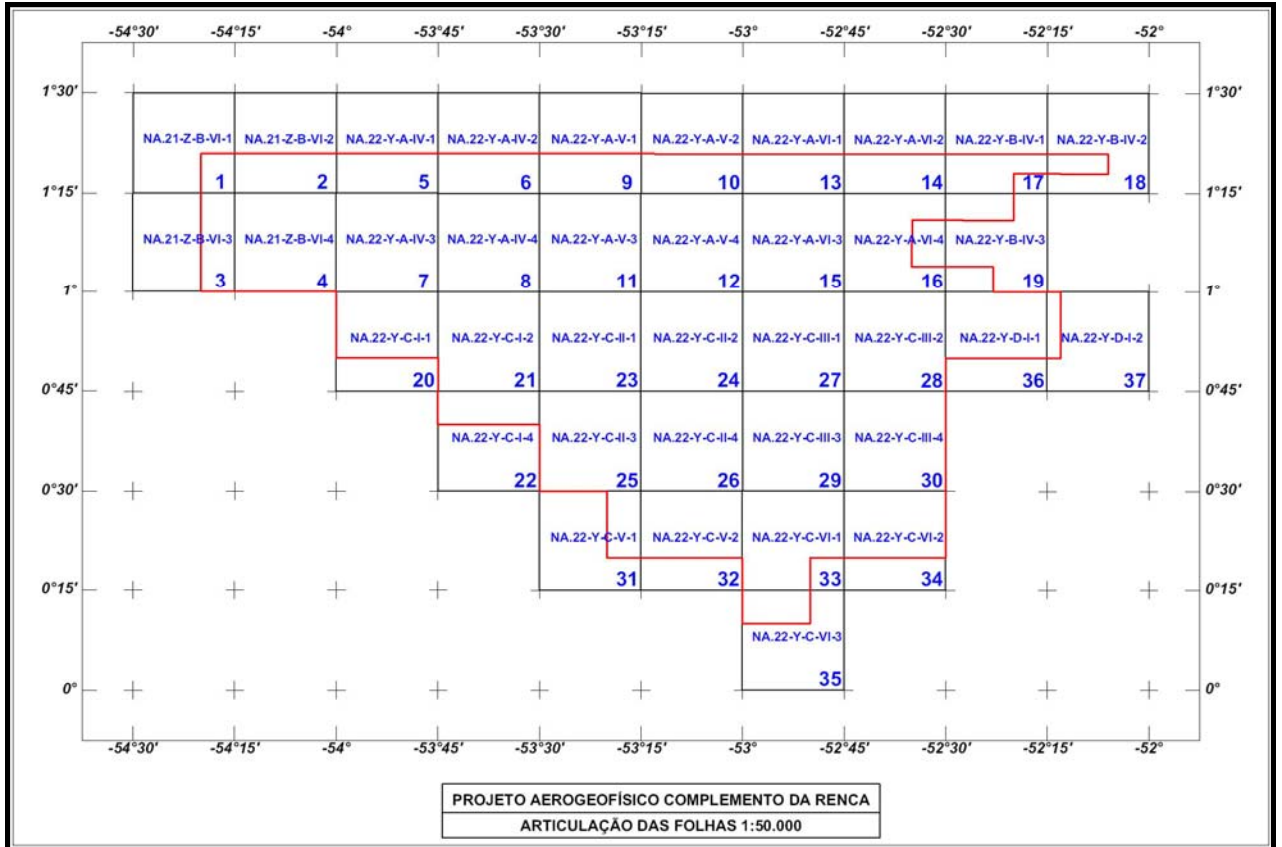


Figura 11 – Articulação das folhas na escala 1:50.000.



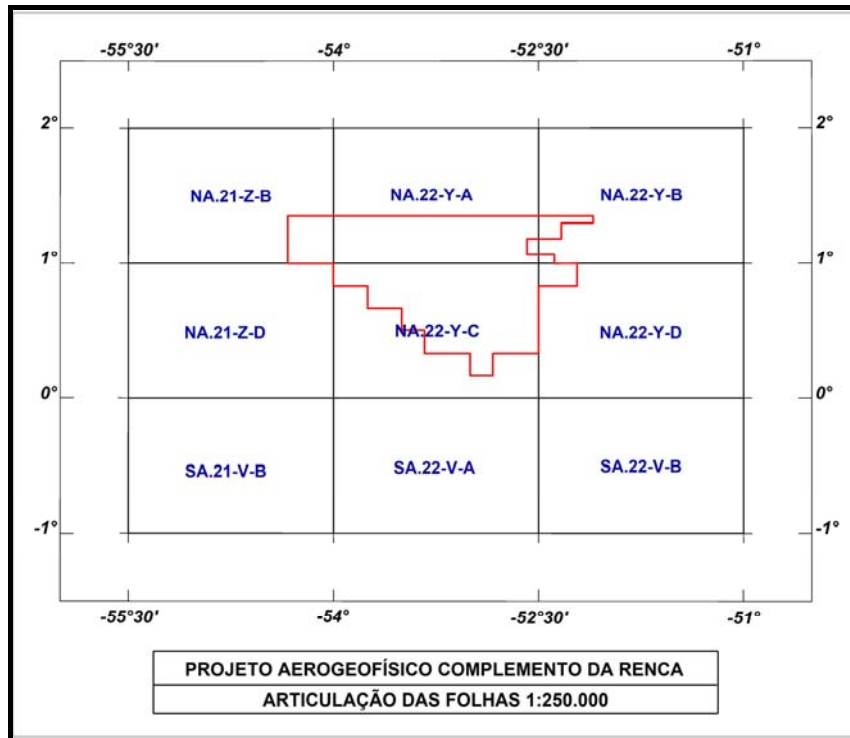


Figura 12 – Articulação das folhas na escala 1:250.000.

### **5.1 Mapas de Contorno do Campo Magnético Total, da 1ª Derivada Vertical e do Sinal Analítico do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)**

Os mapas magnetométricos, na escala 1:250.000, foram elaborados na forma de imagem colorida, com traços de contorno superpostos e em tons de cinza, com pseudo-iluminação projetada perpendicularmente às estruturas principais definidas pela Magnetometria. Nos mapas de pseudo-iluminação foram adotados o ângulo de 90° para a direção e de 45° para inclinação da fonte de iluminação aplicada.

Na escala 1:50.000 a imagem colorida se superpõe as curvas de isovalores e a planimetria básica.

A título de ilustração, os mapas magnetométricos do Campo Total e do Sinal Analítico estão sendo apresentados nas Figuras 13 e 14 respectivamente, com escalas reduzidas para tamanho A4.

### **5.2 Mapas Radiométricos dos Canais de Potássio, Urânio, Tório e Contagem total**

Os mapas radiométricos foram elaborados a partir das concentrações aparentes dos canais radiométricos de potássio, urânio, tório e contagem total. Nos mapas de escalas 1:50.000 e 1:250.000 a imagem se superpõe à planimetria básica e as curvas de contorno.

Os valores radiométricos foram convertidos de contagem total por segundo (cps) para concentração de elementos (% para K, PPM para eu e eTh e  $\mu\text{R/h}$  para o canal de Contagem Total), com base nos procedimentos especificados no Item 3.1, do Capítulo 3 deste Relatório.

O mapa do canal radiométrico de Contagem Total, elaborado em escala reduzida para tamanho A-4, está sendo apresentado na Figura 15.

### **5.3 Mapa Radiométrico Ternário**

Mapa elaborado apenas na escala 1:250.000 (folha única), expressa a relação entre os três canais radiométricos (K,U, Th), cujas variações são indicadas por diferentes matrizes de cores. As tonalidades variam entre o vermelho (100% K), azul (100% eU) e verde (100% eTh). A cor branca representa a presença dos três elementos (K, U, Th) e a cor preta, a ausência dos três citados elementos.

O mapa radiométrico ternário, elaborado em escala reduzida para tamanho A-4, está sendo apresentado na Figura 16.

### **5.4 Mapas das Razões Radiométricas eU/eTh, eU/K e eTh/K**

Os mapas das razões radiométricas foram elaborados a partir das razões das concentrações dos canais radiométricos de potássio, urânio e tório. Nos mapas de escala 1:50.000 e 1:250.000 a imagem se superpõe à planimetria básica e às curvas de contorno.

O mapa radiométrico da razão Tório/Potássio está sendo elaborado em escala reduzida para tamanho A-4, sendo apresentado na Figura 17.

### **5.5 Mapa de Pseudo-Iluminação do Modelo Digital do Terreno**

Este mapa, obtido através da subtração dos canais de Altura GPS e Radar Altimetro, está sendo apresentado na escala de 1:250.000 em cores e pseudo-iluminado, com inclinação da fonte de luz de 45° e direção da mesma em 90°, com a planimetria superposta.

O mapa pseudo-iluminado do modelo digital do terreno, também elaborado em escala reduzida para tamanho A-4, está apresentado na Figura 18, a qual apresenta os principais acidentes geográficos da área levantada, obtido a partir dos dados de GPS e radar altímetro registrado pela aeronave.

### **5.6 Relatório Final**

O relatório final está sendo apresentado em 12 volumes (Volume I – Texto Técnico e demais como Anexos), em 3 (três) vias, contendo a descrição das operações conduzidas no Projeto Aerogeofísico Complemento da RENCA e dos procedimentos utilizados no levantamento e no processamento dos dados correspondentes, até a elaboração dos mapas finais, conforme descrito anteriormente.

O texto deste relatório foi elaborado pelo geólogo Rodrigo Heidy Sternert. A revisão e edição final estiveram a cargo da física Mereane Arminda da Silva e da gerente do contrato da CPRM – Serviços Geológico do Brasil.

### **5.7 Arquivos Digitais Finais**

Os dados obtidos no processamento de dados estão sendo apresentados em 4 (quatro) DVD-ROMs em 3 (três) cópias. A descrição do conteúdo das informações gravadas nos DVD-ROMs está sendo apresentada no Anexo IV. A descrição detalhada do formato dos arquivos XYZ e do padrão da CPRM (cruzamentos) é apresentada no Anexo V e também nas Tabelas 23, 24 e 25.

Os dados digitais dos bancos de dados magnetométricos e gamaespectrométrico da *GEOSOFT* (GDB) são apresentados, respectivamente, nas Tabelas 23 e 24.

Os mapas foram gravados em arquivos de plotagem do tipo HPGL (*Hewlett Packard Graphics Language*) e *GEOSOFT* MAP.

Os *grids* também são apresentados no formato *GEOSOFT*, interpolados em malha quadrada de 125 x 125 m. O método de interpolação utilizado para elaboração dos *grids* da magnetometria foi o spline bidirecional (*Bigrid*) e para os dados de gamaespectrometria, a mínima curvatura (*Rangrid*).

A listagem fornecida no Anexo VI apresenta as linhas de vôo numeradas de 10010 a 14510 e as linhas de controle estão numeradas de 19010 a 19420 para a aeronave PR-

PRS. Todas estas linhas listadas foram aprovadas e utilizadas no processamento e estão organizadas por ordem crescente de numeração.

O arquivo Metadados, bem como todos os arquivos especificados no contrato, estão sendo apresentados em meio digital (a relação dos DVD-ROMs e do CD-ROM está no Anexo IV).

O texto do presente Relatório Final foi gravado no formato PDF Adobe Acrobat, em CD-ROM separado.

<b>Campo</b>	<b>Descrição</b>	<b>Unidade</b>
X	Coordenada UTM Leste	m
Y	Coordenada UTM Norte	m
FIDUCIAL	Fiducial	-
GPSALT	Altitude GPS	m
BARO	Altitude Barométrica	m
ALTURA	Altura de Vôo (Radar Altimetro)	m
MDT	Modelo Digital do Terreno	m
MAGBASE	Campo Magnético da Base Fixa	nT
MAGBRU	Campo Magnético não Compensado	nT
MAGCOM	Campo Magnético Compensado	nT
MAGCOR	Campo Magnético Corrigido da Variação Diurna	nT
MAGNIV	Campo Magnético Total Nivelado	nT
MAGMIC	Campo Magnético Micronivelado	nT
MAGIGRF	Campo Magnético Reduzido do IGRF	nT
IGRF	Campo Magnético de Referência (fonte NOAA)	nT
LONGITUDE	Longitude	graus decimais
LATITUDE	Latitude	graus decimais
DATA	Data	ano/mês/dia
HORA	Hora	hh:mm:ss

Tabela 20 – Banco de dados *Geosoft* (GDB) – Magnetometria.

<b>Campo</b>	<b>Descrição</b>	<b>Unidade</b>
X	Coordenada UTM Leste	m
Y	Coordenada UTM Norte	m
FIDUCIAL	Fiducial	-
GPSALT	Altitude GPS	m
BARO	Altitude Barométrica	m
ALTURA	Altura de Vôo (Radar Altimetro)	m
MDT	Modelo Digital do Terreno	m
CTB	Contagem Total Bruto	cps
KB	Potássio Bruto	cps
UB	Urânio Bruto	cps
THB	Tório Bruto	cps
UUP	Urânio <i>UP</i>	cps
LIVE_TIME	Tempo de Amostragem	ms
COSMICO	Radiação Cósmica	cps
TEMP	Temperatura	graus Celsius
CTCOR	Contagem Total Corrigido	cps
KCOR	Potássio Corrigido	cps
UCOR	Urânio Corrigido	cps
THCOR	Tório Corrigido	cps
CTEXP	Taxa de Exposição da Contagem Total	$\mu$ R/h
KPERC	Potássio em Porcentagem	%
eU	Urânio em ppm	ppm
eTh	Tório em ppm	ppm
THKRAZÃO	Razão entre Tório e Potássio	-
UKRAZÃO	Razão entre Urânio e Potássio	-
UTHRAZÃO	Razão entre Urânio e Tório	-
LONGITUDE	Longitude	graus decimais
LATITUDE	Latitude	graus decimais
DATA	Data	ano/mês/dia
HORA	Hora	hh:mm:ss

Tabela 21 - Banco de dados *Geosoft* (GDB) – gamaespectrometria.

X	Coordenada UTM Leste	m
Y	Coordenada UTM Norte	m
FIDUCIAL	Fiducial	-
SpectraD	Vetor Espectro 256 Canais Detector <i>Downward</i>	cps
SpectraU	Vetor Espectro 256 Canais Detector <i>Upward</i>	cps

Tabela 22 - Banco de dados *Geosoft* (GDB) – gamaespectrometria 256 canais.

X	Coordenada UTM Leste	m
Y	Coordenada UTM Norte	m
FIDUCIAL	Fiducial	-
GPSALT	Altitude GPS	m
ALTURA	Altura de Vôo (Radar Altimetro)	m
MAGCOR	Campo Magnético Corrigido da Variação Diurna	nT
MAGNIV	Campo Magnético Total Nivelado	nT
RESIDUO	Diferença Aplicada no Cruzamento para Nivelamento	nT
VOO	Número do Vôo	-

Tabela 23 - Arquivo de Cruzamento XYZ – Magnetometria.

## 5.8 Arquivos Poligonais

Estão sendo entregues também, no formato *Geosoft* PLY, os arquivos correspondentes ao corte das folhas 1:50.000 e 1:250.000. Esses arquivos contemplam os pares cartesianos (X e Y) que definem o polígono relativo ao corte padrão das folhas IBGE. A sintaxe dos arquivos compreende a sua codificação, seguida da extensão “ply”.

## 5.9 Produtos Originais

Os originais obtidos no levantamento, tais como fitas de vídeo e fitas originais, contendo dados brutos e registros analógicos permanecerão sob guarda e conservação da Prospectores Aerolevantamentos e Sistemas Ltda., conforme determina a Portaria N° 637-SC-6/FA-61, do EMFA, de 05.03.1998.

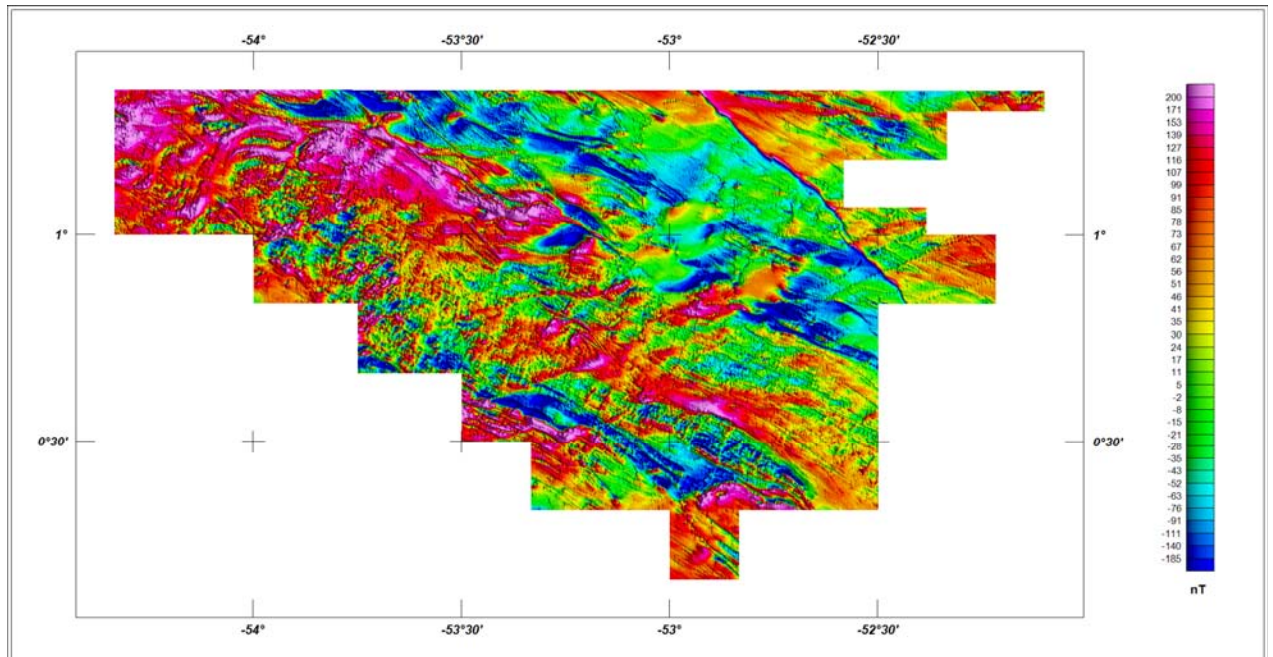


Figura 13 – Mapa pseudo-iluminado do campo magnético total (reduzido do IGRF).

(Azimute da Fonte Luminosa: 90°; Inclinação: 45°)

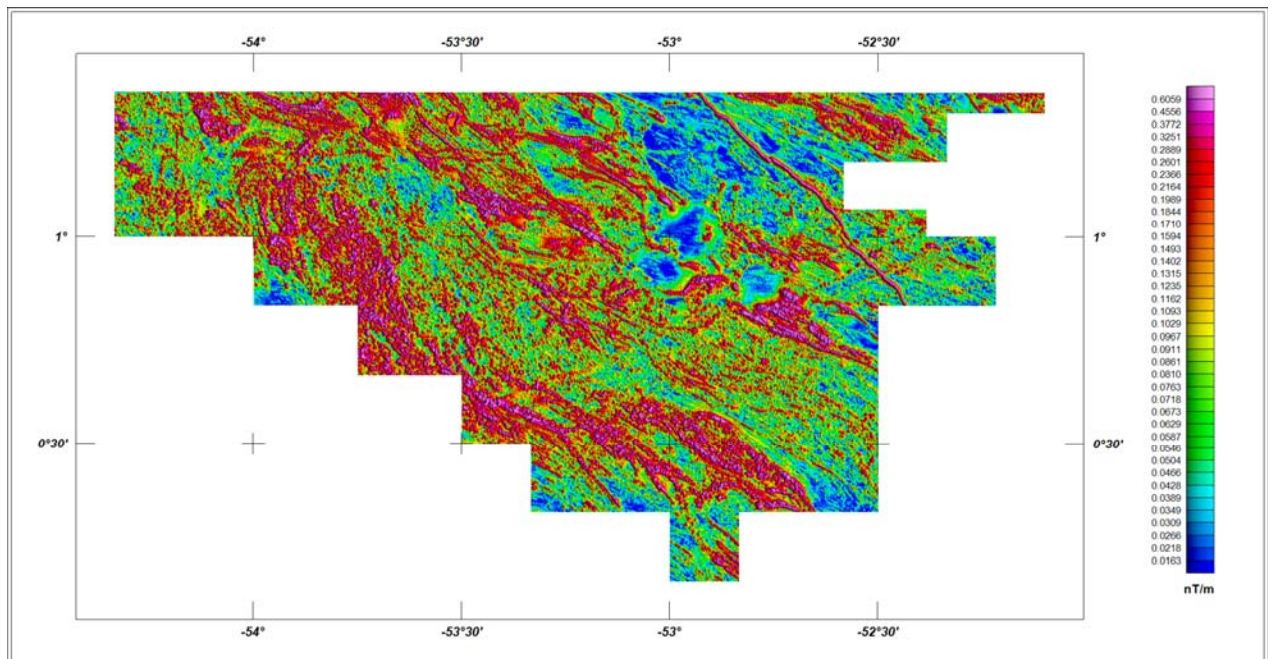


Figura 14 – Mapa do sinal analítico do campo magnético total (reduzido do IGRF).

(Azimute da Fonte Luminosa: 90°; Inclinação: 45°)



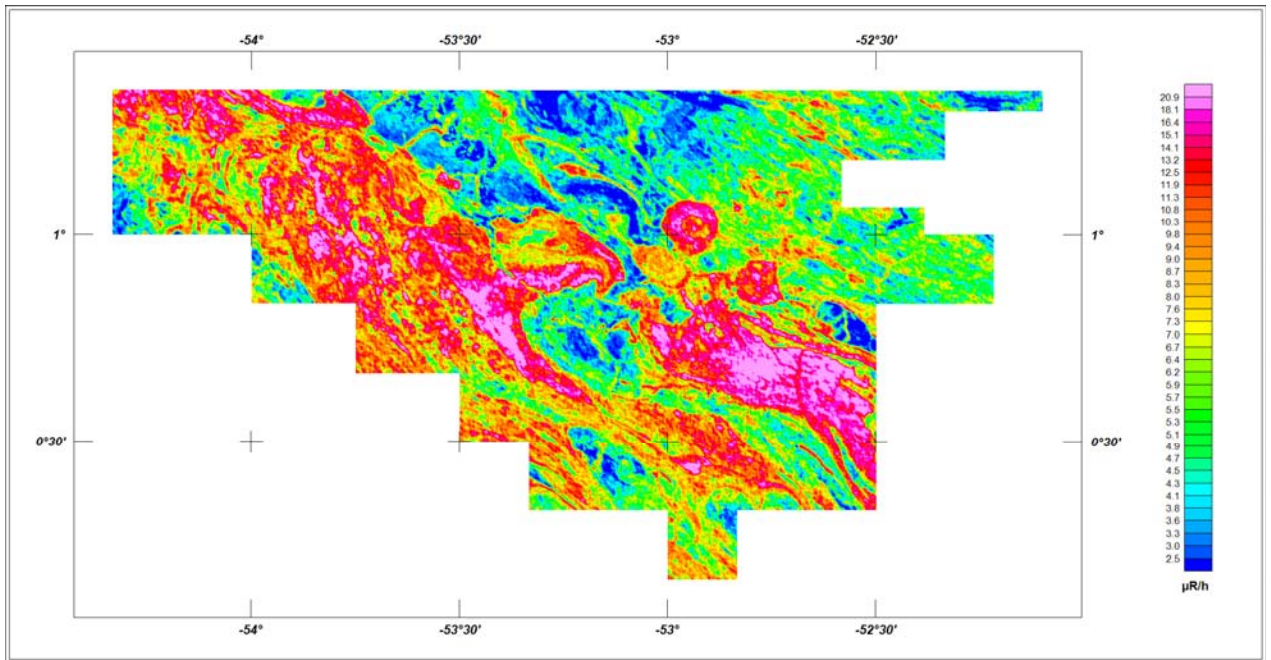


Figura 15 – Mapa Radiométrico da Taxa de Exposição do canal de Contagem Total.

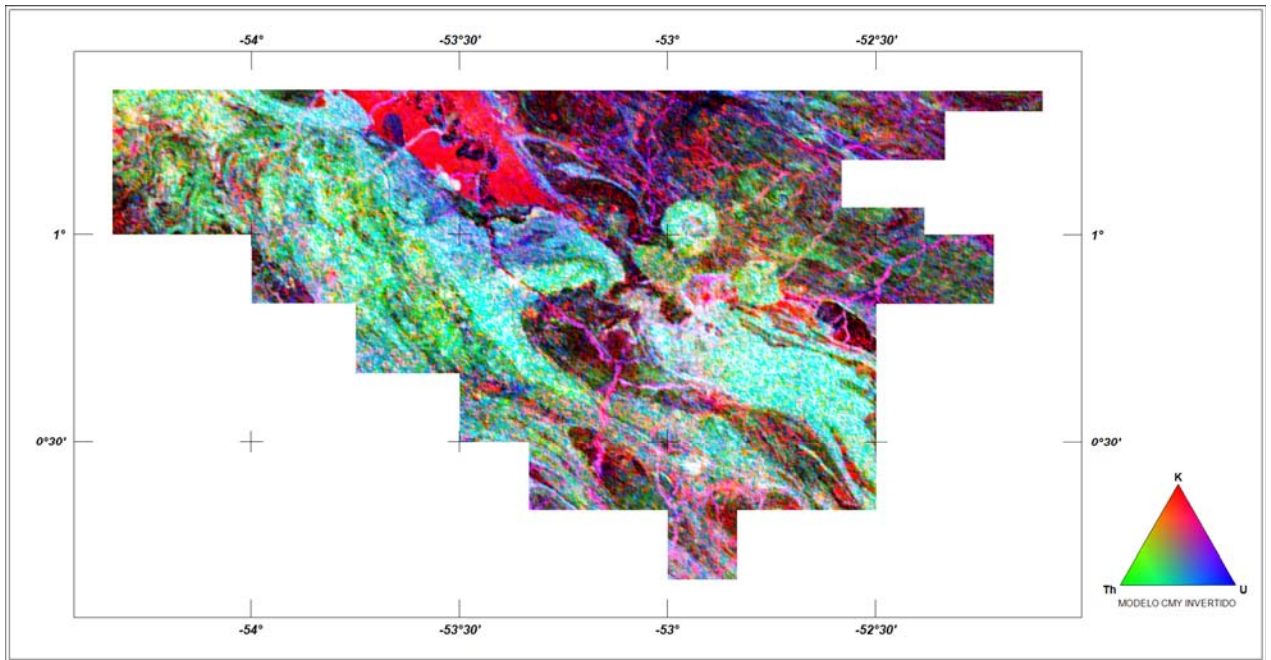


Figura 16 – Mapa Radiométrico Ternário (K-U-Th).

