



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 RIO DE JANEIRO

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

VOLUME I

TEXTO TÉCNICO

2012

PROSPECTORS AEROLEVANTAMENTOS E SISTEMAS LTDA.



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Edison Lobão
Ministro

Márcio Pereira Zimmermann
Secretário Executivo

Carlos Nogueira de Costa Júnior
Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

Manoel Barretto da Rocha Neto
Diretor-Presidente

Roberto Ventura Santos
Diretor de Geologia e Recursos Minerais - DGM

Antônio Carlos Bacelar Nunes
Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento - DRI

Thales de Queiroz Sampaio
Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial - DHT

Eduardo Santa Helena da Silva
Diretor de Administração e Finanças - DAF

Reginaldo Alves dos Santos
Departamento de Geologia - DEGEO

Maria Laura Vereza de Azevedo
Divisão de Geofísica – DIGEOF

Ludwig Zellner
Assistente - DGM

João Batista Freitas de Andrade
Coordenador – DIGEOF

FISCALIZAÇÃO DA AQUISIÇÃO DE DADOS

Ludwig Zellner

REVISÃO E COMPATIBILIZAÇÃO GERAL DOS RESULTADOS OBTIDOS

Alexandre Lisboa Lago
Ludwig Zellner

APRESENTAÇÃO

O conhecimento geológico/geofísico do território brasileiro é instrumento indispensável para o planejamento e a implementação das políticas públicas voltadas para o desenvolvimento sustentável dos recursos minerais, petrolíferos e hídricos subterrâneos do país e, simultaneamente, fonte do imprescindível conhecimento do meio físico para execução de estudos de zoneamento ecológico-econômico e de gestão ambiental do território nacional.

Esse produto é mais uma ação do **Programa Geologia do Brasil – PGB**, que vem desenvolvendo trabalhos em todas as regiões geográficas do país e cujo objetivo é proporcionar o incremento do conhecimento geológico e hidrogeológico do território brasileiro, como parte do **Programa de Aceleração do Conhecimento – PAC**.

É com esta premissa que a Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral do Ministério de Minas e Energia, através da Divisão de Geofísica – DIGEOF do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, tem a grata satisfação de disponibilizar à comunidade técnico-científica, aos empresários do setor mineral e à sociedade em geral o **Projeto Aerogeofísico Rio de Janeiro**.

O desenvolvimento deste produto abrangeu uma área de 32.202 km² no estado do Rio de Janeiro. Os trabalhos nesta área foram realizados através do recobrimento de 66.111,40 km de perfis de alta resolução e foram realizados com os métodos magnetométrico e gamaespectrométrico, com linha de voo e controle espaçadas de 500 m e 10.000 m, respectivamente, orientadas nas direções N-S e E-W.

ROBERTO VENTURA SANTOS
Diretor de Geologia e Recursos Minerais

RESUMO

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 a de levantamentos geofísicos.

De acordo com o *Programa de Atividades Técnicas 2006 (PAT 2006)*, a CPRM, em 12 de Julho de 2011, celebrou com a Prospectors Aerolevantamentos e Sistemas Ltda. o contrato nº 027/PR/11 para executar os serviços de aquisição e processamento de dados aeromagnetométricos e aerogamaespectrométricos do *Projeto Aerogeofísico Rio de Janeiro*, localizado no estado do Rio de Janeiro, na região sudeste do Brasil.

Para a etapa de aquisição de dados foram utilizadas as aeronaves Piper Navajo PA31-350 de prefixo PR-PEC e Cessna Caravan C208B de prefixo PT-MED da Prospectors Aerolevantamentos e Sistemas Ltda., as quais realizaram o projeto no período de 13/08/2011 a 26/05/2012 totalizando 66.111,40 km de perfis geofísicos do total programado de 67.616 km. A diferença entre a quilometragem programada e a efetivamente voada, que representa 2,23% do total do projeto, deveu-se a restrições no espaço aéreo condicionado proibido e/ou restrito.

Como bases de operações para a etapa de aquisição de dados foram utilizadas as cidades de Cabo Frio e Maricá, no estado do Rio de Janeiro. Foram usados magnetômetros de bombeamento ótico de vapor de césio da Geometrics, modelo G822-A, e gamaespectrômetro da RADIATION SOLUTIONS, modelo RS-500, de 1024 canais espectrais, sistema de navegação GPS com receptor de 12 canais da marca AG-NAV, modelo Guia.

Para o recobrimento do projeto foram utilizadas aproximadamente 508,7 horas de voo, que resultaram no levantamento efetivo de 66.111,40 km de perfis aprovados pela fiscalização da CPRM em uma área de cerca de 32.202 km². O processamento de dados e a elaboração do Relatório Final foram realizados entre os meses de Junho a Outubro de 2012.

Os produtos finais do *Projeto Aerogeofísico Rio de Janeiro* estão sendo apresentados sob a forma de Relatório Final (4 exemplares), que consiste em texto técnico (Volume I) e Anexos (Volumes II a XV), os quais incluem os seguintes temas apresentados sob a forma de mapas coloridos nas escalas 1:100.000 e 1:250.000, segundo o corte cartográfico ao milionésimo e na escala 1:500.000 em folha única:

- Escala 1:100.000: Mapas de Contorno do Campo Magnético Total reduzido do IGRF (Campo Total, Primeira Derivada Vertical e Sinal Analítico), de Contorno Radiométrico em Concentração de Elementos (Contagem Total, Potássio, Urânio e

Tório) e das Razões eU/eTh, eU/K e eTh/K, juntamente com os mapas de Traço de Voo.

Escala 1:250.000: Mapas de Contorno do Campo Magnético Total reduzido do IGRF (Campo Total, Primeira Derivada Vertical e Sinal Analítico), de Contorno Radiométrico em Concentração de Elementos (Contagem Total, Potássio, Urânio e Tório) e das Razões eU/eTh, eU/K e eTh/K.

Escala 1:500.000 (Folha Única): Mapas de Pseudo-Iluminação do Campo Magnético Total Reduzido do IGRF (Campo Total, Primeira Derivada Vertical e Sinal Analítico) e Radiométrico em Concentração de Elementos (Contagem Total, Potássio, Urânio e 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 125 m, 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 I do Relatório Final do projeto em formato PDF, todos os arquivos gravados em DVD-ROM e CD-ROM.

RELATÓRIO FINAL DO LEVANTAMENTO E PROCESSAMENTO DOS DADOS MAGNETOMÉTRICOS E GAMAESPECTROMÉTRICOS

PROJETO AEROGEOFÍSICO RIO DE JANEIRO

ÍNDICE DOS VOLUMES

VOLUME I TEXTO TÉCNICO E ANEXOS

VOLUME II ANEXOS – ESCALA 1:100.000

- Vol. II.1: MAPA DE CONTORNO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF).
(Folhas 1 a 10)
- Vol. II.2: MAPA DE CONTORNO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF).
(Folhas 11 a 21)

VOLUME III ANEXOS – ESCALA 1:100.000

- Vol. III.1: MAPA DE CONTORNO DA 1ª. DERIVADA VERTICAL DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF).
(Folhas 1 a 10)
- Vol. III.2: MAPA DE CONTORNO DA 1ª. DERIVADA VERTICAL DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF).
(Folhas 11 a 21)

VOLUME IV ANEXOS – ESCALA 1:100.000

- Vol. IV.1: MAPA DE CONTORNO DO SINAL ANALÍTICO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF).
(Folhas 1 a 10)
- Vol. IV.2: MAPA DE CONTORNO DO SINAL ANALÍTICO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF).
(Folhas 11 a 21)

VOLUME V ANEXOS – ESCALA 1:100.000

- Vol. V.1: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA TAXA DE EXPOSIÇÃO DO CANAL DE CONTAGEM TOTAL.
(Folhas 1 a 10)
- Vol. V.2: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA TAXA DE EXPOSIÇÃO DO CANAL DE CONTAGEM TOTAL.
(Folhas 11 a 21)

VOLUME VI ANEXOS – ESCALA 1:100.000

- Vol. VI.1: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE POTÁSSIO.
(Folhas 1 a 10)
- Vol. VI.2: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE POTÁSSIO.
(Folhas 11 a 21)

VOLUME VII ANEXOS – ESCALA 1:100.000

- Vol. VII.1: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE URÂNIO.
(Folhas 1 a 10)
- Vol. VII.2: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE URÂNIO.
(Folhas 11 a 21)

VOLUME VIII ANEXOS – ESCALA 1:100.000

- Vol. VIII.1: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE TÓRIO.
(Folhas 1 a 10)
- Vol. VIII.2: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE TÓRIO.
(Folhas 11 a 21)

VOLUME IX ANEXOS – ESCALA 1:100.000

- Vol. IX.1: MAPA RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/TÓRIO.
(Folhas 1 a 10)
- Vol. IX.2: MAPA RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/TÓRIO.
(Folhas 11 a 21)

VOLUME X ANEXOS – ESCALA 1:100.000

- Vol. X.1: MAPA RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/POTÁSSIO.
(Folhas 1 a 10)
- Vol. X.2: MAPA RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/POTÁSSIO.
(Folhas 11 a 21)

VOLUME XI ANEXOS – ESCALA 1:100.000

- Vol. XI: MAPA RADIOMÉTRICO DA RAZÃO TÓRIO/POTÁSSIO.
(Folhas 1 a 10)
- Vol. XI: MAPA RADIOMÉTRICO DA RAZÃO TÓRIO/POTÁSSIO.
(Folhas 11 a 21)

VOLUME XII ANEXOS – ESCALA 1:250.000

- Vol. XII.1: MAPA DE CONTORNO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF).
(Folha I a X)
- Vol. XII.2: MAPA DE CONTORNO DA 1ª. DERIVADA VERTICAL DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF).
(Folha I a X)
- Vol. XII.3: MAPA DE CONTORNO DO SINAL ANALÍTICO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF).
(Folha I a X)

VOLUME XIII ANEXOS – 1:250.000

- Vol. XIII.1: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA TAXA DE EXPOSIÇÃO DO CANAL DE CONTAGEM TOTAL.
(Folha I a X)
- Vol. XIII.2: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE POTÁSSIO.
(Folha I a X)
- Vol. XIII.3: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE URÂNIO.
(Folha I a X)
- Vol. XIII.4: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE TÓRIO.
(Folha I a X)

VOLUME XIV ANEXOS – 1:250.000

- Vol. XIV.1: MAPA RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/TÓRIO.
(Folha I a X)
- Vol. XIV.2: MAPA RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/POTÁSSIO.
(Folha I a X)
- Vol. XIV.3: MAPA RADIOMÉTRICA DA RAZÃO TÓRIO/POTÁSSIO.
(Folha I a X)

VOLUME XV ANEXOS – ESCALA 1:500.000

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

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

PROJETO AEROGEOFÍSICO RIO DE JANEIRO

VOLUME I – TEXTO TÉCNICO

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 2. AQUISIÇÃO DE DADOS..... | 5 |
| 2.1. Características do Levantamento..... | 5 |
| 2.2. Equipamentos Utilizados..... | 5 |
| 2.2.1. Aeronave | 6 |
| 2.2.2. Aeromagnetômetros | 6 |
| 2.2.3. Aerogamaespectrômetros | 6 |
| 2.2.4. Sistema de Aquisição de Dados | 7 |
| 2.2.5. Sistema de vídeo | 8 |
| 2.2.6. Altimetros..... | 8 |
| 2.2.7. Sistema de Navegação e Posicionamento | 8 |
| 2.2.8. Magnetômetro Terrestre..... | 9 |
| 2.3. Planejamento e Mobilização | 9 |
| 2.3.1. Elaboração do Plano do Voo..... | 10 |
| 2.3.2. Estatísticas das Operações | 11 |
| 2.3.3. Mapa do Projeto de Voo | 12 |
| 2.3.4. Testes dos Equipamentos | 12 |
| 2.3.5. Cálculo da Resolução dos Cristais Detectores (<i>downward</i> e <i>upward</i>) | 20 |
| 2.3.6. Calibração dos Detectores <i>Downward Looking</i> | 21 |
| 2.3.7. Calibração dos Detectores <i>Upward Looking</i> | 23 |
| 2.4. Compilação dos dados | 23 |

| | |
|---|-----------|
| 2.5. Equipe Técnica..... | 24 |
| 3. PROCESSAMENTO DE DADOS | 25 |
| 3.1. Fluxo de Processamento | 25 |
| 3.1.1. Preparação do Banco de Dados do Levantamento..... | 25 |
| 3.1.2. Processamento dos Dados Magnetométricos | 25 |
| 3.1.2.1. Correção do Erro de Paralaxe | 25 |
| 3.1.2.2. Remoção da Variação Magnética Diurna..... | 26 |
| 3.1.2.3. Nivelamento dos Perfis..... | 26 |
| 3.1.2.4. Micronivelamento dos Perfis..... | 27 |
| 3.1.2.5. Remoção do IGRF | 27 |
| 3.1.3. Processamento dos Dados Gamaespectrométricos | 27 |
| 3.1.3.1. Correção do Tempo Morto | 28 |
| 3.1.3.2. Aplicação de Filtragem..... | 28 |
| 3.1.3.3. Correção do Erro de Paralaxe | 29 |
| 3.1.3.4. Cálculo da Altura Efetiva (h_c) de Voo..... | 29 |
| 3.1.3.5. Remoção do <i>Background</i> da Aeronave e Cósmico | 29 |
| 3.1.3.6. Remoção do <i>Background</i> do Radônio | 29 |
| 3.1.3.7. Estimativa dos Coeficientes <i>Skyshine</i> (a_1 e a_2)..... | 30 |
| 3.1.3.8. Correção do Efeito <i>Compton</i> | 31 |
| 3.1.3.9. Correção Altimétrica (Coeficiente de Atenuação Atmosférica)..... | 32 |
| 3.1.3.10. Conversão para Concentração de Elementos..... | 32 |
| 3.1.4. Determinação das Razões eU/eTh, eU/K e eTh/K..... | 33 |
| 3.2. Interpolação e Contorno | 33 |
| 3.3. Arquivo Final de Dados..... | 34 |
| 3.4. Equipe Envolvida no Processamento dos Dados..... | 34 |
| 4. CRONOGRAMA GERAL DAS OPERAÇÕES..... | 36 |
| 5. PRODUTOS FINAIS..... | 36 |

| | |
|--|-----------|
| 5.1. Mapas de Contorno do Campo Magnético Total, da 1ª Derivada Vertical e do Sinal Analítico do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF) | 41 |
| 5.2. Mapas Radiométricos dos Canais de Potássio, Urânio, Tório e Contagem Total | 41 |
| 5.3. Mapa Radiométrico Ternário..... | 41 |
| 5.4. Mapas das Razões Radiométricas eU/eTh, eU/K e eTh/K | 41 |
| 5.5. Mapa de Pseudo-Iluminação do Modelo Digital do Terreno..... | 42 |
| 5.6. Mapa de Traço de Linhas de Voo | 42 |
| 5.7. Relatório Final | 42 |
| 5.8. Arquivos Digitais Finais | 42 |
| 5.9. Arquivos Poligonais | 45 |
| 5.10. Produtos Originais..... | 45 |
| 6. PARTICIPAÇÃO DA CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL..... | 52 |
| 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 52 |

ÍNDICE DOS ANEXOS

ANEXO I – Resumo do Processo de Calibração dos Gamaespectrômetros

Anexo I-a - Resultado dos Testes da resolução dos Cristais Detectores
(*downward e upward*).

Anexo I-b - Resultado do Teste dos Coeficientes de Espalhamento
Compton.

Anexo I-c - Determinação dos *Backgrounds* da Aeronave e Cósmico.

Anexo I-d - Determinação das Constantes de Calibração do Radônio.

Anexo I-e - Calibração Dinâmica – Resultados dos Testes.

Anexo I-f - Atenuação Atmosférica – Resultados dos Testes.

ANEXO II – Testes Contratuais

Anexo II-a - Teste de Altimetros

Anexo II-b - Compensação Magnética

Anexo II-c - Teste de Paralaxe

ANEXO III – Quadros Sinóticos 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

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Localização da Área do Projeto Aerogeofísico. | 1 |
| Figura 2 – Vértices do projeto e área de atuação da aeronave. | 2 |
| Figura 3 – Aeronave Piper Navajo PA31-350 – PR-PEC. | 3 |
| Figura 4 – Aeronave Cessna Caravan C208B – PT-MED. | 4 |
| Figura 5 – Exemplo de Registro de Magnetômetro de Base. | 9 |
| Figura 6 – Mapa das linhas de voo. | 10 |
| Figura 8 – Gráfico da Estatística das Operações da aeronave PT-MED. | 12 |
| Figura 9 – Movimentos de <i>Roll</i> , <i>Pitch</i> e <i>Yaw</i> | 13 |
| Figura 10 – Mapa pseudo-iluminado da limitação da correção dos dados Radiométricos. | 28 |
| Figura 11 – Fluxograma do processamento de dados. | 35 |
| Figura 12 – Cronograma Geral das Operações. | 36 |
| Figura 13 – Parâmetros para a Definição da Projeção no Oasis Montaj. | 37 |
| Figura 14 – Articulação das folhas na escala 1:100.000. | 39 |
| Figura 15 – Articulação das folhas na escala 1:250.000. | 40 |
| Figura 16 – Mapa pseudo-iluminado do campo magnético total (reduzido do IGRF). | 46 |
| Figura 17 – Mapa pseudo-iluminado do sinal analítico do campo magnético total (reduzido do IGRF). | 47 |
| Figura 18 – Mapa Radiométrico da Taxa de Exposição do canal de Contagem Total. | 48 |
| Figura 19 – Mapa Radiométrico Ternário (K-U-Th). | 49 |
| Figura 20 – Mapa Radiométrico da razão Tório / Potássio. | 50 |
| Figura 21 – Mapa pseudo-iluminado do Modelo Digital do Terreno. | 51 |

ÍNDICE DAS TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Coordenadas Geográficas do Projeto. | 3 |
| Tabela 2 – Equipamentos Utilizados..... | 5 |
| Tabela 3 – Faixas Energéticas do Gamaespectrômetro e os Canais Correspondentes..... | 6 |
| Tabela 4 – Quilometragem Produzida e Área Levantada. | 10 |
| Tabela 5 – Estatística das Operações. | 11 |
| Tabela 6 – Divisão das Linhas por Aeronave. | 12 |
| Tabela 7 – Testes de Manobras – Aeronave PR-PEC..... | 14 |
| Tabela 8 – Testes de Manobras – Aeronave PT-MED..... | 14 |
| Tabela 9 – Testes Diários de Repetibilidade Radioativas – PR-PEC. | 16 |
| Tabela 10 – Testes Diários de Repetibilidade Radioativas – PT-MED. | 19 |
| Tabela 11 – Concentração dos Tanques de Calibração Transportáveis. | 21 |
| Tabela 12 – Coeficientes de Espalhamento <i>Compton</i> | 22 |
| Tabela 13 – <i>Backgrounds</i> das Aeronaves e <i>Cosmic Stripping Ratios</i> | 22 |
| Tabela 14 – Constantes de Calibração do Radônio..... | 30 |
| Tabela 15 – Coeficientes de <i>Skyshine</i> | 31 |
| Tabela 16 – Coeficiente de Atenuação Atmosférica..... | 32 |
| Tabela 17 – Coeficientes de Sensibilidade..... | 33 |
| Tabela 18 – Valores Mínimos para Cálculo das Razões Radiométricas..... | 33 |
| Tabela 19 – Características da Apresentação dos Mapas Aerogeofísicos. | 37 |
| Tabela 20 – Características dos intervalos de contorno dos mapas aerogeofísicos. | 38 |
| Tabela 21 – Banco de dados <i>Geosoft</i> (GDB) – Magnetometria..... | 43 |
| Tabela 22 – Banco de dados <i>Geosoft</i> (GDB) – Gamaespectrometria..... | 44 |
| Tabela 23 – Banco de dados <i>Geosoft</i> (GDB) – Gamaespectrometria 256 canais..... | 44 |
| Tabela 24 – Arquivo de Cruzamento XYZ – Magnetometria..... | 45 |

1. INTRODUÇÃO

A área do levantamento aerogeofísico está localizada no estado do Rio de Janeiro, na região sudeste do Brasil conforme mostra a Figura 1.

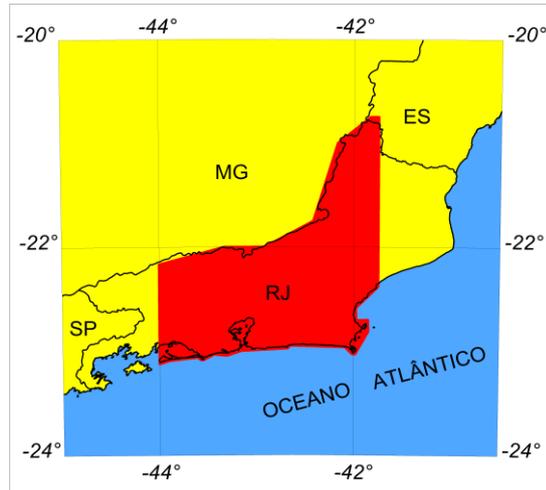


Figura 1 – Localização da Área do Projeto Aerogeofísico.

O levantamento aerogeofísico constou do recobrimento de 66.111,40 km de perfis aeromagnetométricos e aerogamaespectrométricos de alta resolução, com linhas de voo e de controle espaçadas de 0,5 km e 10 km e orientadas nas direções N-S e E-W respectivamente.

A Figura 2 e a Tabela 1 apresentam as coordenadas geográficas que definem o polígono que envolve a área pesquisada. A altura de voo foi fixada em 100 m sobre o terreno, admitindo-se variações de mais ou menos 15 m.

Foram utilizadas para a execução deste projeto, aeronaves Piper Navajo de prefixo PR-PEC (Figura 3) e Cessna Caravan de prefixo PT-MED (Figura 4), da Prospectors Aerolevantamentos e Sistemas Ltda. A aeronave PR-PEC realizou seus trabalhos durante o período de 13/08/2011 a 26/05/2012 adquirindo 41.743,30 km de linhas de voo. A aeronave PT-MED realizou seus trabalhos durante o período de 13/08/2011 a 03/12/2011 adquirindo 24.368,10 km de linhas de voo. As aeronaves utilizaram como bases de operações as cidades de Maricá e Cabo Frio, respectivamente.

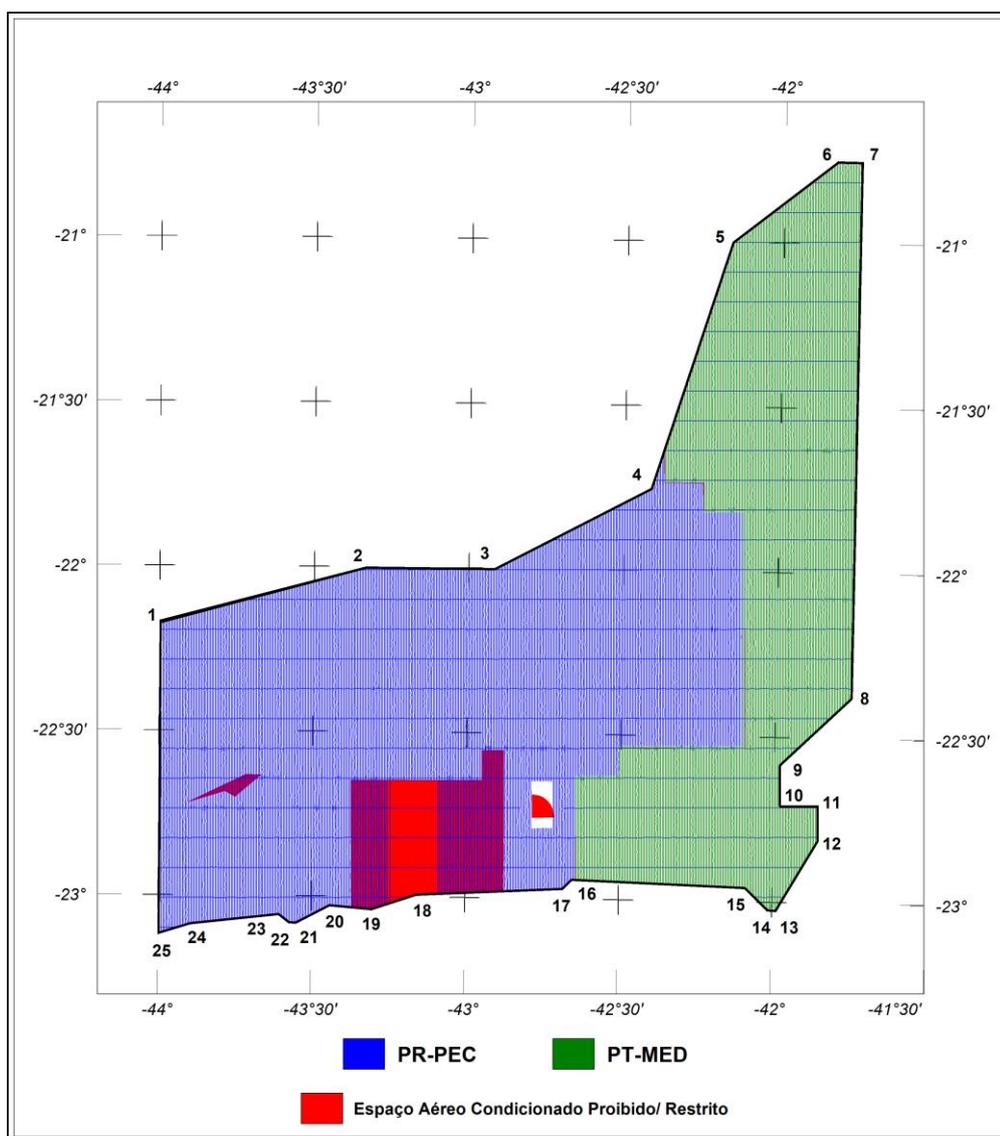


Figura 2 – Vértices do projeto e área de atuação da aeronave.

Tabela 1 – Coordenadas Geográficas do Projeto.

| Vértice | Latitude | Longitude |
|---------|----------|-----------|
| 1 | -22°10' | -44°00' |
| 2 | -22°00' | -42°20' |
| 3 | -22°00' | -42°55' |
| 4 | -21°45' | -42°25' |
| 5 | -21°00' | -42°10' |
| 6 | -20°45' | -41°50' |
| 7 | -20°45' | -41°45' |
| 8 | -22°22' | -41°45' |
| 9 | -22°35' | -41°58' |
| 10 | -22°42' | -41°58' |
| 11 | -22°42' | -41°51' |
| 12 | -22°48' | -41°51' |
| 13 | -23°01' | -41°59' |
| 14 | -23°01' | -42°00' |
| 15 | -22°57' | -42°05' |
| 16 | -22°56' | -42°39' |
| 17 | -22°58' | -42°40' |
| 18 | -22°59' | -43°09' |
| 19 | -23°02' | -43°18' |
| 20 | -23°01' | -43°26' |
| 21 | -23°05' | -43°32' |
| 22 | -23°05' | -43°34' |
| 23 | -23°03' | -43°36' |
| 24 | -23°05' | -43°53' |
| 25 | -23°07' | -44°00' |



Figura 3 – Aeronave Piper Navajo PA31-350 – PR-PEC.



Figura 4 – Aeronave Cessna Caravan C208B – PT-MED.

A metodologia para a aquisição dos dados seguiu a sistemática descrita adiante. Ao longo dos perfis foram realizadas dez leituras de aeromagnetômetro 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 municipal.

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 Maricá-RJ para as aeronaves PR-PEC e PT-MED. 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-RJ e envolveu a aplicação de rotinas do sistema *Oasis Montaj* versão 6.4.1 (GEOSOFT, 2005), utilizado para a compilação das informações coletadas e apresentação dos resultados na forma de mapas nas escalas 1:100.000, 1:250.000 e 1:500.000, 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 voo: N-S
- Espaçamento entre as linhas de voo: 0,5 km
- Direção das linhas de controle: E-W
- Espaçamento entre as linhas de controle: 10 km
- Intervalo entre medições geofísicas consecutivas: 0,1 s (magnetômetro) e 1,0 s (gamaespectrômetro)
- Altura média de voo: 100 m
- Velocidade aproximada de voo: 270 km/h

2.2. Equipamentos Utilizados

A Tabela 2 apresenta os equipamentos utilizados pelas aeronaves durante a execução do projeto.

Tabela 2 – Equipamentos Utilizados.

| Prefixo da aeronave | PR-PEC | PT-MED |
|---|---|---|
| Modelo da aeronave | Navajo PA31-350 | Caravan C208B |
| Fabricante da aeronave | Piper | Cessna |
| Aeromagnetômetro | Geometrics G822A | Geometrics G822A |
| Gamaespectrômetro | RS-500 | RS-500 |
| Volume dos Cristais Detectores de Iodeto de Sódio | 2.560 pol ³ <i>down</i> e 512 pol ³ <i>up</i> | 2.560 pol ³ <i>down</i> e 512 pol ³ <i>up</i> |
| Sistema de navegação "Real time" | AG-NAV P151 GUIA "Real time" | AG-NAV P151 GUIA "Real time" |
| Sistema de Aquisição GPS "Real time" | TEEJET RX 410-P "Real time" | TEEJET RX 410-P "Real time" |
| Câmera de Vídeo | PANASONIC CCTV CP484 | PANASONIC CCTV CP484 |
| Radar Altímetro | <i>Free-Flight Systems</i> TRA-3000 | <i>Free-Flight Systems</i> TRA-3000 |
| Altímetro Barométrico | <i>Honeywell</i> PPT | <i>Honeywell</i> PPT |
| Magnetômetro Terrestre a Vapor de Césio | GEM GSM-19 | GEM GSM-19 |
| Sistema de Aquisição | RMS DAARC500 e DATA LOGGER IEI | RMS DAARC500 e DATA LOGGER IEI |

2.2.1. Aeronave

O levantamento foi efetuado utilizando uma aeronave Piper Navajo PA31-350, prefixo PR-PEC e uma aeronave Cessna Caravan C208B, prefixo PT-MED. A aeronave PR-PEC é uma aeronave a pistão, bimotor, de asa baixa, trem de pouso retrátil, equipada com motores Lycoming de 350 HP, opera a uma velocidade média de 270 km/h e possui autonomia de 6 horas. A aeronave PT-MED é uma aeronave turbo-hélice, monomotor, de asa alta, trem de pouso fixo, equipada com motor Pratt & Whitney PT6A-114A de 675HP, opera a uma velocidade média de 270 km/h e possui autonomia de 5,5 horas.

2.2.2. Aeromagnetômetros

Sistema aeromagnético acoplado a um sensor de vapor de césio montado na cauda (tipo *Stinger*) das aeronaves. 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 DAARC500.

Sensor: Geometrics G822A

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 270 km/h da aeronave, a aproximadamente 7,5 m no terreno.

2.2.3. Aerogamaespectrômetros

Foram utilizados pelas aeronaves, gamaespectrômetros *Radiations Solutions*, modelo RS-500, de 1024 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:

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

| Canal Radiométrico | Faixa de Energia (MeV) | | Canais Correspondentes | |
|--------------------|------------------------|------|------------------------|-----|
| Contagem Total | 0,41 | 2,81 | 34 | 233 |
| Potássio | 1,37 | 1,57 | 115 | 131 |
| Urânio | 1,66 | 1,86 | 139 | 155 |
| Tório | 2,41 | 2,81 | 202 | 233 |
| Cósmico | 3,00 | ∞ | 256 | - |

As leituras dos gamaespectrômetros são realizadas a cada segundo, representando medições a intervalos de amostragem de aproximadamente 75 m no terreno.

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 DAARC500 é a principal unidade do sistema aeromagnético instalado a bordo das aeronaves. Todos os dados adquiridos são armazenados em *Pen Drives* conectados ao DATA LOGGER IEI, um computador de aquisição de dados digitais e analógicos que possui portas seriais, USB e *Ethernet*. As transferências dos dados para o computador de processamento são feitas através dos mesmos *Pen Drives* e para efeito de *backup* os dados são armazenados em disco óticos.

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 Voo | 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> | |

| Taxa de Amostragem (Hz) | Parâmetro | Unidade |
|-------------------------|--------------------------------|---------|
| 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

As aeronaves utilizam sistema de vídeo digital PANASONIC CCTV CP484. O modelo é constituído por câmara acoplada ao gravador digital e monitor do sistema de 8,5" disponível na cabine para visualização em tempo real. A câmara é instalada em janela especialmente projetada no piso da aeronave para permitir visibilidade do terreno.

O sistema de sobreposição de vídeo (OSD1246 – *Combined Corporation Eletronics*) possibilita a gravação do número do voo, número da linha e valores das fiduciais nas imagens de vídeo coletadas.

2.2.6. Altímetros

A altura de voo da aeronave foi monitorada através dos altímetros de radar e dos barômetros de precisão incluídos no sistema aerogeofísico. O radar altímetro utilizado pelas aeronaves é o *Free-Flight Systems*, modelo TRA-3000 e apresenta precisão de 5 a 7% e alcance de 2500 pés. Os barômetros são transdutores de pressão que registram a temperatura e a altitude de voo em relação ao nível do mar. O modelo de barômetro utilizado nas aeronaves foi o *Honeywell*. A precisão é de 0,005% e alcance de 1500 mBar.

2.2.7. Sistema de Navegação e Posicionamento

A navegação das aeronaves foi efetuada por sistema GPS com receptor *Teejet RX-410P*. As informações de posicionamento são enviadas ao computador de navegação AG-NAV P151 GUIA, para posterior processamento, ficando disponíveis aos pilotos através de indicadores digitais e das telas dos computadores.

As coordenadas GPS (latitude/longitude) são armazenadas nos *Pen Drive* 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 foi utilizado um magnetômetro portátil, GEM, modelo GSM-19, com resolução de 0,1 nT e envoltória de ruídos em nível equivalente. As leituras do campo magnético total foram realizadas a cada 3 segundos e armazenadas na memória do próprio equipamento.

Os magnetômetros foram instalados em local de gradiente magnético suave, livre de objetos móveis e de interferência cultural, no aeroporto municipal da cidade utilizada como base para o projeto.

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 5 mostra um exemplo do registro do magnetômetro.

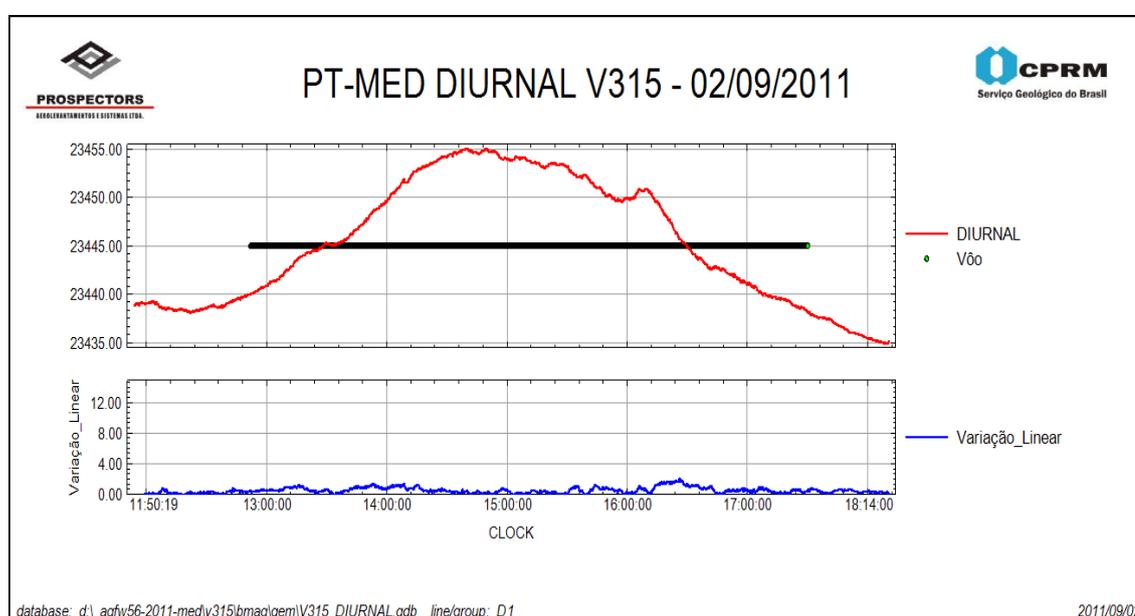


Figura 5 – Exemplo de Registro de Magnetômetro de Base.

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 das bases de operações, instaladas nas cidades de Maricá e Cabo Frio;
- Obtenção da autorização do aerolevante junto ao Ministério da Defesa;
- Preparação do plano de voo 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 369/11 e 371/11 para PR-PEC e PT-MED respectivamente.

2.3.1. Elaboração do Plano do Voo

Para a cobertura completa da área relativa ao projeto, foram programadas 476 linhas de voo e 26 linhas de controle, totalizando 67.616 km de perfis.

Devido às restrições no espaço aéreo condicionado proibido e/ou restrito algumas linhas de voo só puderam ser voadas parcialmente, totalizando 66.111,4 km de perfis geofísicos, conforme a Tabela 4 a seguir. A Figura 6 apresenta o arranjo das linhas distribuídas sobre a poligonal envoltória da área.

Tabela 4 – Quilometragem Produzida e Área Levantada.

| Prefixo da Aeronave | Área (km ²) | Total de linhas de Voo (km) | Total de linhas de Controle (km) | Total de linhas de Voo+Controle (km) |
|---------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| PR-PEC | 20.338,93 | 38.515,50 | 3.227,80 | 41.743,30 |
| PT-MED | 11.863,07 | 24.368,10 | - | 24.368,10 |
| Totais: | 32.202,00 | 62.883,60 | 3.227,80 | 66.111,40 |

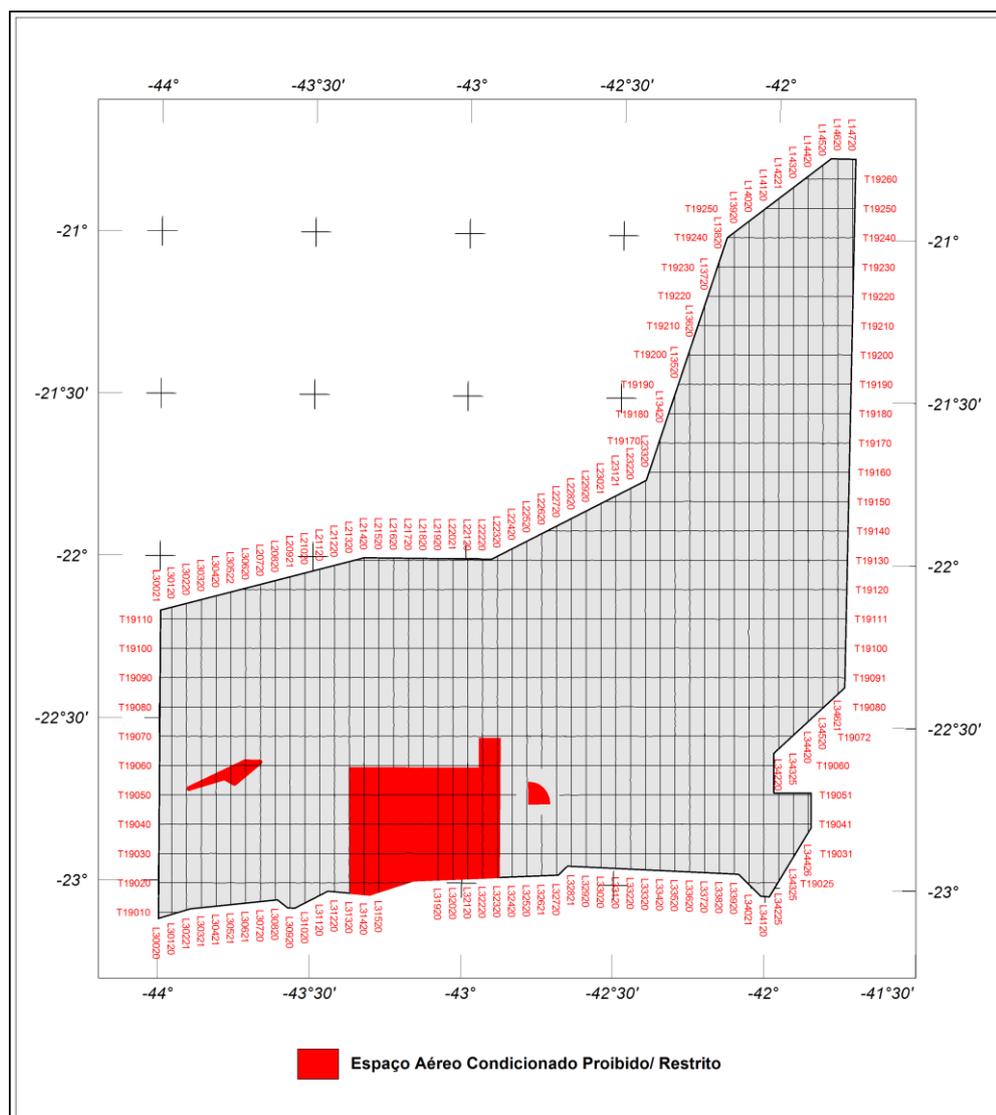


Figura 6 – Mapa das linhas de voo.

2.3.2. Estatísticas das Operações

O projeto foi executado entre 13/08/2011 a 26/05/2012. A aeronave PR-PEC efetuou seus trabalhos entre 13/08/2011 e 26/05/2012 totalizando 158 dias e a aeronave PT-MED completou sua parte com 113 dias entre os dias 13/08/2011 e 03/12/2011. Foram gastas cerca de 524,5 horas de voo para aquisição de dados e testes. A Tabela 5 e os gráficos das Figuras 7 e 8, a seguir, mostram as estatísticas obtidas durante a fase de aquisição dos dados. Para a execução do levantamento, a aeronave PR-PEC, utilizou 317,2 horas de voo de produção e a aeronave PT-MED utilizou 191,5 horas de voo de produção.

Tabela 5 – Estatística das Operações.

| Item | Indicadores do Levantamento | Aeronave | | | |
|------|-----------------------------|----------|-------|---------|-------|
| | | PR-PEC | | PT-MED | |
| | | Nº Dias | % | Nº Dias | % |
| 1 | Produção | 72 | 45,57 | 46 | 40,71 |
| 2 | Meteorologia | 69 | 43,67 | 46 | 40,71 |
| 3 | Manutenção de Aeronave | 1 | 0,63 | 9 | 7,96 |
| 4 | Tempestade Magnética | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | Falha de Equipamento | 2 | 1,27 | 3 | 2,65 |
| 6 | Testes Contratuais | 4 | 2,53 | 2 | 1,77 |
| 7 | Outros | 10 | 6,33 | 7 | 6,20 |
| | Total: | 158* | 100 | 113* | 100 |

* número de dias despendido pela aeronave

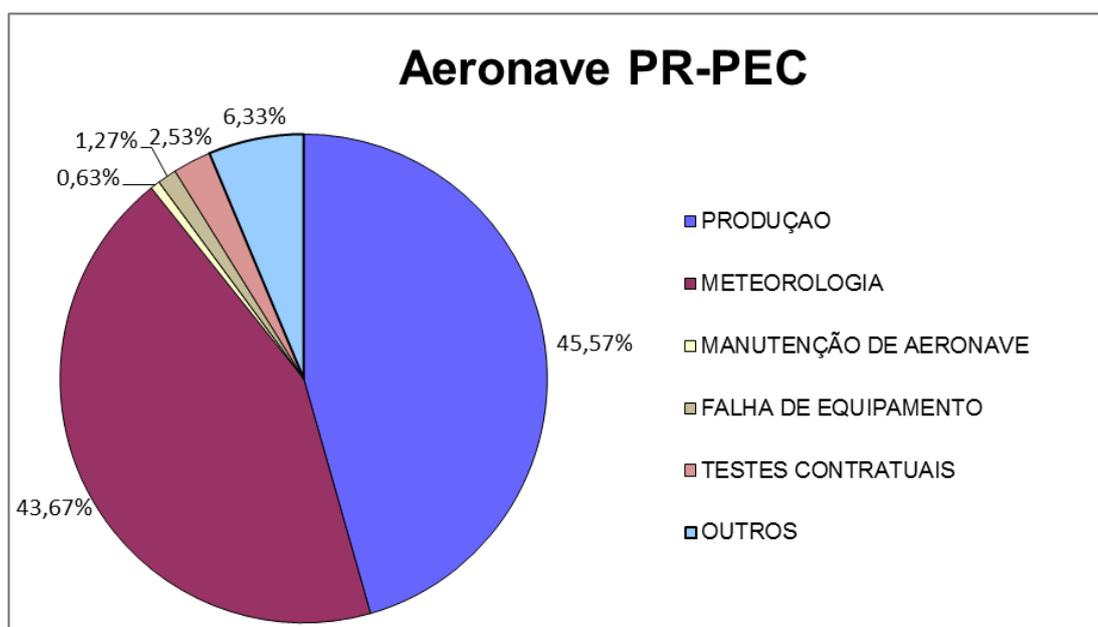


Figura 7 – Gráfico da Estatística das Operações da aeronave PR-PEC.

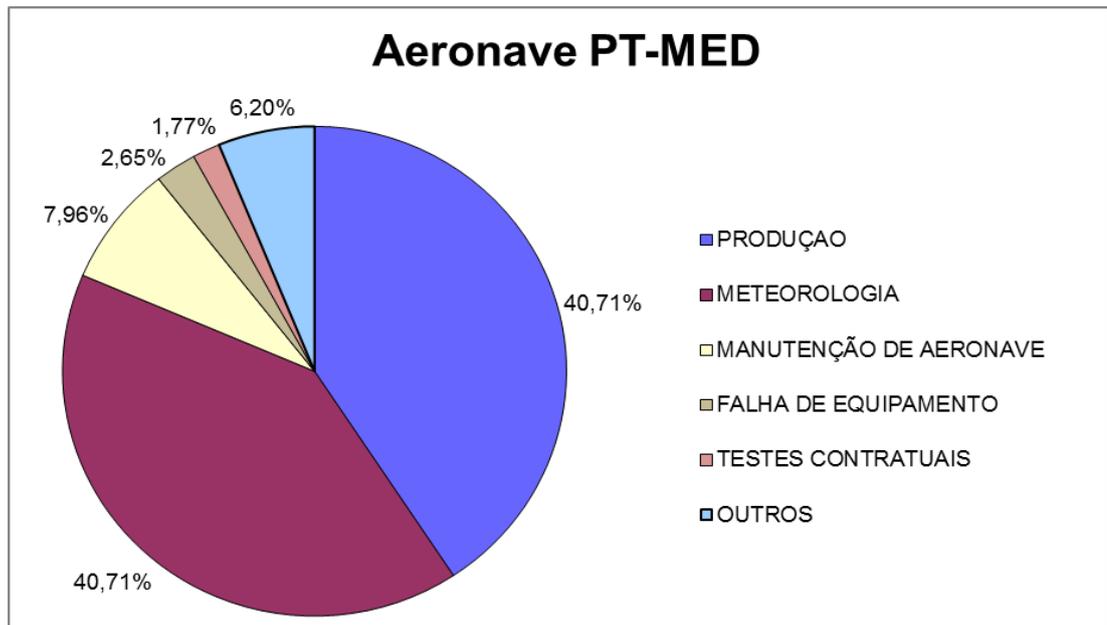


Figura 8 – Gráfico da Estatística das Operações da aeronave PT-MED.

2.3.3. Mapa do Projeto de Voo

O mapa do projeto de voo foi obtido analiticamente, sendo determinadas, por cálculo, as coordenadas UTM do início e fim de cada linha de voo e de controle, considerando-se os espaçamentos de 0,5 km para as linhas de voo e 10 km para as linhas de controle.

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

A divisão das linhas por aeronave na área do projeto é mostrada na Tabela 6 a seguir.

Tabela 6 – Divisão das Linhas por Aeronave.

| Prefixo da aeronave | Linhas de voo | Linhas de controle |
|---------------------|---------------|--------------------|
| PR-PEC | 20810 – 40710 | 19010 – 19260 |
| PR-PEC e PT-MED | 22820 – 13940 | - |
| PT-MED | 13950 – 14760 | - |

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 voo no levantamento.

Os efeitos produzidos em cada uma das direções de voo 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 9) são conduzidas para cada uma das direções de voo 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.

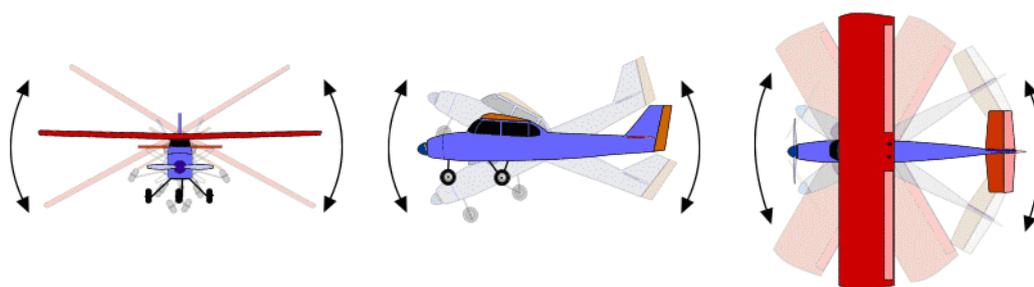


Figura 9 – Movimentos de *Roll*, *Pitch* e *Yaw*.

O sistema RMS DAARC500 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 e 8 a seguir e os resultados completos podem ser consultados no Anexo II-b.

Tabela 7 – Testes de Manobras – Aeronave PR-PEC.

| Data | Azimute | Roll (nT) | Pitch (nT) | Yaw (nT) | Total (nT) |
|------------------|----------------|------------------|-------------------|-----------------|-------------------|
| 13/08/2011 | 90° | 0,04 | 0,10 | 0,06 | 0,20 |
| | 180° | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,10 |
| | 270° | 0,05 | 0,09 | 0,04 | 0,18 |
| | 360° | 0,07 | 0,09 | 0,08 | 0,24 |
| Somatório | | | | | 0,72 |
| Data | Azimute | Roll (nT) | Pitch (nT) | Yaw (nT) | Total (nT) |
| 08/09/2011 | 90° | 0,05 | 0,07 | 0,04 | 0,16 |
| | 180° | 0,05 | 0,07 | 0,07 | 0,19 |
| | 270° | 0,08 | 0,10 | 0,06 | 0,24 |
| | 360° | 0,14 | 0,07 | 0,10 | 0,31 |
| Somatório | | | | | 0,90 |
| Data | Azimute | Roll (nT) | Pitch (nT) | Yaw (nT) | Total (nT) |
| 12/10/2011 | 90° | 0,12 | 0,06 | 0,06 | 0,24 |
| | 180° | 0,08 | 0,10 | 0,07 | 0,25 |
| | 270° | 0,07 | 0,07 | 0,05 | 0,19 |
| | 360° | 0,08 | 0,06 | 0,08 | 0,22 |
| Somatório | | | | | 0,90 |
| Data | Azimute | Roll (nT) | Pitch (nT) | Yaw (nT) | Total (nT) |
| 26/04/2012 | 90° | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,12 |
| | 180° | 0,05 | 0,03 | 0,02 | 0,10 |
| | 270° | 0,08 | 0,05 | 0,09 | 0,22 |
| | 360° | 0,06 | 0,05 | 0,07 | 0,18 |
| Somatório | | | | | 0,62 |

Tabela 8 – Testes de Manobras – Aeronave PT-MED.

| Data | Azimute | Roll (nT) | Pitch (nT) | Yaw (nT) | Total (nT) |
|------------------|----------------|------------------|-------------------|-----------------|-------------------|
| 14/08/2011 | 90° | 0,05 | 0,10 | 0,05 | 0,20 |
| | 180° | 0,08 | 0,09 | 0,06 | 0,23 |
| | 270° | 0,09 | 0,05 | 0,11 | 0,25 |
| | 360° | 0,07 | 0,05 | 0,07 | 0,19 |
| Somatório | | | | | 0,87 |

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 fatores de defasagem de 0,35 e 0,40 para a aeronave PR-PEC e 0,50 para a aeronave PT-MED utilizadas nesse projeto. Os resultados dos testes são apresentados no Anexo II-c.

e) Controle de desempenho do sistema

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 eram realizados antes do início e após os voos operacionais. O equipamento aeroembarcado Radiation Solutions RS-500 com resolução de 1024 canais, possui estabilização com isótopos naturais e ganho automático dos picos. Não são necessários testes de amostras para configuração do sistema ou para validação de performance do mesmo.

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 voo, 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 voo.

Os valores médios em cps, obtidos em cada canal radiométrico, estão relacionados nas Tabelas 9 e 10 para a aeronave PR-PEC e PT-MED respectivamente.

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

| TESTE DE REPETIBILIDADE RADIOATIVA | | | | |
|---|----------------|------------|--------------|---------------|
| (LOW LEVEL = 100m) Base: Maricá - RJ | | | | |
| DATA | HORÁRIO | VOO | TÓRIO | URÂNIO |
| 15/ago/11 | INÍCIO | 004 | 100,14 | 65,65 |
| | FIM | | 104,73 | 66,86 |
| 16/ago/11 | INÍCIO | 006 | 118,15 | 78,07 |
| | FIM | | 105,44 | 69,60 |
| 17/ago/11 | INÍCIO | 007 | 115,16 | 73,74 |
| | FIM | | 104,02 | 71,65 |
| 19/ago/11 | INÍCIO | 010 | 110,62 | 73,69 |
| | FIM | | - | - |
| 23/ago/11 | INÍCIO | 011 | 99,59 | 62,31 |
| | FIM | | 96,25 | 63,64 |
| 28/ago/11 | INÍCIO | 013 | 115,54 | 74,56 |
| | FIM | | 113,99 | 73,99 |
| 29/ago/11 | INÍCIO | 014 | 114,09 | 77,24 |
| | FIM | | 113,00 | 76,86 |
| 30/ago/11 | INÍCIO | 015 | 116,08 | 80,22 |
| | FIM | | - | - |
| 03/set/11 | INÍCIO | 016 | 108,08 | 62,54 |
| | FIM | | 114,45 | 65,92 |
| 05/set/11 | INÍCIO | 018 | 108,97 | 71,09 |
| | FIM | | 111,31 | 74,06 |
| 10/set/11 | INÍCIO | 022 | 112,34 | 74,79 |
| | FIM | | 110,88 | 75,49 |
| 13/set/11 | INÍCIO | 023 | 114,00 | 71,36 |
| | FIM | | 110,23 | 69,80 |
| 16/set/11 | INÍCIO | 024 | 108,21 | 63,21 |
| | FIM | | 107,32 | 62,48 |
| 18/set/11 | INÍCIO | 025 | 104,17 | 60,74 |
| | FIM | | 99,30 | 58,00 |
| 19/set/11 | INÍCIO | 026 | 105,45 | 63,49 |
| | FIM | | 102,83 | 60,92 |
| 20/set/11 | INÍCIO | 027 | 109,25 | 66,18 |
| | FIM | | - | - |
| 21/set/11 | INÍCIO | 028 | 105,90 | 67,05 |
| | FIM | | 99,57 | 62,40 |
| 23/set/11 | INÍCIO | 029 | 114,09 | 69,35 |
| | FIM | | 108,38 | 70,17 |
| 26/set/11 | INÍCIO | 030 | 116,85 | 68,33 |
| | FIM | | 104,53 | 61,77 |
| 27/set/11 | INÍCIO | 032 | 113,00 | 68,78 |
| | FIM | | 112,24 | 68,00 |
| 29/set/11 | INÍCIO | 034 | 114,16 | 67,32 |
| | FIM | | 114,90 | 70,11 |
| 01/out/11 | INÍCIO | 037 | 118,97 | 76,64 |
| | FIM | | 110,07 | 74,09 |
| 05/out/11 | INÍCIO | 038 | 111,19 | 67,97 |
| | FIM | | 111,43 | 70,46 |
| 06/out/11 | INÍCIO | 039 | 115,73 | 71,67 |
| | FIM | | 111,24 | 73,60 |
| 07/out/11 | INÍCIO | 040 | 110,95 | 74,89 |
| | FIM | | 106,79 | 69,67 |
| 08/out/11 | INÍCIO | 041 | 113,63 | 68,96 |
| | FIM | | 114,15 | 73,09 |

| DATA | HORÁRIO | VOO | TÓRIO | URÂNIO |
|-----------|---------|-----------|--------|--------|
| 09/out/11 | INÍCIO | 042 | 118,66 | 73,54 |
| | FIM | | 111,41 | 69,21 |
| 10/out/11 | INÍCIO | 043 | 62,50 | 47,39 |
| | FIM | | 62,49 | 50,31 |
| 13/out/11 | INÍCIO | 047 | 60,35 | 41,18 |
| | FIM | | 63,11 | 48,87 |
| 14/out/11 | INÍCIO | 049 | 58,69 | 45,71 |
| | FIM | | 61,84 | 53,69 |
| 20/out/11 | INÍCIO | 052 | 56,73 | 35,94 |
| | FIM | | 59,19 | 37,98 |
| 21/out/11 | INÍCIO | 053 | 58,97 | 38,05 |
| | FIM | | 54,90 | 37,54 |
| 24/out/11 | INÍCIO | 054 | 59,60 | 37,31 |
| | FIM | | 61,90 | 40,53 |
| 25/out/11 | INÍCIO | 055 | 59,21 | 40,56 |
| | FIM | | 64,71 | 43,93 |
| 26/out/11 | INÍCIO | 056 | 61,69 | 42,68 |
| | FIM | | 65,44 | 46,26 |
| 27/out/11 | INÍCIO | 057 | 64,59 | 45,64 |
| | FIM | | 58,03 | 49,09 |
| 29/out/11 | INÍCIO | 058 | 60,93 | 38,78 |
| | FIM | | 64,62 | 42,21 |
| 30/out/11 | INÍCIO | 059 | 61,03 | 43,36 |
| | FIM | | 59,38 | 45,10 |
| 02/nov/11 | INÍCIO | 060 | 60,75 | 38,54 |
| | FIM | | 57,22 | 36,52 |
| 03/nov/11 | INÍCIO | 061 / 062 | 59,61 | 36,86 |
| | FIM | | 58,29 | 35,80 |
| 04/nov/11 | INÍCIO | 063 / 064 | 60,65 | 39,07 |
| | FIM | | 63,13 | 39,15 |
| 06/nov/11 | INÍCIO | 065 / 066 | 59,79 | 41,18 |
| | FIM | | 61,41 | 42,58 |
| 07/nov/11 | INÍCIO | 067 / 068 | 63,38 | 42,54 |
| | FIM | | 61,14 | 40,51 |
| 08/nov/11 | INÍCIO | 069 / 070 | 59,44 | 39,58 |
| | FIM | | 61,66 | 40,48 |
| 09/nov/11 | INÍCIO | 071 / 072 | 60,41 | 41,96 |
| | FIM | | 65,39 | 41,81 |
| 10/nov/11 | INÍCIO | 073 | 58,97 | 43,05 |
| | FIM | | 64,15 | 46,11 |
| 11/nov/11 | INÍCIO | 074 | 60,99 | 46,09 |
| | FIM | | 56,38 | 39,86 |
| 12/nov/11 | INÍCIO | 075 | 59,79 | 37,69 |
| | FIM | | 59,12 | 40,75 |
| 20/nov/11 | INÍCIO | 076 | 52,88 | 33,46 |
| | FIM | | 40,24 | 26,30 |
| 21/nov/11 | INÍCIO | 077 | 60,71 | 39,81 |
| | FIM | | 59,30 | 41,11 |
| 22/nov/11 | INÍCIO | 078 | 61,63 | 44,19 |
| | FIM | | 62,66 | 47,43 |
| 24/nov/11 | INÍCIO | 079 | 64,91 | 39,07 |
| | FIM | | 61,36 | 39,50 |
| 30/nov/11 | INÍCIO | 082 | 62,14 | 41,14 |
| | FIM | | 54,72 | 41,52 |
| 01/dez/11 | INÍCIO | 083 | 63,58 | 46,93 |
| | FIM | | 62,11 | 47,52 |
| 13/dez/11 | INÍCIO | 085 | 64,69 | 41,33 |
| | FIM | | 60,31 | 42,67 |
| 02/mai/12 | INÍCIO | 090 | 62,28 | 41,33 |
| | FIM | | 53,96 | 37,55 |

| DATA | HORÁRIO | VOO | TÓRIO | URÂNIO |
|-----------|---------|-----------|-------|--------|
| 03/mai/12 | INÍCIO | 091 | 60,49 | 38,62 |
| | FIM | | 56,07 | 36,50 |
| 06/mai/12 | INÍCIO | 093 / 094 | 56,18 | 37,35 |
| | FIM | | 54,75 | 36,67 |
| 09/mai/12 | INÍCIO | 095 | 60,15 | 40,88 |
| | FIM | | 58,12 | 40,44 |
| 10/mai/12 | INÍCIO | 096 | 61,06 | 41,94 |
| | FIM | | 57,13 | 43,31 |
| 11/mai/12 | INÍCIO | 097 | 61,67 | 50,29 |
| | FIM | | 61,49 | 52,22 |
| 12/mai/12 | INÍCIO | 098 | 61,18 | 52,84 |
| | FIM | | 65,46 | 58,97 |
| 16/mai/12 | INÍCIO | 100 | 60,02 | 37,45 |
| | FIM | | 57,63 | 39,92 |
| 17/mai/12 | INÍCIO | 101 | 57,34 | 35,78 |
| | FIM | | 57,19 | 37,14 |
| 18/mai/12 | INÍCIO | 102 | 59,34 | 39,93 |
| | FIM | | - | - |
| 20/mai/12 | INÍCIO | 103 | 58,38 | 37,56 |
| | FIM | | 55,89 | 36,97 |
| 21/mai/12 | INÍCIO | 104 | 60,09 | 40,05 |
| | FIM | | 58,05 | 38,97 |
| 22/mai/12 | INÍCIO | 105 | 58,03 | 37,75 |
| | FIM | | 57,92 | 38,99 |
| 23/mai/12 | INÍCIO | 106 | 61,29 | 41,76 |
| | FIM | | 55,99 | 38,21 |
| 24/mai/12 | INÍCIO | 107 | 56,11 | 37,02 |
| | FIM | | 55,09 | 40,40 |
| 25/mai/12 | INÍCIO | 108 | 60,77 | 47,04 |
| | FIM | | 57,44 | 48,74 |
| 26/mai/12 | INÍCIO | 109 | 60,95 | 49,16 |
| | FIM | | 55,53 | 51,06 |

Tabela 10 – Testes Diários de Repetibilidade Radioativas – PT-MED.