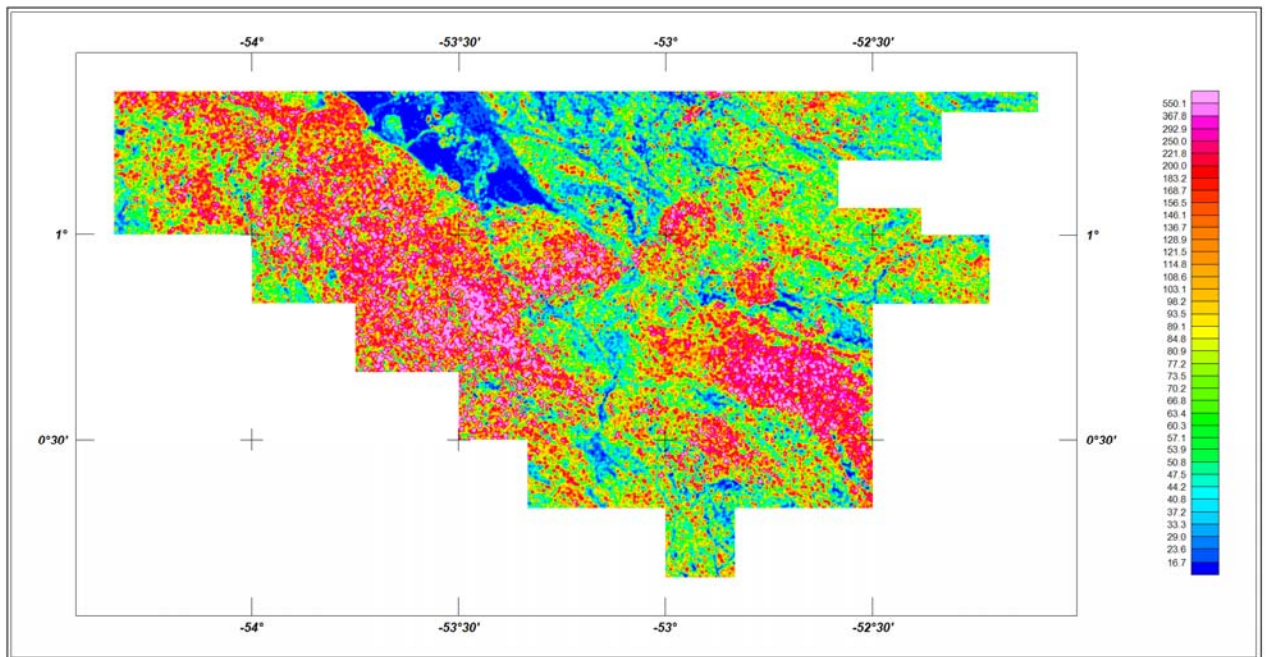


Figura 17 – Mapa Radiométrico da razão Tório / Potássio.

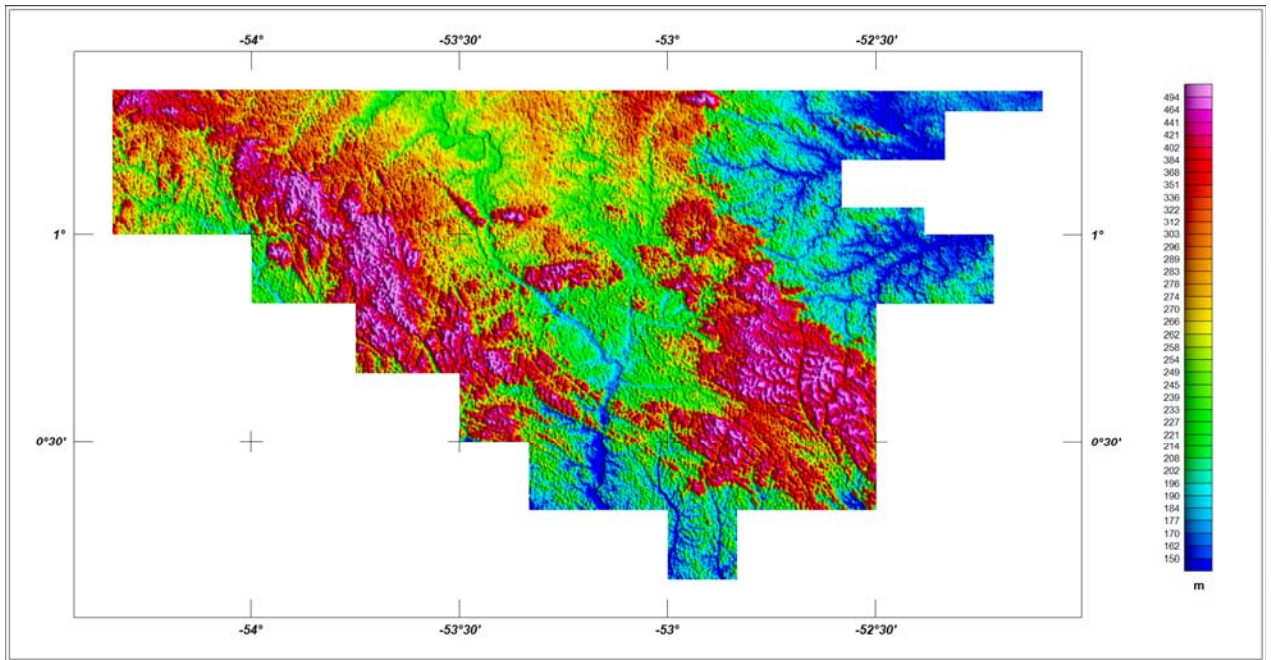


Figura 18 – Mapa pseudo-iluminado do Modelo Digital do Terreno.

(Azimute da Fonte Luminosa: 90°; Inclinação: 45°)

## 6. PARTICIPAÇÃO DA CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

Os serviços de aquisição de dados do projeto foram supervisionados pela Equipe de Fiscalização da CPRM constituída pelos seguintes técnicos:

João Batista Freitas de Andrade	Geólogo	DIGEOF/RJ
Regina Célia dos Santos Silva	Geóloga	SUREG-BE

A revisão e compatibilização geral dos resultados obtidos apresentados no Relatório Final foi executada pela equipe da DIGEOF, supervisionada pela gerente do contrato, geóloga Maria Laura Vereza de Azevedo.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CPRM - 1999** - Relatório sobre os serviços de geodésia e topografia para locação da linha de calibração dinâmica. Divisão de Cartografia - DICART. Rio de Janeiro, Brasil.
- Ford, K. L. & Santaguida, F. - 1997** - Gamma ray spectrometry as an indicator of potassic alteration zones associated with VHMS mineralization. In Proceedings of Exploration. Toronto, Canada.
- Geosoft - 2005** - Montaj Geophysics Levelling System: Tutorial and User Guide. [www.geosoft.com](http://www.geosoft.com). Toronto, Canada.
- Grasty, R. L. & Minty, B. R. S. - 1995** – A guide to the technical specifications for airborne gamma-ray surveys. AGSO, Austrália.
- Grasty, R. L. & Hovgaard, J. - 1996** - The calibration of upward looking detectors in gamma ray surveys. SEG, 66 Annual Meeting Expanded Abstracts, L.A., USA.
- IAEA. - 1991** - Airbone gamma ray spectrometer surveying. International Atomic Energy Agency. Technical Reports Series No. 323. Vienna, Austria.
- IAEA. - 2003** - Guidelines for radioelement mapping using gamma ray spectrometry data. International Atomic Energy Agency. TECDOC-1363. Vienna, Austria.
- Reeves, C. V., Redford, S. W. & Milligan, P. R. – 1997** – Airborne geophysics: old methods, new images. In Proceedings of Exploration 97: Fourth Decennial International Conference on Mineral Exploration. Toronto, Canada. p. 13-30.



**ANEXO I – RESUMO DO PROCESSO DE CALIBRAÇÃO DO  
GAMAESPECTRÔMETRO.**

**ANEXO I – a**

**RESULTADOS DOS TESTES DA RESOLUÇÃO  
DOS CRISTAIS DETECTORES  
(*DOWNWARD E UPWARD*)**

PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO  
PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB)

PROJETO AEROGEOFÍSICO COMPLEMENTO DA RENCA  
CPRM CONTRATO N° 027/PR/07

ANEXO I – a

RESULTADOS DOS TESTES DA RESOLUÇÃO  
DOS CRISTAIS DETECTORES  
(*DOWNWARD E UPWARD*)

AERONAVE PIPER NAVAJO CHIEFTAIN PA31-350  
PR-PRS

RIO DE JANEIRO-RJ  
04 DE JUNHO DE 2007



**FLIGHT LOG**



**Vôo:** PADS  
**Base:** Jacarepaguá - RJ  
**Aeronave:** PR-PRS  
**Operador:** Rodrigo Batista  
**Área:**

**Cliente:** CPRM  
**Piloto:** Albuquerque  
**Data:** 04/06/2007  
**Projeto:**

GR820 SPECTROMETER CALIBRATION							
Crystal	Peak	FWHM	Gain	Crystal	Peak	FWHM	Gain
A1	217.9	5,0	126	D1	54.9	9.9	134
A2	218.5	4.8	139	D2	54.9	9.5	117
A3	218.3	4.8	136				
A4	217.3	5.4	132				
B1	218.1	5,0	147				
B2	217.9	5.3	136				
B3	217.7	5.9	120				
B4	217.6	4.7	136				
D3	218.1	4.4	149				
D4	217.9	4.8	138				
DOWN	217.9	4.9		UP	55.1	9.7	

PRE-FLIGHT SAMPLE CHECK			
	K	U	TH
BG	50576	10108	18796
U	7493	10585	674
TH	8163	5724	22263
CSPK	54.8	FWHM	9.9

TIME	12:51
TEMP	21.3
FILE:RMS	PREPAD_1.DAT

POST-FLIGHT SAMPLE CHECK			
	K	U	TH
BG	50326	10118	18958
U	7686	10492	464
TH	8294	5811	22100
CSPK	54.9	FWHM	10.2

TIME	18:28
TEMP	21.9
FILE:RMS	POSPAD.DAT

	GR-820	BOX A	BOX B	BOX C
S/N	8301	2530	2541	2507

peak fwhm gain				peak fwhm gain			
A1	217.9	5.0	126	C1			
A2	218.5	4.8	139	C2			
A3	218.3	4.8	136	C3			
A4	217.3	4.4	132	C4			
B1	218.1	3.9	147	D1	54.9	9.9	134
B2	217.9	3.9	136	D2	54.9	9.5	117
B3	217.7	3.9	120	D3	218.1	4.4	149
B4	217.6	4.7	136	D4	217.9	4.8	138
DN	217.9	4.9		UP	55.1	9.7	

Foto tirada no dia 04/06/07 no hangar em Jacarepaguá, mostrando a resolução dos cristais do sistema Exploranium GR820 da aeronave PR-PRS.

**ANEXO I – RESUMO DO PROCESSO DE CALIBRAÇÃO DO  
GAMAESPECTRÔMETRO**

**ANEXO I-b**

**RESULTADO DO TESTE SOBRE OS TANQUES DE CALIBRAÇÃO TRANSPORTÁVEIS  
PARA DETERMINAÇÃO DOS COEFICIENTES DE ESPALHAMENTO *COMPTON***

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO  
PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB)

PROJETO AEROGEOFÍSICO COMPLEMENTO DA RENCA  
CPRM CONTRATO N° 027/PR/07

ANEXO I – b

RESULTADO DO TESTE SOBRE OS TANQUES DE CALIBRAÇÃO  
TRANSPORTÁVEIS PARA DETERMINAÇÃO DOS COEFICIENTES DE  
ESPALHAMENTO *COMPTON*

AERONAVE PIPER NAVAJO CHIEFTAIN PA31-350

PR-PRS

**Resumo das Contagens de Cada Elemento Sobre os**  
**Tanques de Calibração Transportáveis**  
**Aeronave PR-PRS**

Planilha contendo o Resumo das Contagens de Cada Elemento					
Aeronave Piper Navajo PA 31-350 - PR-PRS					
Obs.: Os valores abaixo foram corrigidos do <i>live time</i>					
<b>Pacote de cristais A (1.024 pol<sup>3</sup>)</b>			<b>Elementos (cps)</b>		
Num. Linha	Tanque	Tempo (s)	K (média)	U (média)	Th (média)
BG1	<i>Background</i>	600	298,81	51,17	87,75
TH1	Tório	600	360,39	92,74	234,83
U1	Urânio	600	379,39	157,54	96,47
K1	Potássio	600	474,54	51,50	88,11
<b>Pacote de cristais B (1.024 pol<sup>3</sup>)</b>			<b>Elementos (cps)</b>		
Num. Linha	Tanque	Tempo (s)	K (média)	U (média)	Th (média)
BG2	<i>Background</i>	600	274,33	56,96	102,10
TH2	Tório	600	318,40	91,67	217,69
U2	Urânio	600	339,16	140,08	108,61
K2	Potássio	600	411,11	57,46	102,09
<b>Pacote de cristais C (512 pol<sup>3</sup>)</b>			<b>Elementos (cps)</b>		
Num. Linha	Tanque	Tempo (s)	K (média)	U (média)	Th (média)
BG3	<i>Background</i>	600	194,69	42,62	83,08
TH3	Tório	600	218,45	56,62	135,46
U3	Urânio	600	216,39	78,75	84,47
K3	Potássio	600	249,72	41,40	83,31

Planilha contendo o Resumo das Contagens de Cada Elemento				
<u>Aeronave Piper Navajo PA 31-350 - PR-PRS</u>				
Obs.: Os valores abaixo foram corrigidos do <i>live time</i>				
Pacote de cristais A (1.024 po <sup>3</sup> )		Elementos (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	179281	30699	52650
Tório	600	216235	55645	140899
Urânio	600	227634	94526	57884
Potássio	600	284722	30899	52869
Pacote de cristais B (1.024 po <sup>3</sup> )		Elementos (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	164597	34173	61260
Tório	600	191037	55000	130616
Urânio	600	203494	84049	65164
Potássio	600	246665	34475	61254
Pacote de cristais C (512 po <sup>3</sup> )		Elementos (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	116815	25592	49845
Tório	600	131071	33970	81279
Urânio	600	129832	47252	50681
Potássio	600	149829	24839	49984
Pacotes de cristais A, B e C (2.560 po <sup>3</sup> )		Elementos (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	460692	90464	163755
Tório	600	538343	144615	352794
Urânio	600	560960	225827	173729
Potássio	600	681216	90212	164107

Cópia do arquivo de saída do programa PADWIN com o resultado do Teste sobre o Tanque de Calibração N/S 94 e referente ao pacote de cristais A:

```

" " " CALIBRATION OF K-U-TH WINDOW COUNTS FROM PAD MEASUREMENTS " " "
          PROGRAM PADWIN
          -----

Concentrations of Transportable Pads

NUMBER OF PADS = 4

PAD CONCENTRATIONS:

          PCT K          PPM EU          PPM TH
B Pad    1.410 ( .010)    .97 ( .03)    2.26 ( .10)
K Pad    8.710 ( .090)    .32 ( .02)    .74 ( .10)
U Pad    1.340 ( .020)    52.90 ( 1.00)  3.40 ( .14)
T Pad    1.340 ( .020)    2.96 ( .06)   136.00 ( 2.10)

GEOMETRIC CORRECTION FACTORS:

          POTASSIUM    URANIUM    THORIUM
          1.17        1.17        1.19

Rio de Janeiro, 04/06/2007 - Caixa A - PR-PRS

WINDOW COUNTS:

          TIME (M)    K COUNTS    U COUNTS    TH COUNTS
B Pad    600.0    179281.    30699.    52650.
K Pad    600.0    284722.    30899.    52869.
U Pad    600.0    227634.    94526.    57884.
T Pad    600.0    216235.    55645.    140899.
1

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

          2.431E+01 (3.403E-01)    1.575E+00 (3.812E-02)    4.498E-01 (1.128E-02)
          2.860E-01 (5.873E-02)    2.043E+00 (4.099E-02)    2.806E-01 (5.833E-03)
          2.914E-01 (7.825E-02)    1.443E-01 (1.163E-02)    1.098E+00 (1.810E-02)

INVERSE A-MATRIX:

          4.162E-02 (5.874E-04)    -3.145E-02 (5.999E-04)    -9.014E-03 (3.396E-04)
          -4.388E-03 (1.261E-03)    5.019E-01 (1.001E-02)    -1.265E-01 (3.244E-03)
          -1.047E-02 (2.979E-03)    -5.761E-02 (4.687E-03)    9.300E-01 (1.526E-02)

```

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 2.431E+01 (3.403E-01) COUNTS/ M PER PCT K  
U SENSITIVITY (A22) = 2.043E+00 (4.099E-02) COUNTS/ M PER PPM EU  
TH SENSITIVITY (A33) = 1.098E+00 (1.810E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 2.844E+01 (3.981E-01) COUNTS/ M PER PCT K  
U SENSITIVITY (A22) = 2.390E+00 (4.796E-02) COUNTS/ M PER PPM EU  
TH SENSITIVITY (A33) = 1.306E+00 (2.154E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2556 ( .0037)  
TH INTO K (BETA = A13/A33): .4098 ( .0082)  
U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7709 ( .0120)  
U INTO TH (A = A32/A22): .0706 ( .0055)  
K INTO TH (B = A31/A11): .0120 ( .0032)  
K INTO U (G = A21/A11): .0118 ( .0024)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 2.620E+02 (1.032E+00) COUNTS/M  
U WINDOW : 4.815E+01 (3.767E-01) COUNTS/M  
TH WINDOW : 8.472E+01 (4.987E-01) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS



Cópia do arquivo de saída do programa PADWIN com o resultado do Teste sobre o tanque de Calibração N/S 94 e referente ao pacote de cristais B:

```

" " " CALIBRATION OF K-U-TH WINDOW COUNTS FROM PAD MEASUREMENTS " " "
                                PROGRAM PADWIN
                                -----

Concentrations of Transportable Pads

NUMBER OF PADS = 4

PAD CONCENTRATIONS:

                PCT K                PPM EU                PPM TH

B Pad      1.410 ( .010)          .97 ( .03)          2.26 ( .10)
K Pad      8.710 ( .090)          .32 ( .02)          .74 ( .10)
U Pad      1.340 ( .020)         52.90 ( 1.00)       3.40 ( .14)
T Pad      1.340 ( .020)          2.96 ( .06)       136.00 ( 2.10)

GEOMETRIC CORRECTION FACTORS:

    POTASSIUM    URANIUM    THORIUM

        1.17        1.17        1.19

Rio de Janeiro, 04/06/2007 - Caixa B - PR-PRS

WINDOW COUNTS:

                TIME (M)        K COUNTS        U COUNTS        TH COUNTS

B Pad      600.0        164597.        34173.        61260.
K Pad      600.0        246665.        34475.        61254.
U Pad      600.0        203494.        84049.        65164.
T Pad      600.0        191037.        55000.        130616.
1

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

    1.892E+01 (2.776E-01)    1.267E+00 (3.231E-02)    3.205E-01 (9.473E-03)
    2.602E-01 (6.139E-02)    1.596E+00 (3.269E-02)    2.359E-01 (5.309E-03)
    1.878E-01 (8.271E-02)    1.066E-01 (1.196E-02)    8.628E-01 (1.461E-02)

INVERSE A-MATRIX:

    5.352E-02 (7.969E-04)    -4.192E-02 (8.697E-04)    -8.420E-03 (4.958E-04)
   -7.134E-03 (2.201E-03)     6.438E-01 (1.309E-02)    -1.734E-01 (4.684E-03)
   -1.077E-02 (5.152E-03)    -7.043E-02 (7.815E-03)     1.182E+00 (1.985E-02)

```

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 1.892E+01 (2.776E-01) COUNTS/ M PER PCT K  
 U SENSITIVITY (A22) = 1.596E+00 (3.269E-02) COUNTS/ M PER PPM EU  
 TH SENSITIVITY (A33) = 8.628E-01 (1.461E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 2.213E+01 (3.248E-01) COUNTS/ M PER PCT K  
 U SENSITIVITY (A22) = 1.867E+00 (3.825E-02) COUNTS/ M PER PPM EU  
 TH SENSITIVITY (A33) = 1.027E+00 (1.738E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2734 ( .0047)  
 TH INTO K (BETA = A13/A33): .3715 ( .0096)  
 U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7938 ( .0143)  
 U INTO TH (A = A32/A22): .0668 ( .0074)  
 K INTO TH (B = A31/A11): .0099 ( .0044)  
 K INTO U (G = A21/A11): .0138 ( .0032)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 2.457E+02 (9.427E-01) COUNTS/M  
 U WINDOW : 5.451E+01 (3.919E-01) COUNTS/M  
 TH WINDOW : 9.978E+01 (5.273E-01) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

Cópia do arquivo de saída do programa PADWIN com o resultado do Teste sobre o tanque de Calibração N/S 94 e referente ao pacote de cristais C:

```

" " " CALIBRATION OF K-U-TH WINDOW COUNTS FROM PAD MEASUREMENTS " " "
PROGRAM PADWIN
-----

Concentrations of Transportable Pads

NUMBER OF PADS = 4

PAD CONCENTRATIONS:

                PCT K                PPM EU                PPM TH
B Pad      1.410 ( .010)          .97 ( .03)          2.26 ( .10)
K Pad      8.710 ( .090)          .32 ( .02)          .74 ( .10)
U Pad      1.340 ( .020)         52.90 ( 1.00)         3.40 ( .14)
T Pad      1.340 ( .020)          2.96 ( .06)        136.00 ( 2.10)

GEOMETRIC CORRECTION FACTORS:

    POTASSIUM    URANIUM    THORIUM

        1.17        1.17        1.19

Rio de Janeiro, 04/06/2007 - Caixa C - PR-PRS

WINDOW COUNTS:

                TIME (M)        K COUNTS        U COUNTS        TH COUNTS
B Pad          600.0         116815.         25592.         49845.
K Pad          600.0         149829.         24839.         49984.
U Pad          600.0         129832.         47252.         50681.
T Pad          600.0         131071.         33970.         81279.
1

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

    7.612E+00 (1.521E-01)    4.242E-01 (1.824E-02)    1.753E-01 (6.841E-03)
   -9.063E-02 (5.207E-02)    6.930E-01 (1.593E-02)    9.405E-02 (3.375E-03)
    1.149E-01 (7.343E-02)    1.839E-02 (1.028E-02)    3.915E-01 (7.606E-03)

INVERSE A-MATRIX:

    1.310E-01 (2.702E-03)   -7.915E-02 (3.048E-03)   -3.967E-02 (1.997E-03)
    2.250E-02 (1.046E-02)    1.439E+00 (3.232E-02)   -3.557E-01 (1.310E-02)
   -3.951E-02 (2.496E-02)   -4.435E-02 (3.298E-02)    2.583E+00 (4.824E-02)

```

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 7.612E+00 (1.521E-01) COUNTS/ M PER PCT K  
 U SENSITIVITY (A22) = 6.930E-01 (1.593E-02) COUNTS/ M PER PPM EU  
 TH SENSITIVITY (A33) = 3.915E-01 (7.606E-03) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 8.906E+00 (1.780E-01) COUNTS/ M PER PCT K  
 U SENSITIVITY (A22) = 8.108E-01 (1.863E-02) COUNTS/ M PER PPM EU  
 TH SENSITIVITY (A33) = 4.659E-01 (9.052E-03) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2402 ( .0082)  
 TH INTO K (BETA = A13/A33): .4478 ( .0168)  
 U INTO K (GAMMA = A12/A22): .6121 ( .0247)  
 U INTO TH (A = A32/A22): .0265 ( .0148)  
 K INTO TH (B = A31/A11): .0151 ( .0096)  
 K INTO U (G = A21/A11): -.0119 ( .0068)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 1.832E+02 (7.323E-01) COUNTS/M  
 U WINDOW : 4.190E+01 (3.343E-01) COUNTS/M  
 TH WINDOW : 8.201E+01 (4.673E-01) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