| TESTE DE REPETIBILIDADE RADIOATIVA | | | | |
|--|----------------|------------|--------------|---------------|
| (LOW LEVEL = 100m) Base: Cabo Frio - RJ | | | | |
| DATA | HORÁRIO | VOO | TÓRIO | URÂNIO |
| 19/ago/12 | INÍCIO | 303 | 42,68 | 33,05 |
| | FIM | | | |
| 17/ago/11 | INÍCIO | 304 | 46,73 | 39,77 |
| | FIM | | 51,19 | 45,44 |
| 18/ago/11 | INÍCIO | 305 | 47,41 | 49,73 |
| | FIM | | 49,23 | 45,55 |
| 19/ago/11 | INÍCIO | 306 | 48,47 | 41,61 |
| | FIM | | 53,05 | 46,01 |
| 20/ago/11 | INÍCIO | 307 | 50,31 | 45,35 |
| | FIM | | 53,72 | 49,30 |
| 24/ago/11 | INÍCIO | 308 | 45,81 | 40,12 |
| | FIM | | 48,23 | 39,55 |
| 25/ago/11 | INÍCIO | 309 | 45,85 | 35,42 |
| | FIM | | 45,53 | 36,84 |
| 27/ago/11 | INÍCIO | 310 | 47,37 | 36,51 |
| | FIM | | 46,86 | 39,62 |
| 30/ago/11 | INÍCIO | 313 | 48,31 | 42,29 |
| | FIM | | 53,35 | 45,65 |
| 31/ago/11 | INÍCIO | 314 | 54,59 | 43,60 |
| | FIM | | 50,63 | 43,16 |
| 02/set/11 | INÍCIO | 315 | 48,58 | 35,26 |
| | FIM | | 48,79 | 36,95 |
| 03/set/11 | INÍCIO | 316 | 51,18 | 37,21 |
| | FIM | | 50,66 | 35,56 |
| 04/set/11 | INÍCIO | 317 | 49,90 | 36,63 |
| | FIM | | 51,77 | 38,64 |
| 05/set/11 | INÍCIO | 318 | 48,73 | 37,80 |
| | FIM | | 54,35 | 44,02 |
| 06/set/11 | INÍCIO | 319 | 53,84 | 52,93 |
| | FIM | | 53,13 | 50,64 |
| 07/set/11 | INÍCIO | 320 | 52,52 | 38,52 |
| | FIM | | 49,25 | 41,61 |
| 08/set/11 | INÍCIO | 321 | 55,27 | 44,59 |
| | FIM | | 46,72 | 41,94 |
| 16/set/11 | INÍCIO | 327 | 49,23 | 33,23 |
| | FIM | | 47,05 | 33,26 |
| 17/set/11 | INÍCIO | 328 | 47,59 | 34,97 |
| | FIM | | 48,72 | 35,16 |
| 20/set/11 | INÍCIO | 331 | 44,76 | 33,02 |
| | FIM | | 46,26 | 36,70 |
| 21/set/11 | INÍCIO | 332 | 49,76 | 42,09 |
| | FIM | | 53,48 | 45,03 |
| 23/set/11 | INÍCIO | 333 | 48,36 | 38,23 |
| | FIM | | 48,99 | 40,75 |
| 26/set/11 | INÍCIO | 335 | 45,16 | 33,00 |
| | FIM | | 45,59 | 33,81 |
| 27/set/11 | INÍCIO | 336 | 47,59 | 37,42 |
| | FIM | | 52,87 | 40,71 |
| 30/set/11 | INÍCIO | 337 | 50,50 | 39,06 |
| | FIM | | 52,89 | 43,99 |
| 10/out/11 | INÍCIO | 341 | 49,97 | 42,59 |
| | FIM | | 55,27 | 47,11 |
| 13/out/11 | INÍCIO | 342 | 53,71 | 39,55 |
| | FIM | | 54,96 | 41,45 |
| 20/out/11 | INÍCIO | 343 | 47,20 | 33,95 |
| | FIM | | 52,34 | 37,79 |

| DATA | HORÁRIO | VOO | TÓRIO | URÂNIO |
|-----------|---------|-----|-------|--------|
| 21/out/11 | INÍCIO | 344 | 48,95 | 35,07 |
| | FIM | | 49,92 | 35,42 |
| 24/out/11 | INÍCIO | 345 | 44,23 | 32,74 |
| | FIM | | 49,25 | 36,90 |
| 27/out/11 | INÍCIO | 346 | 49,83 | 40,73 |
| | FIM | | 52,05 | 40,76 |
| 28/out/11 | INÍCIO | 347 | 51,42 | 43,91 |
| | FIM | | 46,05 | 42,02 |
| 29/out/11 | INÍCIO | 348 | 46,47 | 36,20 |
| | FIM | | 50,31 | 39,33 |
| 30/out/11 | INÍCIO | 349 | 48,97 | 42,50 |
| | FIM | | 51,24 | 46,46 |
| 02/nov/11 | INÍCIO | 350 | 47,33 | 33,52 |
| | FIM | | 51,59 | 38,50 |
| 03/nov/11 | INÍCIO | 351 | 43,69 | 31,43 |
| | FIM | | 44,47 | 32,21 |
| 04/nov/11 | INÍCIO | 352 | 48,57 | 35,40 |
| | FIM | | 45,17 | 33,62 |
| 06/nov/11 | INÍCIO | 354 | 50,14 | 36,57 |
| | FIM | | 52,76 | 38,91 |
| 07/nov/11 | INÍCIO | 355 | 47,42 | 35,03 |
| | FIM | | 52,88 | 40,40 |
| 10/nov/11 | INÍCIO | 358 | 52,10 | 40,10 |
| | FIM | | 53,21 | 41,38 |
| 11/nov/11 | INÍCIO | 359 | 45,11 | 34,59 |
| | FIM | | 56,45 | 42,90 |
| 12/nov/11 | INÍCIO | 360 | 48,62 | 36,09 |
| | FIM | | 56,05 | 40,77 |
| 20/nov/11 | INÍCIO | 361 | 48,68 | 34,99 |
| | FIM | | 50,36 | 35,41 |
| 25/nov/11 | INÍCIO | 364 | 48,82 | 37,95 |
| | FIM | | 44,36 | 35,86 |

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}Tl) para calcular a resolução dos “cristais detectores voltados para baixo” (*downward looking*), tanto para os cristais individuais (256 pol³) quanto para os “pacotes” ou “caixas” de 1024 pol³ cada, bem como espectro do céσιο (^{137}Cs) para calcular a resolução dos “cristais detectores voltados para cima” (*upward looking*), tanto para cristais individuais (256 pol³) quanto para o “pacote” ou “caixa” de 512 pol³ 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):

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

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 deteriorização do sistema gamaespectrométrico. Os valores de resolução obtidos para os 3 pacotes de cristais detectores *downward looking* (2.560 pol³) ficaram abaixo de 7% e para os cristais detectores *upward looking* (512 pol³) ficaram abaixo de 12%, 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 PR-PEC foi calibrada em maio de 2011 e a aeronave PT-MED foi calibrada em agosto de 2011. Essas calibrações obedeceram a duas etapas distintas.

- Calibração estática – Realizadas no Aeroporto de Maricá-RJ (PR-PEC e PT-MED). 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, quatro tanques de calibração transportáveis, constituídos por blocos de concreto com resposta radiométrica para os elementos potássio (⁴⁰K), urânio (²³⁸U), tório (²³²Th) e *background* são empregados. As concentrações dos tanques de calibração transportáveis utilizados em Maricá, de propriedade da Universidade de São Paulo – USP, estão indicadas na Tabela 11:

Tabela 11 – Concentração dos Tanques de Calibração Transportáveis.

| Fonte Padrão | Tanques de Maricá | | |
|-------------------|-------------------|--------------|---------------|
| | K (%) | eU (ppm) | eTh (ppm) |
| <i>Background</i> | 0,70 ± 0,00 | 2,00 ± 0,20 | 8,80 ± 0,30 |
| Potássio | 6,40 ± 0,20 | 0,10 ± 0,10 | 1,40 ± 0,20 |
| Urânio | 0,90 ± 0,10 | 60,50 ± 0,60 | 26,50 ± 0,40 |
| Tório | 0,80 ± 0,00 | 9,80 ± 0,50 | 142,82 ± 0,00 |

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 (Exploratium), 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 12. O Anexo I-b, no final deste relatório, apresenta os resultados dessas calibrações.

Tabela 12 – Coeficientes de Espalhamento *Compton*.

| Aeronave | Data | α | β | γ | a | b | g |
|---------------|------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| PR-PEC | 12/05/2011 | 0,2934 ± 0,0071 | 0,4081 ± 0,0071 | 0,8027 ± 0,0219 | 0,0700 ± 0,0056 | 0,0067 ± 0,0041 | 0,0109 ± 0,0040 |
| PT-MED | 11/08/2011 | 0,2978 ± 0,0072 | 0,4286 ± 0,0074 | 0,7978 ± 0,0209 | 0,0813 ± 0,0057 | 0,0058 ± 0,0044 | 0,0115 ± 0,0043 |

- 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 (100 m), bem como as várias alturas com vistas à correção altimétrica. Os referidos testes são comentados a seguir:

a) Voo 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 voo 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 13, a seguir, resume os resultados obtidos pelas aeronaves nos voos cósmicos. A apresentação dos resultados na forma de tabelas e gráficos encontra-se no Anexo I-c, no final deste relatório.

Tabela 13 – *Background* das Aeronaves e *Cosmic Stripping Ratios*.

| Canal | Coefficiente | PR-PEC (21/05/2011) | PT-MED (14/08/2011) |
|-----------------------|--------------|------------------------|------------------------|
| Contagem total | a (cps) | 65,08 | 163,54 |
| | B | 1,075 | 0,954 |
| Potássio | a (cps) | 23,83 | 27,70 |
| | B | 0,058 | 0,053 |
| Urânio | a (cps) | 0 | 2,87 |
| | B | 0,047 | 0,045 |
| Tório | a (cps) | 0 | 0 |
| | B | 0,056 | 0,056 |
| U up | a (cps) | 0 | 0,94 |
| | B | 0,009 | 0,008 |

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 (CPRM, 1999), 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 voo 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 Radiation Solution RS-230 BGO SUPER SPEC), 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 (μ) 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 voos realizados sobre a água, ou uma altura elevada, onde não exista qualquer influência de radiações provenientes do solo. Para tanto, foram utilizados 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 voos 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 voo, envoltória de ruídos e desvios de navegação, estabelecidos respectivamente, em: 15 m para mais ou para menos, 0,2 nT e 100 m em relação á linha teórica;
- c) Geração das plotagens dos traços das linhas de voo e controle, corrigidos diferencialmente, em superposição ao plano de voo 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 os chefes de equipe possuem um conjunto de equipamentos de processamento de dados, consistindo em:

- Microcomputadores Notebook Intel i5;
- Impressora Multifuncional;
- HD Externo;
- Celular.

2.5. Equipe Técnica

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

| | |
|--------------------------|-------------------------|
| Edmilson Linguanotto | |
| Fabiano Della Justina | |
| Luis Otávio de C. Simões | |
| Antonio Cezar da Fonseca | Supervisor de operador |
| Mario Toda | |
| Bruno Almeida | Operador de Equipamento |
| Rodrigo Batista | |
| Marcelo di Santi | |
| Ranilson Costa | |
| Julio Lima | |
| José Hermes de Melo | |
| Evandro Costa | |
| Wilson Amano | |
| Fabiano Samora | |
| Jones Dalazen | Piloto |
| Ronaldo Fernandes | |
| Ítalo Spensieri | |
| Fernando Zampieri | |
| Guilherme Moura | |
| Tiago Baldasso | |
| Kleydismar Cardoso | |
| Domingos Andrade | |
| Edmilson Ribeiro | Mecânico |
| Walter Garrone | |
| Pedro Garcia | Suporte Técnico |

3. PROCESSAMENTO DE DADOS

3.1. Fluxo de Processamento

No processamento de dados do projeto 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 10 no final do capítulo, mostra o fluxograma 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:

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

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

t₀ = 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 pelas aeronaves, correspondeu a 0,40 segundos no PR-PEC e 0,50 segundo no PT-MED. 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 23.264,80 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 voo. 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 voo 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 voo 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 voo 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 voo 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 voo. 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 voo) e cosseno direcional atuando na direção das linhas de voo 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 616 m, referidos ao ano de 2011 e atualizados para a data média de 08/10/2011 (2011,770).

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 *Airborne Gamma Ray Spectrometer Surveying*. Foi empregada a rotina contida no sistema de processamento radiométrico *OASIS-RPS* da *GEOSOFT*.

Em áreas de terreno com elevado gradiente problemas podem ocorrer quando a altura exceder a 300 metros. A correção altimétrica dos dados foi limitada ao valor citado, uma vez que valores superiores amplificam ruídos estáticos e quaisquer erros na determinação de *background*.

A Figura 10, a seguir, identifica na área do projeto as regiões que tiveram a limitação de correção acima citado.

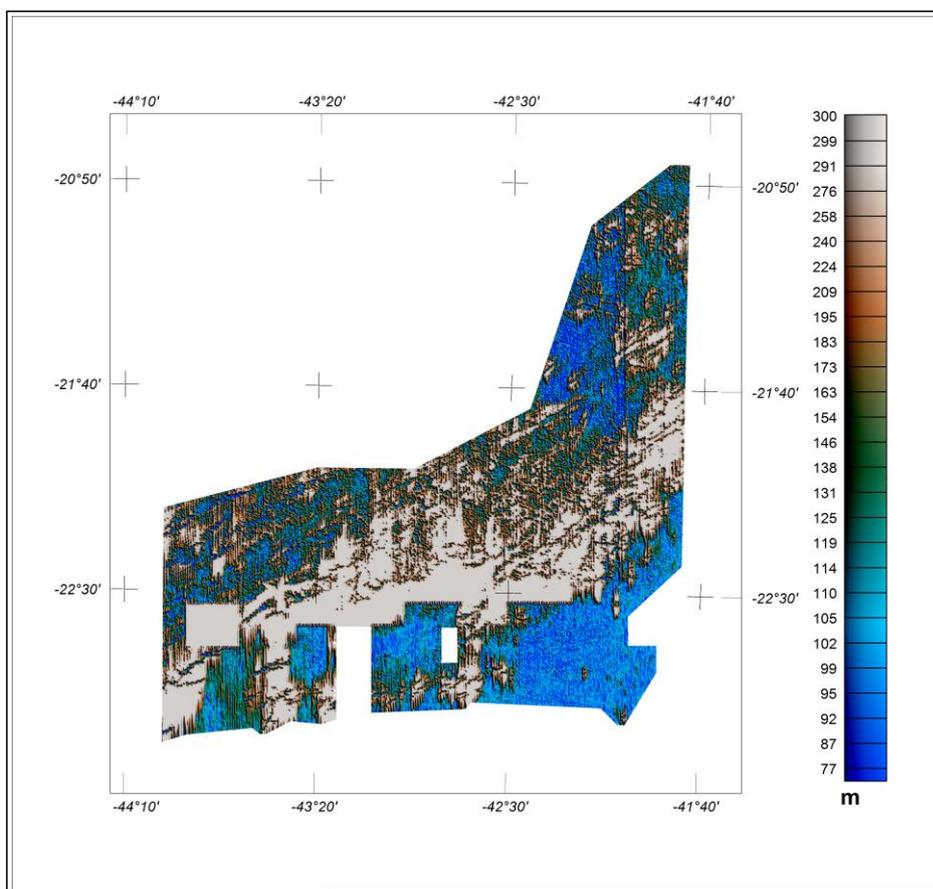


Figura 10 – Mapa pseudo-iluminado da limitação da correção dos dados Radiométricos.
(Azimute da Fonte Luminosa: 45°; Inclinação: 45°)

3.1.3.1. Correção do Tempo Morto

A correção do “tempo morto” consiste na divisão das contagens dos canais radiométricos pelo valor do *live 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. Correção do Erro de Paralaxe

A correção aplicada a todas as amostras coletadas pelas aeronaves PR-PEC e PT-MED foi de 1,0 segundo.

3.1.3.4. Cálculo da Altura Efetiva (h_c) de Voo

A altura de voo 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 voo 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 gamaespectrômetro,

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 13 – *Background* da Aeronave e *Cosmic Stripping Ratios*, item 2.3.6) foram aqueles definidos pelo voo 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, op. cit.).

No cálculo dos coeficientes a_{tc}, a_k, a_u e a_t (Tabela 14) 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.

Tabela 14 – Constantes de Calibração do Radônio.

| Canal | Coefficiente | PR-PEC | PT-MED |
|------------------|--------------|--------|--------|
| Contagem Total | a_{tc} | 16,44 | 16,43 |
| Potássio | a_k | 0,913 | 0,892 |
| Urânio <i>up</i> | a_u | 0,173 | 0,185 |
| Tório | a_t | 0,185 | 0,188 |

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 15 abaixo.

Tabela 15 – Coeficientes de *Skyshine*.

| Coeficiente | PR-PEC | PT-MED |
|-------------|--------|--------|
| a_1 | 0,074 | 0,075 |
| a_2 | 0,042 | 0,040 |

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:

α – radiações de tório no urânio,

β – radiações de tório no potássio,

γ – 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 12 – 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 aerolevante (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 ($H=0$),

μ 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 (μ) para cada um dos canais radiométricos foram utilizados os valores apresentados na Tabela 16, obtidos durante os testes realizados em Maricá-RJ. Os gráficos apresentando a correlação logarítmica entre as contagens e a altura de voo encontram-se no Anexo I-f.

Tabela 16 – Coeficiente de Atenuação Atmosférica.

| Canal Radiométrico | μ em m^{-1} | |
|--------------------|------------------------|------------------------|
| | PR-PEC (20/05/2011) | PT-MED (09/08/2011) |
| Contagem Total | -0,0073 | -0,0078 |
| Potássio | -0,0089 | -0,0098 |
| Urânio | -0,0080 | -0,0071 |
| Tório | -0,0071 | -0,0078 |

3.1.3.10. Conversão para Concentração de Elementos

As sensibilidades dos detectores das aeronaves 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), 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 17 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 voo de 100 m sobre o terreno.

Tabela 17 – Coeficientes de Sensibilidade.

| Canal Radiométrico | Sensibilidade | |
|--------------------|------------------------|------------------------|
| | PR-PEC (20/05/2011) | PT-MED (09/08/2011) |
| Contagem Total | 231,80 cps/μR/h CT | 213,19 cps/μR/h CT |
| Potássio | 68,43 cps / %K | 55,21 cps / %K |
| Urânio | 12,40 cps / ppm eU | 12,97 cps / ppm eU |
| Tório | 4,52 cps /ppm eTh | 4,10 cps /ppm eTh |

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 11,37 μR/h (PR-PEC) e 11,88 μR/h (PT-MED).

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 15% da média destes canais na área de levantamento e aplicado também um filtro passa-baixa de 10 amostras. A Tabela 18 a seguir, resume os valores utilizados.

Tabela 18 – Valores Mínimos para Cálculo das Razões Radiométricas.

| Canal Radiométrico | Valor Mínimo |
|--------------------|--------------|
| K (%) | 0,12 |
| eU (ppm) | 0,20 |
| eTh (ppm) | 2,06 |

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 voo.

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 voo,
- Posicionamento GPS: Coordenadas UTM, Latitude, Longitude e elevação GPS.

Todos os dados dos cruzamentos entre linhas de voo 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.

3.4. Equipe Envolvida no Processamento dos Dados

Participou dos trabalhos de processamento o seguinte técnico:

Álvaro Augusto Pereira - Subgerente de Processamento de Dados

Rodrigo Heidy Sternert - Gerente de Processamento de Dados

A direção geral das operações no *Projeto Aerogeofísico Rio de Janeiro* esteve a cargo do economista Rodolfo Rocha Miranda e do oceanógrafo com mestrado em Geofísica Cristiano Fontoura.

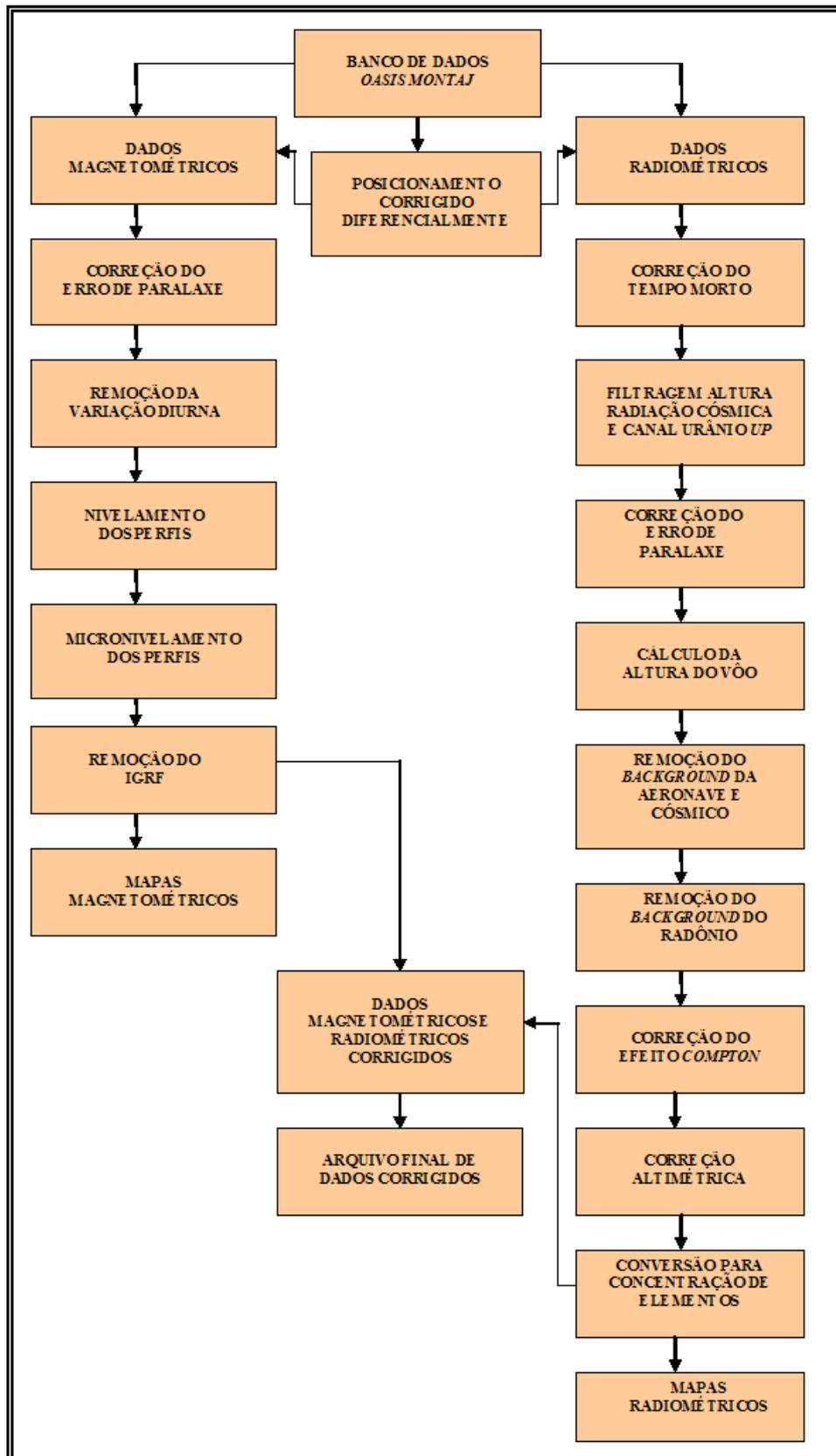


Figura 11 – Fluxograma do processamento de dados.

4. CRONOGRAMA GERAL DAS OPERAÇÕES

O levantamento do projeto foi executado em dois períodos, o primeiro de 13 de agosto de 2011 a 15 de dezembro de 2011 e o segundo de 25 de abril de 2012 a 27 de maio de 2012. O processamento dos dados e elaboração do Relatório Final teve início após o término da fase de aquisição e foram concluídos em Outubro de 2012.

A Figura 12 fornece o quadro comparativo entre o cronograma previsto e a duração efetiva do projeto.

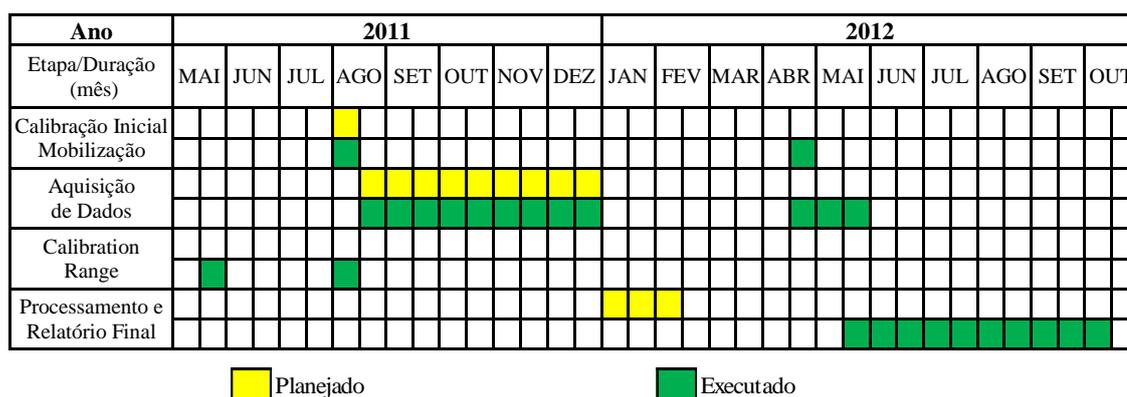


Figura 12 – Cronograma Geral das Operações.

5. PRODUTOS FINAIS

Os produtos finais relativos são apresentados, na forma de mapas, nas escalas 1:100.000, 1:250.000 e 1:500.000 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, nos formatos *GEOSOFT* e *PDF*.

Os mapas foram elaborados de acordo com as especificações do Manual Técnico do IBGE (IBGE, 1989). As informações geofísicas estão superpostas à rede de projeção Transversa de Mercator, traçada com retículas de 8 cm (40km em 1:500.000, 20km em 1:250.000 e 8km em 1:100.000), à rede geográfica, indicada por cruzetas dispostas a cada 30, 15 e 10 minutos, respectivamente, para as escalas 1:500.000, 1:250.000 e 1:100.000, e às informações planimétricas, obtidas dos arquivos digitais das folhas ao milionésimo SE.23, SE.24, SF.23 e SF.24 disponíveis no site do IBGE (www.ibge.gov.br). Na escala de 1:500.000 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 de 1:500.000 e as folhas confeccionadas nas escalas de 1:250.000 e 1:100.000 foram utilizadas a projeção Transversa de Mercator com meridiano central 43° WGr e fator de escala para meridiano central igual a 0,9996 conforme acordado em consulta prévia a CPRM.

A seguir a Figura 13 apresenta os parâmetros utilizados para definição da projeção no *software* Oasis Montaj.

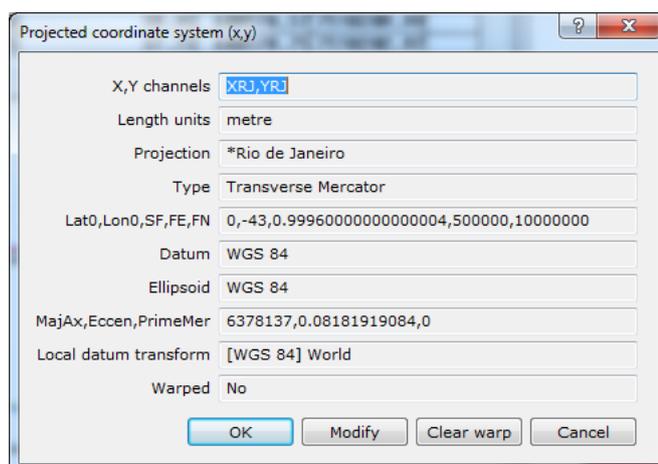


Figura 13 – Parâmetros para a Definição da Projeção no Oasis Montaj

As Figuras 14 e 15 ilustram a articulação das folhas relativas aos mapas apresentados nas escalas 1:100.000 e 1:250.000, respectivamente.

A Tabela 19 apresenta os diversos tipos de mapas apresentados e suas características:

Tabela 19 – Características da Apresentação dos Mapas Aerogeofísicos.

| Tema | Padrão (1:100.000) | Padrão (1:250.000) | Folha Única (1:500.000) |
|---|--------------------------------------|--------------------------------|--|
| Campo Magnético Total (reduzido do IGRF) | Contorno, imagem e planimetria | Contorno, imagem e planimetria | Imagem sombreada (pseudo-iluminação) e planimetria |
| 1ª.Derivada Vertical do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF) | Contorno, imagem e planimetria | Contorno, imagem e planimetria | Imagem sombreada (pseudo-iluminação) e planimetria |
| Sinal Analítico do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF) | Contorno, imagem e planimetria | Contorno, imagem e planimetria | Imagem sombreada (pseudo-iluminação) e planimetria |
| Radiométrico de Contagem Total | Contorno, imagem e planimetria | Contorno, imagem e planimetria | Imagem e planimetria |
| Radiométrico de Potássio | Contorno, imagem e planimetria | Contorno, imagem e planimetria | Imagem e planimetria |
| Radiométrico de Urânio | Contorno, imagem e planimetria | Contorno, imagem e planimetria | Imagem e planimetria |
| Radiométrico de Tório | Contorno, imagem e planimetria | Contorno, imagem e planimetria | Imagem e planimetria |
| Razão Radiométrica eU/eTh | Imagem e planimetria | Imagem e planimetria | Imagem e planimetria |
| Razão Radiométrica eU/K | Imagem e planimetria | Imagem e planimetria | Imagem e planimetria |
| Razão Radiométrico eTh/K | Imagem e planimetria | Imagem e planimetria | Imagem e planimetria |
| Radiométrico Ternário | - | - | Imagem e planimetria |
| Modelo Digital do Terreno | - | - | Imagem sombreada (pseudo-iluminação) e planimetria |
| Traço de Linhas de Voo (digital) | Traço de linhas de voo e Planimetria | - | - |

As especificações dos intervalos de contorno utilizados constam da Tabela 20 a seguir:

Tabela 20 – Características dos intervalos de contorno dos mapas aerogeofísicos.

| Tema | Padrão (1:100.000) | Padrão (1:250.000) |
|---|---------------------------|---------------------------|
| Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF) | 20 e 100 nT | 20 e 100 nT |
| 1ª Derivada Vertical do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF) | 0,02 e 0,1 nT/m | 0,02 e 0,1 nT/m |
| Sinal Analítico do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF) | 0,01 e 0,05 nT/m | 0,02 e 0,1 nT/m |
| Radiométrico de Contagem Total | 0,5 e 2,5 µR/h | 0,5 e 2,5 µR/h |
| Radiométrico de Potássio | 0,1 e 0,5 % | 0,1 e 0,5 % |
| Radiométrico de Urânio | 0,2 e 1,0 ppm | 0,1 e 0,5 ppm |
| Radiométrico de Tório | 2,0 e 10,0 ppm | 2,0 e 10,0 ppm |
| Razão Radiométrica eU/eTh | - | - |
| Razão Radiométrica eU/K | - | - |
| Razão Radiométrica eTh/K | - | - |

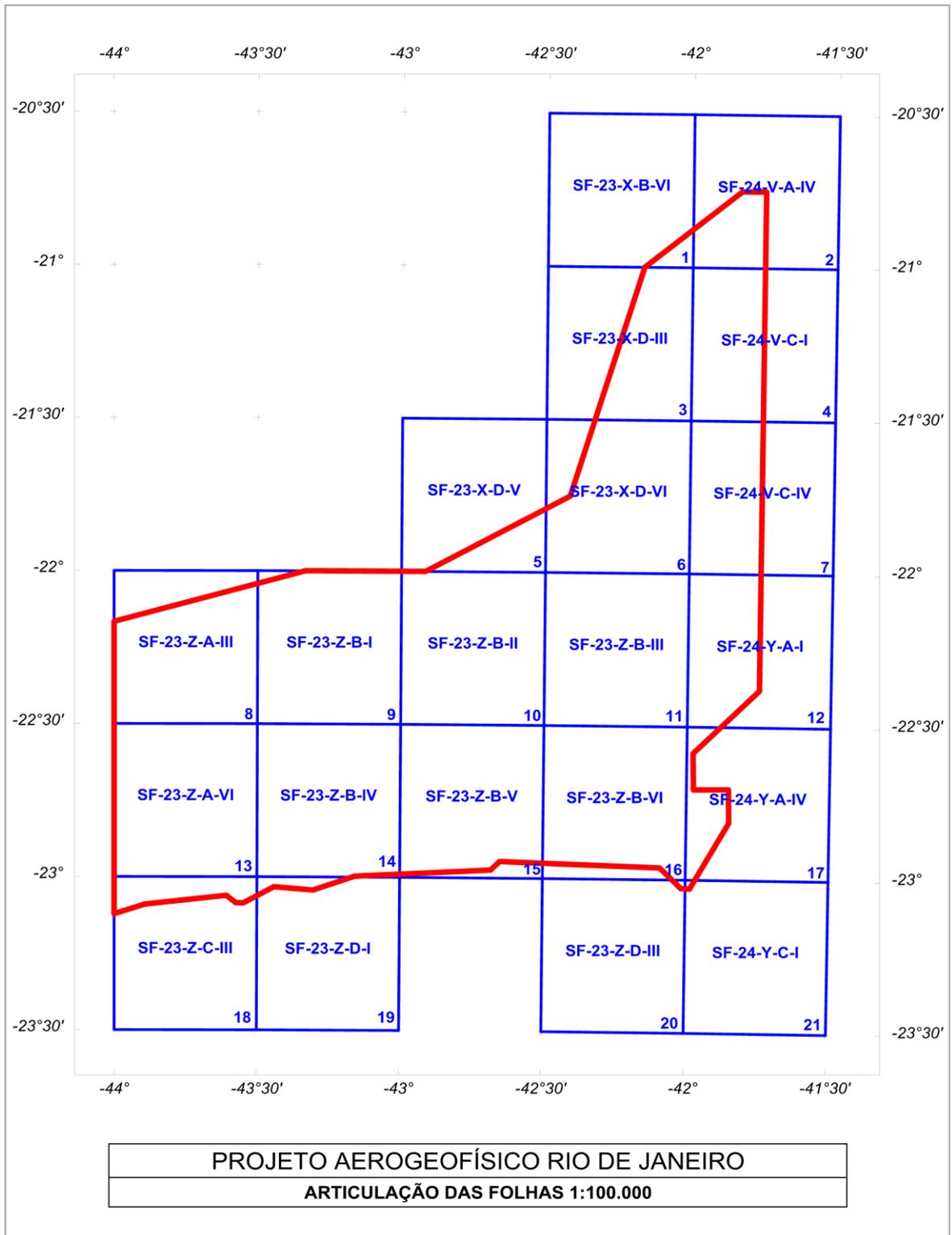


Figura 14 – Articulação das folhas na escala 1:100.000.

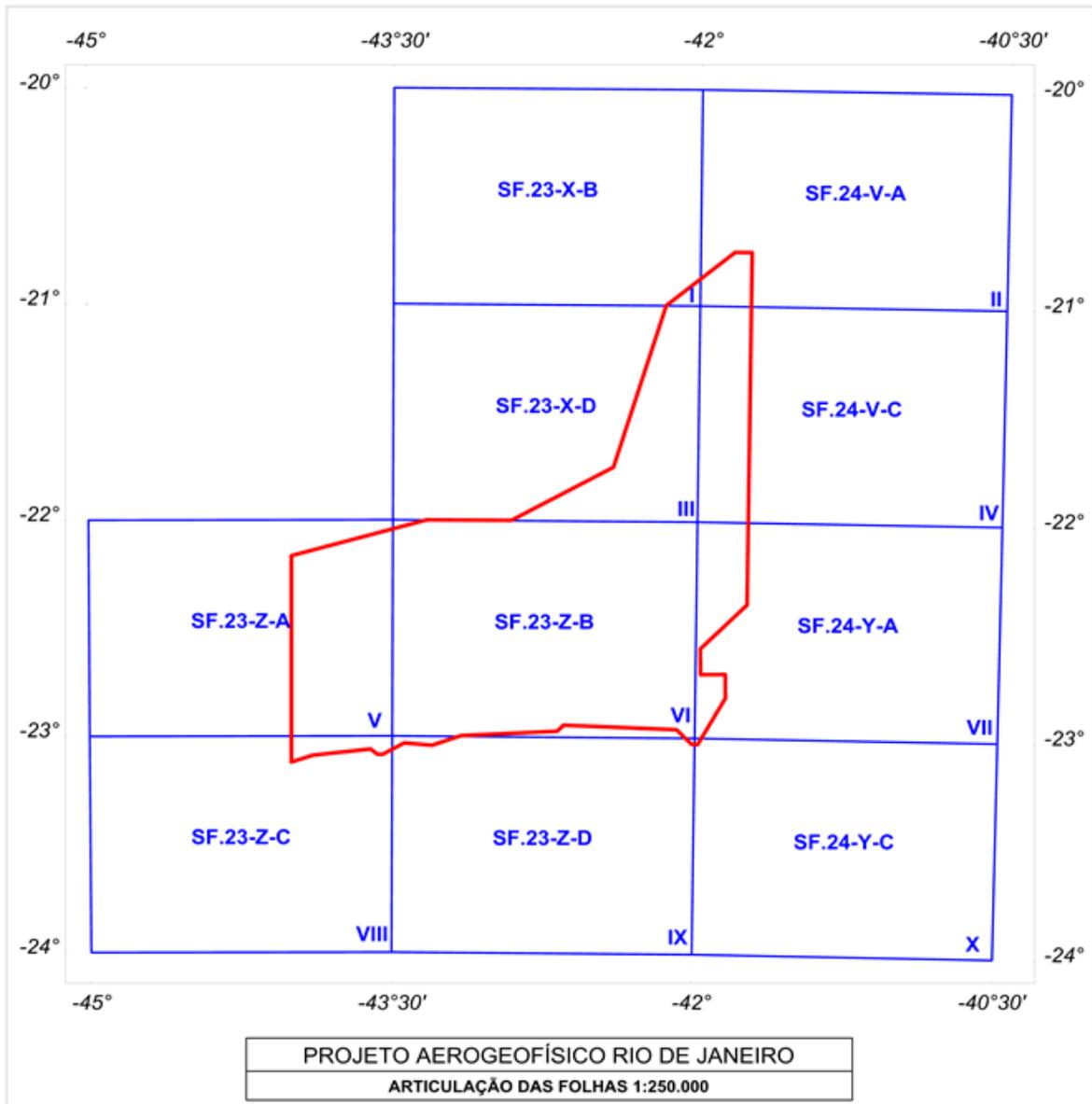


Figura 15 – Articulação das folhas na escala 1:250.000.

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 1:500.000, foram elaborados na forma de pseudo-iluminação projetada perpendicularmente às estruturas principais definidas pela Magnetometria. Nos mapas de pseudo-iluminação foram adotados o ângulo de 45° para azimute e de 45° para inclinação da fonte de iluminação aplicada.

Os mapas magnetométricos nas escalas 1:250.000 e 1:100.000, foram elaborados na forma de imagem colorida, com traços de contorno superpostos.

A título de ilustração, os mapas magnetométricos do Campo Total e do Sinal Analítico estão sendo apresentados nas Figuras 16 e 17 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 1:100.000 e 1:250.000 a imagem se superpõe à planimetria básica e as curvas de contorno.

Para a escala de 1:500.000, as curvas de contorno não são apresentadas.

Os valores radiométricos foram convertidos de contagens 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 A4, está sendo apresentado na Figura 18.

5.3. Mapa Radiométrico Ternário

Mapa elaborado apenas na escala 1:500.000 (folha única), expressa a razão entre os três canais radiométricos (K, U, Th), cujas variações são indicadas por diferentes matizes de cores. As tonalidades variam entre o vermelho (100% K), verde (100% eTh) e azul (100% eU). 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 A4, está sendo apresentado na Figura 19.

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 1:500.000, 1:250.000 e 1:100.000 a imagem se superpõe à planimetria básica. O mapa

radiométrico da razão Tório/Potássio está sendo elaborado em escala reduzida para tamanho A-4, sendo apresentado na Figura 20.

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 1:500.000 em cores e pseudo-iluminado, com inclinação da fonte de luz de 45° e direção da mesma em 45°, com a planimetria superposta.

O mapa pseudo-iluminado do modelo digital do terreno, também elaborado em escala reduzida para tamanho A4, está apresentado na Figura 21, 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. Mapa de Traço de Linhas de Voo

Estes mapas apresentam o caminho percorrido ao longo das linhas levantadas. A numeração das linhas é apresentada nas extremidades de cada linha e *ticks* a cada 10 fiduciais, sendo numeradas a cada 100 fiduciais. Os mapas de traço de linhas de voo são apresentados somente em escala 1:100.000 na forma digital, não sendo portanto apresentados impressos, não obstante os arquivos de plotagem acompanharão os produtos finais.

5.7. Relatório Final

O relatório final está sendo apresentado em 14 volumes (Volume I – Texto Técnico e demais como Anexos), em 4 (quatro) vias, contendo a descrição das operações conduzidas no projeto 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 do geógrafo Luis Otávio de Carvalho Simões, do engenheiro cartógrafo e mestre em geofísica Álvaro Augusto Pereira e do geólogo Alexandre Lisboa Lago da CPRM - Serviço Geológico do Brasil.

5.8. Arquivos Digitais Finais

Os dados obtidos no processamento de dados estão sendo apresentados em 1 (um) CD-ROM e 4 (três) DVD-ROMs em 4 (quatro) 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 21, 22, 23 e 24.

Os dados digitais dos bancos de dados magnetométricos e gamaespectrométricos da *GEOSOFT* (GDB) são apresentados, respectivamente, nas Tabelas 21 e 22.

Os Arquivos de malha (*Grids*), os bancos de dados, bem como os arquivos XYZ e cruzamentos estão apresentados com as coordenadas métricas referenciadas a Transversa de Mercator (Meridiano Central 43° WGr). Maiores informações estão expostas no arquivo *Leiname.pdf* presente em cada mídia DVD, bem como no Anexo IV.

Os mapas foram gravados em arquivos de plotagem do tipo HPGL (*Hewlett Packard Graphics Language*), PDF (*Portable Document Format*) e *GEOSOFT MAP*. As informações planimétricas foram confeccionadas com auxílio do *software ArcGis Engine* versão 9.3.1770 (*ESRI, 2007*).

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 voo numeradas de 13950 a 14760 para a aeronave PT-MED, e as linhas de voo de 20810 a 40710 e as linhas de controle de 19010 a 19260 para a aeronave PR-PEC. A listagem ainda inclui as linhas de voo numeradas de 13940 a 22820 foram voadas por ambas das aeronaves. 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.

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

| Campo | Descrição | Unidade |
|--------------|--|----------------|
| X | Coordenada UTM Leste | m |
| Y | Coordenada UTM Norte | m |
| FIDUCIAL | Fiducial | - |
| GPSALT | Altitude GPS | m |
| BARO | Altitude Barométrica | m |
| ALTURA | Altura de Voo (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 22 – Banco de dados Geosoft (GDB) – Gamaespectrometria.

| Campo | Descrição | Unidade |
|--------------|-------------------------------------|----------------|
| X | Coordenada UTM Leste | m |
| Y | Coordenada UTM Norte | m |
| FIDUCIAL | Fiducial | - |
| GPSALT | Altitude GPS | m |
| BARO | Altitude Barométrica | m |
| ALTURA | Altura de Voo (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 | µR/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 23 – Banco de dados *Geosoft* (GDB) – Gamaespectrometria 256 canais.

| | | |
|----------|--|-----|
| 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 24 – Arquivo de Cruzamento XYZ – Magnetometria.

| | | |
|----------|---|----|
| X | Coordenada UTM Leste | m |
| Y | Coordenada UTM Norte | m |
| FIDUCIAL | Fiducial | - |
| GPSALT | Altitude GPS | m |
| ALTURA | Altura de Voo (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 Voo | - |

5.9. Arquivos Poligonais

Estão sendo entregues também, no formato *Geosoft* PLY, os arquivos correspondentes ao corte das folhas 1:100.000, 1:250.000 e 1:500.000. 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”.

5.10. 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 Prospectors Aerolevantamentos e Sistemas Ltda., conforme determina a Portaria Nº 637-SC-6/FA-61, do EMFA, de 05.03.1998.

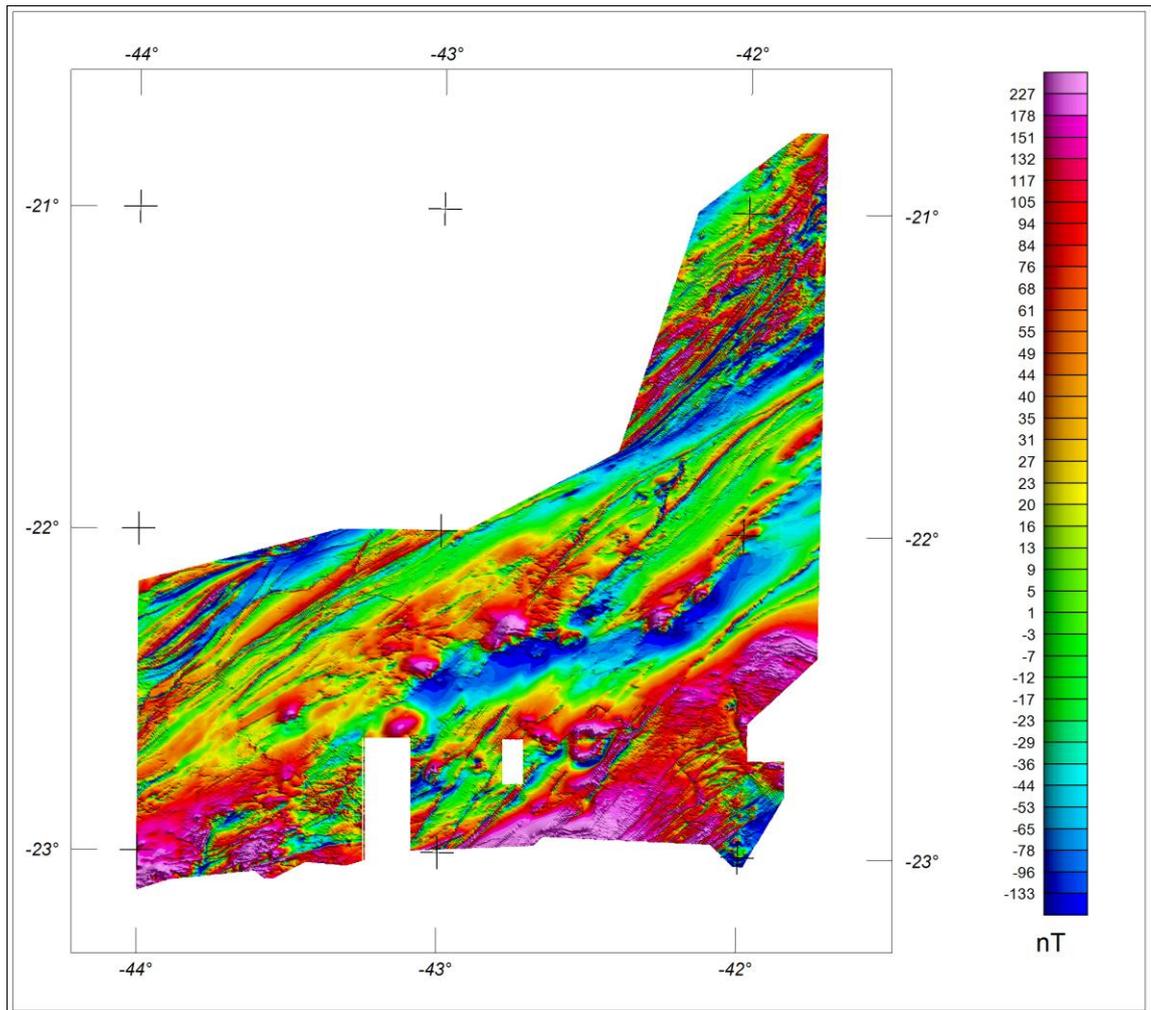


Figura 16 – Mapa pseudo-iluminado do campo magnético total (reduzido do IGRF).
(Azimute da Fonte Luminosa: 45°; Inclinação: 45°)

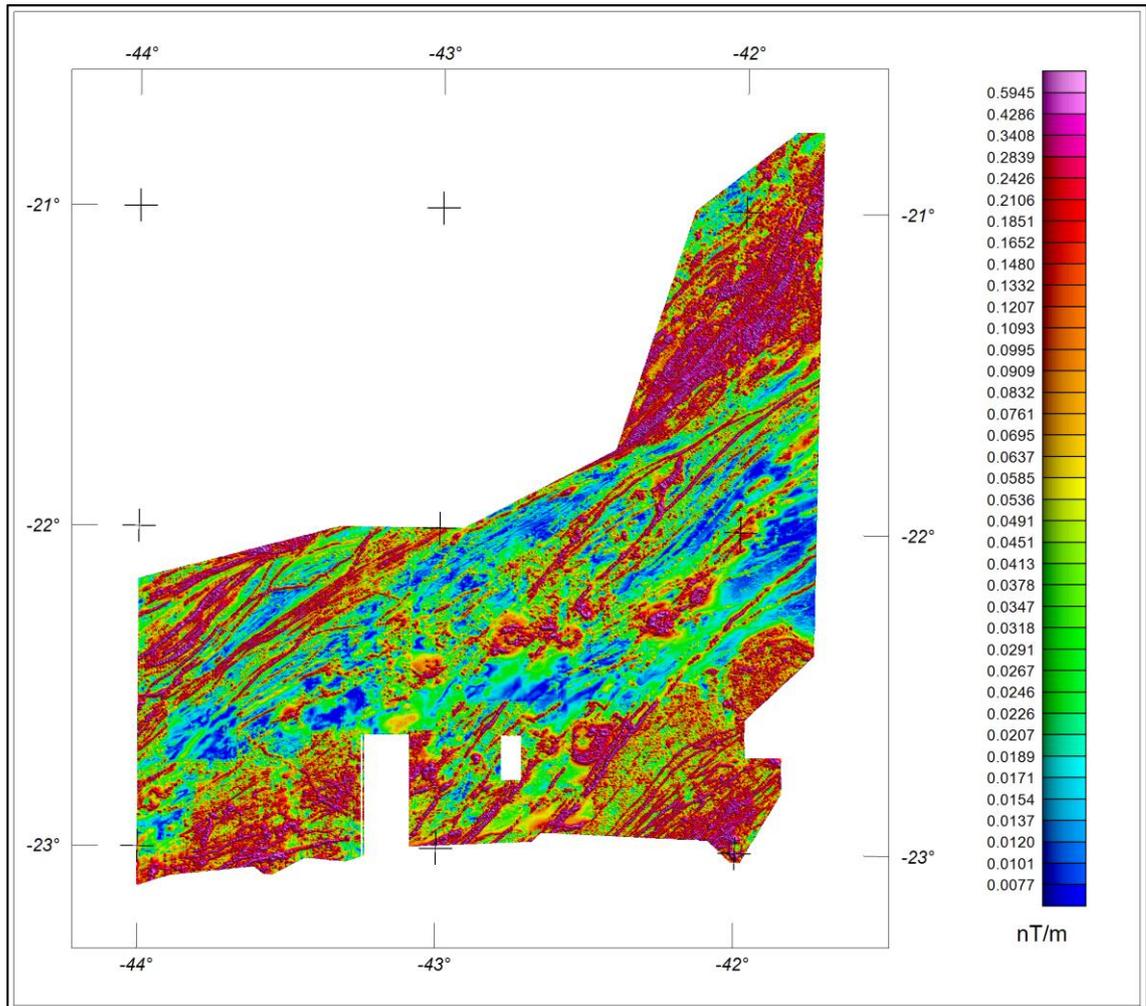


Figura 17 – Mapa pseudo-iluminado do sinal analítico do campo magnético total (reduzido do IGRF).
(Azimute da Fonte Luminosa: 45°; Inclinação: 45°)

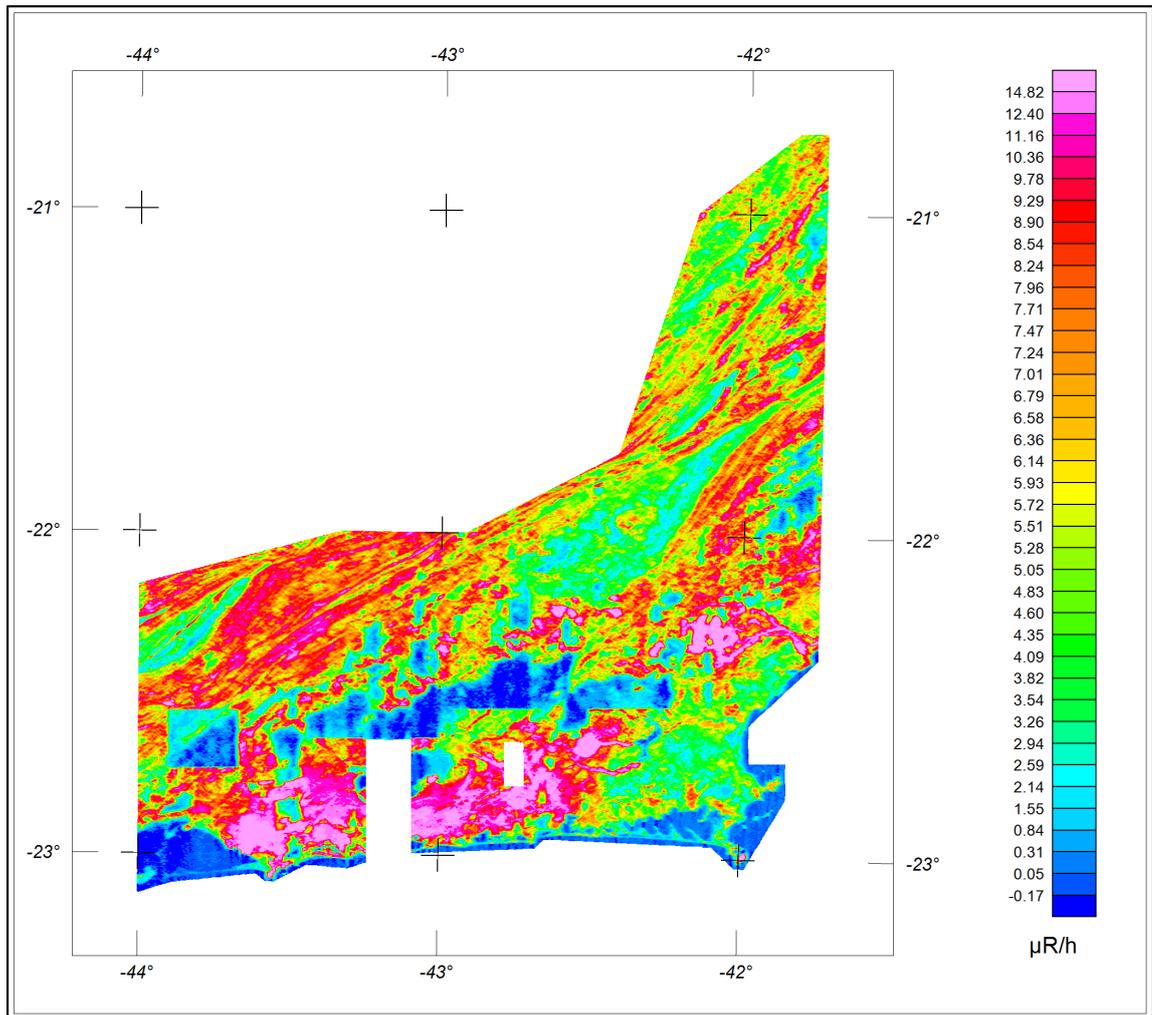


Figura 18 – Mapa Radiométrico da Taxa de Exposição do canal de Contagem Total.

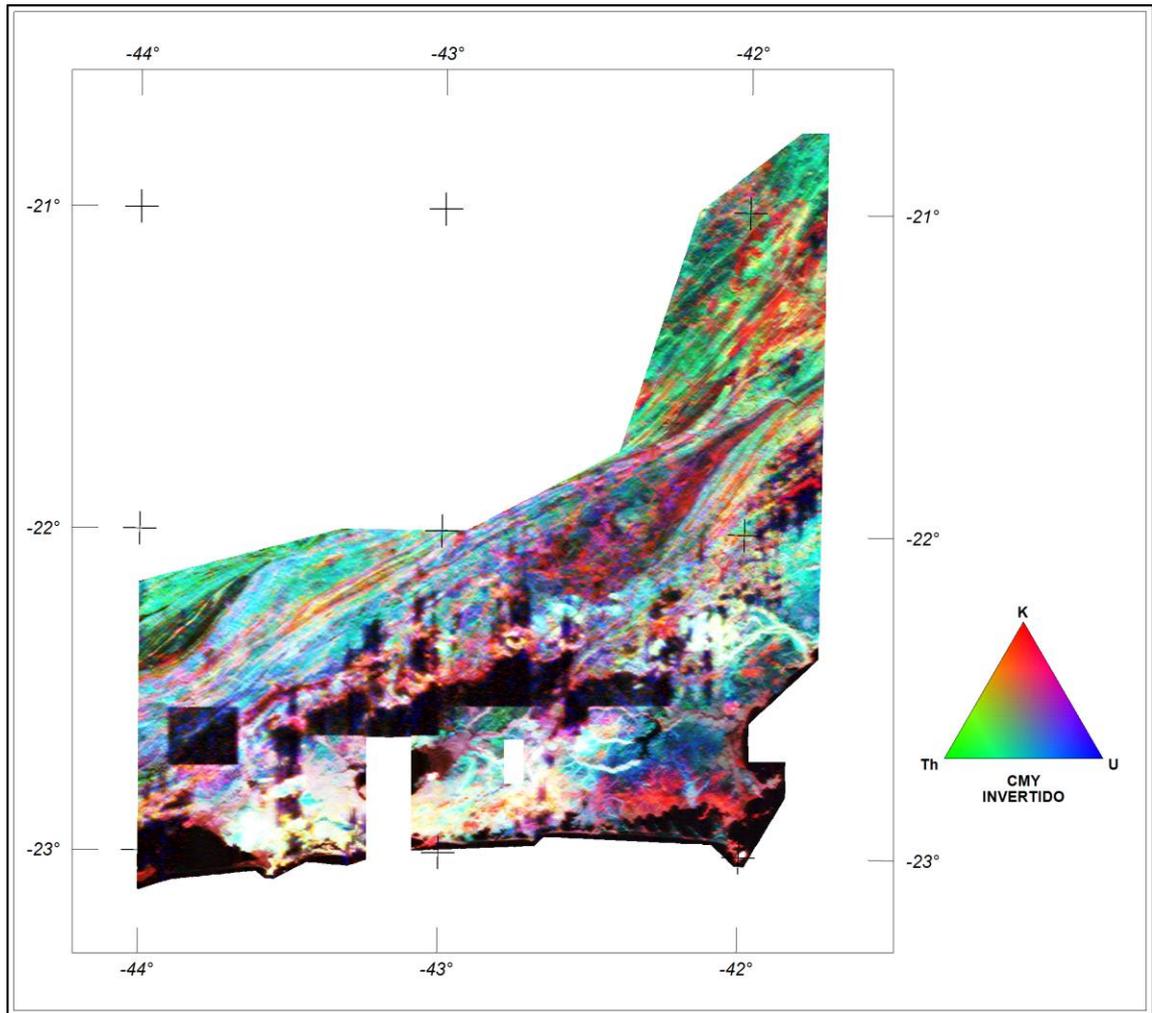


Figura 19 – Mapa Radiométrico Ternário (K-U-Th).

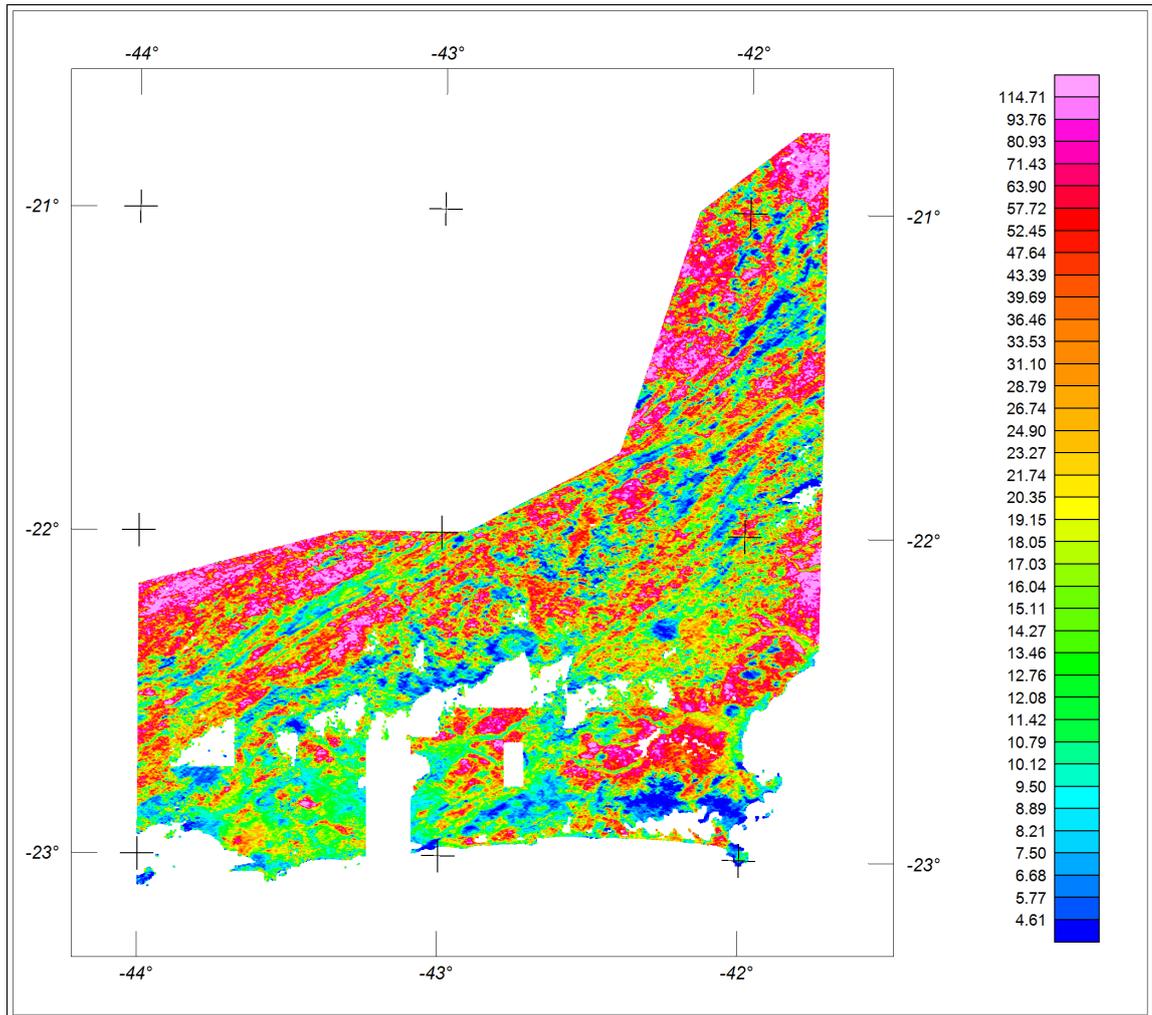


Figura 20 – Mapa Radiométrico da razão Tório / Potássio.