Cópia do arquivo de saída do programa PADWIN com o resultado do Teste sobre o tanque de Calibração N/S 94 e referente aos pacotes de cristais A, B e C:

```

" " " CALIBRATION OF K-U-TH WINDOW COUNTS FROM PAD MEASUREMENTS " " "
PROGRAM PADWIN
-----

Concentrations of Transportable Pads

NUMBER OF PADS = 4

PAD CONCENTRATIONS:

                PCT K                PPM EU                PPM TH
B Pad      1.410 ( .010)          .97 ( .03)          2.26 ( .10)
K Pad      8.710 ( .090)          .32 ( .02)          .74 ( .10)
U Pad      1.340 ( .020)         52.90 ( 1.00)         3.40 ( .14)
T Pad      1.340 ( .020)          2.96 ( .06)        136.00 ( 2.10)

GEOMETRIC CORRECTION FACTORS:

    POTASSIUM    URANIUM    THORIUM

        1.17        1.17        1.19

Rio de Janeiro, 04/06/2007 - Caixa A+B+C - PR-PRS

WINDOW COUNTS:

                TIME (M)        K COUNTS        U COUNTS        TH COUNTS
B Pad          600.0        460692.         90464.         163755.
K Pad          600.0        681216.         90212.         164107.
U Pad          600.0        560960.        225827.         173729.
T Pad          600.0        538343.        144615.         352794.
1

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

    5.084E+01 (6.778E-01)    3.266E+00 (7.421E-02)    9.457E-01 (2.116E-02)
    4.553E-01 (1.017E-01)    4.332E+00 (8.544E-02)    6.106E-01 (1.158E-02)
    5.941E-01 (1.405E-01)    2.693E-01 (2.090E-02)    2.352E+00 (3.804E-02)

INVERSE A-MATRIX:

    1.985E-02 (2.661E-04)    -1.471E-02 (2.490E-04)    -4.163E-03 (1.321E-04)
   -1.402E-03 (4.907E-04)     2.357E-01 (4.621E-03)    -6.062E-02 (1.448E-03)
   -4.854E-03 (1.190E-03)    -2.327E-02 (1.844E-03)     4.331E-01 (6.981E-03)

```

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 5.084E+01 (6.778E-01) COUNTS/ M PER PCT K  
 U SENSITIVITY (A22) = 4.332E+00 (8.544E-02) COUNTS/ M PER PPM EU  
 TH SENSITIVITY (A33) = 2.352E+00 (3.804E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 5.948E+01 (7.930E-01) COUNTS/ M PER PCT K  
 U SENSITIVITY (A22) = 5.068E+00 (9.997E-02) COUNTS/ M PER PPM EU  
 TH SENSITIVITY (A33) = 2.799E+00 (4.527E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2596 ( .0029)

TH INTO K (BETA = A13/A33): .4021 ( .0066)

U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7539 ( .0096)

U INTO TH (A = A32/A22): .0622 ( .0047)

K INTO TH (B = A31/A11): .0117 ( .0028)

K INTO U (G = A21/A11): .0090 ( .0020)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 6.908E+02 (1.797E+00) COUNTS/M

U WINDOW : 1.445E+02 (6.572E-01) COUNTS/M

TH WINDOW : 2.665E+02 (8.968E-01) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

RESULTADO	
Coefficiente	Valor Obtido em 04/06/2007
<b><math>\alpha</math></b>	0,2596 ± 0,0029
<b><math>\beta</math></b>	0,4021 ± 0,0066
<b><math>\gamma</math></b>	0,7539 ± 0,0096
<b>a</b>	0,0622 ± 0,0047
<b>b</b>	0,0117 ± 0,0028
<b>g</b>	0,0090 ± 0,0020

**ANEXO I – RESUMO DO PROCESSO DE CALIBRAÇÃO DO  
GAMAESPECTRÔMETRO**

**ANEXO I-c**

**DETERMINAÇÃO DOS *BACKGROUNDS* DA AERONAVE E CÓSMICO**

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB)

PROJETO AEROGEOFÍSICO COMPLEMENTO DA RENCA  
CPRM CONTRATO N° 027/PR/07

**ANEXO I-c**

**DETERMINAÇÃO DOS *BACKGROUNDS*  
DA AERONAVE E CÓSMICO**

**AERONAVE PIPER NAVAJO CHIEFTAIN PA31-350  
PR-PRS**

**RIO DE JANEIRO-RJ  
05 DE JUNHO DE 2007**



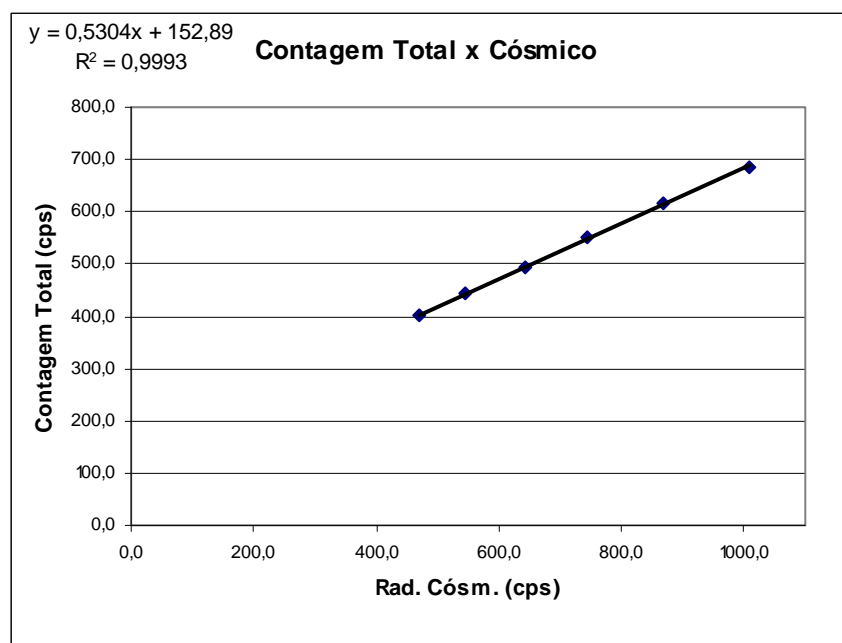
**RESULTADO DO VÔO CÔSMICO DA AERONAVE PIPER NAVAJO CHIEFTAIN PA31-350 - PR-PRS**  
(Vol. Pacote de Cristais: 2.560 po<sup>3</sup>)

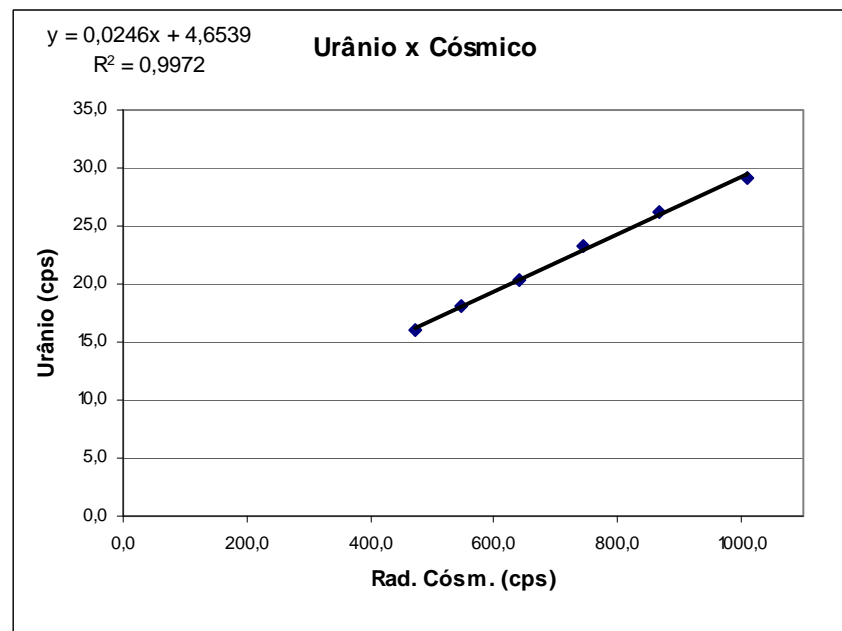
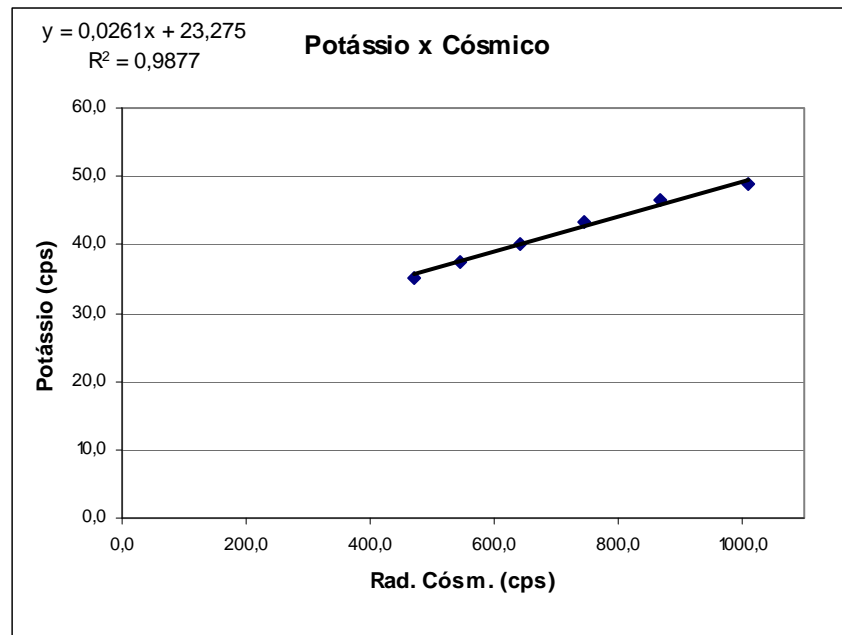
*Rio de Janeiro-RJ em 05 de Junho de 2007*  
(Realizado no litoral do município de Maricá)

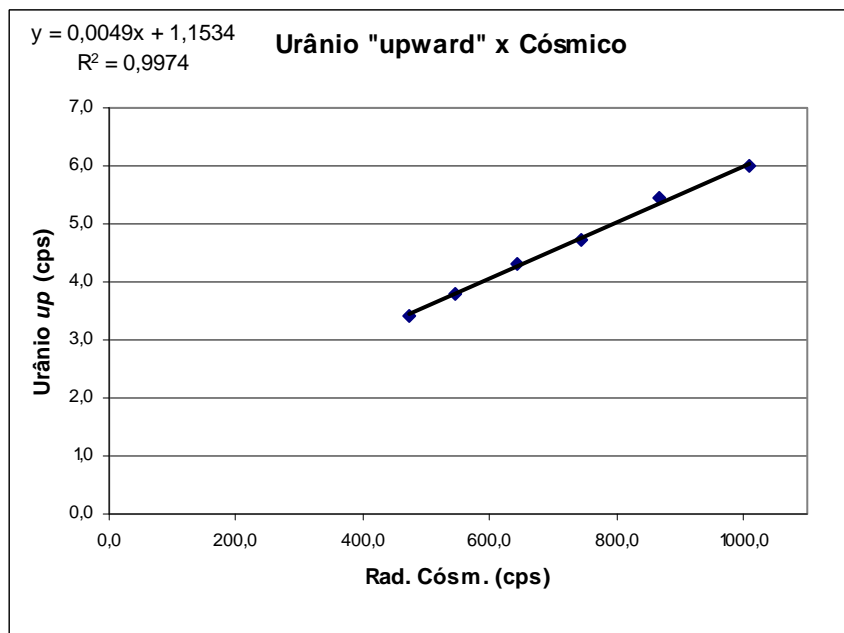
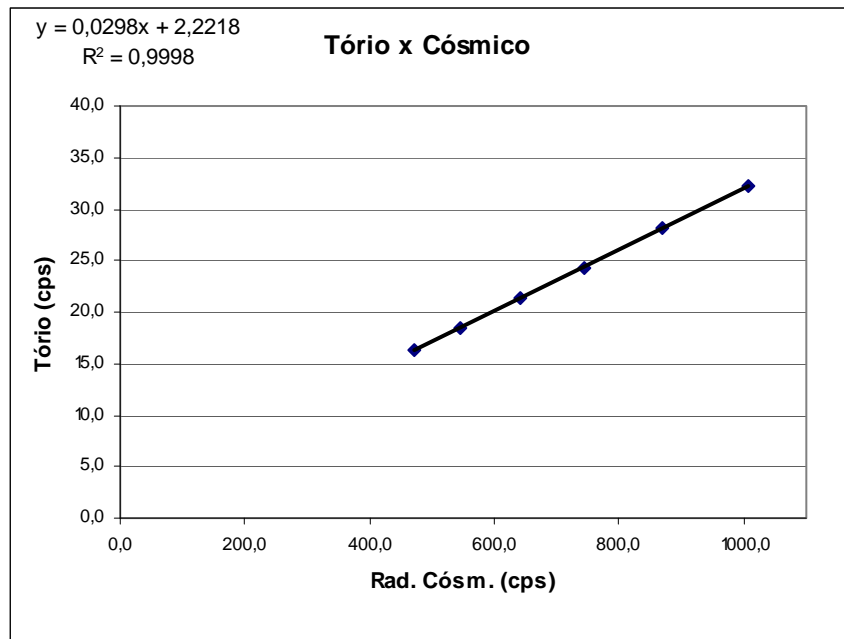
Altitude (m)	Cósmico (cps)	U (cps)	K (cps)	Th (cps)	Uup (cps)	CT (cps)
1446,1	295,4	21,5	36,4	11,3	3,8	435,8
1795,4	344,7	21,0	36,9	12,7	3,8	442,9
2110,2	407,2	17,1	34,5	14,4	3,2	398,9
2415,64*	471,3	16,0	35,1	16,3	3,4	400,7
2728,16*	546,3	18,2	37,5	18,4	3,8	442,3
3060,16*	641,7	20,4	40,1	21,4	4,3	493,2
3375,57*	743,7	23,3	43,3	24,3	4,7	551,1
3702,05*	868,1	26,2	46,6	28,2	5,4	615,9
4025,65*	1008,1	29,1	48,8	32,2	6,0	683,9

\*Altitudes Utilizadas

RESULTADO		
CANAL	Background da Aeronave	Espalhamento da Radiação Cósmica
CT	152,8900	0,5304
K	23,2750	0,0261
U	4,6539	0,0246
Th	2,2218	0,0298
Uup	1,1534	0,0049







**ANEXO I – RESUMO DO PROCESSO DE CALIBRAÇÃO DO  
GAMAESPECTRÔMETRO**

**ANEXO I-d**

**DETERMINAÇÃO DAS CONSTANTES  
DE CALIBRAÇÃO DO RADÔNIO**

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO  
PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB)

PROJETO AEROGEOFÍSICO COMPLEMENTO DA RENCA  
CPRM CONTRATO N° 027/PR/07

ANEXO I-d

DETERMINAÇÃO DAS CONSTANTES  
DE CALIBRAÇÃO DO RADÔNIO

AERONAVE PIPER NAVAJO CHIEFTAIN PA31-350  
PR-PRS

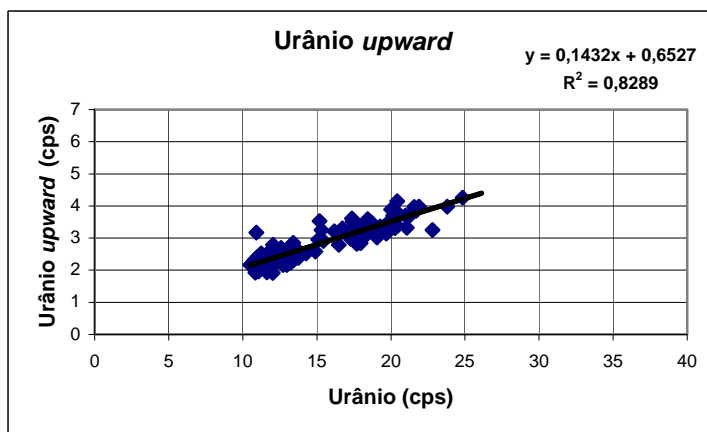
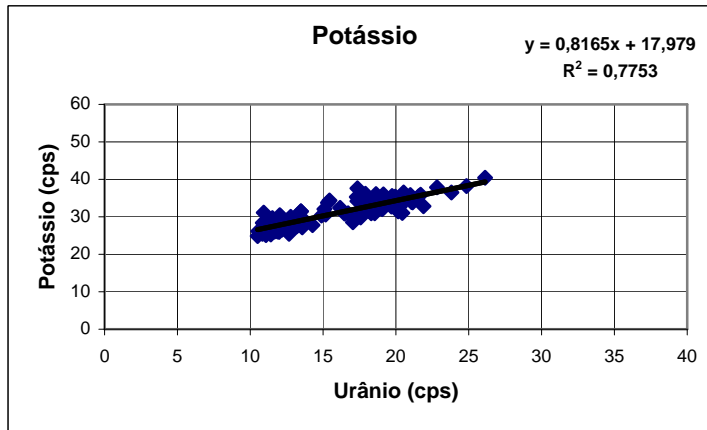
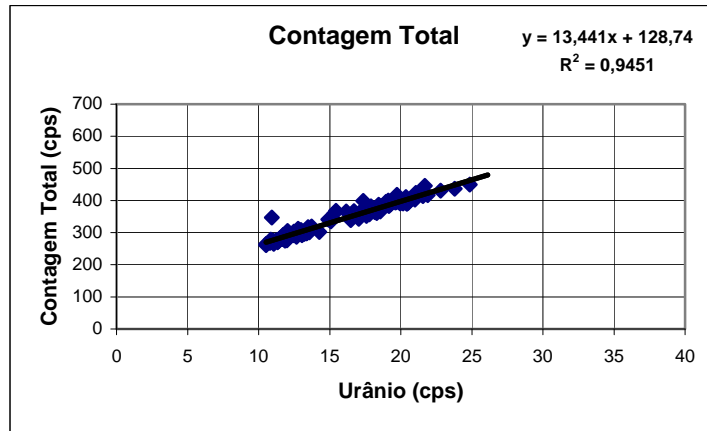
Médias por vôo (cps)						
Vôo	Contagem Total	Potássio	Urânio	Tório	Urânio Upward	Cósmico
611	278,10	28,39	10,85	10,93	1,92	218,84
	377,40	33,47	17,96	12,94	2,84	223,47
612	359,72	33,77	15,32	13,76	3,25	378,87
	399,14	37,57	17,36	13,18	3,61	357,53
615	319,32	28,75	13,73	11,44	2,61	307,08
	381,64	36,18	17,91	12,06	3,11	317,59
616	367,58	34,33	15,45	13,03	2,91	371,31
	386,85	32,78	18,44	12,57	3,59	326,45
617	288,41	28,31	11,85	10,61	2,17	291,16
	376,72	35,10	17,42	11,90	3,52	320,39
618	365,97	32,41	16,17	13,17	3,21	349,86
	380,69	32,93	18,67	10,72	3,49	249,72
619	304,91	29,12	12,04	10,62	2,79	283,22
	334,64	32,09	15,09	10,22	2,95	275,04
620	304,14	28,91	13,35	10,39	2,43	283,04
	382,72	32,51	19,16	10,89	3,15	245,68
622	270,08	26,38	11,33	9,62	2,32	225,14
	441,22	35,02	-	13,12	3,71	217,41
623	268,29	26,18	10,78	10,66	2,31	227,70
	363,61	31,56	18,17	11,72	3,33	213,38
624	291,91	27,92	12,47	11,12	2,41	285,67
	394,50	32,76	19,69	12,13	3,14	225,60
625	340,99	30,31	14,89	13,55	2,58	230,81
	387,71	33,31	19,27	11,52	3,36	230,79
626	303,48	29,15	12,84	11,09	2,53	226,58
	-	-	-	-	3,97	215,74
627	287,23	25,44	12,67	9,65	2,46	227,29
	390,69	31,44	20,15	11,11	3,69	230,98
628	300,70	27,22	13,57	11,30	2,40	223,49
	392,13	31,06	20,43	11,09	4,15	275,52
629	270,24	25,46	10,83	9,97	2,32	237,92
	363,73	30,74	17,38	12,52	3,24	329,77
630	273,41	25,29	11,41	10,13	2,10	230,70
	343,06	28,58	17,04	10,52	3,16	216,21
631	261,32	24,90	10,51	10,29	2,16	235,82
	302,17	27,77	14,27	10,45	2,52	253,90
632	275,35	25,70	11,01	9,76	2,41	239,50
	366,38	30,96	18,55	11,44	3,26	220,77
633	297,09	26,85	12,59	10,84	2,69	286,19
	423,53	33,89	21,07	15,35	3,32	217,37
634	291,34	27,33	12,23	11,05	2,56	279,35
	412,83	33,88	21,15	12,64	3,65	225,23

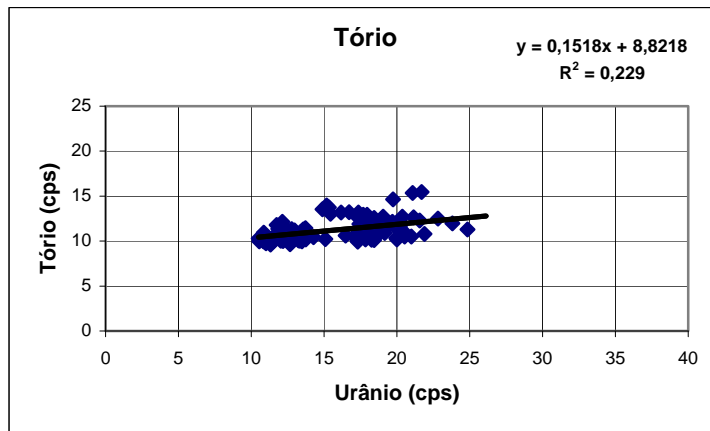
Médias por vôo (cps)						
Vôo	Contagem Total	Potássio	Urânio	Tório	Urânio Upward	Cósmico
635	265,38	25,10	11,07	10,12	1,96	232,06
	400,32	32,79	20,20	11,62	3,72	230,14
636	265,65	26,17	10,55	9,97	2,17	232,52
	360,77	30,97	18,31	10,93	3,47	247,48
637	274,95	26,24	11,86	10,56	2,19	239,82
	352,22	29,83	17,58	10,81	3,46	248,94
638	279,00	26,06	11,87	10,57	2,08	255,11
	399,85	32,77	20,27	10,90	3,31	246,60
639	273,43	26,38	10,93	10,52	2,08	280,57
	366,84	30,93	16,71	13,20	3,30	359,42
640	297,99	27,27	12,51	11,16	2,50	292,47
	445,82	35,92	21,69	15,47	3,85	434,49
641	298,53	28,18	13,33	10,75	2,71	275,80
	413,49	35,47	21,56	12,27	3,97	305,80
642	304,67	28,19	13,41	11,04	2,85	292,72
	361,96	31,20	17,62	12,12	3,39	320,00
643	293,30	26,92	11,73	11,77	2,55	323,80
	-	-	-	-	-	582,15
644	276,19	25,99	11,98	10,73	2,33	274,70
	-	40,45	26,12	-	-	567,30
645	345,91	30,61	15,18	13,95	3,53	369,97
	436,57	36,52	23,80	11,97	3,98	244,97
646	295,91	27,44	13,20	10,79	2,51	281,92
	396,21	32,93	20,26	12,06	3,63	236,68
648	276,27	26,60	11,24	10,22	2,52	277,54
	367,78	31,89	18,22	11,51	3,05	233,75
649	272,79	26,26	11,01	10,22	2,19	272,43
	385,51	32,04	19,05	12,70	3,02	229,77
650	288,49	26,60	12,17	9,99	2,44	235,65
	-	-	-	-	3,71	226,55
651	280,39	26,03	11,67	10,46	2,12	236,80
	394,32	33,13	19,62	11,97	3,40	233,92
652	286,87	27,07	12,02	10,04	2,33	235,57
	339,47	30,85	16,47	10,61	2,79	236,74
653	291,11	27,62	12,72	10,39	2,16	234,98
	410,35	35,57	20,37	12,72	3,75	237,07
654	280,27	27,99	11,63	10,28	1,93	243,00
	400,06	35,96	19,13	11,80	3,27	246,10
655	317,48	31,43	13,47	10,06	2,54	271,42
	369,04	32,86	18,44	10,13	3,28	244,42
656	304,09	31,43	13,47	9,97	2,33	275,76
	365,18	35,28	17,31	9,94	2,97	240,13

Médias por vôo (cps)						
Vôo	Contagem Total	Potássio	Urânio	Tório	Urânio Upward	Cósmico
657	302,83	28,94	12,49	10,95	2,65	285,52
	396,16	35,04	18,96	12,09	3,27	333,96
658	311,79	29,97	12,78	11,31	2,47	308,07
	367,86	34,87	17,84	10,17	3,15	246,71
659	292,17	28,36	12,54	10,06	2,39	280,82
	389,52	35,51	20,44	10,87	3,38	254,60
660	293,01	27,89	11,85	11,37	2,37	294,17
	363,21	34,18	17,36	10,63	2,98	244,26
661	295,86	30,46	12,03	10,60	2,44	282,85
	382,51	36,07	18,63	10,95	3,40	246,01
662	283,11	29,63	11,52	9,96	2,14	240,59
	356,85	32,44	17,78	10,69	3,20	243,07
663	284,12	28,27	11,66	10,57	2,23	282,75
	377,68	34,03	18,28	10,76	3,07	251,48
664	291,36	27,89	11,87	10,77	2,57	283,69
	402,92	35,81	20,99	10,52	3,70	240,16
665	308,24	28,54	12,99	10,46	2,64	243,17
	430,98	37,89	22,81	12,50	3,25	227,03
666	299,87	30,05	12,09	10,52	2,28	276,79
	427,63	35,82	-	11,09	4,07	242,93
667	306,20	30,55	13,29	10,39	2,75	285,29
	393,27	36,49	20,53	10,49	3,75	241,95
668	298,10	27,86	13,38	10,69	2,46	283,82
	449,38	38,19	24,85	11,28	4,26	237,92
669	292,31	27,19	13,05	10,80	2,48	286,42
	417,13	32,85	21,89	10,78	3,98	253,12
670	286,51	28,27	11,79	10,88	2,56	293,19
	390,46	35,38	19,95	10,34	3,43	245,29
671	285,77	27,08	12,14	12,14	2,18	286,72
	347,07	31,14	10,92	-	3,17	251,52
673	312,16	28,97	13,75	10,19	2,38	225,33
	393,73	34,35	20,01	10,17	3,89	238,15
674	282,98	28,71	12,01	10,20	1,91	224,24
	366,02	32,61	18,26	10,14	3,36	239,87
675	303,23	28,37	12,98	11,18	2,16	217,17
	371,64	33,75	17,69	12,92	2,82	230,67
676	308,54	29,52	13,32	10,04	2,58	226,50
	381,57	33,16	18,38	11,59	3,21	231,50
677	304,44	29,41	13,23	10,09	2,23	228,20
	417,89	35,55	19,73	14,64	3,41	231,58

- Valores não computados, comportamento estatístico incorreto.







CANAL	COEFICIENTE	VALOR OBTIDO
Contagem Total	$a_{tc}$	13,4410
Potássio	$a_k$	0,8165
Urânio <i>upward</i>	$a_u$	0,1432
Tório	$a_t$	0,1518

**ANEXO I – RESUMO DO PROCESSO DE CALIBRAÇÃO DO  
GAMAESPECTRÔMETRO**

**ANEXO I-e**

**CALIBRAÇÃO DINÂMICA – RESULTADOS DOS TESTES**

**PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO**

**PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB)**

**PROJETO AEROGEOFÍSICO COMPLEMENTO DA RENCA**

**CPRM CONTRATO Nº 027/PR/07**

**ANEXO I-e**

**CALIBRAÇÃO DINÂMICA – RESULTADOS DOS TESTES**

**AERONAVE PIPER NAVAJO CHIEFTAIN PA31-350**

**PR-PRS**

**MARICÁ-RJ**

**06 DE JUNHO DE 2007**

## **CÁLCULO DAS TAXAS DE CONCENTRAÇÃO DOS RADIOELEMENTOS**

### **POTÁSSIO, URÂNIO E TÓRIO**

#### **SUMÁRIO**

- 1 - Considerações Gerais
- 2 - Levantamento Terrestre
- 3 - Levantamento Aéreo
- 4 - Correção Altimétrica (Coeficiente de Atenuação Atmosférica)
- 5 - Conversão para Concentração de Elementos

#### **Índice das Figuras, Quadros, Tabela e Mapa**

- Figura 1 - Gamaespectrômetro Portátil GR-320
- Figura 2 - Coleta de Dados Terrestres na Pista de Calibração Dinâmica
- Figura 3 - Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Contagem Total
- Figura 4 - Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Potássio
- Figura 5 - Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Urânio
- Figura 6 - Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Tório
- 
- Quadro 1 - Resultado Estatístico do Levantamento Terrestre na Pista de Calibração
- Quadro 2 - Resultado Estatístico do Levantamento Terrestre na Lagoa de Maricá
- Quadro 3 - Resultado Estatístico do Levantamento Aéreo sobre a Pista de Calibração
- Quadro 4 - Resultado Estatístico do Levantamento Terrestre na Pista de Calibração
- Quadro 5 - Coeficientes de Sensibilidade
- 
- Tabela 1 - Listagem dos Valores das Leituras do Levantamento Terrestre
- 
- Mapa 1 - Mapa de localização das Estações Terrestres sobre a Pista de Calibração Dinâmica

## 1. Considerações Gerais

Para a conversão dos dados aerogamaespectrométricos, medidos em contagens por segundo (cps), para a concentração de elementos para K (em %), eU e eTh (em ppm) e o canal de contagem total em taxa de exposição (em  $\mu\text{R/h}$ ), são utilizadas técnicas de calibração para os sistemas gamaespectrométricos aéreo e terrestre transferidas por consultores especialistas canadenses a técnicos da CPRM, da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e das empresas de levantamento aerogeofísico, reunidos em um workshop patrocinado pela CPRM, em conjunto com o Geological Survey of Canada, em junho de 1997.

A conversão dos dados aerogamaespectrométricos de contagens por segundo (cps) para concentração de elementos exige a utilização de uma “pista de calibração dinâmica” (*Dynamic Calibration Range – DCR*), para obtenção dos coeficientes de sensibilidade (contagens por segundo / unidade de concentração), bem como para determinação dos coeficientes de atenuação atmosférica ( $\mu$ ), empregados na correção altimétrica dos canais radiométricos.

Os sistemas gamaespectrométricos, tanto aéreo, quanto portátil terrestre, devem ser calibrados aproximadamente a cada 12 meses.

No dia 06 de junho de 2007 a Prospectors Aerolevantamentos e Sistemas Ltda. efetuou os testes sobre a “pista de calibração dinâmica” no distrito de Inoã, município de Maricá (RJ).

## 2. Levantamento Terrestre

Na coleta de dados ao longo da pista de calibração foi utilizado um gamaespectrômetro portátil EXPLORANIUM, modelo GR-320, 256 canais, com detector de iodeto de sódio ativado à Tálcio NaI(Tl), medindo 76x76mm com resolução melhor que 8,5% para fotopico de Cs-137 (662KeV), como mostra a Figura 1. As medidas foram armazenadas na memória interna do equipamento, bem como anotadas pelo operador em planilha apropriada.



Figura 1 – Gamaespectrômetro Portátil EXPLORANIUM GR-320.

Foram registradas 89 estações, sendo 81 sobre a pista de calibração e 8 sobre a Lagoa de Maricá, estas últimas com vistas a remover o background atmosférico da região. A Tabela 1 e o Mapa 1 proporcionam, respectivamente, uma visão dos valores das leituras das estações e a localização das mesmas na Pista de Calibração. A Figura 2 ilustra a coleta de dados terrestres. Os Quadros 1 e 2 resumem os resultados obtidos no levantamento terrestre.



Figura 2 – Coleta de Dados Terrestres sobre a Pista de Calibração Dinâmica.

ESTATÍSTICA	CONCENTRAÇÃO				CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
	CT(*) ( $\mu$ R/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)				
<b>MÉDIA</b>	16,38	2,26	3,11	38,15	4240,27	761,37	222,38	313,70
<b>DESVIO PADRÃO</b>	7,22	1,02	1,23	12,28	1188,72	257,22	62,89	101,79
<b>ERRO NA MÉDIA (1)</b>	0,80	0,11	0,14	1,36	132,08	28,58	6,99	11,31
<b>INCERTEZA (%) (2)</b>	0,05	0,05	0,04	0,04				

Quadro 1 – Resultado Estatístico do Levantamento Terrestre na Pista de Calibração.

- (\*) Background removido
- (\*) Valor obtido através da expressão:  

$$E = 1,505K + 0,653eU + 0,287eTh$$

$$E = \text{Taxa de Exposição } (\mu\text{R/h})$$
- (1) Erro na média = Desvio Padrão / (Número de Estações)<sup>1/2</sup>
- (2) Incerteza = Erro na Média/Média
- cpm = contagem por minuto
- 81 estações utilizadas no cálculo estatístico

ESTATÍSTICA	CONCENTRAÇÃO				CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
	CT ( $\mu\text{R/h}$ )	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)				
MÉDIA	0,30	-0,08*	-0,39*	0,25	48,50	-19,13*	-2,88*	2,13
DESVIO PADRÃO	0,07	0,05	0,20	0,23	11,08	3,98	2,23	1,96
ERRO NA MÉDIA	0,03	0,02	0,07	0,08	3,92	1,41	0,79	0,69
INCERTEZA (%)	0,09	-0,20	-0,18	0,33				

Quadro 2 – Resultado Estatístico do Levantamento Terrestre na Lagoa de Maricá.  
(background)

\* Valores considerados como zero para efeito do cálculo de remoção do background

### 3. Levantamento Aéreo

Foi utilizada a aeronave PR-PRS, equipada com gamaespectrômetro EXPLORANIUM GR-820, com cristais detectores de NaI com 2560 pol<sup>3</sup> down e 512 pol<sup>3</sup> up. Foram realizadas 9 passagens sobre a pista de calibração e mar, nas seguintes altitudes: 200, 330, 400, 500, 600, 700 e 800 pés. A razão pela qual foram voadas linhas em várias altitudes, foi o aproveitamento dos dados para calcular também os coeficientes de atenuação atmosférica (*attenuation coefficients*), os quais são utilizados para a correção altimétrica dos dados radiométricos.

### 4. Correção Altimétrica (Coeficientes de Atenuação Atmosférica)

Esse procedimento é comentado no próximo resumo.

### 5. Conversão para Concentração de Elementos

A sensibilidade dos detectores da aeronave PR-PRS para as janelas de Potássio, Urânio e Tório foi determinada com base na razão entre as medidas efetuadas a bordo (N) e em terra (C), com a aplicação da seguinte expressão:

$S = N/C$ , onde:

S corresponde a sensibilidade para cada janela,

N é a média das contagens corrigidas (em cps) para cada canal referente a altura do levantamento (100m) e situada no trecho de interesse das estações utilizadas,

C é a média das concentrações para cada canal das estações terrestres de interesse.

Foram utilizados os dados aéreos relativos à primeira passagem na altura de 100m sobre a pista de calibração, correspondente ao intervalo de 50 metros entre as estações terrestres consideradas para efeito de cálculo da média dos elementos K, U e Th (do Marco 0 até a estaca 7N).

Para cálculo da "taxa de exposição" (Exposure rate) do canal de contagem total é utilizada a fórmula abaixo (IAEA, 1991):



$E = 1,505 K\% + 0,653 eU + 0,287 eTh$ , onde:

**E** é o símbolo para *Exposure rate*, K%, eU e eTh correspondem às concentrações médias destes elementos determinados em terra na pista de calibração dinâmica.

Os dados estatísticos e os resultados de calibração dinâmica são resumidos nos Quadros 3, 4 e 5, a seguir:

ESTATÍSTICA *	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
MÉDIA	2751,89	143,38	27,37	136,25
DESVIO PADRÃO	2,94	2,03	0,40	1,67
ERRO NA MÉDIA	1,70	1,17	0,23	0,97
INCERTEZA (%)	0,00	0,01	0,01	0,01

Quadro 3 - Resultado Estatístico do Levantamento Aéreo Sobre a Pista de Calibração.

*\* tempo morto, background, stripping e atenuação corrigidos*

ESTATÍSTICA	CONCENTRAÇÃO				CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
	CT ( $\mu$ R/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)				
MÉDIA	16,08	2,26	3,11	37,90	4191,77	761,37	222,38	311,57
DESVIO PADRÃO	7,22	1,02	1,23	12,28	1188,72	257,22	62,89	101,79
ERRO NA MÉDIA	0,80	0,11	0,14	1,36	132,08	28,58	6,99	11,31
INCERTEZA (%)	0,05	0,05	0,04	0,04				

Quadro 4 - Resultado Estatístico do Levantamento Terrestre Sobre a Pista de Calibração, após a correção do background.

cpm = contagens por minuto

	CT (cps/ $\mu$ R/h)	K (cps/%)	U (cps/ppm)	Th (cps/ppm)
<b>SENSIBILIDADE (S)</b>	171,14	63,44	8,80	3,59

Quadro 5 - Coeficientes de Sensibilidade.

As Figuras 2, 3 e 4 apresentam os perfis comparativos dos levantamentos aéreo e terrestre:

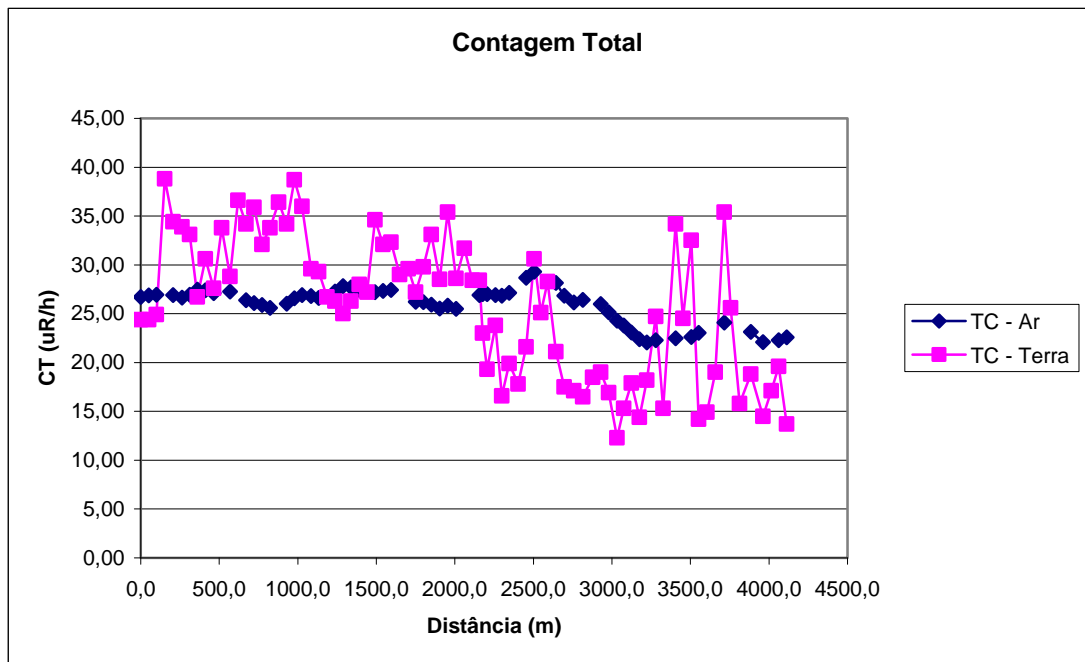


Figura 2 - Calibração dinâmica - Perfil comparativo - Contagem Total.

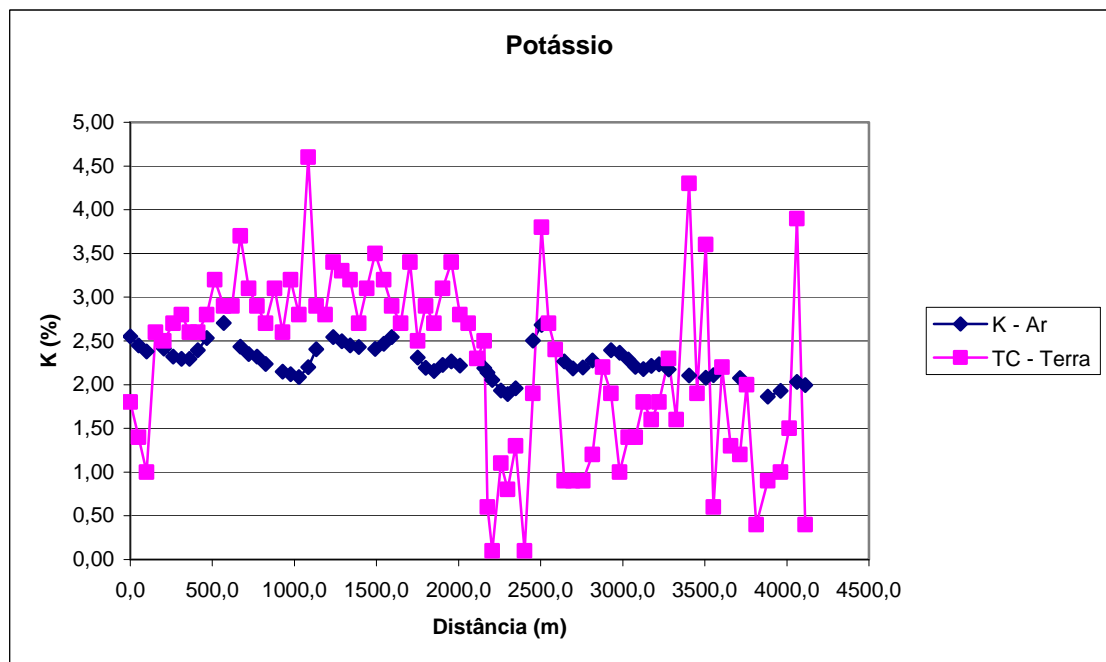


Figura 3 - Calibração dinâmica - Perfil comparativo - Potássio.

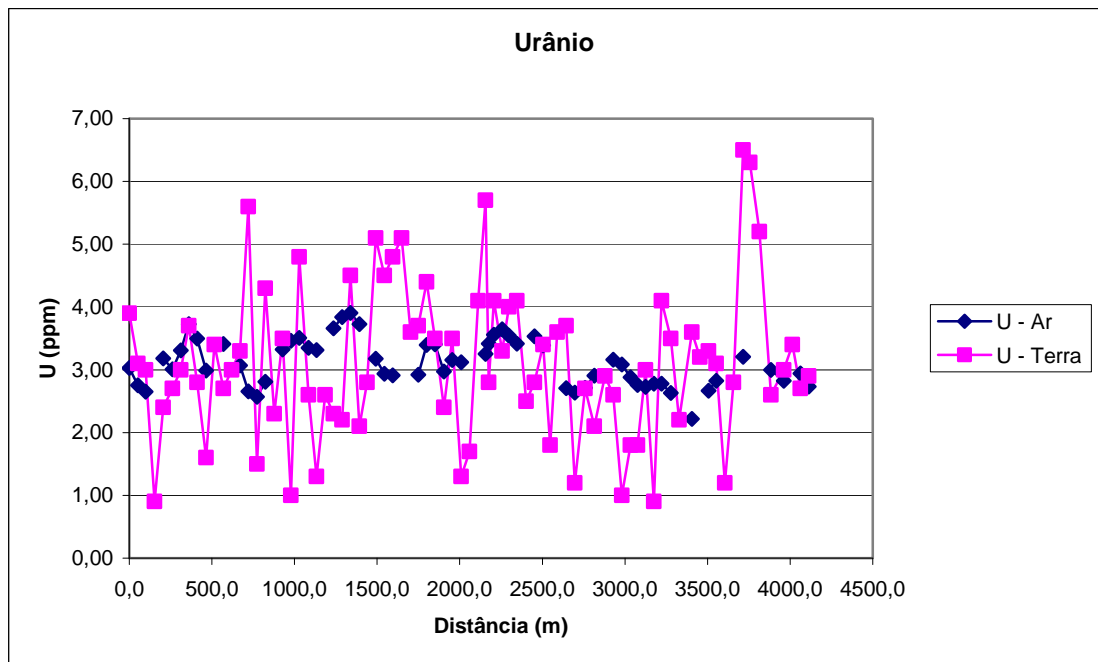


Figura 4 - Calibração dinâmica - Perfil comparativo – Urânio.

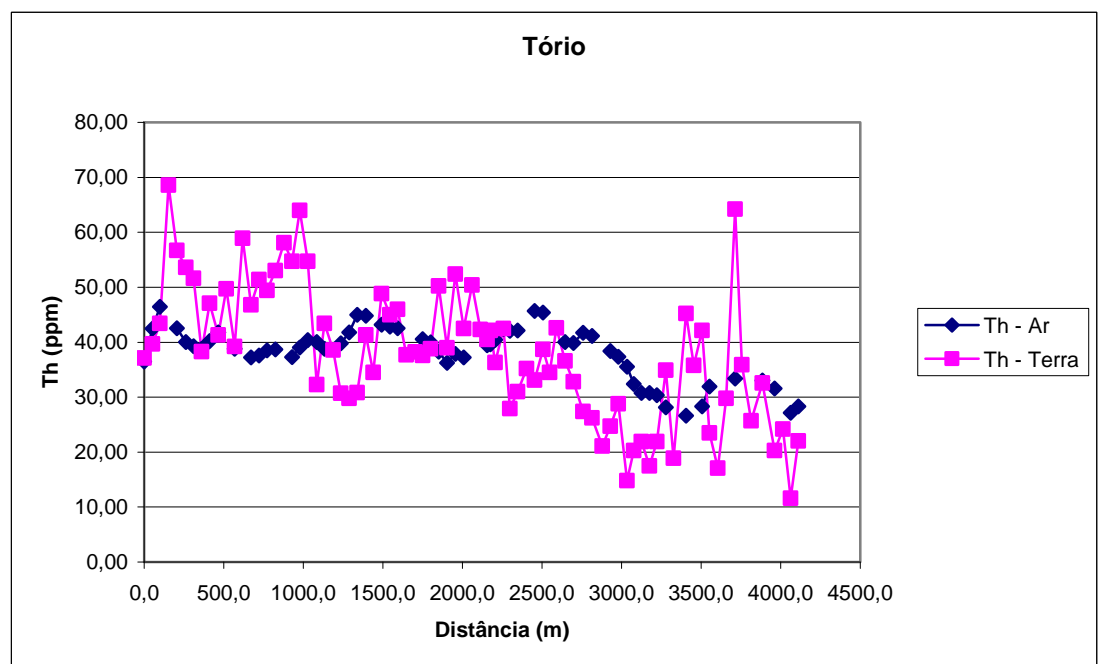


Figura 5 - Calibração dinâmica - Perfil comparativo – Tório.

**TABELA 1 - LISTAGEM DAS LEITURAS DO LEVANTAMENTO TERRESTRE  
PISTA DE CALIBRAÇÃO DINÂMICA - 06/06/2007  
DADOS BRUTOS**