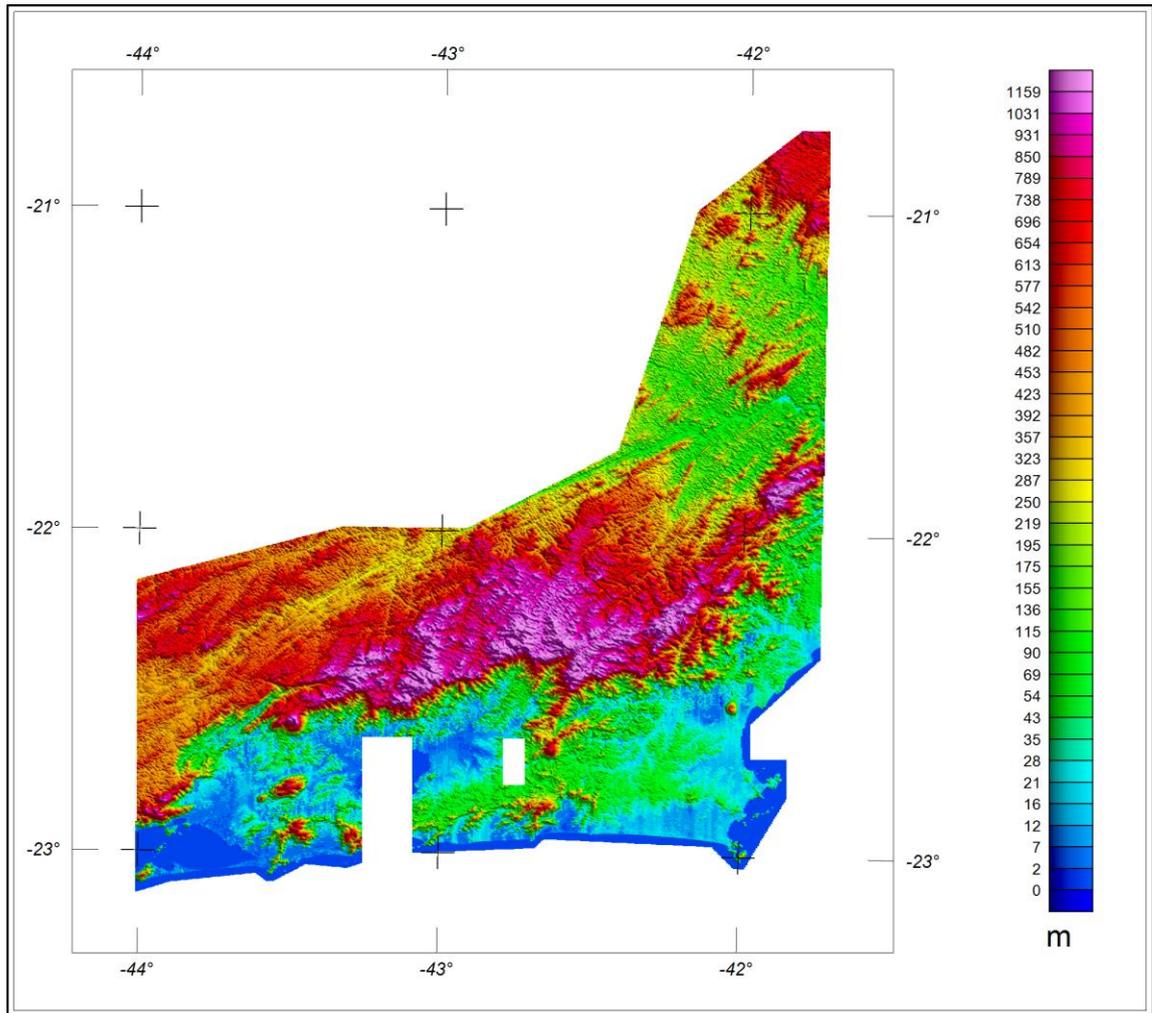


Figura 21 – Mapa pseudo-iluminado do Modelo Digital do Terreno.
(Azimute da Fonte Luminosa: 45°; Inclinação: 45°)

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

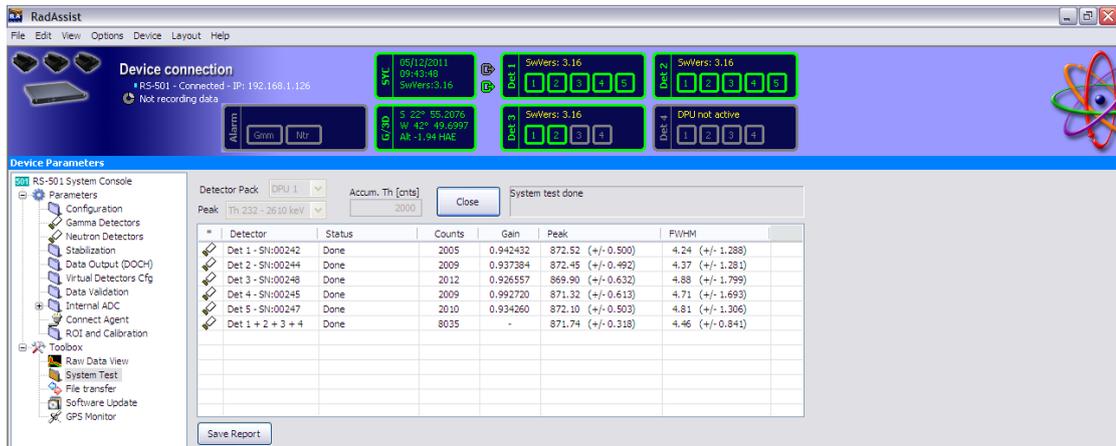
**ANEXO I – a - RESULTADOS DOS TESTES DA RESOLUÇÃO
DOS CRISTAIS DETECTORES
(*DOWNWARD E UPWARD*)**

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO
PROJETO PILOTO DE INVESTIMENTO - PPI
PROJETO AEROGEOFÍSICO RIO DE JANEIRO
CPRM CONTRATO N.º 027/PR/11

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

AERONAVE PIPER NAVAJO PA31-350
PR-PEC

MARICÁ - RJ
12 DE MAIO DE 2011



Arquivo (formato *.jpg) gravado no dia 12/05/2011 no aeroporto municipal de Maricá-RJ mostrando a resolução dos cristais do sistema Radiation Solutions RS-500 da aeronave PR-PEC (Caixa A).



Arquivo (formato *.jpg) gravado no dia 12/05/2011 no aeroporto municipal de Maricá-RJ mostrando a resolução dos cristais do sistema Radiation Solutions RS-500 da aeronave PR-PEC (Caixa B).



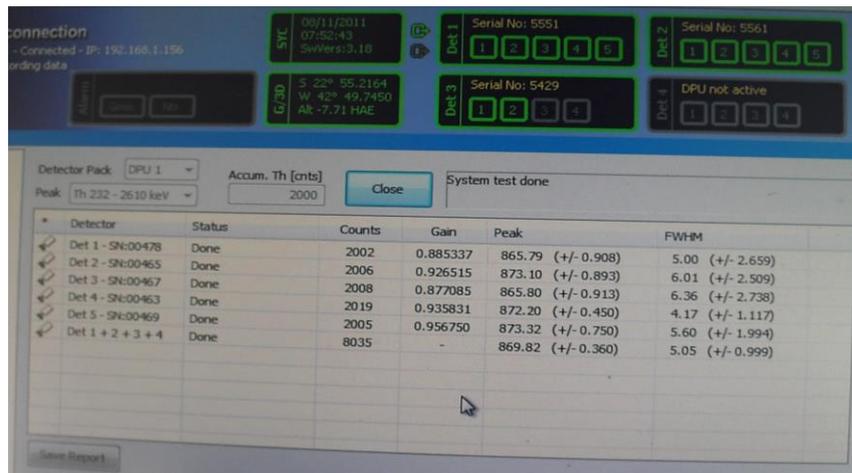
Arquivo (formato *.jpg) gravado no dia 12/05/2011 no aeroporto municipal de Maricá-RJ mostrando a resolução dos cristais do sistema Radiation Solutions RS-500 da aeronave PR-PEC (Caixa C).

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO
PROJETO PILOTO DE INVESTIMENTO - PPI
PROJETO AEROGEOFÍSICO RIO DE JANEIRO
CPRM CONTRATO N.º 027/PR/11

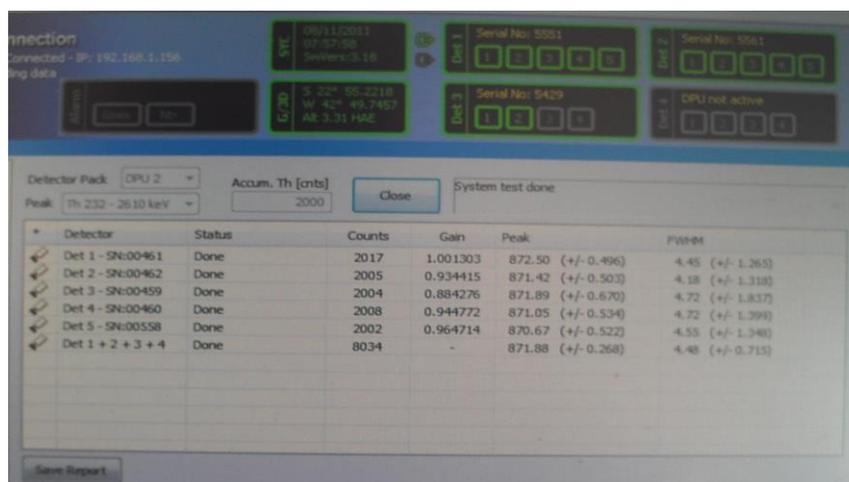
RESULTADOS DOS TESTES DA RESOLUÇÃO
DOS CRISTAIS DETECTORES
(*DOWNWARD E UPWARD*)

AERONAVE CESSNA CARAVAN C208B
PT-MED

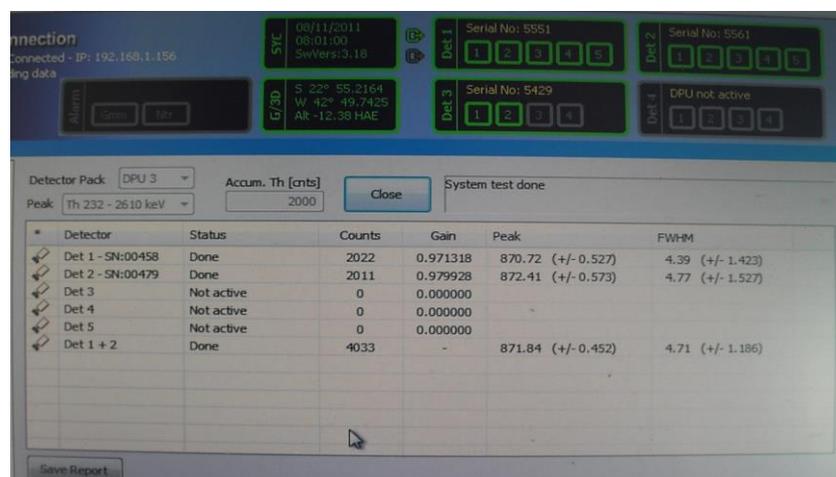
MARICÁ - RJ
11 DE AGOSTO DE 2011



Arquivo (formato *.jpg) gravado no dia 11/08/2011 no hangar em Maricá-RJ (Pads da USP) mostrando a resolução dos cristais do sistema Radiation Solutions RS-500 da aeronave PT-MED (Caixa A).



Arquivo (formato *.jpg) gravado no dia 11/08/2011 no hangar em Maricá-RJ (Pads da USP) mostrando a resolução dos cristais do sistema Radiation Solutions RS-500 da aeronave PT-MED (Caixa B).



Arquivo (formato *.jpg) gravado no dia 11/08/2011 no hangar em Maricá-RJ (Pads da USP) mostrando a resolução dos cristais do sistema Radiation Solutions RS-500 da aeronave PT-MED (Caixa C).

**ANEXO I – b - RESULTADOS DOS TESTES DOS COEFICIENTES
DE ESPALHAMENTO *COMPTON***

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO
PROJETO PILOTO DE INVESTIMENTO - PPI
PROJETO AEROGEOFÍSICO RIO DE JANEIRO
CPRM CONTRATO N.º 027/PR/11

RESULTADO DO TESTE DOS COEFICIENTES
DE ESPALHAMENTO *COMPTON*

AERONAVE PIPER NAVAJO PA31-350
PR-PEC

MARICÁ - RJ
12 DE MAIO DE 2011

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

| Planilha contendo o Resumo das Contagens de Cada Elemento <u>Aeronave Piper Navajo PA 31-350 - PR-PEC</u> Obs.: Os valores abaixo foram corrigidos do <i>live time</i> | | | | | |
|---|-------------------|------------------|------------------------|------------------|-------------------|
| Pacote de cristais A (1.024 pol³) | | | Elementos (cps) | | |
| Num. Linha | Tanque | Tempo (s) | K (média) | U (média) | Th (média) |
| BG1 | <i>Background</i> | 600 | 332,47 | 55,73 | 98,66 |
| TH1 | Tório | 600 | 452,84 | 146,48 | 334,26 |
| U1 | Urânio | 600 | 490,80 | 236,68 | 141,28 |
| K1 | Potássio | 600 | 532,06 | 48,72 | 87,30 |
| Pacote de cristais B (1.024 pol³) | | | Elementos (cps) | | |
| Num. Linha | Tanque | Tempo (s) | K (média) | U (média) | Th (média) |
| BG2 | <i>Background</i> | 600 | 260,61 | 46,69 | 80,32 |
| TH2 | Tório | 600 | 321,80 | 97,28 | 207,35 |
| U2 | Urânio | 600 | 347,59 | 146,46 | 103,91 |
| K2 | Potássio | 600 | 363,68 | 42,47 | 72,93 |
| Pacote de cristais C (512 pol³) | | | Elementos (cps) | | |
| Num. Linha | Tanque | Tempo (s) | K (média) | U (média) | Th (média) |
| BG3 | <i>Background</i> | 600 | 196,64 | 32,20 | 57,49 |
| TH3 | Tório | 600 | 223,41 | 53,45 | 112,13 |
| U3 | Urânio | 600 | 232,82 | 74,63 | 67,57 |
| K3 | Potássio | 600 | 240,51 | 30,71 | 55,10 |

| Planilha contendo o Resumo das Contagens de Cada Elemento | | | | |
|--|------------------|------------------------------|----------|-----------|
| <u>Aeronave Piper Navajo PA 31-350 - PR-PEC</u> | | | | |
| Obs.: Os valores abaixo foram corrigidos do <i>live time</i> | | | | |
| Pacote de cristais A (1.024 pol³) | | Elementos (Acumulado) | | |
| Tanque | Tempo (s) | K | U | Th |
| <i>Background</i> | 600 | 199482 | 33435 | 59195 |
| Tório | 600 | 271705 | 87888 | 200553 |
| Urânio | 600 | 294478 | 142009 | 84768 |
| Potássio | 600 | 319238 | 29232 | 52377 |
| Pacote de cristais B (1.024 pol³) | | Elementos (Acumulado) | | |
| Tanque | Tempo (s) | K | U | Th |
| <i>Background</i> | 600 | 156367 | 28015 | 48187 |
| Tório | 600 | 193078 | 58370 | 124410 |
| Urânio | 600 | 208554 | 87876 | 62348 |
| Potássio | 600 | 218210 | 25481 | 43757 |
| Pacote de cristais C (512 pol³) | | Elementos (Acumulado) | | |
| Tanque | Tempo (s) | K | U | Th |
| <i>Background</i> | 600 | 117980 | 19320 | 34490 |
| Tório | 600 | 134049 | 32067 | 67280 |
| Urânio | 600 | 139691 | 44777 | 40542 |
| Potássio | 600 | 144307 | 18424 | 33058 |
| Pacotes de cristais A, B e C (2.560 pol³) | | Elementos (Acumulado) | | |
| Tanque | Tempo (s) | K | U | Th |
| <i>Background</i> | 600 | 473828 | 80769 | 141872 |
| Tório | 600 | 598832 | 178325 | 392243 |
| Urânio | 600 | 642723 | 274662 | 187658 |
| Potássio | 600 | 681755 | 73137 | 129192 |

Cópia do arquivo de saída do programa PADWIN com o resultado do Teste sobre o Tanque de Calibração da USP 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 | .700 (.000) | 2.00 (.20) | 8.80 (.30) |
| K Pad | 6.400 (.200) | .10 (.10) | 1.40 (.20) |
| U Pad | .900 (.100) | 60.50 (.60) | 26.50 (.40) |
| T Pad | .800 (.000) | 9.80 (.50) | 142.82 (.00) |

GEOMETRIC CORRECTION FACTORS:

POTASSIUM URANIUM THORIUM

1.17 1.17 1.19

Maricá-RJ, 12/05/2011 - Caixa A - PR-PEC

WINDOW COUNTS:

| | TIME (M) | K COUNTS | U COUNTS | TH COUNTS |
|-------|----------|----------|----------|-----------|
| B Pad | 600.0 | 199482. | 33435. | 59195. |
| K Pad | 600.0 | 319238. | 29232. | 52377. |
| U Pad | 600.0 | 294478. | 142009. | 84768. |
| T Pad | 600.0 | 271705. | 87888. | 200553. |

1

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

| | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 3.675E+01 (1.310E+00) | 2.359E+00 (7.187E-02) | 7.335E-01 (1.325E-02) |
| 4.074E-01 (1.495E-01) | 2.939E+00 (3.438E-02) | 5.058E-01 (1.271E-02) |
| 3.396E-01 (1.552E-01) | 1.991E-01 (1.786E-02) | 1.746E+00 (7.205E-03) |

INVERSE A-MATRIX:

| | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|
| 2.750E-02 (9.783E-04) | -2.171E-02 (1.021E-03) | -5.260E-03 (3.323E-04) |
| -2.949E-03 (1.377E-03) | 3.494E-01 (3.960E-03) | -9.998E-02 (2.916E-03) |
| -5.012E-03 (2.434E-03) | -3.562E-02 (3.248E-03) | 5.851E-01 (2.402E-03) |

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 3.675E+01 (1.310E+00) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 2.939E+00 (3.438E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 1.746E+00 (7.205E-03) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 4.300E+01 (1.533E+00) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 3.438E+00 (4.022E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 2.078E+00 (8.574E-03) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2897 (.0072)

TH INTO K (BETA = A13/A33): .4201 (.0076)

U INTO K (GAMMA = A12/A22): .8027 (.0228)

U INTO TH (A = A32/A22): .0678 (.0060)

K INTO TH (B = A31/A11): .0092 (.0042)

K INTO U (G = A21/A11): .0111 (.0040)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 2.956E+02 (1.431E+00) COUNTS/M

U WINDOW : 4.511E+01 (8.375E-01) COUNTS/M

TH WINDOW : 8.266E+01 (8.128E-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 da USP 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 | .700 (.000) | 2.00 (.20) | 8.80 (.30) |
| K Pad | 6.400 (.200) | .10 (.10) | 1.40 (.20) |
| U Pad | .900 (.100) | 60.50 (.60) | 26.50 (.40) |
| T Pad | .800 (.000) | 9.80 (.50) | 142.82 (.00) |

GEOMETRIC CORRECTION FACTORS:

POTASSIUM URANIUM THORIUM

1.17 1.17 1.19

Maricá-RJ, 12/05/2011 - Caixa B - PR-PEC

WINDOW COUNTS:

| | TIME (M) | K COUNTS | U COUNTS | TH COUNTS |
|-------|----------|----------|----------|-----------|
| B Pad | 600.0 | 156367. | 28015. | 48187. |
| K Pad | 600.0 | 218210. | 25481. | 43757. |
| U Pad | 600.0 | 208554. | 87876. | 62348. |
| T Pad | 600.0 | 193078. | 58370. | 124410. |

1

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

| | | |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1.900E+01 (6.931E-01) | 1.311E+00 (3.972E-02) | 3.661E-01 (9.077E-03) |
| 1.664E-01 (9.980E-02) | 1.619E+00 (2.018E-02) | 2.831E-01 (7.504E-03) |
| -3.404E-02 (1.117E-01) | 1.188E-01 (1.198E-02) | 9.410E-01 (5.425E-03) |

INVERSE A-MATRIX:

| | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|
| 5.300E-02 (1.935E-03) | -4.234E-02 (1.997E-03) | -7.879E-03 (6.796E-04) |
| -5.912E-03 (3.366E-03) | 6.363E-01 (7.777E-03) | -1.891E-01 (5.842E-03) |
| 2.664E-03 (6.362E-03) | -8.189E-02 (7.595E-03) | 1.086E+00 (6.310E-03) |

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 1.900E+01 (6.931E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 1.619E+00 (2.018E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 9.410E-01 (5.425E-03) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 2.222E+01 (8.109E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 1.894E+00 (2.361E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 1.120E+00 (6.455E-03) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .3009 (.0080)

TH INTO K (BETA = A13/A33): .3890 (.0097)

U INTO K (GAMMA = A12/A22): .8097 (.0232)

U INTO TH (A = A32/A22): .0734 (.0073)

K INTO TH (B = A31/A11): -.0018 (.0059)

K INTO U (G = A21/A11): .0088 (.0052)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 2.415E+02 (9.960E-01) COUNTS/M

U WINDOW : 4.085E+01 (5.367E-01) COUNTS/M

TH WINDOW : 7.182E+01 (5.673E-01) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

"" 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 | .700 (.000) | 2.00 (.20) | 8.80 (.30) |
| K Pad | 6.400 (.200) | .10 (.10) | 1.40 (.20) |
| U Pad | .900 (.100) | 60.50 (.60) | 26.50 (.40) |
| T Pad | .800 (.000) | 9.80 (.50) | 142.82 (.00) |

GEOMETRIC CORRECTION FACTORS:

POTASSIUM URANIUM THORIUM

1.17 1.17 1.19

Maricá-RJ, 12/05/2011 - Caixa C - PR-PEC

WINDOW COUNTS:

| | TIME (M) | K COUNTS | U COUNTS | TH COUNTS |
|-------|----------|----------|----------|-----------|
| B Pad | 600.0 | 117980. | 19320. | 34490. |
| K Pad | 600.0 | 144307. | 18424. | 33058. |
| U Pad | 600.0 | 139691. | 44777. | 40542. |
| T Pad | 600.0 | 134049. | 32067. | 67280. |

1

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

| | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 8.089E+00 (3.239E-01) | 5.418E-01 (2.058E-02) | 1.623E-01 (6.422E-03) |
| 1.213E-01 (6.637E-02) | 6.891E-01 (1.033E-02) | 1.183E-01 (3.922E-03) |
| 1.233E-01 (8.363E-02) | 4.952E-02 (8.158E-03) | 4.048E-01 (3.948E-03) |

INVERSE A-MATRIX:

| | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|
| 1.254E-01 (5.069E-03) | -9.703E-02 (5.155E-03) | -2.191E-02 (2.323E-03) |
| -1.585E-02 (1.282E-02) | 1.495E+00 (2.227E-02) | -4.306E-01 (1.643E-02) |
| -3.627E-02 (2.616E-02) | -1.533E-01 (2.872E-02) | 2.530E+00 (2.461E-02) |

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 8.089E+00 (3.239E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 6.891E-01 (1.033E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 4.048E-01 (3.948E-03) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 9.464E+00 (3.790E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 8.062E-01 (1.208E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 4.817E-01 (4.699E-03) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2923 (.0100)

TH INTO K (BETA = A13/A33): .4009 (.0162)

U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7863 (.0295)

U INTO TH (A = A32/A22): .0719 (.0118)

K INTO TH (B = A31/A11): .0152 (.0103)

K INTO U (G = A21/A11): .0150 (.0082)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 1.885E+02 (7.444E-01) COUNTS/M

U WINDOW : 2.970E+01 (3.343E-01) COUNTS/M

TH WINDOW : 5.374E+01 (4.082E-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 da USP 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 | .700 (.000) | 2.00 (.20) | 8.80 (.30) |
| K Pad | 6.400 (.200) | .10 (.10) | 1.40 (.20) |
| U Pad | .900 (.100) | 60.50 (.60) | 26.50 (.40) |
| T Pad | .800 (.000) | 9.80 (.50) | 142.82 (.00) |

GEOMETRIC CORRECTION FACTORS:

POTASSIUM URANIUM THORIUM

1.17 1.17 1.19

Maricá-RJ, 12/05/2011 - Caixa A+B+C - PR-PEC

WINDOW COUNTS:

| | TIME (M) | K COUNTS | U COUNTS | TH COUNTS |
|-------|----------|----------|----------|-----------|
| B Pad | 600.0 | 473828. | 80769. | 141872. |
| K Pad | 600.0 | 681755. | 73137. | 129192. |
| U Pad | 600.0 | 642723. | 274662. | 187658. |
| T Pad | 600.0 | 598832. | 178325. | 392243. |

1

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

6.384E+01 (2.268E+00) 4.212E+00 (1.241E-01) 1.262E+00 (2.224E-02)
 6.954E-01 (2.587E-01) 5.247E+00 (6.002E-02) 9.073E-01 (2.225E-02)
 4.289E-01 (2.607E-01) 3.675E-01 (3.010E-02) 3.092E+00 (1.094E-02)

INVERSE A-MATRIX:

1.582E-02 (5.607E-04) -1.250E-02 (5.785E-04) -2.787E-03 (1.793E-04)
 -1.753E-03 (7.644E-04) 1.960E-01 (2.168E-03) -5.679E-02 (1.612E-03)
 -1.986E-03 (1.330E-03) -2.156E-02 (1.724E-03) 3.306E-01 (1.143E-03)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 6.384E+01 (2.268E+00) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 5.247E+00 (6.002E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 3.092E+00 (1.094E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 7.469E+01 (2.654E+00) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 6.139E+00 (7.022E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 3.679E+00 (1.302E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2934 (.0071)

TH INTO K (BETA = A13/A33): .4081 (.0071)

U INTO K (GAMMA = A12/A22): .8027 (.0219)

U INTO TH (A = A32/A22): .0700 (.0056)

K INTO TH (B = A31/A11): .0067 (.0041)

K INTO U (G = A21/A11): .0109 (.0040)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 7.255E+02 (2.385E+00) COUNTS/M

U WINDOW : 1.156E+02 (1.459E+00) COUNTS/M

TH WINDOW : 2.082E+02 (1.374E+00) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

PROJETO PILOTO DE INVESTIMENTO - PPI

PROJETO AEROGEOFÍSICO RIO DE JANEIRO

CPRM CONTRATO N.º 027/PR/11

RESULTADO DO TESTE DOS COEFICIENTES
DE ESPALHAMENTO *COMPTON*

AERONAVE CESSNA CARAVAN C208B

PT-MED

MARICÁ - RJ
11 DE AGOSTO DE 2011

**Resumo das Contagens de Cada Elemento Sobre os
Tanques de Calibração Transportáveis
Aeronave PT-MED**

| Planilha contendo o Resumo das Contagens de Cada Elemento <u>Aeronave Cessna Caravan C208B - PT-MED</u> | | | | | |
|--|-------------------|------------------|------------------------|------------------|-------------------|
| Obs.: Os valores abaixo foram corrigidos do <i>live time</i> | | | | | |
| Pacote de cristais A (1.024 pol³) | | | Elementos (cps) | | |
| Num. Linha | Tanque | Tempo (s) | K (média) | U (média) | Th (média) |
| BG1 | <i>Background</i> | 600 | 286,93 | 48,85 | 84,45 |
| TH1 | Tório | 600 | 362,02 | 107,66 | 230,59 |
| U1 | Urânio | 600 | 387,38 | 164,52 | 113,58 |
| K1 | Potássio | 600 | 398,39 | 45,40 | 76,43 |
| Pacote de cristais B (1.024 pol³) | | | Elementos (cps) | | |
| Num. Linha | Tanque | Tempo (s) | K (média) | U (média) | Th (média) |
| BG2 | <i>Background</i> | 600 | 292,44 | 46,16 | 84,34 |
| TH2 | Tório | 600 | 369,05 | 102,85 | 231,14 |
| U2 | Urânio | 600 | 391,99 | 160,86 | 112,26 |
| K2 | Potássio | 600 | 413,82 | 41,14 | 77,03 |
| Pacote de cristais C (512 pol³) | | | Elementos (cps) | | |
| Num. Linha | Tanque | Tempo (s) | K (média) | U (média) | Th (média) |
| BG3 | <i>Background</i> | 600 | 166,25 | 26,71 | 49,46 |
| TH3 | Tório | 600 | 201,48 | 53,50 | 116,47 |
| U3 | Urânio | 600 | 211,77 | 79,71 | 61,51 |
| K3 | Potássio | 600 | 218,22 | 24,02 | 46,10 |

| Planilha contendo o Resumo das Contagens de Cada Elemento | | | | |
|--|------------------|------------------------------|----------|-----------|
| <u>Aeronave Cessna Caravan C208B - PT-MED</u> | | | | |
| Obs.: Os valores abaixo foram corrigidos do <i>live time</i> | | | | |
| Pacote de cristais A (1.024 pol³) | | Elementos (Acumulado) | | |
| Tanque | Tempo (s) | K | U | Th |
| <i>Background</i> | 600 | 172157 | 29308 | 50672 |
| Tório | 600 | 217211 | 64596 | 138354 |
| Urânio | 600 | 232428 | 98714 | 68146 |
| Potássio | 600 | 239031 | 27237 | 45857 |
| Pacote de cristais B (1.024 pol³) | | Elementos (Acumulado) | | |
| Tanque | Tempo (s) | K | U | Th |
| <i>Background</i> | 600 | 175464 | 27698 | 50602 |
| Tório | 600 | 221430 | 61707 | 138683 |
| Urânio | 600 | 235191 | 96516 | 67357 |
| Potássio | 600 | 248293 | 24684 | 46218 |
| Pacote de cristais C (512 pol³) | | Elementos (Acumulado) | | |
| Tanque | Tempo (s) | K | U | Th |
| <i>Background</i> | 600 | 99748 | 16026 | 29673 |
| Tório | 600 | 120886 | 32101 | 69882 |
| Urânio | 600 | 127063 | 47825 | 36903 |
| Potássio | 600 | 130929 | 14410 | 27659 |
| Pacotes de cristais A, B e C (2.560 pol³) | | Elementos (Acumulado) | | |
| Tanque | Tempo (s) | K | U | Th |
| <i>Background</i> | 600 | 447369 | 73032 | 130947 |
| Tório | 600 | 559527 | 158404 | 346919 |
| Urânio | 600 | 594682 | 243055 | 172406 |
| Potássio | 600 | 618253 | 66331 | 119734 |

Cópia do arquivo de saída do programa PADWIN com o resultado do teste sobre os tanques de calibração da USP 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   .700 ( .000)   2.00 ( .20)   8.80 ( .30)
K Pad   6.400 ( .200)   .10 ( .10)   1.40 ( .20)
U Pad   .900 ( .100)  60.50 ( .60)  26.50 ( .40)
T Pad   .800 ( .000)   9.80 ( .50)  142.82 ( .00)

GEOMETRIC CORRECTION FACTORS:

POTASSIUM URANIUM THORIUM

    1.17   1.17   1.19

Maricá-RJ, 11/08/2011 - Caixa A - PT-MED

WINDOW COUNTS:

      TIME (M)  K COUNTS  U COUNTS  TH COUNTS
B Pad   600.0  172157.  29308.   50672.
K Pad   600.0  239031.  27237.   45857.
U Pad   600.0  232428.  98714.   68146.
T Pad   600.0  217211.  64596.  138354.
1

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

2.065E+01 (7.520E-01)  1.508E+00 (4.333E-02)  4.571E-01 (9.915E-03)
4.474E-01 (1.103E-01)  1.876E+00 (2.294E-02)  3.293E-01 (8.508E-03)
5.169E-02 (1.191E-01)  1.708E-01 (1.307E-02)  1.080E+00 (5.773E-03)

INVERSE A-MATRIX:

4.929E-02 (1.795E-03) -3.880E-02 (1.795E-03) -9.027E-03 (6.245E-04)
-1.166E-02 (2.933E-03) 5.574E-01 (6.716E-03) -1.650E-01 (5.008E-03)
-5.150E-04 (5.468E-03) -8.623E-02 (6.365E-03) 9.521E-01 (5.114E-03)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

```

K SENSITIVITY (A11) = 2.065E+01 (7.520E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 1.876E+00 (2.294E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 1.080E+00 (5.773E-03) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 2.416E+01 (8.799E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 2.195E+00 (2.684E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 1.286E+00 (6.870E-03) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .3048 (.0078)

TH INTO K (BETA = A13/A33): .4231 (.0092)

U INTO K (GAMMA = A12/A22): .8039 (.0214)

U INTO TH (A = A32/A22): .0910 (.0068)

K INTO TH (B = A31/A11): .0025 (.0058)

K INTO U (G = A21/A11): .0217 (.0052)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 2.654E+02 (1.068E+00) COUNTS/M

U WINDOW : 4.188E+01 (5.935E-01) COUNTS/M

TH WINDOW : 7.457E+01 (6.092E-01) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

Cópia do arquivo de saída do programa PADWIN com o resultado do teste sobre os tanques de calibração da USP 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 | .700 (.000) | 2.00 (.20) | 8.80 (.30) |
| K Pad | 6.400 (.200) | .10 (.10) | 1.40 (.20) |
| U Pad | .900 (.100) | 60.50 (.60) | 26.50 (.40) |
| T Pad | .800 (.000) | 9.80 (.50) | 142.82 (.00) |

GEOMETRIC CORRECTION FACTORS:

POTASSIUM URANIUM THORIUM

1.17 1.17 1.19

Maricá-RJ, 11/08/2011 - Caixa B - PT-MED

WINDOW COUNTS:

| | TIME (M) | K COUNTS | U COUNTS | TH COUNTS |
|-------|----------|----------|----------|-----------|
| B Pad | 600.0 | 175464. | 27698. | 50602. |
| K Pad | 600.0 | 248293. | 24684. | 46218. |
| U Pad | 600.0 | 235191. | 96516. | 67357. |
| T Pad | 600.0 | 221430. | 61707. | 138683. |

1

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

| | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 2.240E+01 (8.117E-01) | 1.483E+00 (4.585E-02) | 4.686E-01 (9.949E-03) |
| 1.484E-01 (1.070E-01) | 1.865E+00 (2.274E-02) | 3.143E-01 (8.426E-03) |
| 1.782E-01 (1.195E-01) | 1.480E-01 (1.305E-02) | 1.087E+00 (5.771E-03) |

INVERSE A-MATRIX:

| | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|
| 4.495E-02 (1.628E-03) | -3.502E-02 (1.667E-03) | -9.258E-03 (6.003E-04) |
| -2.390E-03 (2.623E-03) | 5.506E-01 (6.558E-03) | -1.582E-01 (4.891E-03) |
| -7.045E-03 (4.985E-03) | -6.924E-02 (6.136E-03) | 9.433E-01 (4.999E-03) |

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 2.240E+01 (8.117E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 1.865E+00 (2.274E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 1.087E+00 (5.771E-03) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 2.621E+01 (9.497E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 2.182E+00 (2.661E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 1.293E+00 (6.867E-03) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2892 (.0077)

TH INTO K (BETA = A13/A33): .4312 (.0092)

U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7953 (.0232)

U INTO TH (A = A32/A22): .0793 (.0069)

K INTO TH (B = A31/A11): .0080 (.0053)

K INTO U (G = A21/A11): .0066 (.0048)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 2.697E+02 (1.094E+00) COUNTS/M

U WINDOW : 3.956E+01 (5.844E-01) COUNTS/M

TH WINDOW : 7.435E+01 (6.101E-01) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

Cópia do arquivo de saída do programa PADWIN com o resultado do teste sobre os tanques de calibração da USP 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   .700 ( .000)   2.00 ( .20)   8.80 ( .30)
K Pad   6.400 ( .200)   .10 ( .10)   1.40 ( .20)
U Pad   .900 ( .100)  60.50 ( .60)  26.50 ( .40)
T Pad   .800 ( .000)   9.80 ( .50)  142.82 ( .00)

GEOMETRIC CORRECTION FACTORS:

POTASSIUM URANIUM THORIUM

    1.17   1.17   1.19

Maricá-RJ, 11/08/2011 - Caixa C - PT-MED

WINDOW COUNTS:

          TIME (M)  K COUNTS  U COUNTS  TH COUNTS
B Pad   600.0    99748.   16026.   29673.
K Pad   600.0   130929.  14410.   27659.
U Pad   600.0   127063.  47825.   36903.
T Pad   600.0   120886.  32101.   69882.
1

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

9.624E+00 (3.684E-01)  6.799E-01 (2.249E-02)  2.161E-01 (6.334E-03)
8.847E-03 (6.499E-02)  8.606E-01 (1.180E-02)  1.498E-01 (4.406E-03)
7.450E-02 (8.009E-02)  5.543E-02 (8.145E-03)  4.968E-01 (3.971E-03)

INVERSE A-MATRIX:

1.041E-01 (4.000E-03) -8.093E-02 (3.990E-03) -2.090E-02 (1.682E-03)
1.681E-03 (8.302E-03) 1.184E+00 (1.600E-02) -3.577E-01 (1.217E-02)
-1.580E-02 (1.704E-02) -1.199E-01 (1.852E-02) 2.056E+00 (1.648E-02)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