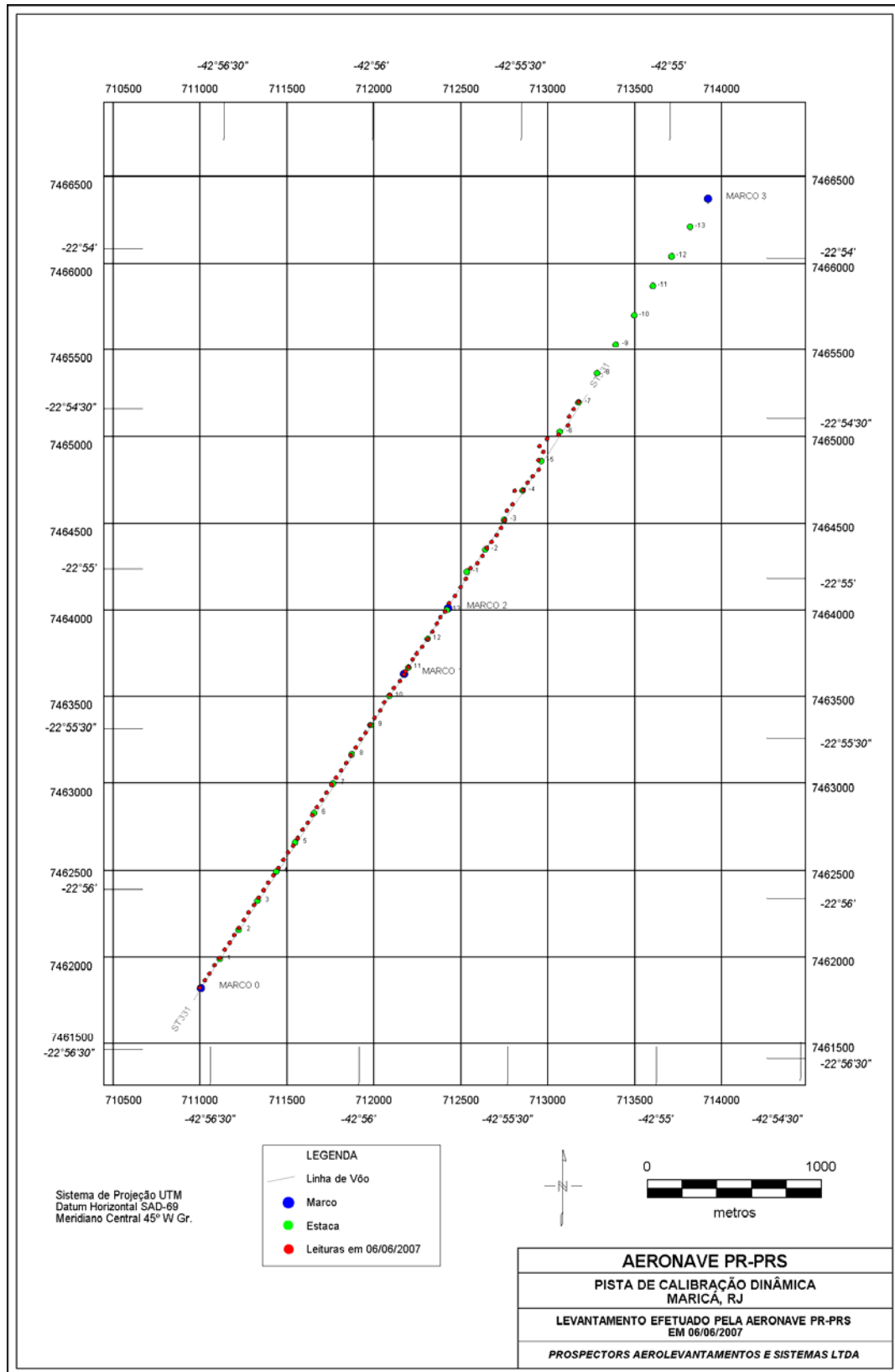
Estação	Estaca	UTM LESTE (m)	UTM NORTE (m)	CT (µR/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)	CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
1	Marco 0	711044,48	7461869,45	24,40	1,80	3,90	37,10	4000,00	676,00	228,00	305,00
2		711073,58	7461912,12	24,40	1,40	3,10	39,70	4001,00	598,00	230,00	326,00
3		711099,78	7461951,75	24,90	1,00	3,00	43,40	4088,00	525,00	246,00	357,00
4		711128,92	7461997,50	38,80	2,60	0,90	68,60	6361,00	984,00	335,00	565,00
5	Estaca 1S	711158,02	7462040,17	34,40	2,50	2,40	56,70	5647,00	925,00	300,00	466,00
6		711187,20	7462088,99	33,90	2,70	2,70	53,60	5563,00	954,00	290,00	441,00
7		711216,25	7462128,59	33,10	2,80	3,00	51,60	5424,00	964,00	284,00	424,00
8		711242,50	7462171,30	26,70	2,60	3,70	38,30	4386,00	844,00	231,00	315,00
9	Estaca 2S	711268,75	7462214,01	30,60	2,60	2,80	47,10	5020,00	878,00	261,00	387,00
10		711297,89	7462259,75	27,60	2,80	1,60	41,30	4524,00	867,00	216,00	340,00
11		711324,14	7462302,46	33,80	3,20	3,40	49,70	5537,00	1027,00	281,00	409,00
12		711356,09	7462345,09	28,80	2,90	2,70	39,20	4716,00	887,00	222,00	322,00
13	Estaca 3S	711382,34	7462387,80	36,60	2,90	3,00	58,90	5997,00	1019,00	319,00	484,00
14		711411,43	7462430,47	34,20	3,70	3,30	46,80	5611,00	1110,00	265,00	384,00
15		711437,68	7462473,18	35,90	3,10	5,60	51,40	5893,00	1054,00	319,00	422,00
16		711466,78	7462515,85	32,10	2,90	1,50	49,40	5272,00	935,00	253,00	407,00
17	Estaca 4S	711495,88	7462558,52	33,80	2,70	4,30	53,00	5542,00	961,00	309,00	436,00
18		711525,02	7462604,26	36,40	3,10	2,30	58,10	5962,00	1041,00	305,00	478,00
19		711551,27	7462646,97	34,20	2,60	3,50	54,70	5605,00	942,00	305,00	450,00
20		711580,33	7462686,57	38,70	3,20	1,00	64,00	6341,00	1090,00	314,00	527,00
21	Estaca 5S	711606,58	7462729,28	36,00	2,80	4,80	54,70	5909,00	1009,00	324,00	450,00
22		711635,76	7462778,10	29,60	4,60	2,60	32,30	4861,00	1199,00	188,00	266,00
23		711664,82	7462817,69	29,30	2,90	1,30	43,40	4808,00	903,00	221,00	357,00
24		711691,11	7462863,48	26,70	2,80	2,60	38,60	4386,00	859,00	218,00	318,00
25	Estaca 6S	711717,36	7462906,19	26,30	3,40	2,30	30,70	4305,00	943,00	176,00	252,00
26		711746,46	7462948,85	25,00	3,30	2,20	29,80	4101,00	905,00	170,00	245,00
27		711772,71	7462991,56	26,30	3,20	4,50	30,80	4309,00	934,00	207,00	252,00
28		711801,86	7463037,31	28,00	2,70	2,10	41,30	4598,00	863,00	223,00	340,00
29	Estaca 7S	711828,07	7463076,94	27,20	3,10	2,80	34,50	4463,00	905,00	201,00	283,00
30		711857,17	7463119,61	34,60	3,50	5,10	48,80	5668,00	1112,00	300,00	401,00
31		711886,27	7463162,28	32,10	3,20	4,50	45,00	5259,00	1018,00	274,00	370,00
32		711912,52	7463204,99	32,30	2,90	4,80	46,00	5297,00	972,00	283,00	378,00
33	Estaca 8S	711941,66	7463250,73	29,00	2,70	5,10	37,70	4750,00	885,00	248,00	309,00
34		711968,00	7463299,59	29,60	3,40	3,60	38,20	4862,00	1004,00	229,00	314,00
35		711997,02	7463336,11	27,20	2,50	3,70	37,60	4465,00	813,00	228,00	308,00
36		712023,27	7463378,82	29,80	2,90	4,40	38,80	4893,00	919,00	243,00	318,00
37	Estaca 9S	712049,52	7463421,53	33,10	2,70	3,50	50,20	5430,00	943,00	285,00	413,00
38		712081,47	7463464,16	28,50	3,10	2,40	39,00	4677,00	924,00	217,00	321,00
39		712104,92	7463509,98	35,40	3,40	3,50	52,40	5806,00	1102,00	294,00	431,00
40		712136,87	7463552,61	28,60	2,80	1,30	42,50	4685,00	869,00	217,00	350,00
41	Estaca 10S	712160,32	7463598,43	31,70	2,70	1,70	50,40	5192,00	920,00	261,00	415,00
42		712195,07	7463637,95	28,40	2,30	4,10	42,30	4660,00	806,00	256,00	347,00
43	Marco 1	712218,39	7463674,54	28,40	2,50	5,70	40,50	4656,00	869,00	269,00	332,00
44	Estaca 11S	712227,20	7463692,88	23,00	0,60	2,80	42,10	3775,00	441,00	237,00	346,00
45		712244,64	7463717,25	19,30	0,10	4,10	36,30	3158,00	301,00	227,00	298,00
46		712268,09	7463763,08	23,80	1,10	3,30	42,50	3896,00	547,00	246,00	349,00
47		712291,37	7463796,60	16,60	0,80	4,00	27,90	2724,00	393,00	186,00	228,00
48	Estaca 12S	712323,23	7463833,07	19,90	1,30	4,10	31,00	3270,00	519,00	203,00	254,00
49		712355,23	7463878,77	17,80	0,10	2,50	35,20	2924,00	286,00	201,00	290,00
50		712381,48	7463921,48	21,60	1,90	2,80	33,10	3547,00	657,00	194,00	272,00
51		712407,78	7463967,27	30,60	3,80	3,40	38,70	5015,00	1099,00	229,00	318,00
52		712428,25	7464003,90	25,10	2,70	1,80	34,50	4117,00	814,00	186,00	283,00

Estação	Estaca	UTM LESTE (m)	UTM NORTE (m)	CT (µR/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)	CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
53	Marco 2	712454,37	7464037,38	28,30	2,40	3,60	42,60	4640,00	832,00	250,00	350,00
54		712477,86	7464086,28	21,10	0,90	3,70	36,60	3060,00	467,00	223,00	301,00
55		712512,62	7464125,79	17,50	0,90	1,20	32,80	2876,00	420,00	171,00	270,00
56		712544,71	7464177,65	17,10	0,90	2,70	27,40	2801,00	397,00	166,00	225,00
57	Estaca 1N	712573,90	7464226,47	16,50	1,20	2,10	26,20	2707,00	442,00	152,00	215,00
58		712600,37	7464284,56	18,50	2,20	2,90	21,10	3041,00	648,00	140,00	173,00
59		712640,70	7464314,76	19,00	1,90	2,60	24,70	3124,00	602,00	152,00	203,00
60		712669,81	7464357,43	16,90	1,00	1,00	28,80	2764,00	405,00	149,00	237,00
61	Estaca 2N	712696,11	7464403,21	12,30	1,40	1,80	14,80	2022,00	409,00	94,00	121,00
62		712722,23	7464436,69	15,30	1,40	1,80	20,30	2511,00	445,00	120,00	167,00
63		712751,29	7464476,28	17,90	1,80	3,00	21,90	2937,00	566,00	144,00	179,00
64		712777,55	7464518,99	14,40	1,60	0,90	17,50	2354,00	467,00	94,00	144,00
65	Estaca 3N	712795,26	7464561,82	18,20	1,80	4,10	21,90	2980,00	583,00	160,00	180,00
66		712810,29	7464616,99	24,70	2,30	3,50	34,90	4047,00	762,00	212,00	286,00
67		712842,15	7464653,47	15,30	1,60	2,20	18,90	2501,00	495,00	120,00	155,00
68		712854,64	7464730,22	34,20	4,30	3,60	45,20	5602,00	1251,00	263,00	372,00
69	Estaca 4N	712903,13	7464732,61	24,50	1,90	3,20	35,80	4013,00	680,00	212,00	294,00
70		712929,43	7464778,39	32,50	3,60	3,30	42,10	5337,00	1077,00	243,00	346,00
71		712958,45	7464814,91	14,20	0,60	3,10	23,50	2336,00	311,00	153,00	193,00
72		712993,21	7464854,42	14,90	2,20	1,20	17,10	2447,00	578,00	97,00	141,00
73	Estaca 5N	712991,10	7464906,76	19,00	1,30	2,80	29,80	3109,00	496,00	179,00	244,00
74		713020,30	7464955,58	35,40	1,20	6,50	64,20	5801,00	744,00	391,00	527,00
75		712997,97	7464989,74	25,60	2,00	6,30	35,90	4190,00	747,00	256,00	180,00
76		713041,29	7465029,13	15,80	0,40	5,20	25,70	2595,00	319,00	195,00	211,00
77	Estaca 6N	713107,18	7465052,81	18,80	0,90	2,60	32,60	3075,00	425,00	190,00	268,00
78		713162,12	7465107,42	14,50	1,00	3,00	20,30	2371,00	382,00	137,00	167,00
79		713168,55	7465159,64	17,10	1,50	3,40	24,20	2809,00	510,00	160,00	198,00
80		713194,77	7465199,27	19,60	3,90	2,70	11,60	3216,00	930,00	92,00	95,00
81	Estaca 7N	713221,03	7465241,98	13,70	0,40	2,90	22,00	2240,00	267,00	144,00	181,00
82	*	723081,19	7461372,95	0,30	-0,10	-0,30	0,10	55,00	-21,00	-3,00	1,00
83	*	723086,89	7461372,87	0,30	-0,10	-0,50	0,60	50,00	-24,00	-5,00	5,00
84	*	723092,63	7461375,86	0,40	-0,10	-0,10	0,40	58,00	-15,00	1,00	3,00
85	*	723095,39	7461369,67	0,20	-0,10	-0,60	0,40	34,00	-23,00	-6,00	4,00
86	*	723103,99	7461372,62	0,40	0,00	-0,70	-0,10	63,00	-19,00	-1,00	-1,00
87	*	723112,53	7461372,49	0,20	-0,10	-0,30	0,10	32,00	-19,00	-3,00	1,00
88	*	723121,17	7461378,52	0,30	-0,10	-0,20	0,10	52,00	-20,00	-2,00	1,00
89	*	723135,65	7461393,69	0,30	0,00	-0,40	0,40	44,00	-12,00	-4,00	3,00

\* *Background* na Lagoa de Maricá

cpm = Contagem por minuto;

ppm = Parte por milhão.



Mapa 1 - Mapa de Localização das Estações Terrestres Sobre a Pista de Calibração Dinâmica.

**ANEXO I – RESUMO DO PROCESSO DE CALIBRAÇÃO DO  
GAMAESPECTRÔMETRO**

**ANEXO I-f**

**ATENUAÇÃO ATMOSFÉRICA - RESULTADOS DOS TESTES**

**PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO**

**PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB)**

**PROJETO AEROGEOFÍSICO COMPLEMENTO DA RENCA**

**CPRM CONTRATO Nº 027/PR/07**

**ANEXO I-f**

**RESUMO DO RESULTADO DOS TESTES DE CALIBRAÇÃO DINÂMICA  
ATENUAÇÃO ATMOSFÉRICA**

**AERONAVE PIPER NAVAJO CHIEFTAIN PA31-350**

**PR-PRS**

**RIO DE JANEIRO-RJ**

**06 DE JUNHO DE 2007**



## SUMÁRIO

1 - Cálculo das constantes de atenuação atmosférica para a aeronave PR-PRS

### Índice do Quadro, Tabelas e Figuras

Quadro 1 - Coeficientes de Atenuação Atmosférica

Tabela 1 – Cálculo dos Coeficientes de Atenuação Atmosférica

- a) Médias Terra, Água e Terra-Água
- b) Médias em cps
- c) Médias em Logaritmo

Figura 1 – Coeficientes de Atenuação

- a) Contagem Total
- b) Potássio
- c) Urânio
- d) Tório

## 1 -Cálculo das Constantes de Atenuação Atmosférica para a Aeronave PR-PRS

Durante os vôos sobre a pista de calibração dinâmica (*dynamic calibration range - DCR*) realizados em 06/06/2007 nas proximidades de Maricá (RJ), objetivando a determinação dos coeficientes de sensibilidade para converter os dados aerogamaespectrométricos, medidos em contagens por segundo (cps), para concentração de elementos (%K, ppm para eU e eTh e  $\mu$ R/h para o canal de contagem total), também são realizados vôos em diversas alturas (de 200 a 800 pés com intervalo de 100 pés) sobre a mencionada pista de calibração objetivando a correção altimétrica dos dados radiométricos através da determinação dos coeficientes de atenuação atmosférica ( $\mu$ ) dos radioelementos Potássio, Urânio e Tório, bem como para o canal de contagem total.

A correção altimétrica tem por objetivo referenciar os valores radiométricos à altura nominal do aerolevante (100m), eliminando falsas anomalias ocasionadas por elevações no terreno.

A atenuação das radiações gama em relação ao afastamento da fonte pode ser expressa matematicamente, de forma aproximada pela fórmula (IAEA, 1991):

$$N_H = N_0 \cdot e^{-\mu H} \quad (1), \text{ onde:}$$

$N_H$  é a radiação à distância H da fonte,

$N_0$  é a radiação na superfície do terreno ( $H=0$ ),

$\mu$  é o coeficiente de atenuação atmosférica.

Extraindo-se o logaritmo neperiano na relação acima, tem-se:

$$\ln(N_H) = -\mu H + \ln(N_0)$$

que é a equação de uma reta de coeficiente angular  $-\mu$  e coeficiente linear  $\ln(N_0)$ . Na determinação dos coeficientes de atenuação atmosférica ( $\mu$ ) para cada um dos canais radiométricos, são efetuadas regressões lineares dos logaritmos neperianos dos valores radiométricos  $\ln(N_H)$  em relação às alturas de vôo (de 200, 330, 400, 500, 600, 700 e 800 pés) sobre a "pista de calibração dinâmica" (*dynamic calibration range - DCR*) situada no distrito de Inoã, Município de Maricá (RJ).

A aplicação da correção altimétrica é feita conforme mostrado a seguir:

Fazendo na equação (1)  $H = H_{100} = 100$  m (altura nominal do levantamento) tem-se:

$$N_{100} = N_0 \cdot e^{-\mu H_{100}} \quad (2)$$

Dividindo-se (2) por (1), obtêm-se:

$$N_{100} = N_H \cdot e^{-\mu(H-H)_{100}} \quad (3)$$

onde:

$N_{100}$  é a taxa de contagem normalizada para a altura do levantamento (100m) para um determinado canal;

$N_H$  é a taxa de contagem corrigida dos *backgrounds* da aeronave, cósmico e do radônio, bem como do efeito do espalhamento *Compton*;

$\mu$  é o coeficiente de atenuação atmosférica para determinado canal;

$H_{100}$  é a altura nominal do vôo (100m);

H é a altura medida.

Os valores das médias obtidas são apresentados na Tabela 1a.

<b>MÉDIAS SOBRE A TERRA*</b>				
<b>ALTURA (pés)</b>	<b>CT (cps)</b>	<b>K (cps)</b>	<b>U (cps)</b>	<b>Th (cps)</b>
200	4161,77	372,67	111,45	200,46
330	3322,89	289,80	92,39	156,33
331	3330,34	288,54	91,15	153,74
332	3370,02	292,16	93,36	158,16
400	2918,36	248,65	83,57	134,39
500	2518,10	207,88	72,49	114,07
600	2220,04	186,81	69,50	100,50
700	1916,86	155,99	62,35	85,46
800	1683,75	135,48	53,70	69,85
<b>MÉDIAS SOBRE A ÁGUA*</b>				
<b>ALTURA (pés)</b>	<b>CT (cps)</b>	<b>K (cps)</b>	<b>U (cps)</b>	<b>Th (cps)</b>
200	364,91	34,57	16,81	8,78
330	374,78	33,24	18,99	6,63
331	377,74	35,39	17,91	8,09
332	378,34	35,41	18,55	7,17
400	378,66	33,62	19,89	7,73
500	378,13	34,91	19,13	7,42
600	376,14	33,44	19,53	7,81
700	363,29	32,49	17,97	6,89
800	368,00	30,98	18,07	7,34
<b>MÉDIAS TERRA-ÁGUA*</b>				
<b>ALTURA (pés)</b>	<b>CT (cps)</b>	<b>K (cps)</b>	<b>U (cps)</b>	<b>Th (cps)</b>
200	3796,86	338,10	94,64	191,68
330	2948,11	256,56	73,40	149,70
331	2952,60	253,15	73,24	145,65
332	2991,68	256,75	74,81	150,99
400	2539,70	215,03	63,68	126,66
500	2139,97	172,97	53,36	106,65
600	1843,90	153,37	49,97	92,69
700	1553,57	123,50	44,38	78,57
800	1315,75	104,50	35,63	62,51

*\*valores corrigidos do tempo morto*

Tabela 1a – Médias Terra, Água e Terra-Água.

A Tabela 1b apresenta os valores radiométricos nas diferentes altitudes, com as seguintes correções aplicadas:

- Tempo morto
- Background
- Espalhamento *Compton*.

LINHA	Altura Efetiva (m)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
200	57,36	3793,63	214,69	39,76	190,20
330	90,19	2947,42	158,08	28,87	148,00
331	89,83	2953,32	157,05	29,24	144,63
332	87,49	2994,84	157,58	30,27	149,18
400	110,74	2539,82	129,53	24,57	125,57
500	135,82	2139,86	101,14	18,83	105,70
600	158,73	1846,89	86,51	19,39	91,99
700	185,70	1550,58	64,70	16,90	77,56
800	210,72	1310,82	58,30	13,30	61,41

Tabela 1b – Cálculo dos Coeficientes de Atenuação Atmosférica.

A Tabela 1c apresenta o logaritmo neperiano dos valores da Tabela 1b.

LINHA	Altura Efetiva (m)	ln CT (cps)	ln K (cps)	ln U (cps)	ln Th (cps)
200	57,36	8,24	5,37	3,68	5,25
330	90,19	7,99	5,06	3,36	5,00
331	89,83	7,99	5,06	3,38	4,97
332	87,49	8,00	5,06	3,41	5,01
400	110,74	7,84	4,86	3,20	4,83
500	135,82	7,67	4,62	2,94	4,66
600	158,73	7,52	4,46	2,96	4,52
700	185,70	7,35	4,17	2,83	4,35
800	210,72	7,18	4,07	2,59	4,12

Tabela 1c – Cálculo dos Coeficientes de Atenuação Atmosférica.

Os valores de  $\mu$  obtidos são correspondentes aos coeficientes angulares das equações das retas obtidas pelos gráficos das Figuras 1a, 1b, 1c e 1d, conforme mostra o quadro a seguir:

Canal Radiométrico	$\mu$ em $m^{-1}$
Contagem Total	-0,0068
Potássio	-0,0087
Urânio	-0,0066
Tório	-0,0071

Quadro 1 – Coeficientes de Atenuação Atmosférica.

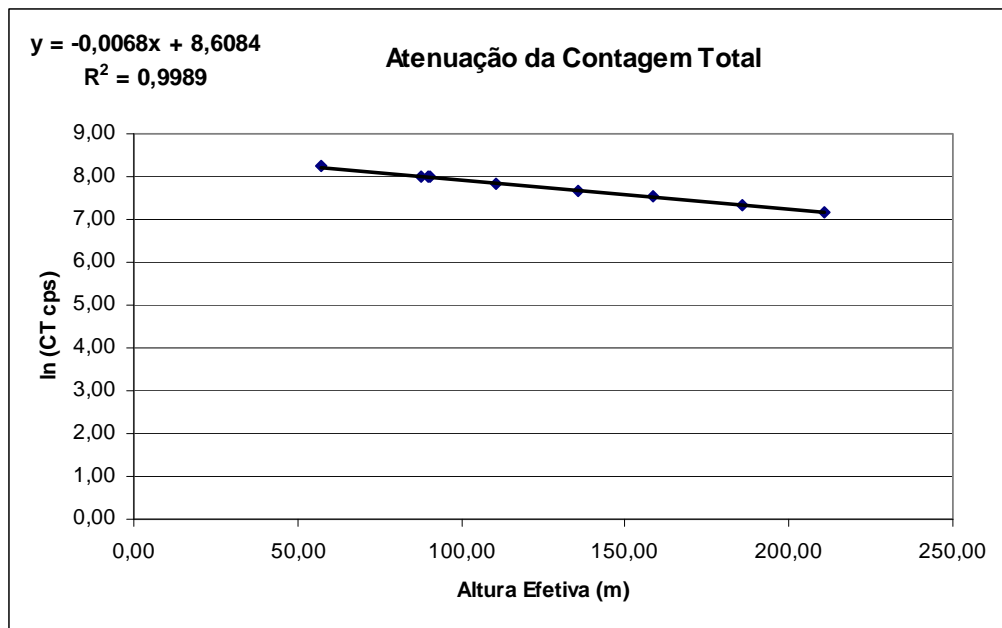


Figura 1a - Coeficiente de Atenuação - Contagem Total.

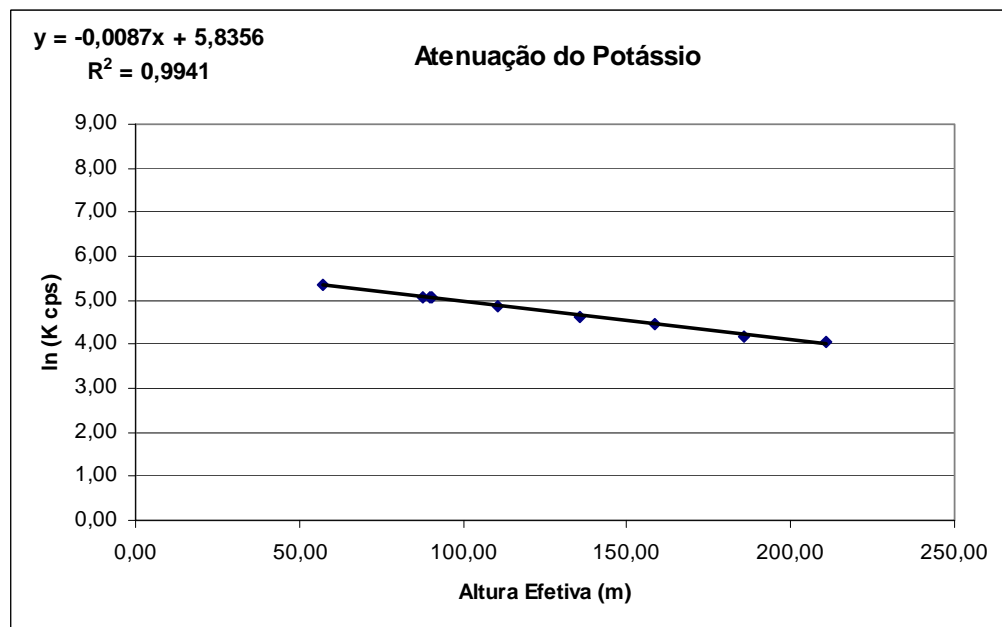


Figura 1b - Coeficiente de Atenuação – Potássio.

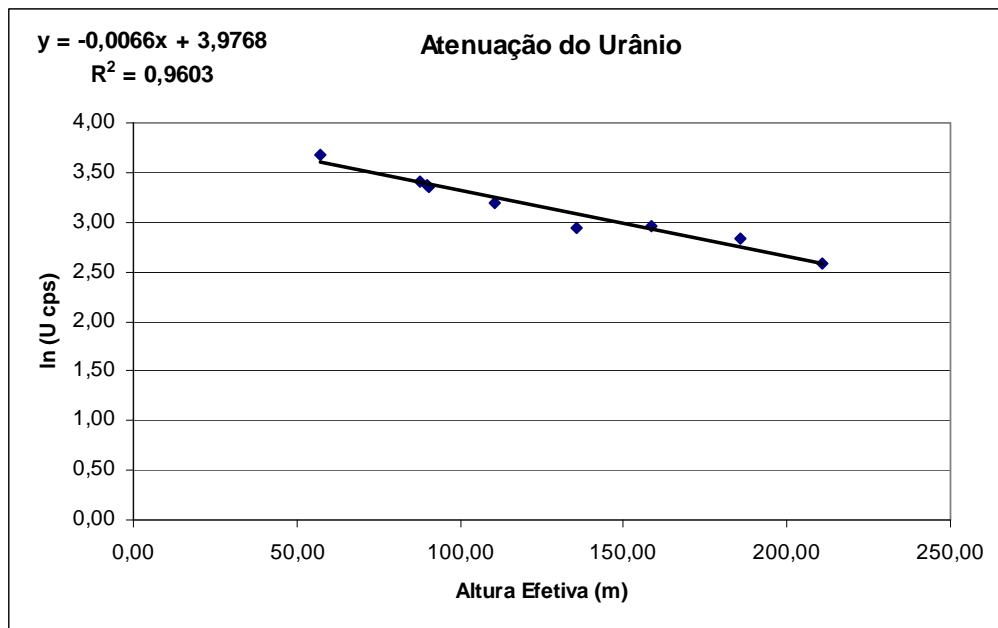


Figura 1c - Coeficiente de Atenuação – Urânio.