```

K SENSITIVITY (A11) = 9.624E+00 (3.684E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 8.606E-01 (1.180E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 4.968E-01 (3.971E-03) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 1.126E+01 (4.310E-01) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 1.007E+00 (1.381E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 5.911E-01 (4.726E-03) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .3016 (.0090)

TH INTO K (BETA = A13/A33): .4351 (.0131)

U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7900 (.0254)

U INTO TH (A = A32/A22): .0644 (.0094)

K INTO TH (B = A31/A11): .0077 (.0083)

K INTO U (G = A21/A11): .0009 (.0068)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 1.562E+02 (7.123E-01) COUNTS/M

U WINDOW : 2.366E+01 (3.396E-01) COUNTS/M

TH WINDOW : 4.492E+01 (3.971E-01) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

"" 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 | .700 (.000) | 2.00 (.20) | 8.80 (.30) |
| K Pad | 6.400 (.200) | .10 (.10) | 1.40 (.20) |
| U Pad | .900 (.100) | 60.50 (.60) | 26.50 (.40) |
| T Pad | .800 (.000) | 9.80 (.50) | 142.82 (.00) |

GEOMETRIC CORRECTION FACTORS:

POTASSIUM URANIUM THORIUM

1.17 1.17 1.19

Maricá-RJ, 11/08/2011 - Caixa A+B+C - PT-MED

WINDOW COUNTS:

| | TIME (M) | K COUNTS | U COUNTS | TH COUNTS |
|-------|----------|----------|----------|-----------|
| B Pad | 600.0 | 447369. | 73032. | 130947. |
| K Pad | 600.0 | 618253. | 66331. | 119734. |
| U Pad | 600.0 | 594682. | 243055. | 172406. |
| T Pad | 600.0 | 559527. | 158404. | 346919. |

1

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

| | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 5.267E+01 (1.879E+00) | 3.671E+00 (1.043E-01) | 1.142E+00 (2.000E-02) |
| 6.046E-01 (2.311E-01) | 4.602E+00 (5.295E-02) | 7.934E-01 (1.963E-02) |
| 3.044E-01 (2.346E-01) | 3.742E-01 (2.685E-02) | 2.664E+00 (1.008E-02) |

INVERSE A-MATRIX:

| | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|
| 1.918E-02 (6.825E-04) | -1.500E-02 (6.850E-04) | -3.754E-03 (2.242E-04) |
| -2.195E-03 (9.511E-04) | 2.244E-01 (2.508E-03) | -6.590E-02 (1.886E-03) |
| -1.883E-03 (1.690E-03) | -2.981E-02 (2.063E-03) | 3.851E-01 (1.422E-03) |

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 5.267E+01 (1.879E+00) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 4.602E+00 (5.295E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 2.664E+00 (1.008E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 6.163E+01 (2.198E+00) COUNTS/ M PER PCT K

U SENSITIVITY (A22) = 5.384E+00 (6.195E-02) COUNTS/ M PER PPM EU

TH SENSITIVITY (A33) = 3.170E+00 (1.199E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2978 (.0072)

TH INTO K (BETA = A13/A33): .4286 (.0074)

U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7978 (.0209)

U INTO TH (A = A32/A22): .0813 (.0057)

K INTO TH (B = A31/A11): .0058 (.0044)

K INTO U (G = A21/A11): .0115 (.0043)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 6.914E+02 (2.124E+00) COUNTS/M

U WINDOW : 1.051E+02 (1.297E+00) COUNTS/M

TH WINDOW : 1.938E+02 (1.229E+00) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

**ANEXO I – c - DETERMINAÇÃO DOS *BACKGROUNDS* DA AERONAVE E
CÓSMICO**

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO

PROJETO PILOTO DE INVESTIMENTO - PPI

PROJETO AEROGEOFÍSICO RIO DE JANEIRO

CPRM CONTRATO N.º 027/PR/11

DETERMINAÇÃO DOS *BACKGROUNDS* DA AERONAVE E CÓSMICO

AERONAVE PIPER NAVAJO PA31-350

PR-PEC

UBATUBA - SP
21 DE MAIO DE 2011

RESULTADO DO VOO CÓSMICO DA AERONAVE PIPER NAVAJO

PA31-350 - PR-PEC

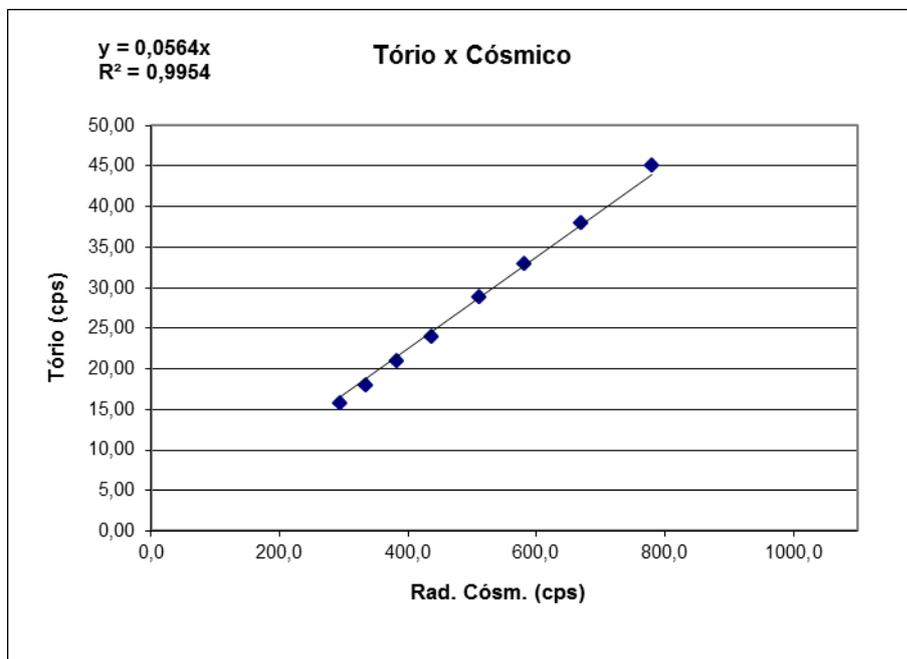
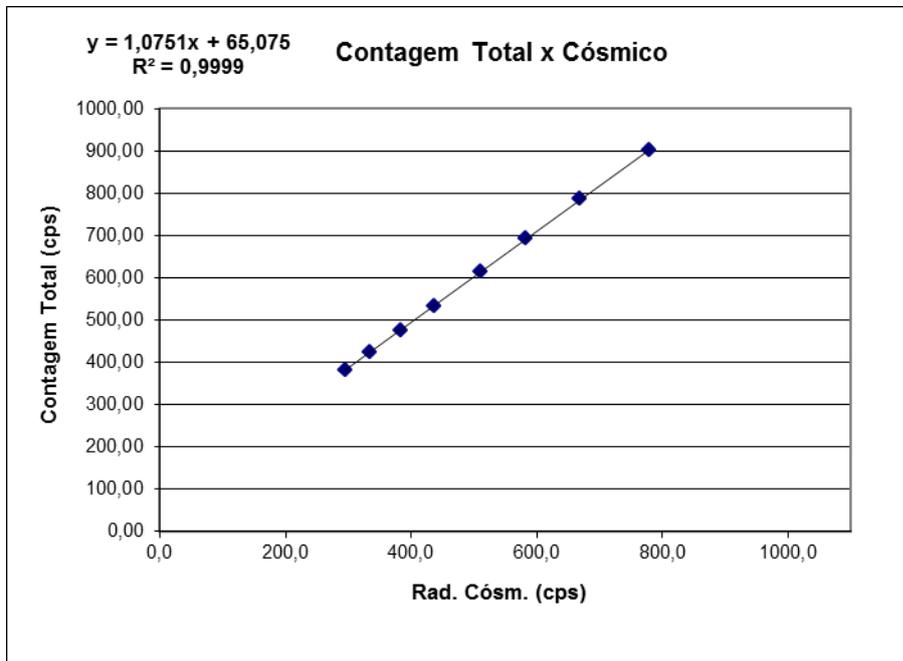
(Vol. Pacote de Cristais: 2.560 pol³)

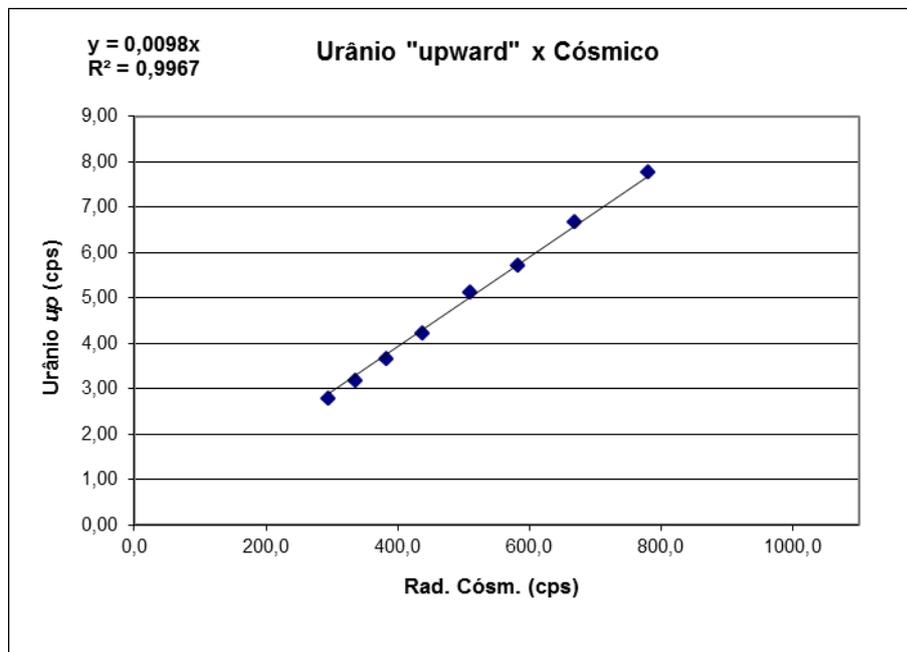
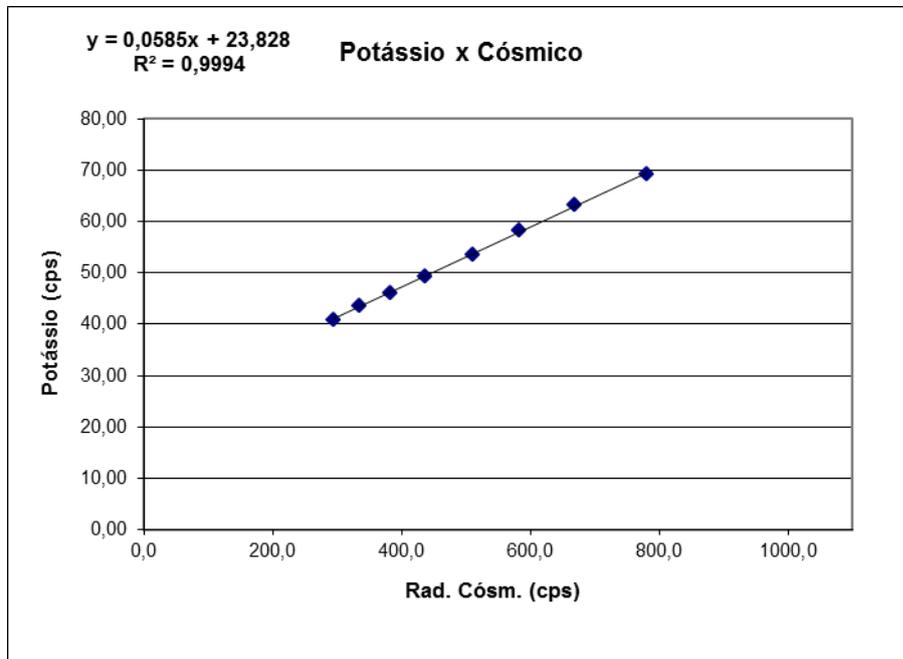
Realizado no litoral do município de Ubatuba em 21 de Maio de 2011

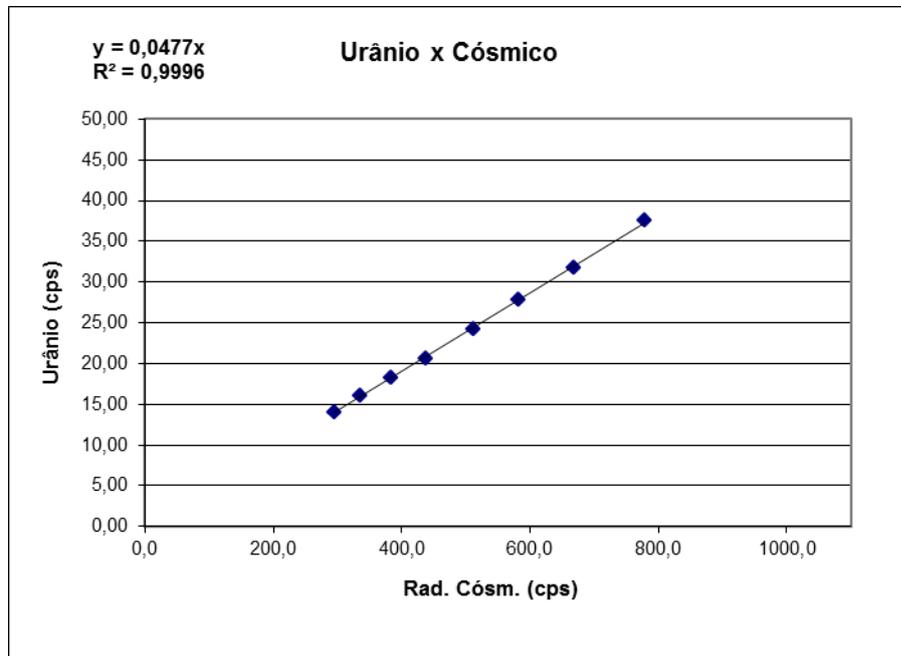
| Altitude (m)* | Cósmico (cps) | U (cps) | K (cps) | Th (cps) | Uup (cps) | CT (cps) |
|----------------------|----------------------|----------------|----------------|-----------------|------------------|-----------------|
| 1669,00 | 294,43 | 13,96 | 40,95 | 15,80 | 2,79 | 382,27 |
| 1982,90 | 335,10 | 16,00 | 43,59 | 17,98 | 3,16 | 424,36 |
| 2301,40 | 382,49 | 18,20 | 46,19 | 21,02 | 3,66 | 476,17 |
| 2610,40 | 436,80 | 20,66 | 49,19 | 23,96 | 4,22 | 532,88 |
| 2947,50 | 510,96 | 24,27 | 53,49 | 28,77 | 5,11 | 615,28 |
| 3239,50 | 581,91 | 27,77 | 58,21 | 32,87 | 5,70 | 692,43 |
| 3551,80 | 668,92 | 31,78 | 63,23 | 37,99 | 6,66 | 785,92 |
| 3880,90 | 779,62 | 37,51 | 69,14 | 44,99 | 7,77 | 901,11 |

** Altitudes utilizadas*

| RESULTADO | | |
|------------------|----------------------------|---|
| CANAL | Background Aeronave | Espalhamento da Radiação Cósmica |
| CT | 65,08 | 1,0751 |
| K | 23,83 | 0,0585 |
| U | 0,00 | 0,0477 |
| Th | 0,00 | 0,0564 |
| Uup | 0,00 | 0,0098 |







PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO
PROJETO PILOTO DE INVESTIMENTO - PPI
PROJETO AEROGEOFÍSICO RIO DE JANEIRO
CPRM CONTRATO N.º 027/PR/11

DETERMINAÇÃO DOS *BACKGROUNDS* DA AERONAVE E CÓSMICO

AERONAVE CESSNA CARAVAN C208B

PT-MED

CABO FRIO - RJ
14 DE AGOSTO DE 2011

RESULTADO DO VOO CÓSMICO DA AERONAVE CESSNA CARAVAN C208B

PT-MED

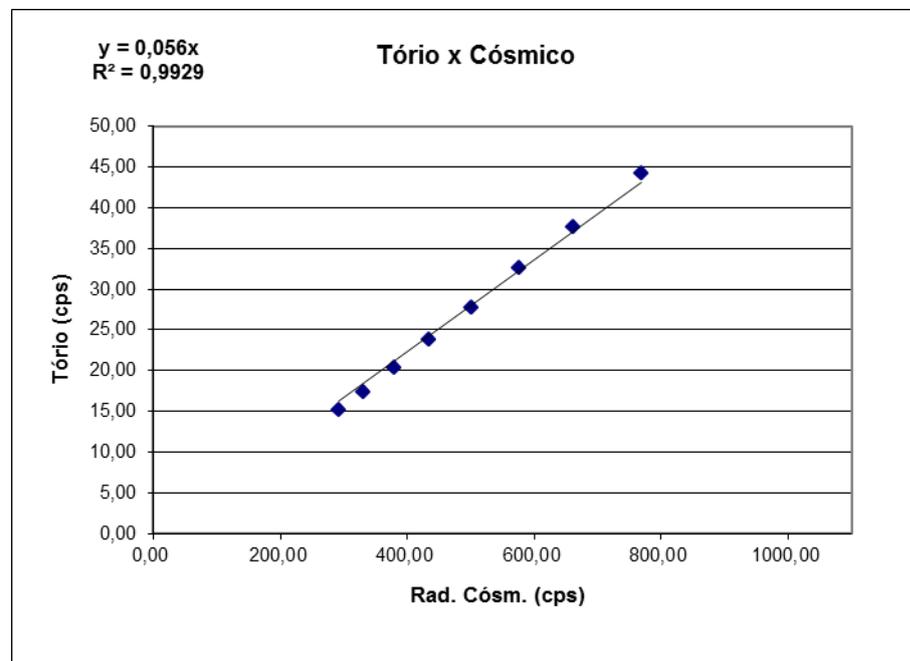
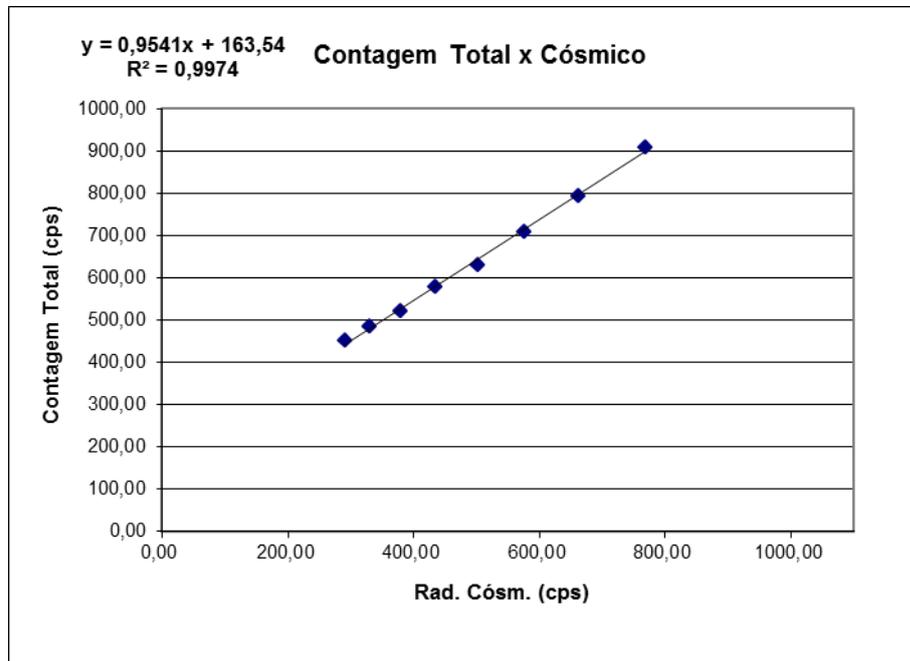
(Vol. Pacote de Cristais: 2.560 pol3)

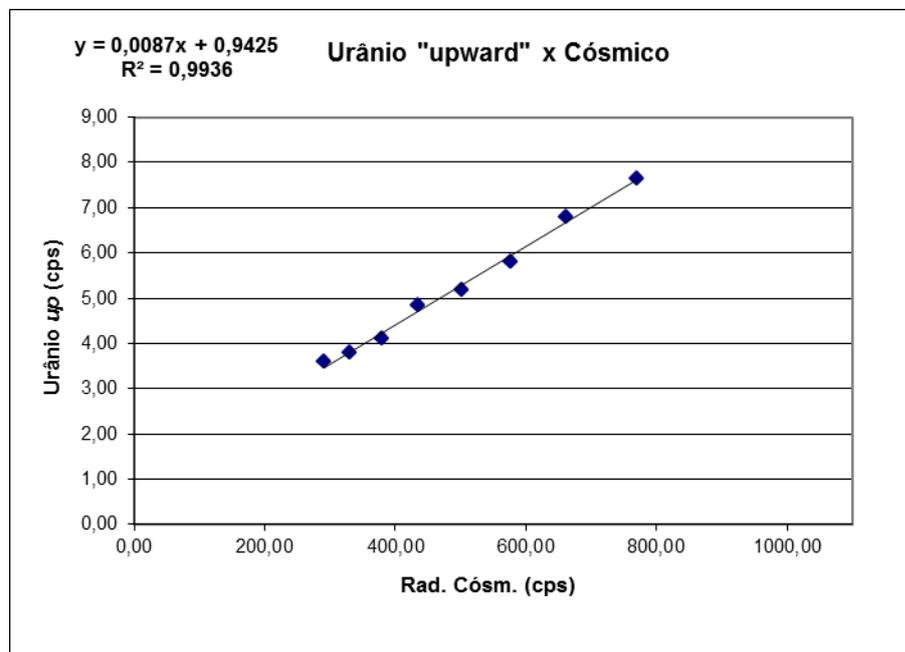
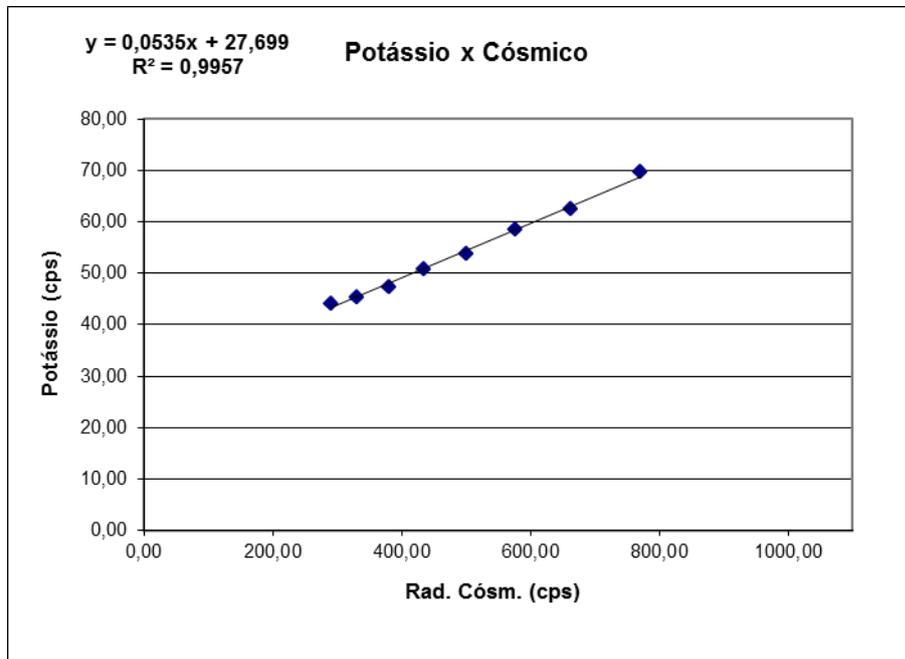
Realizado no litoral do município de Cabo Frio - RJ em 14 de Agosto de 2011

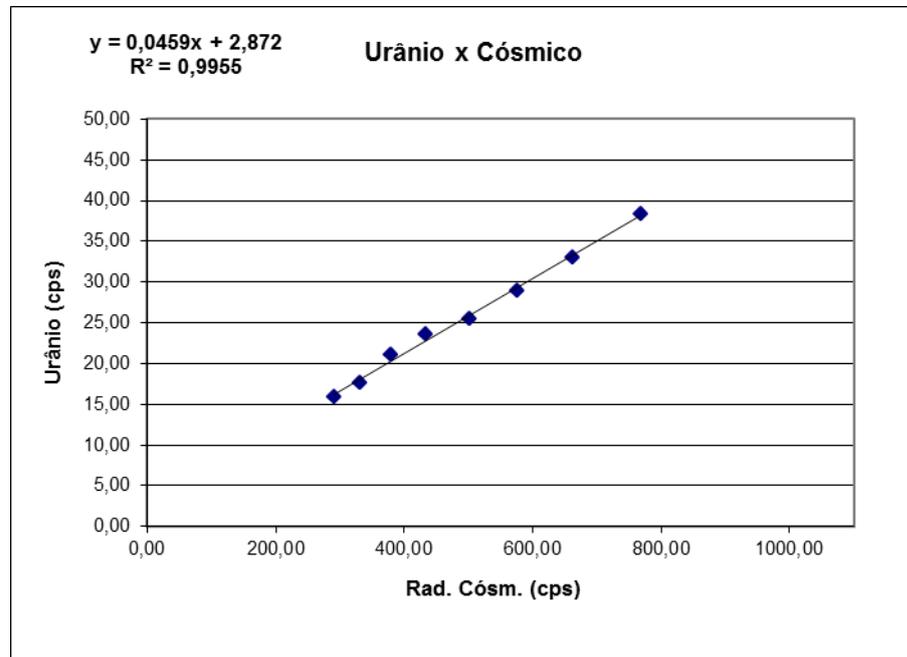
| Altitude (m)* | Cósmico (cps) | U (cps) | K (cps) | Th (cps) | Uup (cps) | CT (cps) |
|---------------|---------------|---------|---------|----------|-----------|----------|
| 1672,20 | 291,28 | 15,84 | 44,20 | 15,19 | 3,60 | 451,70 |
| 1975,00 | 330,89 | 17,63 | 45,45 | 17,41 | 3,79 | 483,10 |
| 2307,50 | 379,86 | 21,08 | 47,39 | 20,42 | 4,11 | 519,95 |
| 2621,40 | 433,80 | 23,56 | 50,83 | 23,84 | 4,84 | 577,31 |
| 2945,00 | 501,31 | 25,49 | 53,90 | 27,74 | 5,19 | 629,84 |
| 3267,30 | 576,11 | 29,01 | 58,50 | 32,54 | 5,81 | 708,31 |
| 3580,80 | 661,98 | 33,05 | 62,61 | 37,69 | 6,81 | 792,67 |
| 3919,70 | 769,61 | 38,36 | 69,60 | 44,15 | 7,65 | 908,79 |

* Altitudes utilizadas

| RESULTADO | | |
|-----------|---------------------|----------------------------------|
| CANAL | Background Aeronave | Espalhamento da Radiação Cósmica |
| CT | 163,54 | 0,9541 |
| K | 27,70 | 0,0535 |
| U | 2,87 | 0,0459 |
| Th | 0,00 | 0,0560 |
| Uup | 0,94 | 0,0087 |





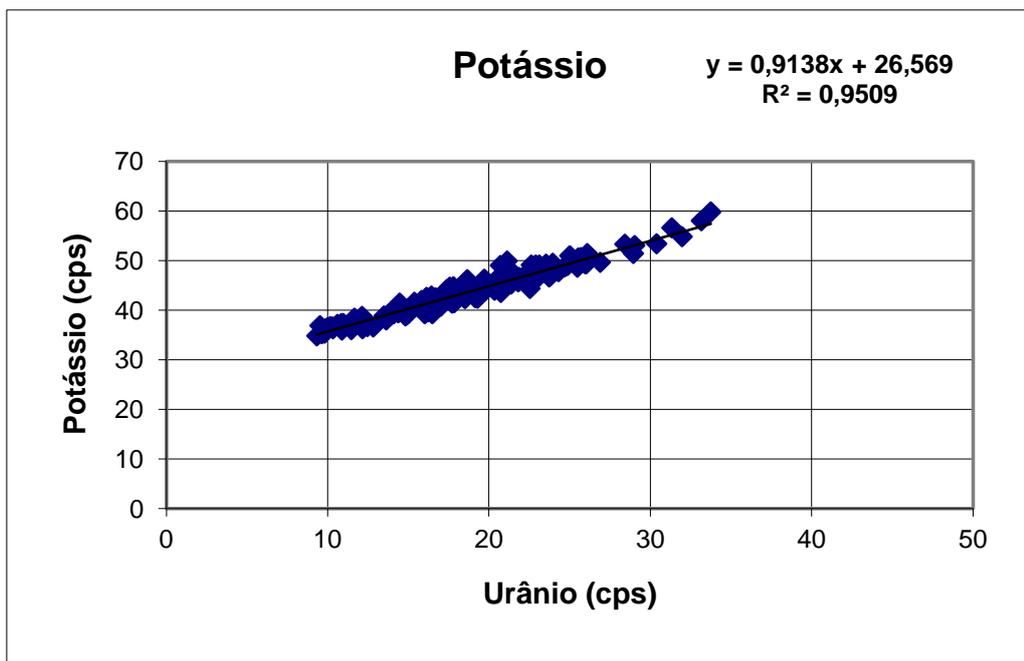
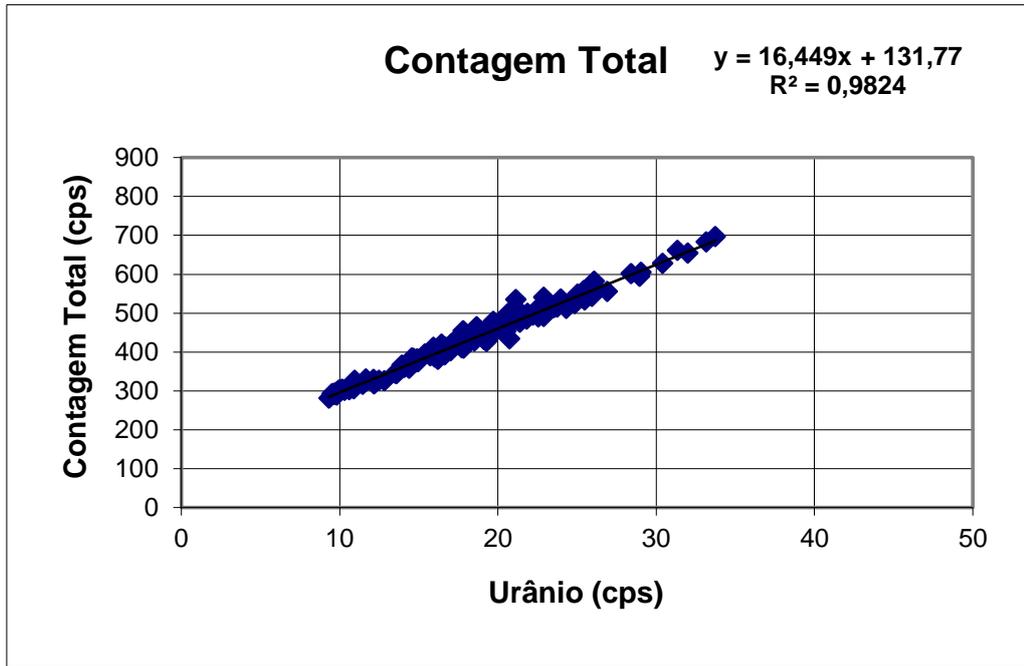


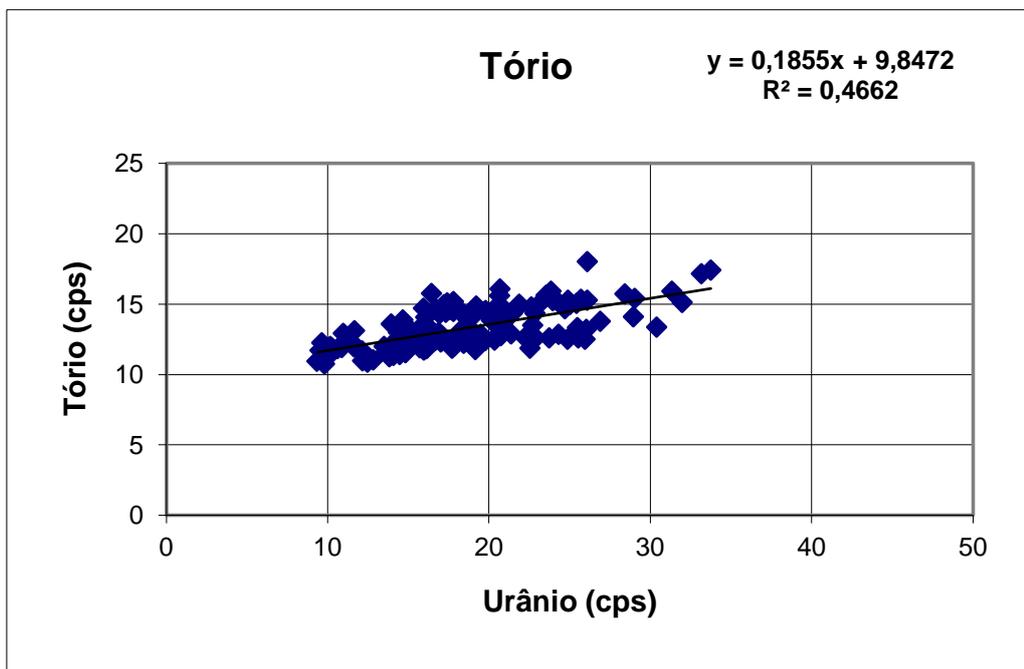
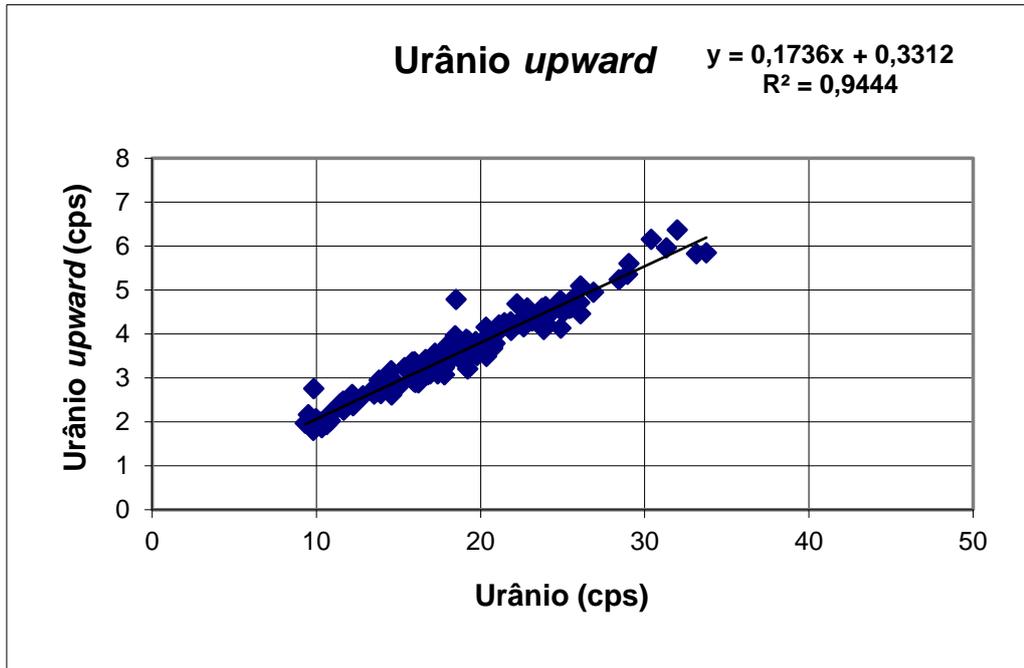
**ANEXO I-d - DETERMINAÇÃO DAS CONSTANTES DE CALIBRAÇÃO DO
RADÔNIO**

| Aeronave PR-PEC - Médias por voo (cps) | | | | | | |
|--|----------------|----------|--------|-------|---------------|---------|
| Voo | Contagem Total | Potássio | Urânio | Tório | Urânio Upward | Cósmico |
| 004 | 512,49 | 49,06 | 23,15 | 15,00 | 4,29 | 240,57 |
| | 513,83 | 49,24 | 23,56 | 15,60 | 4,35 | 259,24 |
| 006 | - | - | - | - | - | - |
| | - | - | - | - | - | - |
| 007 | 419,25 | 43,25 | 17,33 | 14,39 | 3,14 | 227,64 |
| | 514,72 | 49,05 | 22,64 | 14,78 | 4,16 | 219,75 |
| 010 | 594,49 | 51,41 | 28,97 | 14,09 | 5,35 | 229,62 |
| | 653,90 | 54,81 | 32,00 | 15,09 | 6,36 | 239,85 |
| 011 | 410,68 | 41,41 | 17,74 | 12,39 | 3,36 | 213,38 |
| | 523,74 | 49,02 | 24,88 | 12,49 | 4,76 | 207,90 |
| 013 | 457,11 | 44,09 | 20,37 | 12,44 | 3,56 | 219,28 |
| | 542,89 | 49,31 | 25,96 | 12,48 | 4,69 | 209,93 |
| 014 | 449,81 | 43,86 | 19,77 | 12,39 | 3,74 | 217,57 |
| | 512,08 | 47,73 | 24,32 | 12,85 | 4,49 | 217,88 |
| 015 | 547,08 | 50,54 | 25,55 | 12,58 | 4,60 | 220,49 |
| | 682,81 | 58,00 | 33,17 | 17,15 | 5,82 | 247,45 |
| 016 | 280,75 | 34,78 | 9,34 | 10,94 | 1,97 | 209,17 |
| | 375,58 | 39,16 | 14,99 | 13,35 | 2,78 | 224,27 |
| 018 | 463,89 | 45,95 | 19,81 | 14,52 | 3,51 | 219,13 |
| | 562,28 | 50,61 | 25,73 | 15,33 | 4,82 | 219,64 |
| 022 | 582,06 | 51,41 | 26,11 | 18,01 | 4,46 | 211,87 |
| | 557,40 | 49,42 | 25,43 | 15,05 | 4,58 | 217,58 |
| 023 | 515,25 | 46,70 | 23,76 | 12,58 | 4,58 | 214,36 |
| | 490,75 | 46,09 | 22,91 | 12,57 | 4,34 | 215,27 |
| 024 | 317,64 | 36,23 | 12,19 | 10,96 | 2,62 | 203,86 |
| | 326,45 | 36,65 | 12,49 | 10,85 | 2,48 | 197,01 |
| 025 | 325,58 | 36,54 | 12,85 | 11,02 | 2,59 | 203,62 |
| | 359,51 | 39,97 | 14,09 | 11,34 | 2,83 | 207,17 |
| 026 | 373,66 | 38,84 | 14,84 | 11,53 | 2,87 | 201,90 |
| | 453,70 | 44,67 | 17,81 | 15,16 | 3,23 | 214,96 |
| 027 | 489,23 | 49,01 | 20,72 | 14,88 | 3,66 | 216,85 |
| | - | - | - | - | - | - |
| 028 | 489,73 | 44,31 | 22,56 | 11,85 | 4,34 | 215,51 |
| | 440,93 | 44,24 | 19,25 | 11,93 | 3,84 | 216,48 |
| 029 | 476,54 | 45,28 | 21,40 | 12,86 | 4,20 | 215,49 |
| | 494,82 | 46,99 | 22,24 | 12,62 | 4,68 | 218,45 |
| 030 | 344,53 | 38,67 | 13,61 | 11,58 | 2,79 | 207,50 |
| | 353,89 | 39,37 | 13,83 | 11,26 | 2,95 | 206,71 |
| 032 | 475,21 | 44,68 | 20,18 | 13,83 | 3,85 | 225,73 |
| | 431,05 | 43,61 | 19,17 | 11,77 | 3,83 | 207,81 |
| 034 | 476,82 | 45,76 | 20,70 | 16,06 | 3,74 | 219,27 |
| | 452,98 | 45,76 | 20,52 | 12,79 | 3,90 | 219,49 |
| 037 | 534,83 | 49,40 | 23,97 | 15,50 | 4,24 | 227,46 |
| | 533,55 | 48,60 | 25,51 | 13,31 | 4,60 | 220,37 |
| 038 | 443,42 | 44,19 | 17,81 | 14,48 | 3,07 | 219,04 |
| | 426,18 | 42,42 | 19,31 | 12,24 | 3,51 | 214,39 |
| 039 | 499,14 | 46,56 | 21,89 | 14,97 | 4,08 | 223,51 |
| | 428,93 | 43,64 | 18,02 | 12,60 | 3,75 | 216,19 |
| 040 | 399,30 | 41,12 | 15,99 | 11,71 | 3,36 | 210,64 |
| | 433,74 | 43,50 | 20,76 | 12,74 | 3,69 | 213,28 |
| 041 | 366,03 | 39,01 | 13,95 | 13,57 | 2,64 | 222,20 |
| | 461,34 | 43,96 | 20,37 | 14,65 | 3,49 | 221,21 |

| Voo | Contagem Total | Potássio | Urânio | Tório | Urânio Upward | Cósmico |
|-----------|----------------|----------|--------|-------|---------------|---------|
| 042 | 386,21 | 39,24 | 16,03 | 13,49 | 2,89 | 226,17 |
| | 392,50 | 40,97 | 16,66 | 12,40 | 3,41 | 214,92 |
| 043 | 528,37 | 46,99 | 23,86 | 15,89 | 4,10 | 225,20 |
| | 604,05 | 53,04 | 29,05 | 15,38 | 5,60 | 215,24 |
| 047 | 433,52 | 42,94 | 18,32 | 13,17 | 3,46 | 220,72 |
| | 555,39 | 49,63 | 26,91 | 13,78 | 4,95 | 223,12 |
| 049 | 555,61 | 49,36 | 26,05 | 13,18 | 4,71 | 218,79 |
| | 628,04 | 53,40 | 30,42 | 13,36 | 6,15 | 222,49 |
| 052 | 304,55 | 35,97 | 10,91 | 11,93 | 2,20 | 214,76 |
| | 323,80 | 38,11 | 11,64 | 11,94 | 2,47 | 212,41 |
| 053 | 296,14 | 36,09 | 9,85 | 11,68 | 2,75 | 208,20 |
| | 384,44 | 40,99 | 14,57 | 13,20 | 3,16 | 228,99 |
| 054 | 377,38 | 39,79 | 14,59 | 13,06 | 2,61 | 216,58 |
| | 500,27 | 47,61 | 21,46 | 14,30 | 4,25 | 228,07 |
| 055 | 401,31 | 40,71 | 16,48 | 12,58 | 3,28 | 219,78 |
| | 478,00 | 46,19 | 19,73 | 14,42 | 3,82 | 216,94 |
| 056 | 420,66 | 41,65 | 17,07 | 12,77 | 3,39 | 225,54 |
| | 535,28 | 48,47 | 23,98 | 15,23 | 4,62 | 222,90 |
| 057 | 441,54 | 43,30 | 18,46 | 12,19 | 3,96 | 223,84 |
| | 568,55 | 50,04 | 26,11 | 15,28 | 5,09 | 238,58 |
| 058 | 381,76 | 39,24 | 14,92 | 12,57 | 2,86 | 224,37 |
| | 464,96 | 46,12 | 18,66 | 13,92 | 3,74 | 225,13 |
| 059 | 394,24 | 40,93 | 16,01 | 12,60 | 3,06 | 225,80 |
| | 507,50 | 47,57 | 22,87 | 14,35 | 4,59 | 239,35 |
| 060 | 295,55 | 36,06 | 9,83 | 11,38 | 1,87 | 214,13 |
| | 303,38 | 36,69 | 10,17 | 11,99 | 1,97 | 214,59 |
| 061 / 062 | 301,88 | 36,22 | 10,34 | 11,70 | 1,86 | 216,43 |
| | 288,36 | 35,35 | 9,82 | 10,72 | 1,80 | 210,89 |
| 063 / 064 | 301,58 | 36,39 | 9,98 | 11,22 | 2,07 | 214,35 |
| | 311,84 | 37,26 | 10,87 | 11,92 | 2,02 | 213,46 |
| 065 / 066 | 397,88 | 39,29 | 16,50 | 12,33 | 3,23 | 220,02 |
| | 426,45 | 43,69 | 18,15 | 12,75 | 3,58 | 213,53 |
| 067 / 068 | 404,44 | 41,98 | 16,80 | 12,71 | 3,07 | 219,29 |
| | 440,11 | 44,27 | 19,04 | 13,02 | 3,70 | 215,99 |
| 069 / 070 | 400,38 | 42,52 | 16,15 | 11,83 | 3,15 | 215,34 |
| | 394,59 | 41,58 | 15,39 | 12,77 | 3,23 | 215,09 |
| 071 / 072 | 402,41 | 40,78 | 17,03 | 12,31 | 3,44 | 216,39 |
| | 409,80 | 42,09 | 16,88 | 12,93 | 3,32 | 214,17 |
| 073 | 428,24 | 42,30 | 18,53 | 13,30 | 4,78 | 217,71 |
| | 446,93 | 43,40 | 19,51 | 12,85 | 3,74 | 217,91 |
| 074 | 416,38 | 41,72 | 17,72 | 11,86 | 3,20 | 215,02 |
| | 475,66 | 45,24 | 20,90 | 13,67 | 3,78 | 215,97 |
| 075 | 389,67 | 40,90 | 15,74 | 11,87 | 3,09 | 213,31 |
| | 409,63 | 41,48 | 17,86 | 12,01 | 3,37 | 213,15 |
| 076 | 316,86 | 36,01 | 11,49 | 12,31 | 2,41 | 219,36 |
| | 409,37 | 41,47 | 16,94 | 14,31 | 3,09 | 254,90 |
| 077 | 376,14 | 40,14 | 14,99 | 12,27 | 2,82 | 222,17 |
| | 540,15 | 49,11 | 22,91 | 19,89 | 4,56 | 367,10 |
| 078 | 408,15 | 41,38 | 16,99 | 12,88 | 3,42 | 220,51 |
| | 480,96 | 45,87 | 21,02 | 13,23 | 4,03 | 222,37 |
| 079 | 361,15 | 39,23 | 14,13 | 12,27 | 2,87 | 218,76 |
| | 329,23 | 38,74 | 12,16 | 11,66 | 2,47 | 210,56 |
| 082 | 349,57 | 38,03 | 13,66 | 11,56 | 2,73 | 216,09 |
| | 437,28 | 43,73 | 19,05 | 14,18 | 3,32 | 225,63 |

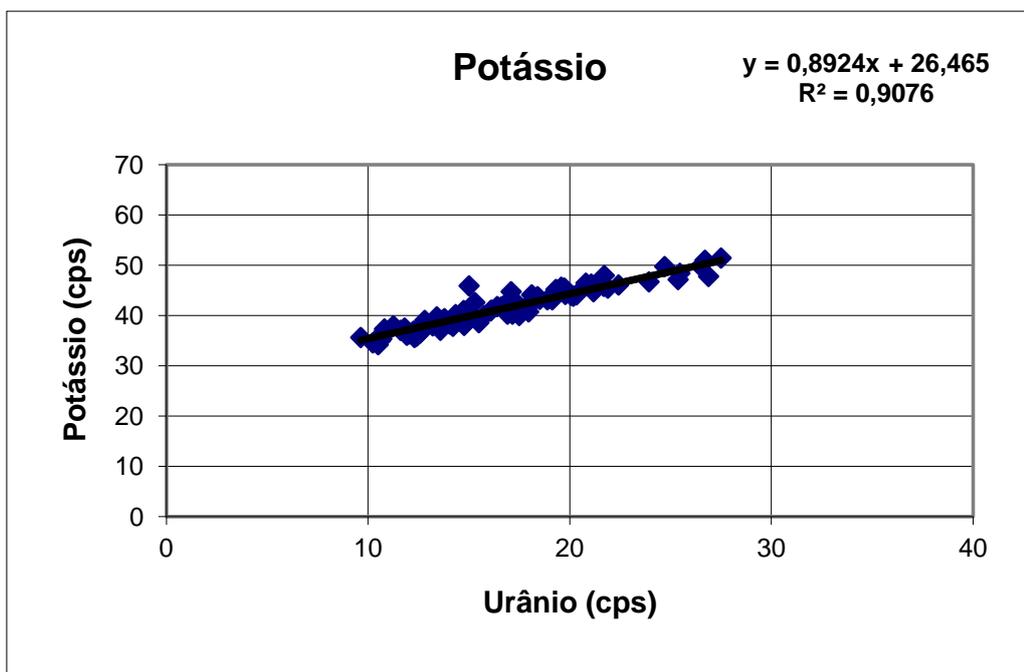
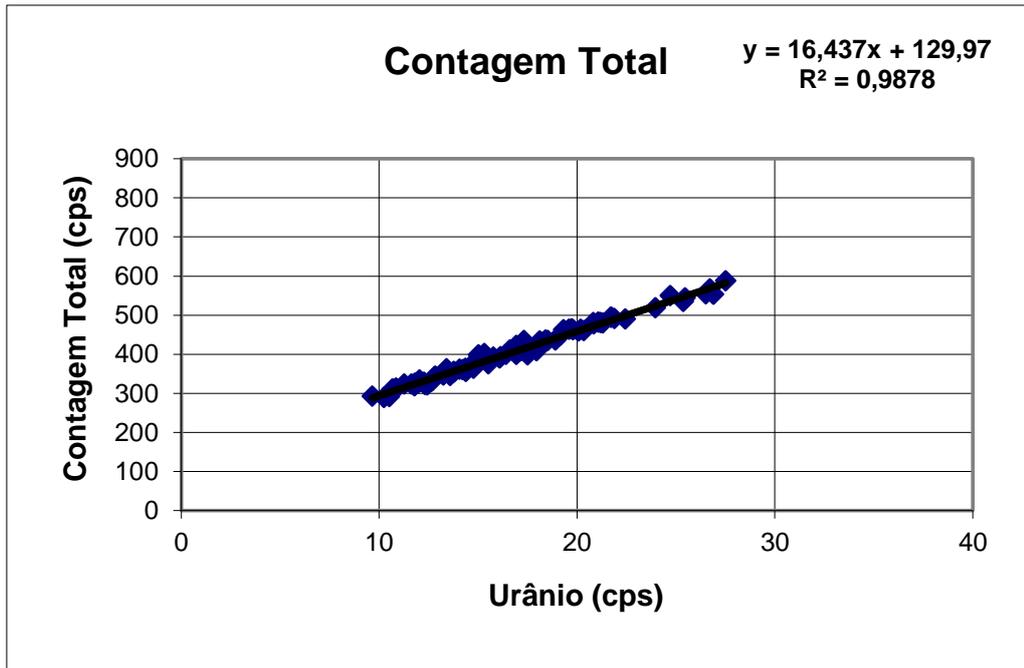
| Voo | Contagem Total | Potássio | Urânio | Tório | Urânio Upward | Cósmico |
|-----------|----------------|----------|--------|-------|---------------|---------|
| 083 | 434,75 | 42,46 | 18,05 | 12,26 | 3,71 | 215,01 |
| | 440,50 | 42,48 | 19,16 | 12,21 | 3,87 | 212,34 |
| 085 | 374,11 | 41,37 | 14,47 | 11,39 | 2,99 | 211,06 |
| | 547,94 | 50,97 | 25,03 | 14,94 | 4,49 | 230,59 |
| 090 | 303,16 | 37,15 | 10,63 | 11,82 | 1,94 | 224,02 |
| | 345,55 | 38,77 | 13,52 | 11,98 | 2,63 | 220,22 |
| 091 | 292,67 | 36,83 | 9,53 | 11,69 | 2,16 | 221,24 |
| | 301,53 | 36,59 | 10,32 | 11,81 | 1,99 | 219,06 |
| 093 / 094 | 290,87 | 35,54 | 9,86 | 11,54 | 1,97 | 223,20 |
| | 419,78 | 42,84 | 16,46 | 15,74 | 3,13 | 283,29 |
| 095 | 321,38 | 36,96 | 12,26 | 11,46 | 2,36 | 224,72 |
| | 380,86 | 39,58 | 16,23 | 13,38 | 2,88 | 223,66 |
| 096 | 404,89 | 40,84 | 16,10 | 14,05 | 3,05 | 237,64 |
| | 532,14 | 48,73 | 24,72 | 14,66 | 4,69 | 245,37 |
| 097 | 500,49 | 46,94 | 22,71 | 13,48 | 4,19 | 233,01 |
| | 660,41 | 56,62 | 31,35 | 15,91 | 5,96 | 234,12 |
| 098 | 484,18 | 45,73 | 21,84 | 14,78 | 4,27 | 242,49 |
| | 601,03 | 53,25 | 28,44 | 15,72 | 5,23 | 240,47 |
| 100 | 293,46 | 35,39 | 9,65 | 12,22 | 1,90 | 222,41 |
| | 357,73 | 39,46 | 14,41 | 12,97 | 2,77 | 229,85 |
| 101 | 290,33 | 35,28 | 9,66 | 11,76 | 1,90 | 222,65 |
| | 535,09 | 49,87 | 21,14 | 22,63 | 4,20 | 413,14 |
| 102 | 330,58 | 38,35 | 11,68 | 13,10 | 2,26 | 228,25 |
| | - | - | - | - | - | - |
| 103 | 326,31 | 37,26 | 10,98 | 12,92 | 2,19 | 219,07 |
| | 412,25 | 42,49 | 16,70 | 14,65 | 3,29 | 233,55 |
| 104 | 411,33 | 41,79 | 15,94 | 14,70 | 2,93 | 229,04 |
| | 418,47 | 42,81 | 17,24 | 14,94 | 3,56 | 227,59 |
| 105 | 382,77 | 40,52 | 14,68 | 13,85 | 2,92 | 234,58 |
| | 431,54 | 44,20 | 17,41 | 15,08 | 3,09 | 221,20 |
| 106 | 405,27 | 41,91 | 15,85 | 13,41 | 3,35 | 235,63 |
| | 447,85 | 44,18 | 19,22 | 14,84 | 3,20 | 233,80 |
| 107 | 440,16 | 44,59 | 17,59 | 14,61 | 3,50 | 227,91 |
| | 460,35 | 45,45 | 20,34 | 14,18 | 4,15 | 232,54 |
| 108 | 451,06 | 43,58 | 18,38 | 14,34 | 3,80 | 240,42 |
| | 529,05 | 49,48 | 24,92 | 15,25 | 4,13 | 228,97 |
| 109 | 498,87 | 46,75 | 20,66 | 15,58 | 3,71 | 236,01 |
| | 696,22 | 59,81 | 33,76 | 17,39 | 5,84 | 235,99 |

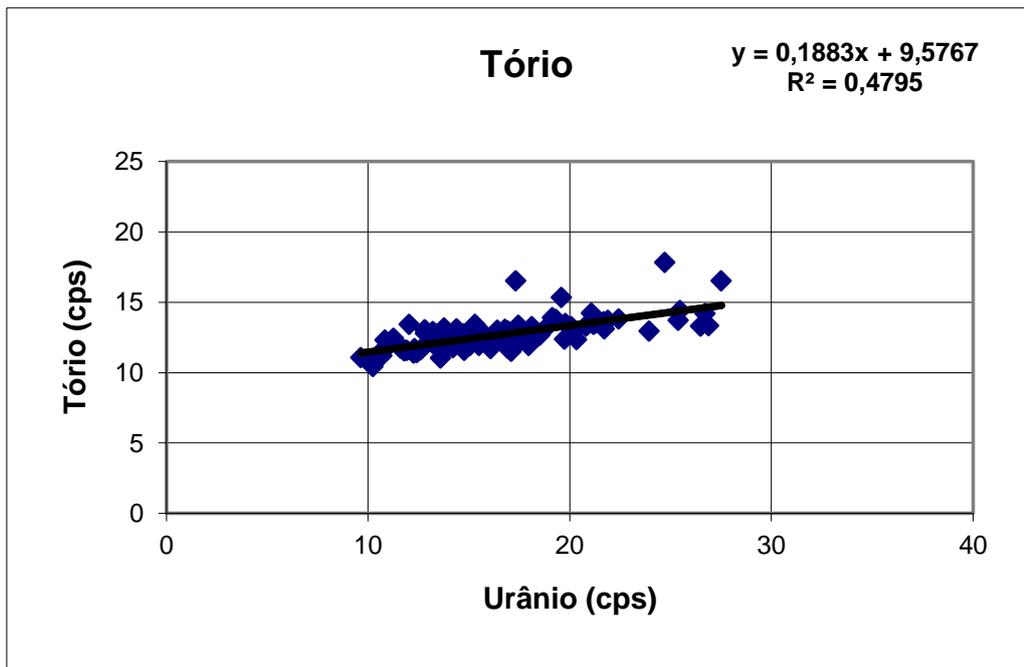
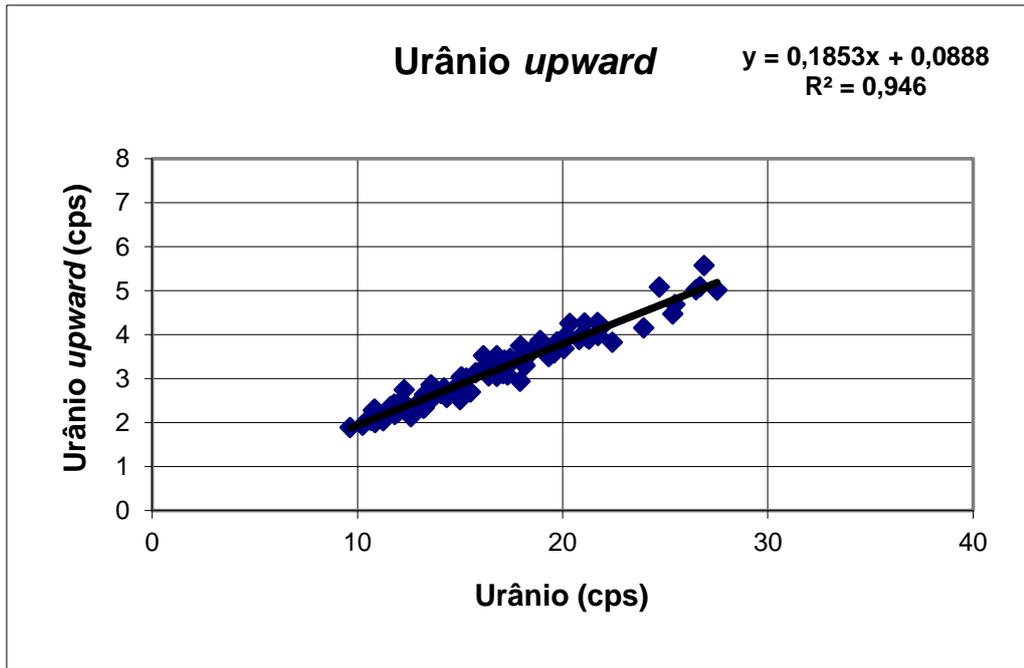