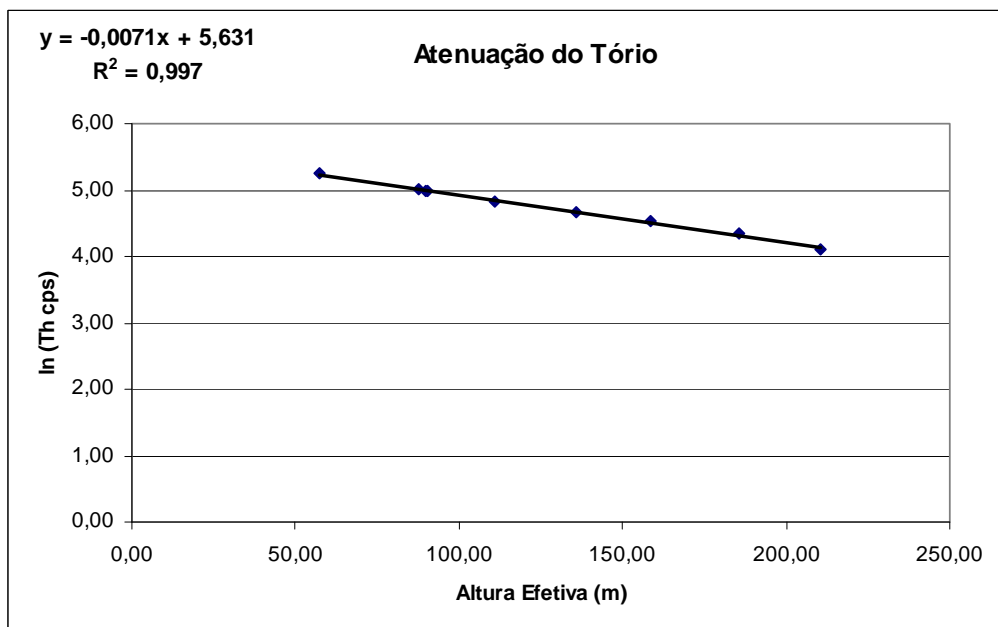


Figura 1d - Coeficiente de Atenuação – Tório.

## **ANEXO II – TESTES CONTRATUAIS**

### **Anexo II-a – Teste de Altimetros**

**Anexo II-a – Teste de Altimetros**

**PR-PRS**



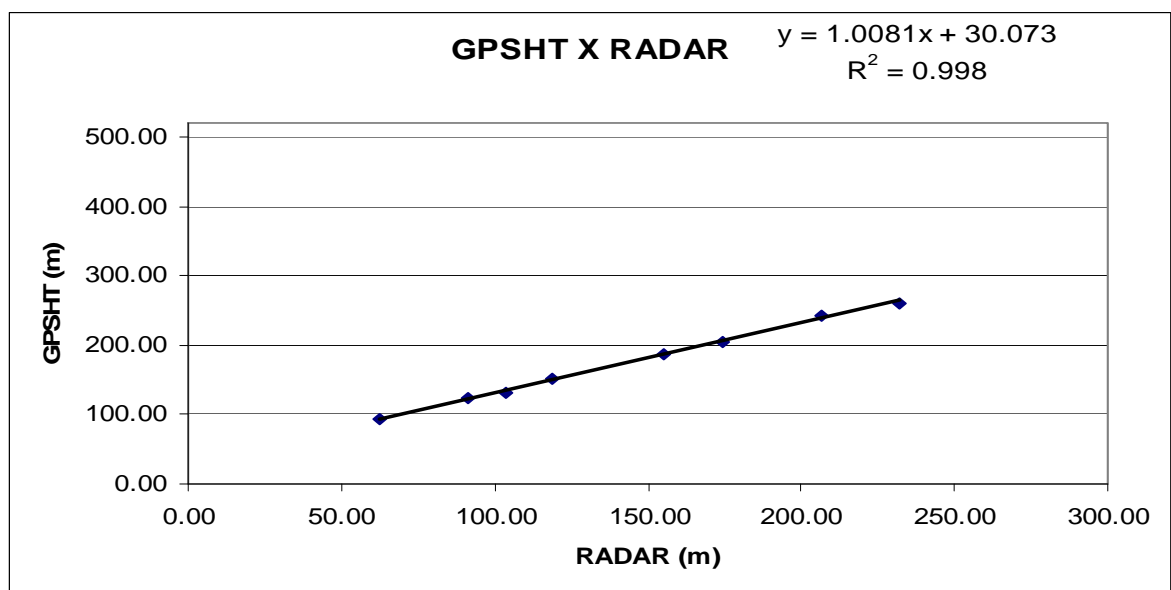
Projeto	AGFW32-2007
Aeronave	PR-PRS
Base	Macapá - AP
Data	17/09/2007
No. Voo	607

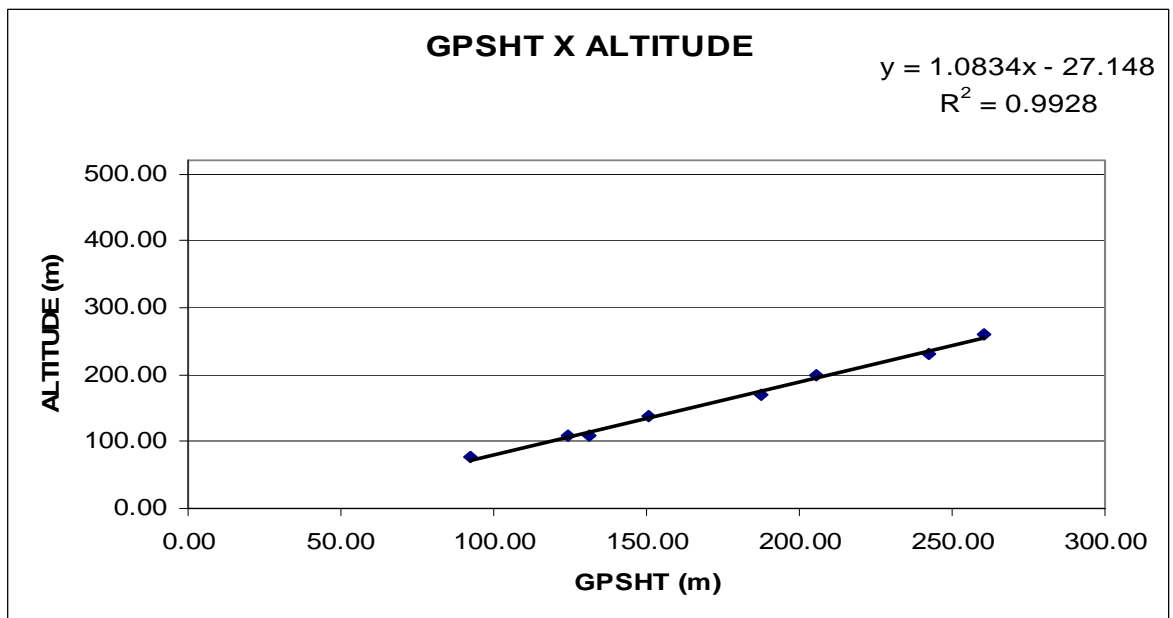
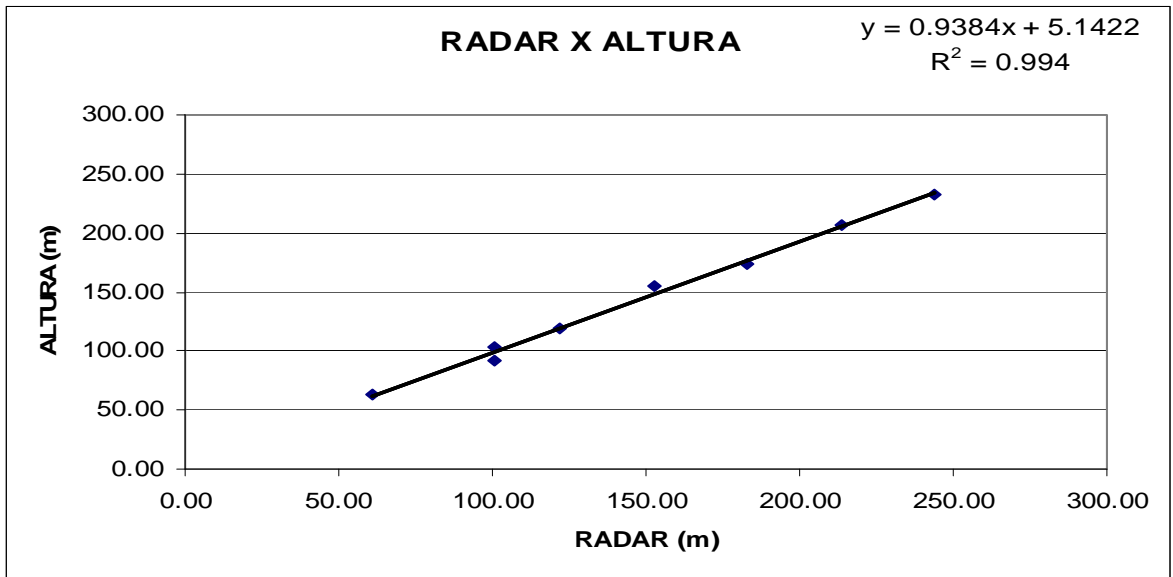
Altitude da pista: 17m

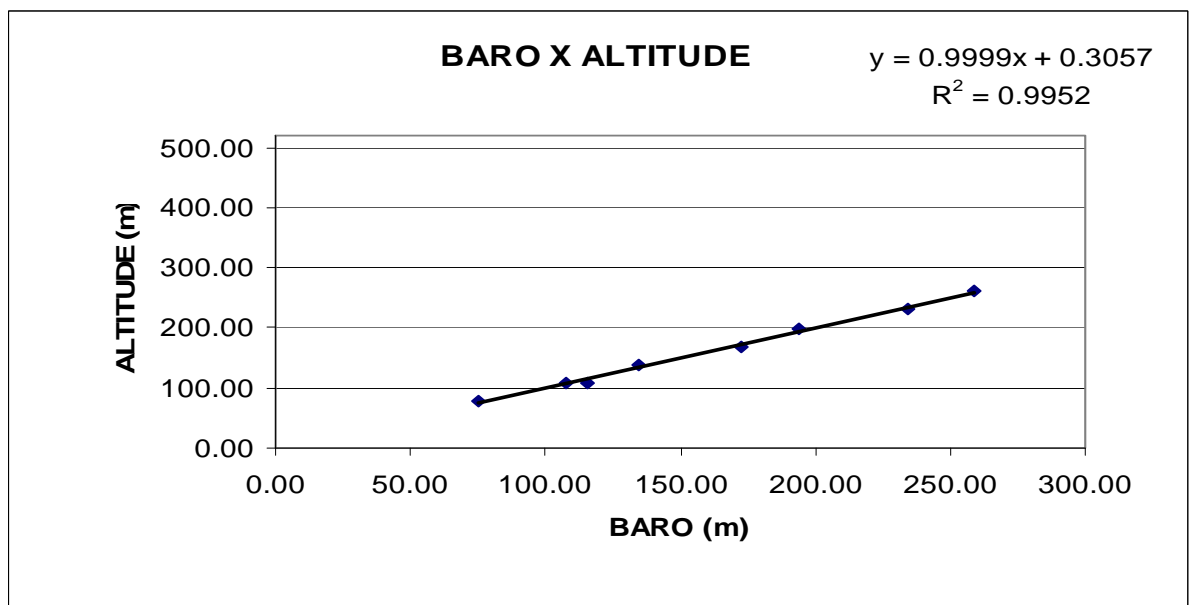
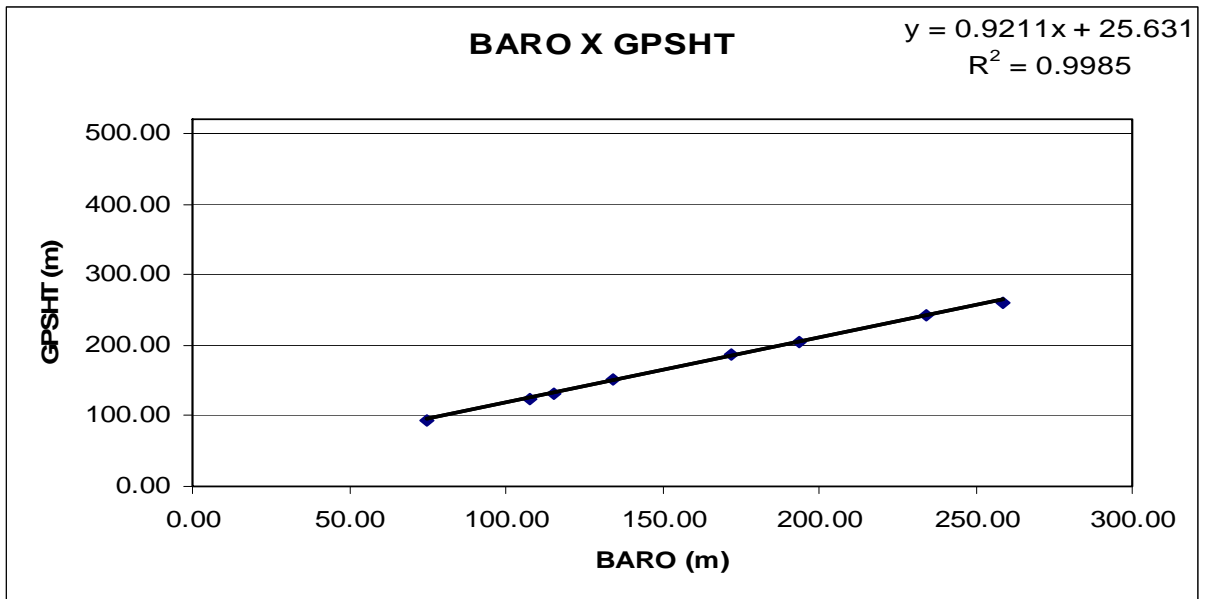
Altura: Altura Teórica

Altitude: Altitude teórica corrigida com a pista

Linha	ALTURA (m)	ALTITUDE (m)	GPSHT (m)	RADAR ALTÍMETRO (m)	BARÔMETRO (m)
200	60.96	77.96	92.36	62.77	75.07
300	100.58	108.44	131.49	103.75	115.51
300	100.58	108.44	124.54	91.56	107.74
400	121.92	138.92	150.93	119	134.41
500	152.4	169.4	187.71	155.26	172.34
600	182.88	199.88	205.27	174.04	193.93
700	213.36	230.36	242.51	206.7	234.12
800	243.84	260.84	260.28	232.09	258.86







## **ANEXO II – TESTES CONTRATUAIS**

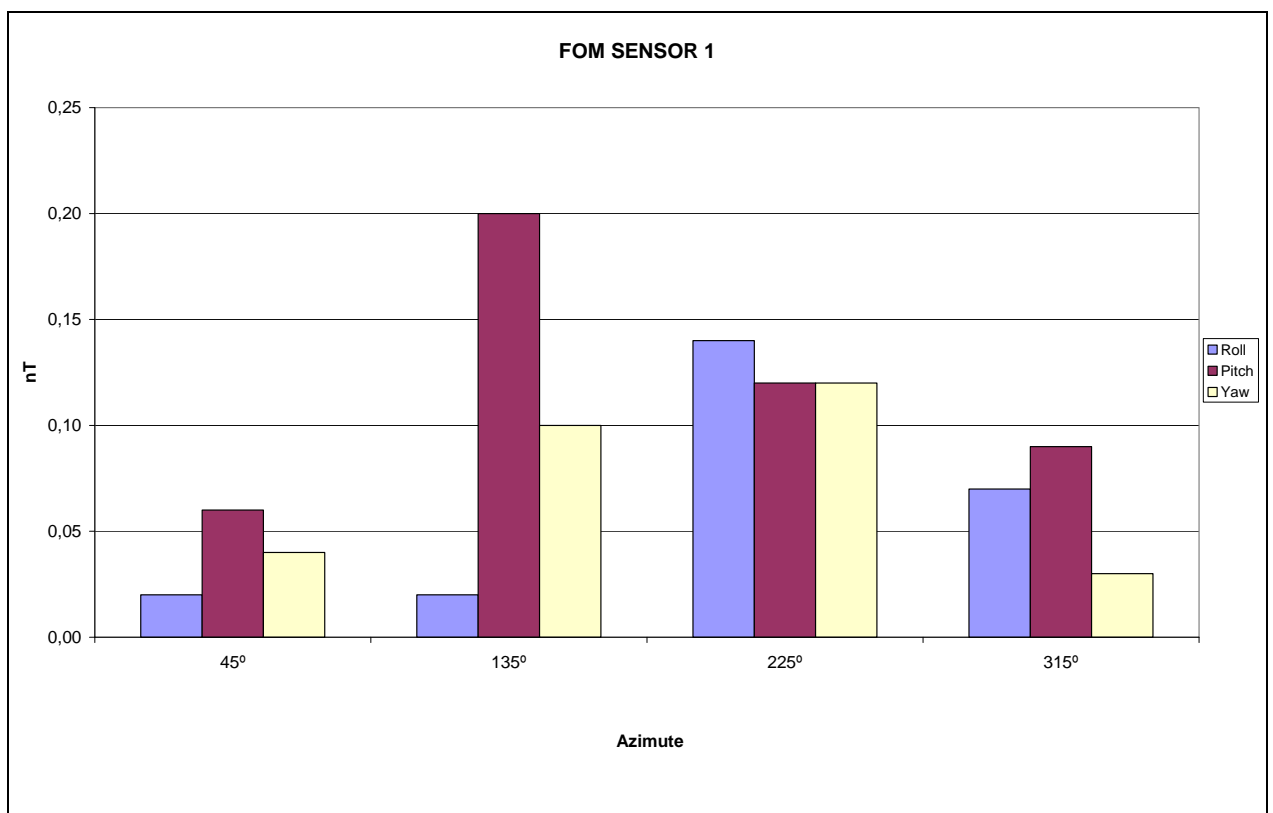
### **Anexo II-b – Compensação Magnética**

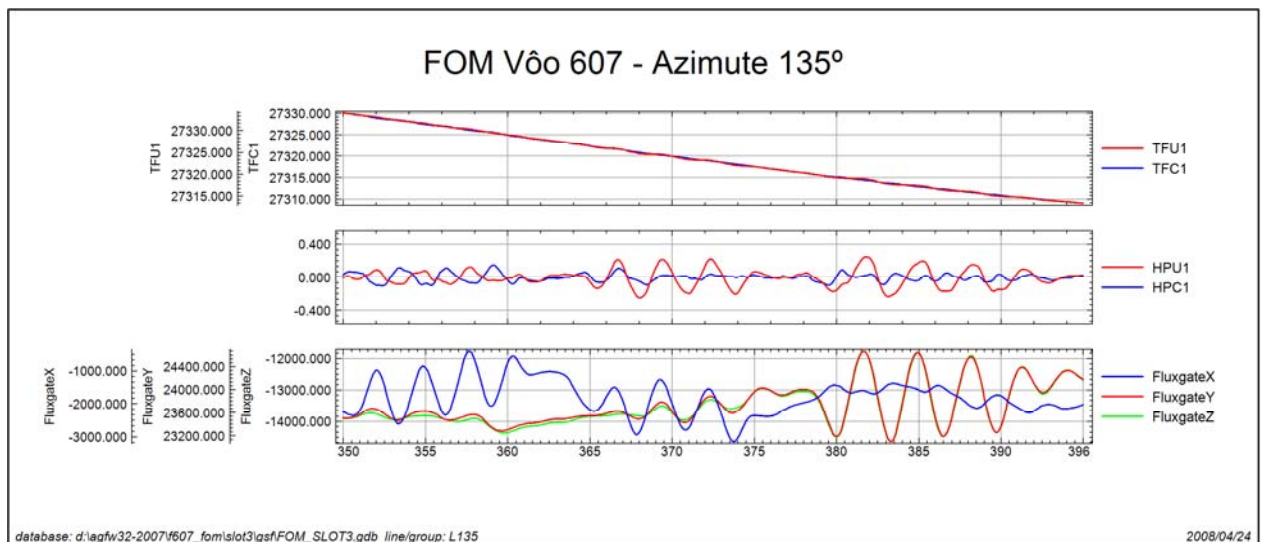
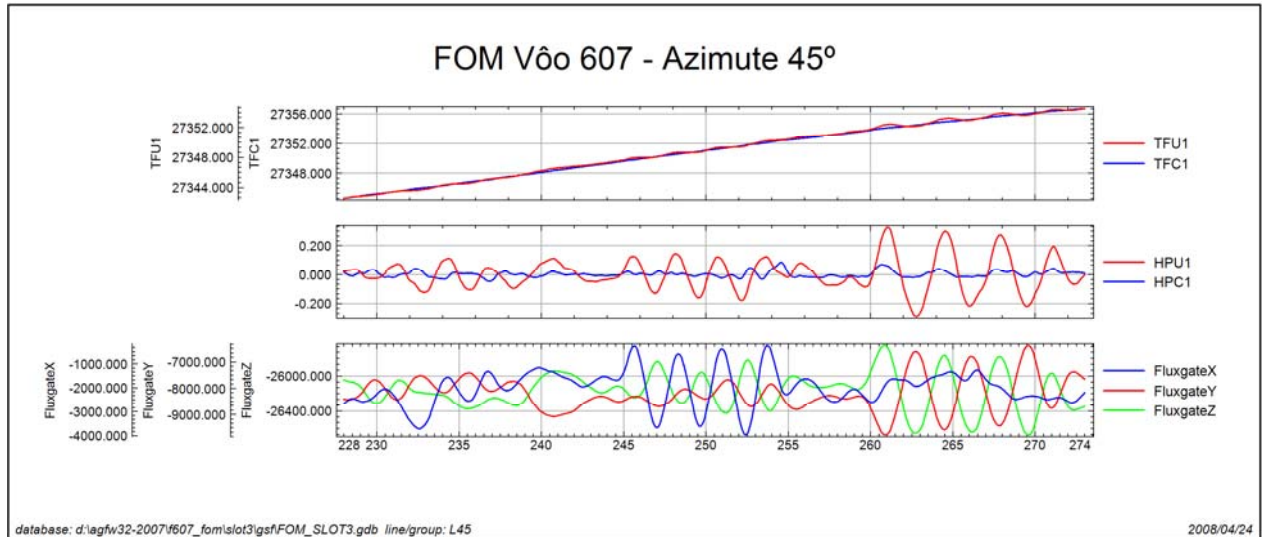
## **Anexo II-b – Compensação Magnética**

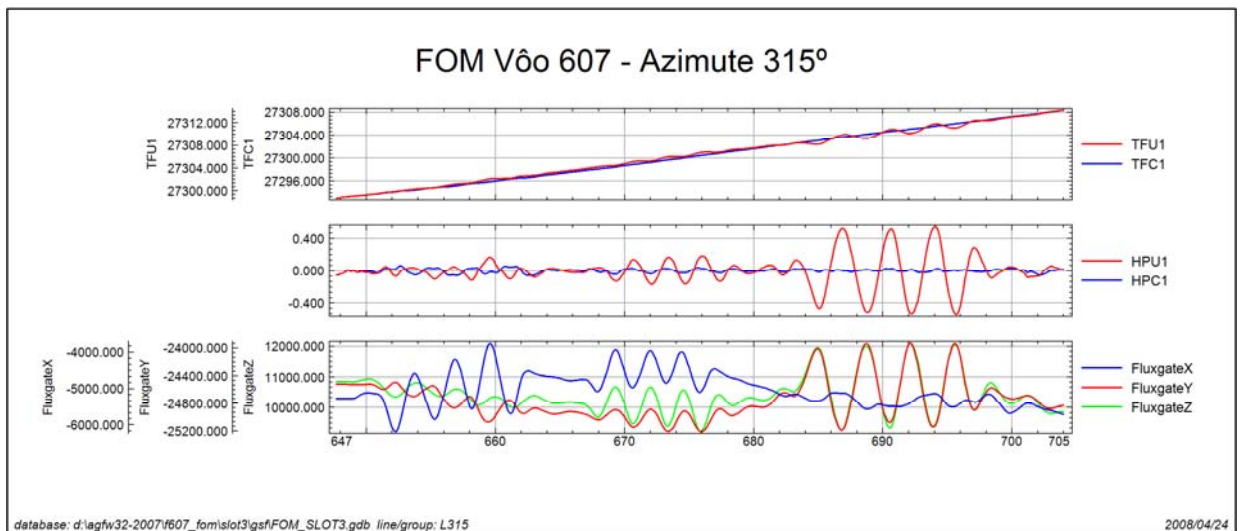
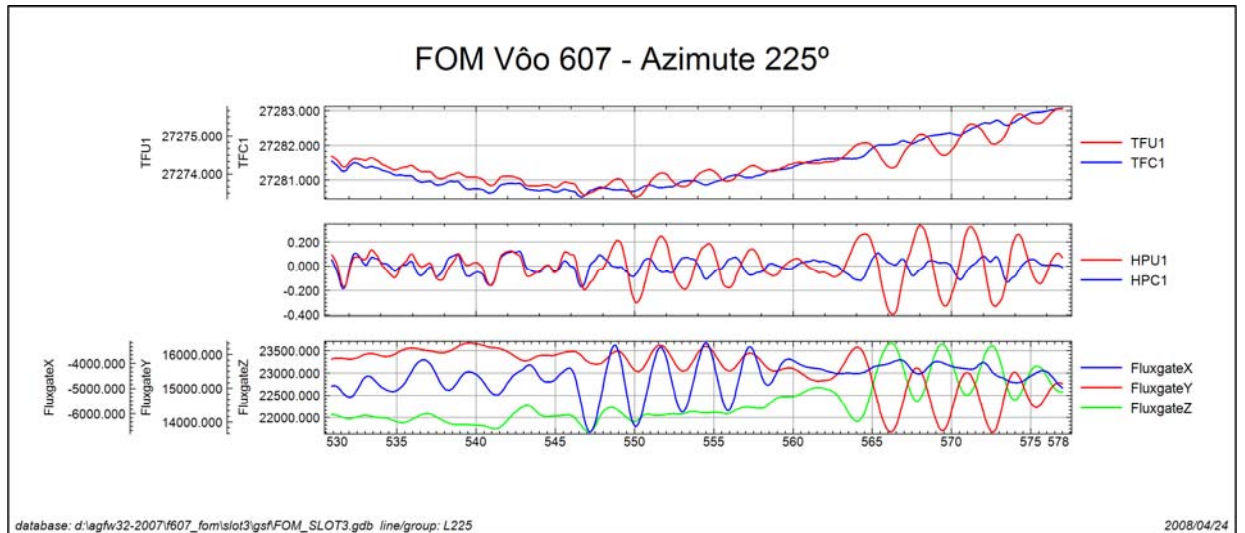
**PR-PRS**

Project Number	AGFW32-2007
Base	Macapá - AP
Aeronave	PR-PRS
Data	17/9/2007
Nº Vôo	607

SENSOR 1					
No. da Linha	Azimute	ROLL (nT)	PITCH (nT)	YAW (nT)	FOM (nT)
45	45°	0,02	0,06	0,04	0,12
135	135°	0,02	0,20	0,10	0,32
225	225°	0,14	0,12	0,12	0,38
315	315°	0,07	0,09	0,03	0,19
<b>TOTAL</b>					<b>1,01</b>





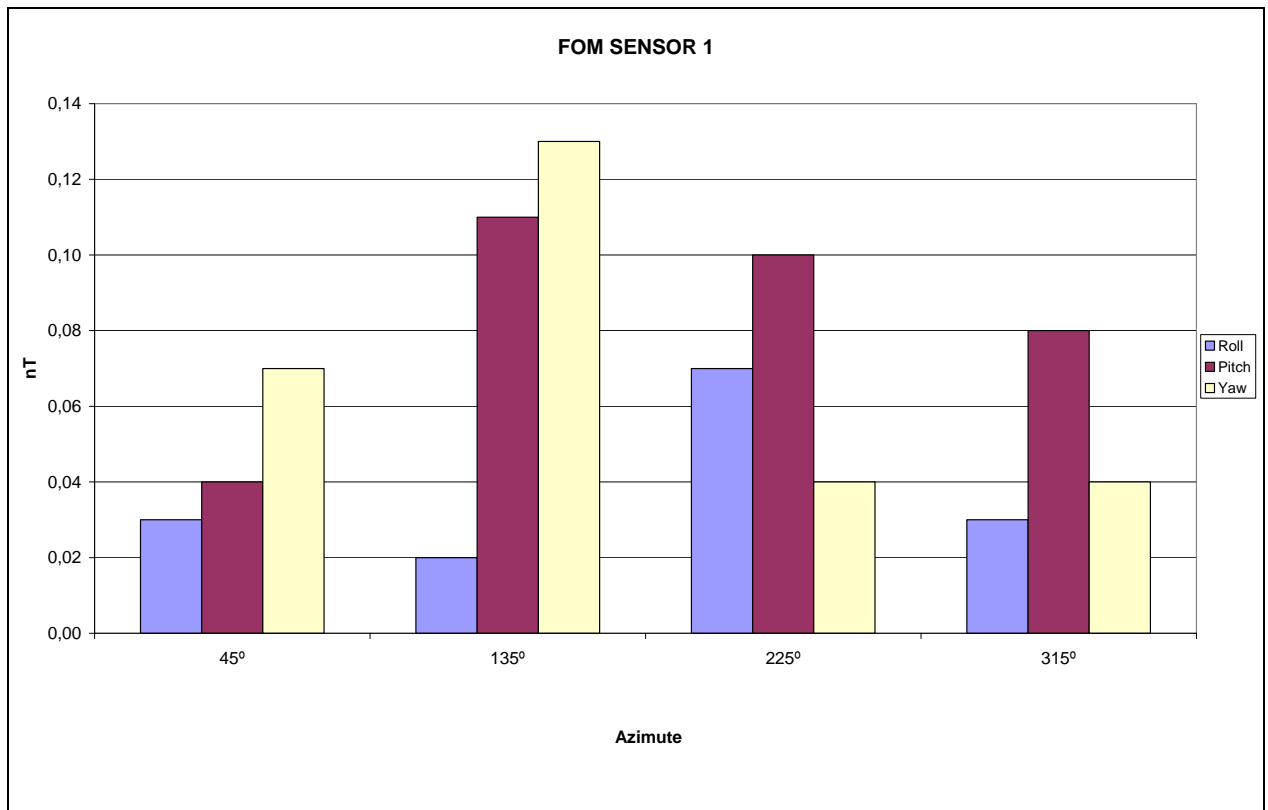


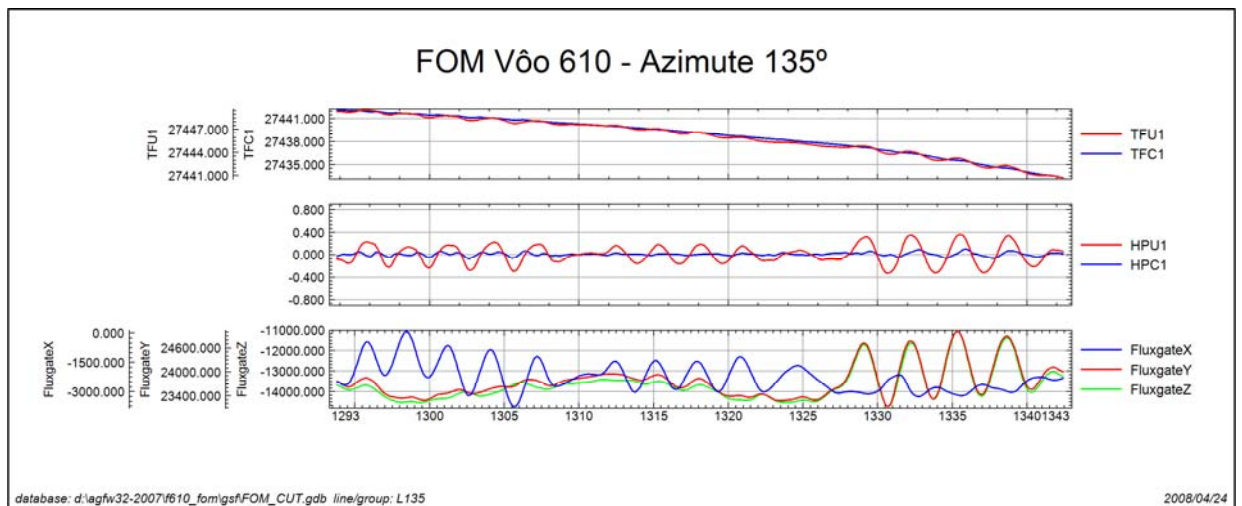
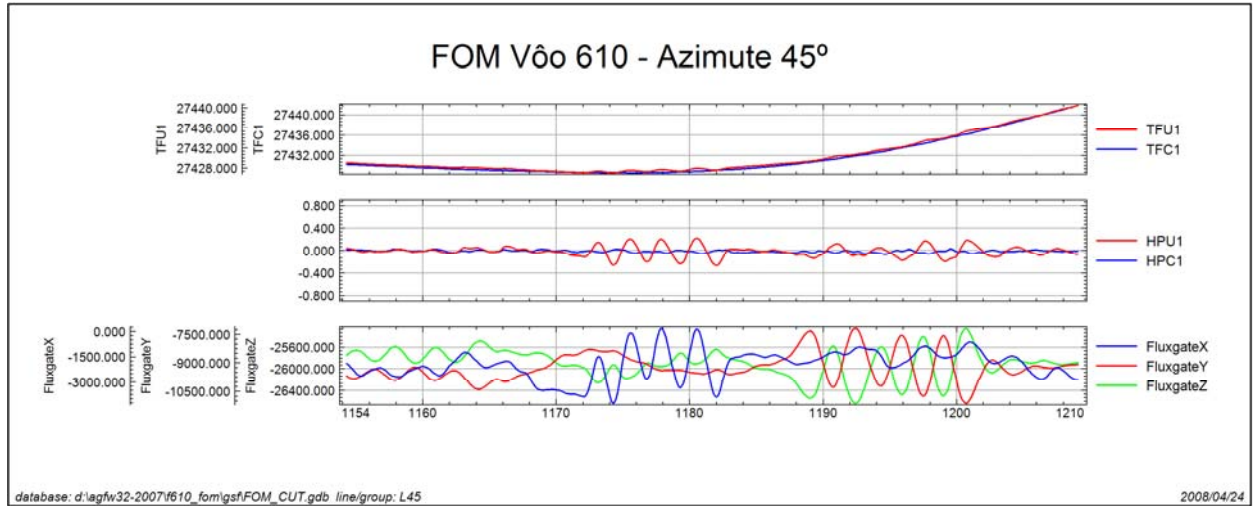
- TFIU – Campo Magnético Total não compensado
- TFCI – Campo Magnético Total compensado
- HPU1 – Filtro passa-alta (2s) sobre o Campo Magnético Total não compensado
- HPC1 – Filtro passa-alta (2s) sobre o Campo Magnético Total compensado
- FluxgateX – Componente X da Fluxgate
- FluxgateY – Componente Y da Fluxgate
- FluxgateZ – Componente Z da Fluxgate

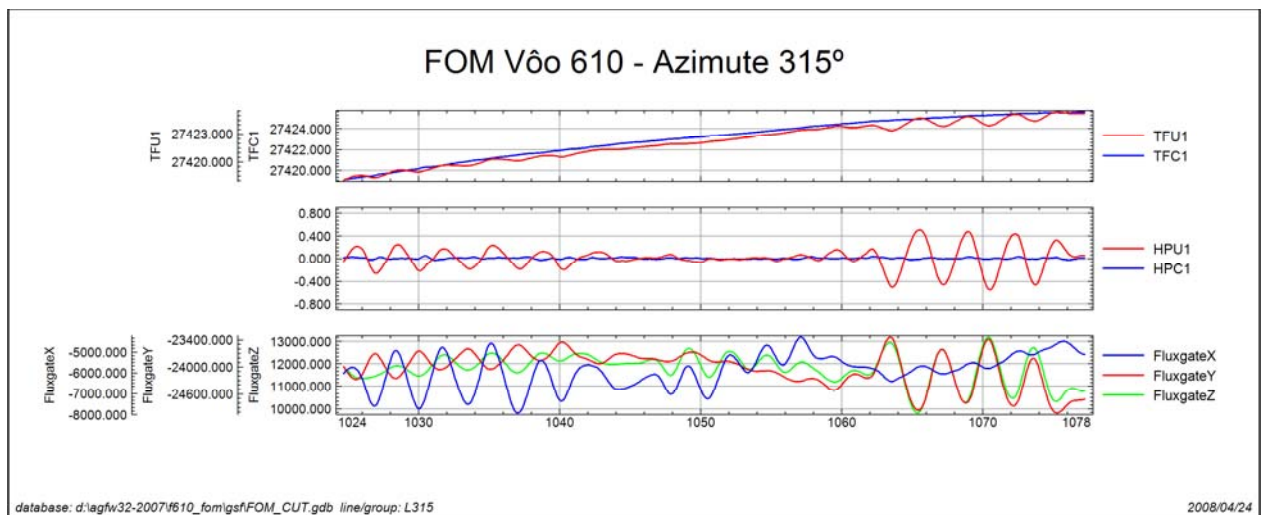
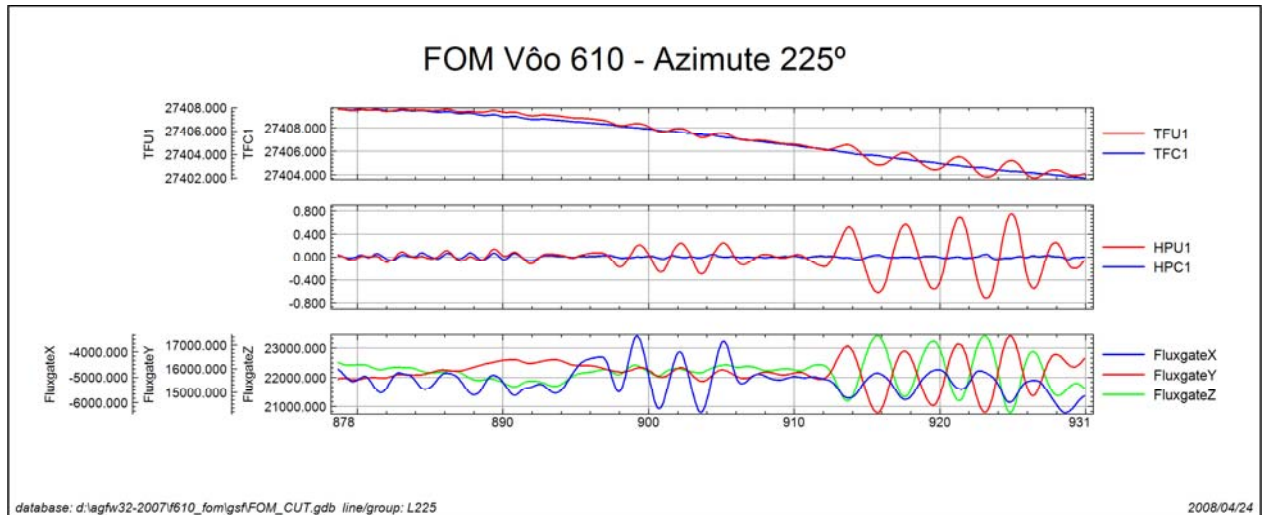


Project Number	AGFW32-2007
Base	Macapá - AP
Aeronave	PR-PRS
Data	18/9/2007
Nº Vôo	610

<b>SENSOR 1</b>					
No. da Linha	Azimute	ROLL (nT)	PITCH (nT)	YAW (nT)	FOM (nT)
45	45°	0,03	0,04	0,07	0,14
135	135°	0,02	0,11	0,13	0,26
225	225°	0,07	0,10	0,04	0,21
315	315°	0,03	0,08	0,04	0,15
<b>TOTAL</b>					<b>0,76</b>







TFIU – Campo Magnético Total não compensado  
 TFCI – Campo Magnético Total compensado  
 HPU1 – Filtro passa-alta (2s) sobre o Campo Magnético Total não compensado  
 HPC1 – Filtro passa-alta (2s) sobre o Campo Magnético Total compensado  
 FluxgateX – Componente X da Fluxgate  
 FluxgateY – Componente Y da Fluxgate  
 FluxgateZ – Componente Z da Fluxgate

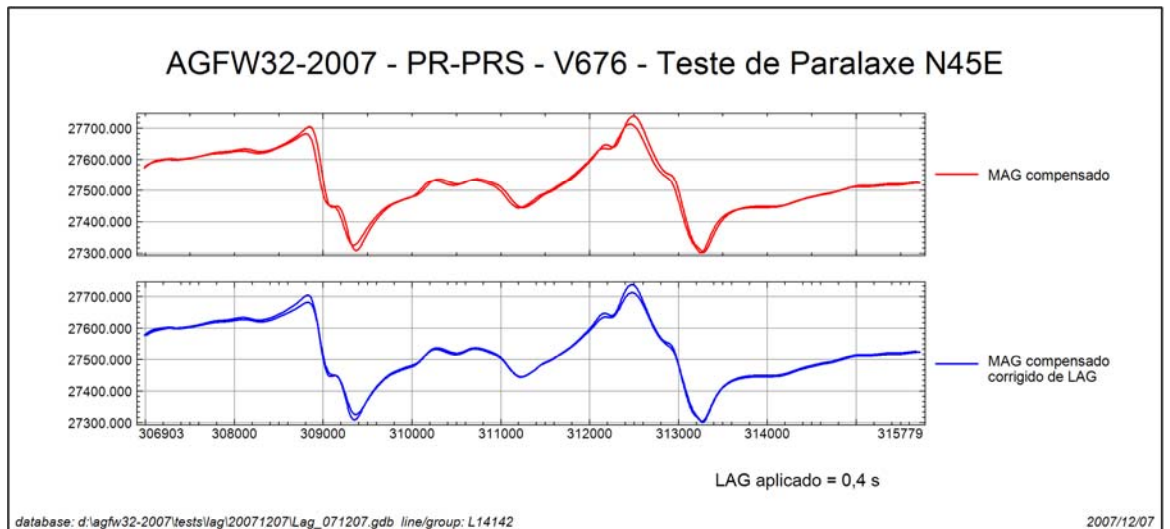
## **ANEXO II – TESTES CONTRATUAIS**

### **Anexo II-c – Teste de Paralaxe**

**Anexo II-c – Teste de Paralaxe**

**PR-PRS**

Project Number	AGFW32-2007
Aeronave	PR-PRS
Base	Macapá, AP
Data	7/12/2007
Nº Vôo	676



MAG Compensado = Campo Magnético Total Compensado

MAG Compensado corrigido de LAG = Campo Magnético Total Compensado Corrigido Paralaxe (0,40 segundos)

**ANEXO III – QUADROS SINÓPTICOS DAS OPERAÇÕES DE  
CAMPO**

## **ANEXO IV – CONTEÚDO DO CD-ROM E DOS DVDs-ROM**



Este arquivo apresenta a relação do conteúdo dos arquivos digitais que compõe o acervo do Projeto Aerogeofísico Complemento da RENCA.

Um total de 1 CD-ROM e 3 DVDs-ROM compõem a totalidade dos arquivos conforme descrito abaixo:

<b>Mídia</b>	<b>Conteúdo</b>
CD#01	Relatório Final
DVD#01	Arquivos de Plotagem HPGL
	Arquivo de Metadados do Projeto
	Arquivos de Poligonais das Folhas 1:50.000 e 1:250.000 <i>Geosoft</i> PLY
DVD#02	Arquivos com as articulações das Folhas 1:50.000 e 1:250.000 (PDF)
	Arquivos de Mapas <i>Geosoft</i>
DVD#03	Banco de Dados <i>Geosoft</i>
	Grids
	Arquivos XYZ - Magnetometria e Gamaespectrometria

#### **Estrutura dos Arquivos de Mapas:**

A codificação para os arquivos de mapas é apresentada a seguir, onde o asterístico presente refere-se a codificação das folhas:

1078\_\*\_1DV = 1ª. Derivada Vertical do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)

1078\_\*\_1Mag = Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)

1078\_\*\_Sinal = Sinal Analítico do Campo Magnético Total

1078\_\*\_MDT = Modelo Digital do Terreno

1078\_\*\_CT = Contagem Total ( $\mu\text{R/h}$ )

1078\_\*\_Kperc = Potássio (%)

1078\_\*\_eU = Urânio (ppm)

1078\_\*\_eTh = Tório (ppm)

1078\_\*\_ThKRAZÃO = Razão Tório/Potássio

1078\_\*\_UThRAZÃO = Razão Urânio/Tório

1078\_\*\_ThKRAZÃO = Razão Tório/Potássio

1078\_\*\_UKRAZÃO = Razão Urânio/Potássio

1078\_\*\_TERNÁRIO = Ternário (K-U-Th)

Exemplos:

1078\_\*\_NA22YAIV1\_Mag.MAP = *Geosoft* MAP da Folha NA.21-Y-A-I Escala 1:50.000 do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)

1078\_\*\_NA22YAIV3\_Sinal.MAP = *Geosoft* MAP da Folha NA.21-Y-C-I Escala 1:50.000 do Sinal Analítico do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)

1078\_\*\_ThK.MAP = *Geosoft* MAP da Folha Única na Escala 1:250.000 da Razão Tório/Potássio

Observações:

A codificação para os arquivos PRN segue a mesma regra utilizada para os arquivos de Mapas *Geosoft* (\*.MAP).

A sigla HPGL significa: *Hewlett-Packard Graphics Language*.

O prefixo 1078 em todos os arquivos corresponde ao n<sup>o</sup> do projeto na Base Aero da CPRM.

Relação dos Arquivos: georeferenciados a zona UTM 22N (Meridiano Central 52° WGr).

Arquivos de GRIDS:

Arquivo	Conteúdo	Unidade
1078_Mag.grd	Campo Magnético Total (Reduzido IGRF)	nT
1078_1DV.grd	1a. Derivada Vertical do Campo Magnético Total	nT/m
1078_Sinal.grd	Sinal Analítico do Campo Magnético Total	nT/m
1078_CT.grd	Taxa de Exposição da Contagem Total	μR/h
1078_Kperc.grd	Concentração de Potássio	%
1078_eU.grd	Concentração de Urânio	ppm
1078_eTh.grd	Concentração de Tório	ppm
1078_ThKRAZAO.grd	Razão Tório/Potássio	-
1078_UKRAZAO.grd	Razão Urânio/Potássio	-
1078_UThRAZAO.grd	Razão Urânio/Tório	-
1078_MDT.grd	Modelo Digital do Terreno	m

Arquivos de Banco de Dados GDB:

Arquivo	Conteúdo
1078_GamaLine.gdb	Banco de dados de gamaespectrometria com as linhas de vôo
1078_GamaTie.gdb	Banco de dados de gamaespectrometria com as linhas de controle
1078_MagLine.gdb	Banco de dados de magnetometria com as linhas de vôo
1078_MagTie.gdb	Banco de dados de magnetometria com as linhas de controle
1078_Gama256.gdb	Banco de dados de gamaespectrometria com os 256 canais <i>up</i> e <i>down</i>

Arquivos de Banco de Dados XYZ:

<b>Arquivo</b>	<b>Conteúdo</b>
1078_GamaLine.XYZ	Gamaespectrometria Linhas de Vôo
1078_GamaTie.XYZ	Gamaespectrometria Linhas de Controle
1078_MagLine.XYZ	Magnetometria Linhas de Vôo
1078_MagTie.XYZ	Magnetometria Linhas de Controle

Arquivos de cruzamentos:

<b>Arquivo</b>	<b>Conteúdo</b>
1078_Cruzamentos.XYZ	Cruzamentos do Nivelamento Magnetométrico

Arquivos de Poligonais:

<b>Arquivo</b>	<b>Conteúdo</b>
NA21ZBVII.PLY	Polígono Referente à Folha NA.21-Z-B-VI-1
NA21ZBVI2.PLY	Polígono Referente à Folha NA.21-Z-B-VI-2
NA21ZBVI3.PLY	Polígono Referente à Folha NA.21-Z-B-VI-3
NA21ZBVI4.PLY	Polígono Referente à Folha NA.21-Z-B-VI-4
NA22YAIV1.PLY	Polígono Referente à Folha NA.22-Y-A-IV-1
NA22YAIV2.PLY	Polígono Referente à Folha NA.22-Y-A-IV-2
NA22YAIV3.PLY	Polígono Referente à Folha NA.22-Y-A-IV-3
NA22YAIV4.PLY	Polígono Referente à Folha NA.22-Y-A-IV-4
NA22YAV1.PLY	Polígono Referente à Folha NA.22-Y-A-V-1
NA22YAV2.PLY	Polígono Referente à Folha NA.22-Y-A-V-2
NA22YAV3.PLY	Polígono Referente à Folha NA.22-Y-A-V-3
NA22YAV4.PLY	Polígono Referente à Folha NA.22-Y-A-V-4
NA22YAVI1.PLY	Polígono Referente à Folha NA.22-Y-A-VI-1
NA22YAVI2.PLY	Polígono Referente à Folha NA.22-Y-A-VI-2
NA22YAVI3.PLY	Polígono Referente à Folha NA.22-Y-A-VI-3
NA22YAVI4.PLY	Polígono Referente à Folha NA.22-Y-A-VI-4
NA22YBIV1.PLY	Polígono Referente à Folha NA.22-Y-B-IV-1
NA22YBIV2.PLY	Polígono Referente à Folha NA.22-Y-B-IV-2
NA22YBIV3.PLY	Polígono Referente à Folha NA.22-Y-B-IV-3
NA22YCI1.PLY	Polígono Referente à Folha NA.22-Y-C-I-1
NA22YCI2.PLY	Polígono Referente à Folha NA.22-Y-C-I-2
NA22YCI4.PLY	Polígono Referente à Folha NA.22-Y-C-I-4
NA22YCI1.PLY	Polígono Referente à Folha NA.22-Y-C-II-1
NA22YCI2.PLY	Polígono Referente à Folha NA.22-Y-C-II-2
NA22YCI3.PLY	Polígono Referente à Folha NA.22-Y-C-II-3
NA22YCI4.PLY	Polígono Referente à Folha NA.22-Y-C-II-4
NA22YCI1.PLY	Polígono Referente à Folha NA.22-Y-C-III-1
NA22YCI2.PLY	Polígono Referente à Folha NA.22-Y-C-III-2
NA22YCI3.PLY	Polígono Referente à Folha NA.22-Y-C-III-3
NA22YCI4.PLY	Polígono Referente à Folha NA.22-Y-C-III-4
NA22YCV1.PLY	Polígono Referente à Folha NA.22-Y-C-V-1
NA22YCV2.PLY	Polígono Referente à Folha NA.22-Y-C-V-2
NA22YCVI1.PLY	Polígono Referente à Folha NA.22-Y-C-VI-1
NA22YCVI2.PLY	Polígono Referente à Folha NA.22-Y-C-VI-2
NA22YCVI3.PLY	Polígono Referente à Folha NA.22-Y-C-VI-3
NA22YDI1.PLY	Polígono Referente à Folha NA.22-Y-D-I-1
NA22YDI2.PLY	Polígono Referente à Folha NA.22-Y-D-I-2
NA21ZB.PLY	Polígono Referente à Folha NA.21-Z-B
NA22YA.PLY	Polígono Referente à Folha NA.22-Y-A
NA22YB.PLY	Polígono Referente à Folha NA.22-Y-B
NA22YC.PLY	Polígono Referente à Folha NA.22-Y-C
NA22YD.PLY	Polígono Referente à Folha NA.22-Y-C

A descrição dos campos nos arquivos de Banco de Dados (GDB e XYZ), bem como a dos arquivos de perfis e cruzamentos, encontra-se no texto do Relatório Final e no Anexo V.

## **ANEXO V – FORMATO DE GRAVAÇÃO DOS DADOS DO PROJETO**













**ANEXO VI – LISTAGEM DAS LINHAS APROVADAS E  
UTILIZADAS NO PROCESSAMENTO**

Linha	Vôo	Fiducial Início	Fiducial Final
10010	611	5390.0	5520.0
10020	611	5678.0	5831.0
10030	611	5971.0	6102.0
10040	611	6261.0	6412.0
10050	611	6542.0	6667.0
10060	611	6815.0	6964.0
10070	611	7095.0	7226.0
10080	611	7365.0	7519.0
10090	611	7694.0	7830.0
10100	611	7987.0	8143.0
10110	611	8291.0	8439.0
10120	611	8583.0	8769.0
10130	611	8900.0	9067.0
10140	611	9207.0	9437.0
10150	611	9580.0	9774.0
10160	611	9929.0	10180.0
10170	611	10325.0	10541.0
10180	611	10696.0	10973.0
10190	612	6970.0	7199.0
10200	612	7500.0	7791.0
10210	612	7949.0	8222.0
10220	612	8372.0	8720.0
10230	612	8843.0	9133.0
10240	612	9263.0	9635.0
10250	612	9801.0	10114.0
10260	612	10287.0	10683.0
10270	612	10929.0	11270.0
10280	615	11046.0	11453.0
10290	615	10544.0	10930.0
10300	615	9939.0	10353.0
10310	615	9458.0	9852.0
10320	615	8906.0	9344.0
10330	615	8370.0	8794.0
10340	615	7796.0	8265.0
10350	615	7226.0	7367.9
10351	615	7420.0	7679.0
10352	620	6970.0	7065.0
10360	615	6609.0	6892.0
10361	615	6957.0	7109.0
10362	620	6732.0	6805.0
10370	615	5992.0	6469.0
10380	616	13074.0	13602.0
10390	616	12443.0	12948.0
10400	616	11729.0	12321.0
10410	616	11061.0	11589.0
10420	616	10365.0	10942.0
10431	617	5597.0	6161.0
10440	616	8931.0	9272.0
10441	617	7225.0	7487.0
10450	616	8206.0	8794.0
10460	616	7450.0	8098.0
10470	616	6640.0	7309.0
10480	617	6419.0	7130.0
10490	617	10800.0	11510.0

Linha	Vôo	Fiducial Início	Fiducial Final
10500	618	6192.0	6882.0
10510	618	7061.0	7806.0
10520	618	7916.0	8613.0
10530	618	8786.0	9538.0
10540	618	9657.0	10371.0
10550	618	10540.0	11306.0
10560	618	11413.0	12164.0
10570	618	12282.0	13069.0
10580	619	6268.0	7048.0
10590	619	7219.0	8064.0
10600	619	8292.0	9065.0
10610	619	9245.0	10090.0
10620	619	82.0	877.0
10630	619	1001.0	1872.0
10640	620	5807.0	6143.0
10641	620	7365.0	7820.0
10650	620	195.0	1074.0
10660	620	1287.0	2090.0
10670	620	2259.0	3094.0
10680	620	3216.0	3969.0
10690	620	4154.0	4981.0
10700	622	6826.0	7286.0
10701	622	12590.0	12911.0
10710	622	7396.0	8142.0
10720	622	8437.0	8837.0
10721	622	9508.0	9891.0
10730	622	10023.0	10754.0
10740	622	10904.0	11658.0
10750	622	11718.0	12462.0
10760	623	6371.0	7142.0
10770	623	7282.0	7996.0
10780	623	8351.0	9127.0
10790	623	9257.0	9409.0
10791	623	89.0	644.0
10800	624	4270.0	5013.0
10810	624	5129.0	5817.0
10820	624	6409.0	6804.0
10821	624	7217.0	7586.0
10830	624	8151.0	8859.0
10840	624	9030.0	9783.0
10850	624	10034.0	10750.0
10860	624	10962.0	11713.0
10870	625	4625.0	5361.0
10880	625	5548.0	6349.0
10890	625	6609.0	7340.0
10900	625	7496.0	8309.0
10910	625	8455.0	8627.0
10911	625	8858.0	9432.0
10920	625	9589.0	10375.0
10930	625	10494.0	11217.0
10940	625	11375.0	12169.0
10950	626	4655.0	5402.0
10960	626	5578.0	6359.0
10970	626	6691.0	7409.0

Linha	Vôo	Fiducial Início	Fiducial Final
10980	626	7570.0	8340.0
10990	626	8456.0	9175.0
11000	626	9338.0	10136.0
11010	626	10262.0	10988.0
11020	626	11147.0	11932.0
11030	626	12254.0	12987.0
11040	627	5206.0	5942.0
11050	627	6029.0	6797.0
11060	627	6882.0	7612.0
11070	627	7699.0	8447.0
11080	627	8538.0	9292.0
11090	627	9371.0	10144.0
11100	627	10221.0	10977.0
11110	627	11079.0	11865.0
11120	628	107.0	920.0
11130	628	996.0	1771.0
11140	628	1849.0	2686.0
11150	628	2765.0	3563.0
11160	628	3643.0	4500.0
11170	628	4573.0	5391.0
11180	628	5453.0	6328.0
11190	628	6376.0	6794.0
11191	629	6077.0	6536.0
11200	628	6951.0	7384.0
11201	629	5442.0	5955.0
11210	629	4424.0	5341.0
11220	629	6673.0	7628.0
11230	629	7702.0	8626.0
11240	629	8708.0	9676.0
11250	629	9747.0	10739.0
11260	629	10822.0	11840.0
11270	629	11921.0	12394.0
11271	630	6517.0	7057.0
11280	629	12528.0	13006.0
11281	630	5865.0	6436.0
11290	630	4757.0	5769.0
11300	630	7217.0	8272.0
11310	630	8350.0	9392.0
11320	630	9463.0	10539.0
11330	630	10601.0	11653.0
11340	630	11714.0	12818.0
11350	631	4045.0	5110.0
11360	631	5214.0	6337.0
11370	631	6408.0	7476.0
11380	631	7602.0	8716.0
11390	631	8782.0	9833.0
11400	631	9945.0	11033.0
11410	632	4208.0	5276.0
11420	632	5404.0	6541.0
11430	632	6628.0	7710.0
11440	632	7836.0	9010.0
11450	632	9077.0	10192.0
11460	632	10277.0	11401.0
11470	632	11483.0	12018.0

Linha	Vôo	Fiducial Início	Fiducial Final
11471	633	5432.0	5964.0
11480	632	12150.0	12706.0
11481	633	4778.0	5334.0
11490	633	3628.0	4677.0
11500	633	6033.0	7132.0
11510	633	7195.0	8262.0
11520	633	8352.0	9444.0
11530	633	9507.0	10561.0
11540	633	10638.0	11733.0
11550	634	3758.0	4826.0
11560	634	4934.0	6043.0
11570	634	6114.0	7171.0
11580	634	7239.0	8350.0
11590	634	8408.0	9468.0
11600	634	9541.0	10646.0
11610	634	10713.0	11746.0
11620	634	11810.0	12913.0
11630	635	4052.0	5113.0
11640	635	5189.0	6305.0
11650	635	6389.0	7438.0
11660	635	7522.0	8654.0
11670	635	8732.0	9795.0
11680	635	9943.0	10988.0
11681	636	4183.0	4349.0
11690	635	62.0	1148.0
11700	635	1211.0	2304.0
11710	636	3027.0	4125.0
11720	636	4601.0	5728.0
11730	636	5796.0	6872.0
11740	636	6956.0	8090.0
11750	636	8164.0	9253.0
11760	636	9327.0	10479.0
11770	636	10543.0	11640.0
11780	636	11725.0	12897.0
11790	637	3976.0	5116.0
11800	637	5188.0	6384.0
11810	637	6455.0	7602.0
11820	637	7988.0	9204.0
11830	637	9269.0	10429.0
11840	637	10619.0	11843.0
11850	637	11991.0	13189.0
11860	637	13362.0	14621.0
11870	638	3491.0	4709.0
11880	638	4803.0	6088.0
11890	638	6167.0	7431.0
11900	638	7506.0	8827.0
11910	638	8908.0	10255.0
11920	638	10325.0	11682.0
11930	638	11745.0	12378.0
11931	639	6294.0	6990.0
11940	638	12558.0	13215.0
11941	639	5406.0	6162.0
11950	639	3941.0	5270.0
11960	639	7131.0	8559.0

Linha	Vôo	Fiducial Início	Fiducial Final
11970	639	8673.0	9996.0
11980	639	10257.0	11680.0
11990	639	11775.0	13178.0
12000	639	13327.0	14824.0
12010	640	3581.0	4964.0
12020	640	5117.0	6616.0
12030	640	6722.0	8129.0
12040	640	8637.0	10159.0
12050	640	10248.0	11679.0
12060	640	11833.0	13350.0
12071	641	3897.0	5344.0
12080	640	14351.0	15196.0
12081	642	5712.0	6477.0
12090	641	5884.0	7439.0
12100	641	7606.0	9058.0
12110	641	9256.0	10578.0
12111	641	10952.0	11136.0
12120	641	11242.0	12644.0
12130	641	12805.0	14273.0
12140	641	14397.0	15209.0
12141	642	6592.0	7193.0
12150	642	4015.0	5446.0
12160	642	7311.0	8951.0
12170	642	9182.0	10588.0
12180	642	10728.0	12355.0
12190	642	12474.0	13933.0
12200	642	14038.0	15659.0
12210	643	1987.0	3436.0
12220	643	3605.0	5234.0
12230	643	5395.0	6847.0
12240	643	6974.0	8571.0
12250	643	8685.0	10175.0
12260	643	10335.0	11947.0
12270	643	12039.0	13473.0
12280	644	11324.0	12792.0
12290	644	9465.0	11100.0
12300	644	7847.0	9326.0
12310	644	6019.0	7668.0
12320	644	4387.0	5874.0
12330	644	2646.0	4264.0
12341	646	3681.0	5193.0
12350	645	3495.0	4402.0
12351	645	8270.0	8903.0
12360	645	4650.0	5553.0
12361	645	7309.0	8064.0
12370	645	5667.0	7188.0
12380	645	9046.0	10673.0
12390	645	10774.0	12298.0
12400	645	12445.0	14067.0
12410	645	14161.0	15721.0
12420	645	15864.0	17487.0
12430	646	5342.0	6981.0
12440	646	7100.0	8686.0
12450	646	8805.0	10490.0

Linha	Vôo	Fiducial Início	Fiducial Final
12460	646	10640.0	12307.0
12470	646	12423.0	14129.0
12480	646	14222.0	15850.0
12490	646	15956.0	17636.0
12500	648	3439.0	5040.0
12510	648	5159.0	5957.0
12511	648	160.0	1156.0
12520	648	1292.0	2942.0
12530	648	3069.0	4886.0
12540	648	4975.0	6640.0
12550	648	6782.0	8622.0
12560	648	8728.0	10427.0
12570	648	10544.0	12381.0
12580	649	3367.0	5104.0
12590	649	5238.0	7197.0
12600	649	7303.0	9056.0
12610	649	9170.0	11117.0
12620	649	11228.0	13039.0
12630	649	13186.0	15133.0
12640	649	15245.0	17039.0
12650	649	17161.0	19113.0
12660	650	3897.0	5761.0
12670	650	5921.0	7906.0
12680	650	8006.0	9916.0
12690	650	10033.0	12065.0
12700	650	12149.0	14051.0
12710	650	14210.0	16218.0
12720	650	16311.0	18224.0
12730	651	7311.0	9142.0
12740	651	9304.0	11334.0
12750	651	11418.0	13283.0
12760	651	13441.0	15486.0
12770	651	15583.0	17400.0
12780	652	5614.0	7462.0
12790	652	7622.0	9688.0
12800	652	9800.0	11655.0
12810	652	11800.0	13830.0
12820	652	13932.0	15823.0
12830	652	15952.0	17896.0
12840	653	3920.0	5791.0
12850	653	5925.0	7990.0
12860	653	8220.0	10087.0
12870	653	10208.0	12290.0
12880	653	12365.0	14297.0
12890	653	14429.0	16456.0
12900	653	16559.0	18408.0
12910	654	3241.0	5149.0
12920	654	5297.0	7381.0
12930	654	7466.0	9351.0
12940	654	9459.0	11530.0
12950	654	11636.0	13602.0
12960	654	73.0	2146.0
12970	654	2249.0	4190.0
12980	655	3497.0	5452.0

Linha	Vôo	Fiducial Início	Fiducial Final
12990	655	5572.0	6397.0
12991	655	231.0	966.0
12992	657	3662.0	4195.0
13000	656	3294.0	5238.0
13010	656	5365.0	7498.0
13020	656	7631.0	9583.0
13030	656	9730.0	11858.0
13040	656	11987.0	13682.9
13041	656	14133.0	14426.0
13050	656	14558.0	16678.0
13060	657	4473.0	6554.0
13070	657	6662.0	8912.0
13080	657	9010.0	11090.0
13090	657	11641.0	13899.0
13100	657	14021.0	16132.0
13110	657	16233.0	18474.0
13120	658	3497.0	5561.0
13130	658	5631.0	7616.0
13140	658	7821.0	9941.0
13150	658	10358.0	12339.0
13160	658	12419.0	14090.0
13162	660	6702.0	7088.0
13170	659	4132.0	5723.0
13172	659	3663.0	4039.0
13180	659	105.0	1830.0
13182	659	1929.0	2310.0
13190	659	3175.0	4043.0
13191	659	4396.0	5151.0
13192	659	2714.0	3072.0
13200	659	5373.0	7071.0
13202	659	7180.0	7563.0
13210	659	8114.0	9714.0
13212	659	7645.0	8002.9
13220	662	3372.0	4994.0
13222	662	2894.0	3259.0
13230	662	5088.0	6698.0
13232	662	6820.0	7185.0
13240	662	7759.0	9350.0
13242	662	7261.0	7627.9
13250	661	12542.0	12930.9
13251	661	13367.0	14557.0
13252	661	12046.0	12404.0
13260	662	9425.0	11059.0
13262	661	11614.0	11991.9
13270	662	11225.0	12778.0
13272	660	7256.0	7614.0
13280	662	12831.0	14414.0
13282	660	7769.0	8155.0
13290	663	3383.0	4907.0
13292	660	8262.0	8620.0
13300	663	4993.0	6592.0
13302	660	8685.0	9072.0
13310	663	6682.0	8195.0
13312	660	9148.0	9501.0

Linha	Vôo	Fiducial Início	Fiducial Final
13320	663	8280.0	9846.0
13322	660	9574.0	9963.0
13330	663	9940.0	11449.0
13331	666	6013.0	6616.0
13332	660	10049.0	10407.0
13340	663	11524.0	13077.0
13342	660	10485.0	10872.0
13350	663	13144.0	14616.0
13352	660	10950.0	11305.0
13360	664	2952.0	4500.0
13362	660	11379.0	11764.0
13370	664	4584.0	6071.0
13372	660	11845.0	12201.0
13380	664	6157.0	7708.0
13382	660	14043.0	14429.0
13390	664	7832.0	9321.0
13392	660	12485.0	12631.0
13394	661	11058.0	11201.0
13400	664	9412.0	10973.0
13402	660	12949.0	13083.0
13404	661	10824.0	10977.0
13410	664	11083.0	12549.0
13412	660	13170.0	13314.0
13414	661	10552.0	10691.0
13420	664	12627.0	14168.0
13422	660	13392.0	13524.0
13424	661	9792.0	9947.0
13430	665	3002.0	3966.0
13432	660	13607.0	13754.0
13434	661	9523.0	9665.0
13440	665	4067.0	4991.0
13441	666	5304.0	5897.0
13442	660	13823.0	13954.0
13444	661	9142.0	9298.0
13450	666	3669.0	5207.0
13452	661	8874.0	9019.0
13460	666	6790.0	8301.0
13462	661	8485.0	8638.0
13470	666	8380.0	9919.0
13472	661	8236.0	8381.0
13480	666	10137.0	11651.0
13482	661	7991.0	8145.0
13490	666	11726.0	13260.0
13492	661	7342.0	7486.0
13500	666	13370.0	14123.0
13501	667	6940.0	7693.0
13502	661	7083.0	7236.0
13510	666	14252.0	15012.0
13511	667	5966.0	6767.0
13512	661	6814.0	6958.0
13520	667	3143.0	3645.0
13521	669	13689.0	14677.0
13522	661	6346.0	6498.0
13530	667	3696.0	4235.0

Linha	Vôo	Fiducial Início	Fiducial Final
13531	669	12599.0	13607.0
13532	661	6070.0	6217.0
13540	667	4365.0	5835.0
13542	661	5661.0	5807.0
13550	667	7849.0	9371.0
13552	661	5383.0	5521.0
13560	669	3473.0	3792.0
13561	670	2896.0	4043.0
13562	661	4909.0	5056.0
13570	669	3942.0	4254.0
13571	670	4162.0	5340.0
13572	661	4608.0	4747.0
13580	669	4365.0	4724.0
13581	670	5470.0	6571.0
13582	661	4347.0	4497.0
13590	669	4841.0	5185.0
13591	670	6684.0	7787.0
13592	661	4078.0	4214.0
13600	669	5274.0	5619.0
13601	670	7881.0	8965.0
13602	661	3529.0	3678.0
13610	669	5751.0	6101.0
13611	670	9063.0	10154.0
13612	661	3266.0	3406.0
13620	669	6200.0	6533.0
13621	670	10378.0	11450.0
13622	661	3005.0	3154.0
13630	669	6666.0	7007.0
13631	670	11530.0	12571.0
13632	661	2732.0	2873.0
13640	669	7080.0	7412.0
13641	670	12665.0	13740.0
13650	669	7552.0	7894.0
13651	670	67.0	1132.0
13660	669	7978.0	8310.0
13661	673	8556.0	9673.0
13670	669	8434.0	8783.0
13671	673	7212.0	8397.0
13680	669	8865.0	9211.0
13681	673	6026.0	7089.0
13690	669	9326.0	9686.0
13691	671	6356.0	7487.0
13700	669	9778.0	10133.0
13701	671	5057.0	6131.0
13710	669	10276.0	10650.0
13711	671	3856.0	4958.0
13720	669	10760.0	12160.0
13730	671	2316.0	3769.0
13740	673	9815.0	11399.0
13750	673	11539.0	13065.0
13760	673	13165.0	14745.0
13770	673	14899.0	16428.0
13780	673	16679.0	18254.0
13790	674	4153.0	5790.0

Linha	Vôo	Fiducial Início	Fiducial Final
13800	674	169.0	1706.0
13810	674	1874.0	3583.0
13820	674	3735.0	5318.0
13830	673	2825.0	4402.0
13840	668	9302.0	10334.0
13842	668	8801.0	9170.0
13850	668	10440.0	11494.0
13852	668	8317.0	8683.0
13860	668	11882.0	12902.0
13862	668	7851.0	8212.0
13870	668	13050.0	14141.0
13872	668	7398.0	7761.0
13880	673	4572.0	5763.0
13882	668	6949.0	7310.0
13890	674	2851.0	3940.0
13892	668	6489.0	6854.0
13900	674	5656.0	6874.0
13902	668	6017.0	6379.0
13910	674	6994.0	8081.0
13912	668	5569.0	5928.0
13920	674	8203.0	9413.0
13922	668	5045.0	5383.0
13930	674	9515.0	10591.0
13932	668	4610.0	4943.0
13940	674	10700.0	11885.0
13942	668	4169.0	4482.0
13950	675	3033.0	4082.0
13952	668	3750.0	4054.0
13960	675	4196.0	5407.0
13962	668	3317.0	3612.0
13970	675	5521.0	6573.0
13972	668	2878.0	3161.0
13980	675	6694.0	7851.0
13982	668	2435.0	2715.0
13990	675	7954.0	8988.0
13992	667	4329.0	4543.0
13993	668	2226.0	2305.0
14000	675	9125.0	10274.0
14002	667	4041.0	4252.0
14003	668	1979.0	2056.0
14010	675	10377.0	11397.0
14012	667	3698.0	3931.0
14020	675	11498.0	12630.0
14022	667	3395.0	3611.0
14030	675	12761.0	13768.0
14032	667	3102.0	3308.0
14040	675	13887.0	15005.0
14042	667	2814.0	3005.0
14050	675	15155.0	16166.0
14052	667	2555.0	2733.0
14060	675	16279.0	17370.0
14062	667	2306.0	2467.0
14070	675	17471.0	18472.0
14072	667	2072.0	2229.0



Linha	Vôo	Fiducial Início	Fiducial Final
14081	677	2476.0	3345.0
14082	667	1842.0	1981.0
14090	676	3509.0	3747.0
14092	671	7888.0	8441.0
14094	667	1630.0	1775.0
14100	676	3862.0	4067.0
14102	671	8510.0	9105.0
14104	667	1402.0	1541.0
14110	676	4192.0	4403.0
14112	671	9190.0	9721.0
14114	667	1096.0	1243.0
14120	676	4498.0	4682.0
14122	671	9827.0	10354.0
14124	667	873.0	1012.0
14130	676	4791.0	4971.0
14132	671	10433.0	10936.0
14134	667	663.0	800.0
14140	676	5072.0	5230.0
14142	671	11029.0	11548.0
14144	667	454.0	589.0
14150	676	5340.0	5495.0
14152	671	11634.0	12118.0
14154	667	248.0	383.0
14160	676	5591.0	5740.0
14162	671	12192.0	12673.0
14164	667	10077.0	10223.0
14170	676	5841.0	6000.0
14172	671	12763.0	13217.0
14174	667	9844.0	9984.0
14180	676	6103.0	6249.0
14182	671	13308.0	13762.0
14190	676	6349.0	6513.0
14192	676	8985.0	9499.0
14200	676	6610.0	6753.0
14202	676	9620.0	10058.0
14210	676	6852.0	7011.0
14212	676	10169.0	10635.0
14220	676	7103.0	7243.0
14222	676	10757.0	11174.0
14230	676	7352.0	7516.0
14232	676	11299.0	11732.0
14240	676	7606.0	7748.0
14242	676	11857.0	12242.0
14250	676	12367.0	12765.0
14260	676	12880.0	13239.0
14270	676	13357.0	13710.0
14280	676	13832.0	14158.0
14290	676	14265.0	14606.0
14300	676	14736.0	15047.0
14310	676	15178.0	15486.0
14320	676	15600.0	15882.0
14330	676	16015.0	16297.0
14340	676	16405.0	16652.0
14350	676	16788.0	17038.0

Linha	Vôo	Fiducial Início	Fiducial Final
14360	676	17146.0	17366.0
14370	676	17502.0	17725.0
14380	676	17838.0	18025.0
14390	676	18120.0	18312.0
14400	677	4064.0	4226.0
14410	677	4345.0	4473.0
14420	677	4591.0	4742.0
14430	677	4833.0	4965.0
14440	677	5075.0	5228.0
14450	677	5331.0	5465.0
14460	677	5567.0	5718.0
14470	677	5820.0	5954.0
14480	677	6056.0	6201.0
14490	677	6299.0	6434.0
14500	677	6546.0	6687.0
14510	677	6784.0	6917.0
19010	617	10302.0	10445.0
19020	617	9950.0	10111.0
19030	617	9461.0	9749.0
19040	624	3804.0	3939.0
19042	617	8856.0	9281.0
19050	623	1541.0	1688.0
19052	623	1073.0	1284.0
19054	617	8102.0	8652.0
19060	623	4167.0	4333.0
19062	623	4507.0	5547.0
19070	622	14580.0	14719.0
19072	622	14238.0	14386.0
19074	622	6066.0	6549.0
19075	622	13032.0	14028.0
19080	622	3683.0	5862.0
19090	612	14628.0	14795.0
19092	612	12089.0	14363.0
19100	611	14103.0	14279.0
19102	611	11254.0	12780.0
19103	611	13181.0	13925.0
19110	611	2311.0	4800.0
19120	612	4065.0	6515.8
19130	616	4078.0	6409.0
19140	617	2994.0	5198.0
19150	619	2784.0	3898.0
19151	619	4244.0	5416.0
19160	615	3154.0	5329.0
19170	615	12260.0	14400.0
19180	616	14467.0	16635.0
19190	617	12336.0	14549.0
19200	618	13974.0	16127.0
19210	619	2793.0	4866.0
19220	620	3065.0	4841.0
19230	620	6003.0	7750.0
19240	627	3038.0	4515.0
19250	627	12609.0	14047.0
19260	628	8102.0	9320.0
19270	629	2463.0	3650.0

<b>Linha</b>	<b>Vôo</b>	<b>Fiducial Início</b>	<b>Fiducial Final</b>
19280	651	2689.0	3892.0
19290	651	4136.0	5319.0
19300	651	5566.0	6725.0
19310	652	2875.0	4055.0
19320	653	2491.0	3021.0
19322	652	4267.0	4709.0
19330	655	1067.0	1305.0
19332	652	4883.0	5281.0
19340	655	1432.0	1577.0

<b>Linha</b>	<b>Vôo</b>	<b>Fiducial Início</b>	<b>Fiducial Final</b>
19342	653	3234.0	3644.0
19350	660	5950.0	6348.0
19360	660	5022.0	5350.0
19370	660	4628.0	4855.0
19380	660	3934.0	4096.0
19390	660	3645.0	3797.0
19400	660	3275.0	3468.0
19410	660	3012.0	3161.0
19420	662	2477.0	2573.0