| Aeronave PT-MED - Médias por voo (cps) | | | | | | |
|--|----------------|----------|--------|-------|---------------|---------|
| Voo | Contagem Total | Potássio | Urânio | Tório | Urânio Upward | Cósmico |
| 303 | 327,94 | 36,88 | 12,28 | 11,38 | 2,74 | 218,79 |
| | 436,23 | 43,11 | 18,92 | 13,27 | 3,86 | 223,98 |
| 304 | 408,41 | 41,18 | 16,81 | 12,81 | 3,05 | 225,29 |
| | 490,07 | 46,07 | 22,44 | 13,81 | 3,82 | 228,68 |
| 305 | 479,71 | 45,60 | 21,31 | 13,52 | 3,89 | 220,73 |
| | 553,47 | 47,73 | 26,91 | 13,32 | 5,57 | 197,94 |
| 306 | 448,31 | 43,11 | 19,16 | 13,90 | 3,68 | 230,77 |
| | 549,27 | 49,72 | 24,72 | 17,83 | 5,08 | 320,07 |
| 307 | 462,46 | 44,21 | 19,80 | 13,47 | 3,73 | 228,76 |
| | 567,14 | 50,95 | 26,72 | 14,18 | 5,09 | 227,76 |
| 308 | 400,97 | 42,53 | 15,32 | 13,40 | 3,01 | 217,20 |
| | 458,69 | 43,97 | 20,08 | 13,24 | 3,68 | 221,05 |
| 309 | 346,42 | 38,72 | 13,26 | 12,49 | 2,33 | 217,58 |
| | 354,56 | 39,38 | 13,81 | 11,52 | 2,74 | 221,13 |
| 310 | 405,39 | 42,01 | 16,96 | 12,12 | 3,12 | 221,31 |
| | 411,61 | 44,66 | 17,11 | 11,51 | 3,11 | 217,01 |
| 313 | 494,57 | 45,77 | 21,71 | 13,59 | 4,27 | 232,05 |
| | 534,36 | 47,13 | 25,39 | 13,69 | 4,47 | 231,61 |
| 314 | 481,01 | 44,73 | 21,19 | 13,41 | 3,94 | 232,89 |
| | 460,16 | 44,08 | 20,36 | 12,33 | 4,25 | 236,29 |
| 315 | 318,76 | 36,78 | 11,80 | 11,53 | 2,41 | 220,53 |
| | 342,66 | 38,36 | 12,86 | 12,77 | 2,25 | 224,38 |
| 316 | 331,13 | 37,52 | 12,68 | 11,68 | 2,30 | 219,69 |
| | 312,70 | 36,42 | 10,86 | 12,31 | 2,00 | 225,76 |
| 317 | 382,66 | 39,40 | 15,09 | 12,59 | 3,04 | 223,89 |
| | 392,06 | 39,93 | 15,77 | 12,70 | 3,13 | 224,12 |
| 318 | 350,67 | 37,94 | 13,23 | 12,91 | 2,32 | 229,02 |
| | 418,74 | 41,71 | 17,93 | 12,83 | 2,94 | 232,93 |
| 319 | 518,29 | 46,64 | 23,96 | 12,95 | 4,15 | 222,42 |
| | 553,88 | 49,83 | 26,51 | 13,30 | 5,02 | 228,43 |
| 320 | 349,40 | 38,20 | 13,26 | 12,03 | 2,63 | 220,25 |
| | 408,82 | 41,36 | 16,81 | 13,07 | 3,52 | 226,30 |
| 321 | 462,91 | 43,81 | 20,20 | 12,88 | 3,99 | 227,61 |
| | 543,28 | 48,36 | 25,48 | 14,40 | 4,68 | 232,74 |
| 327 | 292,17 | 35,57 | 9,65 | 11,04 | 1,88 | 214,49 |
| | 301,64 | 35,01 | 10,63 | 11,37 | 2,06 | 215,87 |
| 328 | 328,75 | 36,45 | 12,61 | 11,59 | 2,13 | 220,43 |
| | 324,06 | 36,08 | 11,95 | 11,56 | 2,22 | 219,41 |
| 331 | 360,78 | 38,31 | 14,07 | 12,41 | 2,66 | 217,99 |
| | 433,24 | 44,04 | 18,13 | 13,16 | 3,31 | 223,30 |
| 332 | 422,20 | 42,73 | 16,95 | 12,93 | 3,22 | 223,31 |
| | 494,42 | 47,93 | 21,74 | 13,10 | 3,98 | 221,11 |
| 333 | 375,81 | 40,97 | 14,76 | 12,75 | 2,77 | 221,60 |
| | 429,08 | 42,69 | 18,13 | 13,24 | 3,57 | 219,74 |
| 335 | 325,07 | 37,49 | 11,82 | 11,59 | 2,18 | 214,13 |
| | 363,55 | 40,14 | 14,36 | 12,49 | 2,57 | 211,13 |
| 336 | 399,29 | 41,72 | 16,42 | 12,99 | 3,06 | 213,46 |
| | 419,56 | 42,11 | 17,47 | 13,34 | 3,46 | 220,49 |
| 337 | 436,28 | 43,70 | 18,42 | 12,55 | 3,57 | 220,76 |
| | 462,51 | 45,13 | 19,33 | 13,75 | 3,50 | 221,69 |
| 341 | 477,11 | 46,00 | 20,86 | 13,39 | 3,95 | 223,06 |
| | 491,26 | 45,45 | 21,90 | 13,70 | 4,18 | 224,99 |
| 342 | 397,64 | 45,85 | 15,02 | 12,22 | 2,52 | 218,91 |
| | 410,68 | 41,67 | 16,63 | 12,68 | 3,41 | 229,21 |
| 343 | 310,25 | 37,28 | 10,84 | 11,64 | 2,30 | 224,23 |
| | 355,66 | 38,79 | 14,40 | 13,08 | 2,60 | 245,52 |
| 344 | 322,88 | 37,92 | 11,27 | 12,41 | 2,04 | 214,57 |
| | 342,43 | 38,96 | 12,82 | 13,02 | 2,36 | 238,74 |

| Voo | Contagem Total | Potássio | Urânio | Tório | Urânio Upward | Cósmico |
|-----|----------------|----------|--------|-------|---------------|---------|
| 345 | 308,82 | 36,69 | 10,78 | 11,65 | 2,27 | 216,10 |
| | 351,60 | 39,08 | 13,74 | 12,55 | 2,59 | 217,96 |
| 346 | 434,22 | 43,15 | 18,53 | 12,64 | 3,65 | 223,37 |
| | 481,64 | 46,23 | 21,08 | 14,22 | 4,26 | 238,31 |
| 347 | 464,60 | 45,38 | 19,75 | 12,35 | 3,83 | 230,48 |
| | 587,93 | 51,44 | 27,53 | 16,50 | 5,01 | 286,86 |
| 348 | 384,59 | 40,42 | 15,06 | 11,90 | 3,02 | 222,99 |
| | 429,81 | 42,98 | 18,19 | 12,81 | 3,29 | 236,65 |
| 349 | 480,92 | 46,36 | 20,83 | 13,28 | 3,88 | 229,55 |
| | 463,76 | 45,61 | 19,60 | 15,32 | 3,58 | 269,03 |
| 350 | 333,51 | 36,35 | 12,05 | 13,40 | 2,45 | 248,62 |
| | 355,46 | 38,30 | 13,78 | 13,15 | 2,77 | 227,17 |
| 351 | 362,14 | 39,68 | 13,42 | 12,73 | 2,60 | 225,00 |
| | 434,75 | 42,40 | 17,33 | 16,50 | 3,08 | 255,84 |
| 352 | 310,49 | 35,32 | 10,69 | 11,19 | 2,05 | 208,76 |
| | 322,52 | 35,57 | 12,32 | 11,69 | 2,43 | 216,58 |
| 354 | 344,89 | 37,06 | 13,60 | 11,01 | 2,85 | 222,56 |
| | 389,37 | 40,89 | 16,10 | 11,70 | 3,21 | 219,92 |
| 355 | 321,33 | 35,89 | 12,43 | 11,39 | 2,35 | 221,07 |
| | 393,92 | 41,06 | 16,14 | 11,90 | 3,52 | 218,01 |
| 358 | 399,57 | 40,28 | 16,93 | 11,74 | 3,16 | 223,74 |
| | 397,92 | 39,96 | 17,51 | 12,18 | 3,36 | 225,01 |
| 359 | 359,97 | 37,86 | 14,23 | 11,75 | 2,78 | 222,07 |
| | 408,54 | 40,27 | 17,17 | 12,50 | 3,41 | 225,85 |
| 360 | 322,95 | 37,01 | 11,64 | 11,73 | 2,36 | 222,44 |
| | 363,17 | 38,00 | 14,78 | 11,56 | 2,71 | 219,79 |
| 361 | 289,12 | 34,49 | 10,25 | 10,43 | 1,94 | 218,28 |
| | 291,77 | 34,20 | 10,52 | 11,25 | 2,06 | 219,36 |
| 364 | 374,57 | 38,55 | 15,52 | 11,90 | 2,69 | 226,07 |
| | 408,81 | 40,71 | 17,97 | 11,93 | 3,74 | 224,02 |





ANEXO I-e - CALIBRAÇÃO DINÂMICA – RESULTADOS DOS TESTES

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO

PROJETO PILOTO DE INVESTIMENTO - PPI

PROJETO AEROGEOFÍSICO RIO DE JANEIRO

CPRM CONTRATO N.º 027/PR/11

CALIBRAÇÃO DINÂMICA – RESULTADOS DOS TESTES

AERONAVE PIPER NAVAJO PA31-350

PR-PEC

MARICÁ - RJ
20 DE MAIO DE 2011

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 RS-230 BGO SUPER SPEC
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 após
a Correção do *Background*
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 (μ), 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 20 de maio de 2011 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 *Radiation Solutions*, modelo RS-230 Super-SPEC, 1024 canais, com detector de Óxido de Germanato de Bismuto (BGO) com $6,3 \text{ pol}^3$, 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 Radiation Solutions RS-230 BGO SUPER SPEC.

Foram registradas 83 estações, sendo 77 sobre a pista de calibração e 6 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 locação 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.

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

| ESTATÍSTICA | CONCENTRAÇÃO | | | | CT (cpm) | K (cpm) | U (cpm) | Th (cpm) |
|-------------------|-----------------------|----------|-------------|--------------|-------------|------------|------------|-------------|
| | CT(*) (μ R/h) | K (%) | eU (ppm) | eTh (ppm) | | | | |
| MÉDIA | 11,91 | 1,92 | 2,70 | 25,29 | 4972,73 | 491,61 | 105,83 | 220,01 |
| DESVIO PADRÃO | 3,49 | 0,69 | 0,74 | 8,83 | 1242,47 | 151,73 | 26,51 | 76,42 |
| ERRO NA MÉDIA (1) | 0,40 | 0,08 | 0,08 | 1,01 | 141,59 | 17,29 | 3,02 | 8,71 |
| INCERTEZA (%) (2) | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,04 | | | | |

- (*) Valor obtido através da expressão:

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

E = Taxa de Exposição (μ R/h)

- (1) Erro na média = Desvio Padrão / (Número de Estações)^{1/2}
- (2) Incerteza = Erro na Média/Média
- cpm = contagem por minuto
- 77 estações utilizadas no cálculo estatístico

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

| ESTATÍSTICA | CONCENTRAÇÃO | | | | CT (cpm) | K (cpm) | U (cpm) | Th (cpm) |
|---------------|--------------------|----------|-------------|--------------|-------------|------------|------------|-------------|
| | CT (μ R/h) | K (%) | eU (ppm) | eTh (ppm) | | | | |
| MÉDIA | 0,54 | 0,03 | 0,50 | 0,58 | 46,88 | 17,40 | 9,97 | 5,30 |
| DESVIO PADRÃO | 0,10 | 0,05 | 0,06 | 0,17 | 8,75 | 6,41 | 1,25 | 1,63 |
| ERRO NA MÉDIA | 0,04 | 0,02 | 0,03 | 0,07 | 3,57 | 2,62 | 0,51 | 0,67 |
| INCERTEZA (%) | 0,08 | 0,63 | 0,05 | 0,12 | | | | |

3. Levantamento Aéreo

Foi utilizada a aeronave PR-PEC equipada com gamaespectrômetro Radiation Solutions RS-500, com cristais detectores de NaI com 2560 pol³ *down* e 512 pol³ *up*. Foram realizadas 8 passagens sobre a pista de calibração e mar, nas seguintes altitudes: 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-PEC 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:

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

S corresponde à sensibilidade para cada janela,

N é a média das contagens corrigidas (em cps) para cada canal referente à altura do levantamento (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):

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

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:

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

| ESTATÍSTICA * | CT (cps) | K (cps) | U (cps) | Th (cps) |
|---------------|-------------|------------|------------|-------------|
| MÉDIA | 2635,05 | 129,17 | 27,29 | 111,66 |
| DESVIO PADRÃO | 23,18 | 4,08 | 1,31 | 2,98 |
| ERRO NA MÉDIA | 13,38 | 2,35 | 0,76 | 1,72 |
| INCERTEZA (%) | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,02 |

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

Quadro 4 - Resultado Estatístico do Levantamento Terrestre na Pista de Calibração, após a correção do *Background*

| ESTATÍSTICA | CONCENTRAÇÃO | | | | CT (cpm) | K (cpm) | U (cpm) | Th (cpm) |
|---------------|--------------------|----------|-------------|--------------|-------------|------------|------------|-------------|
| | CT (μ R/h) | K (%) | eU (ppm) | eTh (ppm) | | | | |
| MÉDIA | 11,37 | 1,89 | 2,20 | 24,70 | 4925,85 | 474,21 | 95,86 | 214,71 |
| DESVIO PADRÃO | 4,54 | 0,82 | 0,91 | 10,66 | 1754,38 | 191,32 | 35,71 | 92,43 |
| ERRO NA MÉDIA | 0,50 | 0,09 | 0,10 | 1,17 | 192,57 | 21,00 | 3,92 | 10,15 |
| INCERTEZA (%) | 0,04 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | | | | |

cpm = contagens por minuto

Quadro 5 - Coeficientes de Sensibilidade

| | CT (cps/ μ R/h) | K (cps/%) | U (cps/ppm) | Th (cps/ppm) |
|-------------------|------------------------|--------------|----------------|-----------------|
| SENSIBILIDADE (S) | 231,80 | 68,43 | 12,40 | 4,52 |

As Figuras 3, 4, 5 e 6 apresentam os perfis comparativos dos levantamentos aéreo e terrestre:

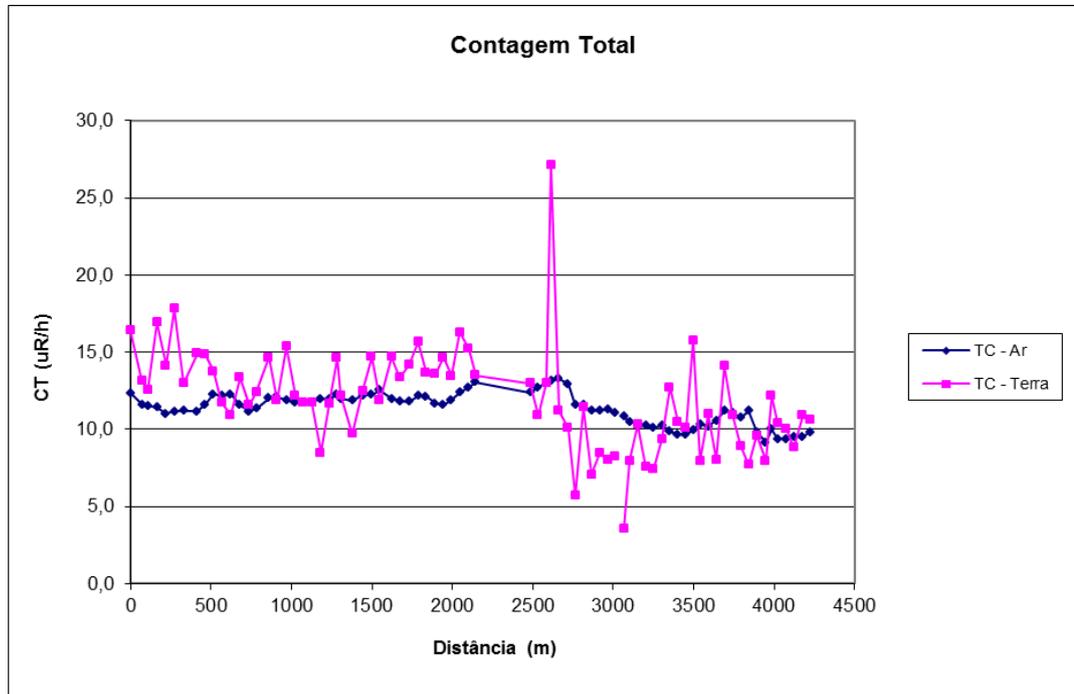


Figura 3 - Calibração dinâmica - Perfil comparativo - Contagem Total.

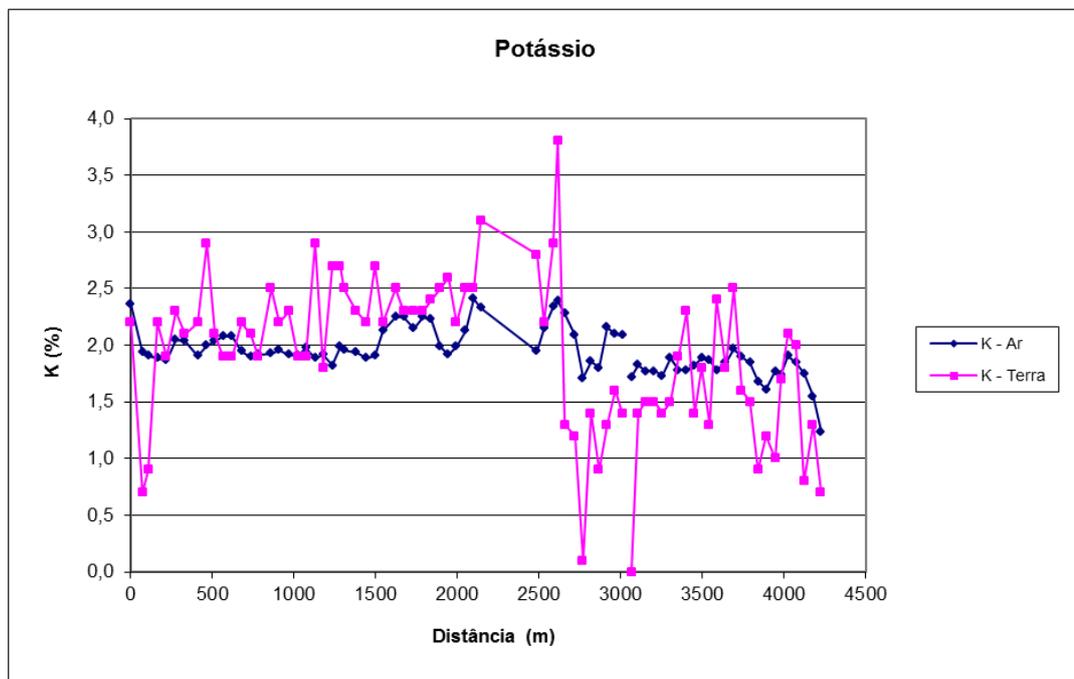


Figura 4 - Calibração dinâmica - Perfil comparativo - Potássio.

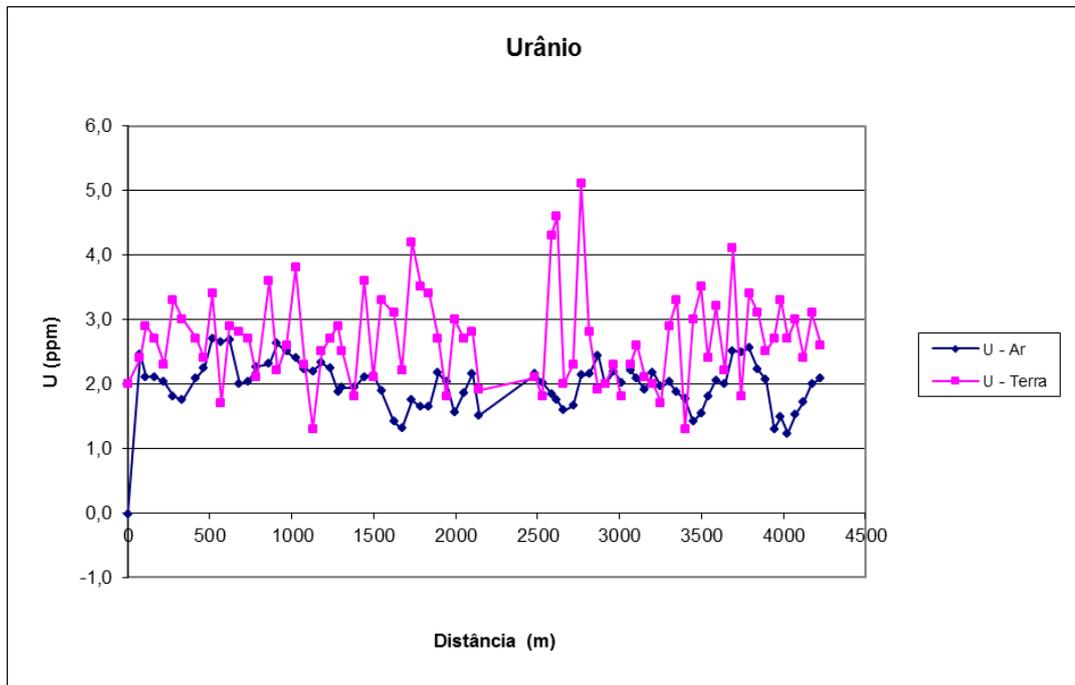


Figura 5 - Calibração dinâmica - Perfil comparativo – Urânio.

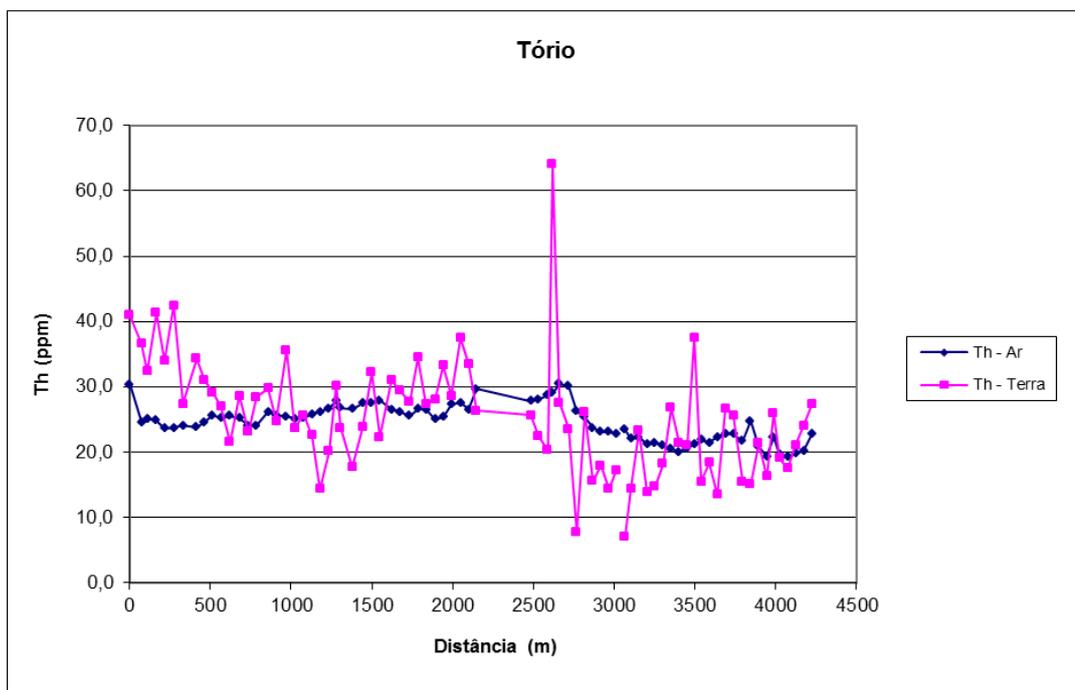


Figura 6 - Calibração dinâmica - Perfil comparativo – Tório.

**TABELA 1 - LISTAGEM DAS LEITURAS DO LEVANTAMENTO TERRESTRE
 PISTA DE CALIBRAÇÃO DINÂMICA – 20/05/2011
 DADOS BRUTOS – PR-PEC**

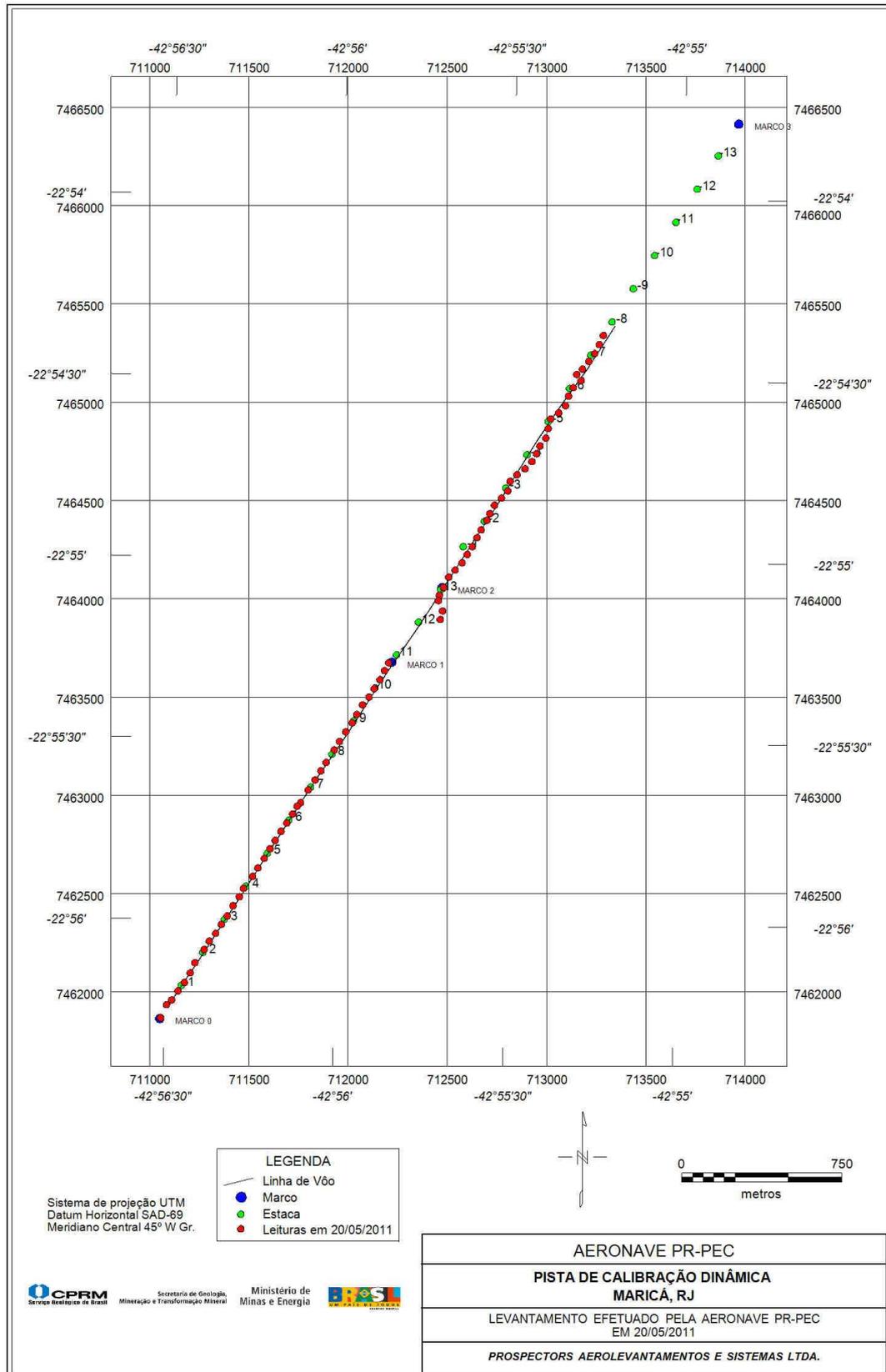
| Estação | UTM LESTE (m) | UTM NORTE (m) | CT (μ R/h) | K (%) | eU (ppm) | eTh (ppm) | CT (cpm) | K (cpm) | U (cpm) | Th (cpm) |
|---------|---------------------|---------------------|--------------------|----------|-------------|--------------|-------------|------------|------------|-------------|
| 1 | 711011,60 | 7461823,29 | 16,38 | 2,20 | 2,00 | 41,00 | 6746,90 | 597,10 | 131,80 | 355,70 |
| 2 | 711041,04 | 7461890,57 | 13,12 | 0,70 | 2,40 | 36,60 | 5206,20 | 293,80 | 129,00 | 318,10 |
| 3 | 711067,03 | 7461914,82 | 12,55 | 0,90 | 2,90 | 32,40 | 5330,60 | 316,90 | 127,50 | 282,60 |
| 4 | 711099,02 | 7461960,52 | 16,93 | 2,20 | 2,70 | 41,30 | 7136,30 | 605,20 | 143,90 | 358,40 |
| 5 | 711130,96 | 7462003,15 | 14,12 | 1,90 | 2,30 | 34,00 | 6254,60 | 510,40 | 120,70 | 295,80 |
| 6 | 711160,15 | 7462051,98 | 17,81 | 2,30 | 3,30 | 42,50 | 7244,50 | 634,50 | 158,00 | 369,40 |
| 7 | 711183,67 | 7462103,96 | 12,98 | 2,10 | 3,00 | 27,40 | 5152,90 | 530,80 | 115,90 | 238,40 |
| 8 | 711230,21 | 7462171,00 | 14,92 | 2,20 | 2,70 | 34,30 | 6269,20 | 584,80 | 127,50 | 297,90 |
| 9 | 711256,46 | 7462213,71 | 14,83 | 2,90 | 2,40 | 31,00 | 6297,50 | 698,00 | 113,40 | 268,50 |
| 10 | 711288,36 | 7462253,26 | 13,76 | 2,10 | 3,40 | 29,20 | 5544,10 | 540,60 | 126,40 | 254,30 |
| 11 | 711317,50 | 7462299,01 | 11,72 | 1,90 | 1,70 | 27,00 | 4738,90 | 472,70 | 93,40 | 234,20 |
| 12 | 711346,60 | 7462341,68 | 10,95 | 1,90 | 2,90 | 21,60 | 4496,30 | 481,00 | 99,60 | 188,10 |
| 13 | 711375,83 | 7462393,57 | 13,35 | 2,20 | 2,80 | 28,60 | 5404,00 | 550,90 | 114,90 | 249,00 |
| 14 | 711407,82 | 7462439,28 | 11,55 | 2,10 | 2,70 | 23,10 | 4760,00 | 510,90 | 99,70 | 200,70 |
| 15 | 711428,37 | 7462482,07 | 12,41 | 1,90 | 2,10 | 28,50 | 5199,70 | 495,90 | 103,40 | 247,90 |
| 16 | 711474,82 | 7462542,96 | 14,67 | 2,50 | 3,60 | 29,80 | 6019,00 | 630,90 | 132,20 | 259,60 |
| 17 | 711501,07 | 7462585,67 | 11,87 | 2,20 | 2,20 | 24,80 | 4903,00 | 537,10 | 95,50 | 215,40 |
| 18 | 711533,11 | 7462634,45 | 15,38 | 2,30 | 2,60 | 35,60 | 6456,70 | 605,80 | 129,10 | 308,90 |
| 19 | 711562,29 | 7462683,27 | 12,14 | 1,90 | 3,80 | 23,70 | 5132,50 | 489,60 | 121,10 | 207,00 |
| 20 | 711588,54 | 7462725,98 | 11,74 | 1,90 | 2,30 | 25,70 | 5088,70 | 492,60 | 100,20 | 223,20 |
| 21 | 711617,68 | 7462771,72 | 11,70 | 2,90 | 1,30 | 22,60 | 4833,60 | 649,60 | 74,50 | 195,50 |
| 22 | 711646,78 | 7462814,39 | 8,47 | 1,80 | 2,50 | 14,40 | 3365,50 | 419,30 | 75,50 | 125,70 |
| 23 | 711675,93 | 7462860,14 | 11,62 | 2,70 | 2,70 | 20,20 | 4987,40 | 630,80 | 92,30 | 175,60 |
| 24 | 711699,28 | 7462899,81 | 14,62 | 2,70 | 2,90 | 30,20 | 5713,00 | 654,80 | 120,70 | 262,10 |
| 25 | 711716,64 | 7462918,03 | 12,20 | 2,50 | 2,50 | 23,70 | 5002,60 | 594,20 | 97,00 | 205,40 |
| 26 | 711754,59 | 7462982,11 | 9,72 | 2,30 | 1,80 | 17,70 | 4065,60 | 532,70 | 70,80 | 153,50 |
| 27 | 711789,52 | 7463033,93 | 12,49 | 2,20 | 3,60 | 23,80 | 4907,20 | 544,40 | 116,90 | 207,50 |
| 28 | 711818,66 | 7463079,68 | 14,68 | 2,70 | 2,10 | 32,20 | 6191,00 | 666,00 | 111,30 | 279,50 |
| 29 | 711844,91 | 7463122,38 | 11,87 | 2,20 | 3,30 | 22,30 | 4807,80 | 544,90 | 108,50 | 194,40 |
| 30 | 711885,72 | 7463186,43 | 14,68 | 2,50 | 3,10 | 31,00 | 5832,10 | 631,80 | 125,40 | 269,50 |
| 31 | 711911,97 | 7463229,14 | 13,36 | 2,30 | 2,20 | 29,50 | 5660,90 | 573,60 | 107,60 | 255,80 |
| 32 | 711944,00 | 7463277,92 | 14,15 | 2,30 | 4,20 | 27,70 | 5447,40 | 590,70 | 136,90 | 242,10 |
| 33 | 711976,00 | 7463323,62 | 15,65 | 2,30 | 3,50 | 34,50 | 6270,10 | 601,10 | 141,20 | 300,50 |
| 34 | 711999,40 | 7463366,37 | 13,67 | 2,40 | 3,40 | 27,30 | 5529,20 | 600,20 | 122,70 | 237,50 |
| 35 | 712028,59 | 7463415,19 | 13,59 | 2,50 | 2,70 | 28,10 | 5827,20 | 606,70 | 111,30 | 244,40 |
| 36 | 712060,50 | 7463454,74 | 14,65 | 2,60 | 1,80 | 33,30 | 5999,00 | 648,70 | 109,70 | 288,90 |
| 37 | 712086,75 | 7463497,45 | 13,48 | 2,20 | 3,00 | 28,60 | 5675,30 | 568,80 | 119,10 | 248,50 |
| 38 | 712115,89 | 7463543,20 | 16,29 | 2,50 | 2,70 | 37,50 | 6619,10 | 640,90 | 134,40 | 325,70 |
| 39 | 712139,34 | 7463589,02 | 15,21 | 2,50 | 2,80 | 33,50 | 6450,80 | 636,70 | 127,00 | 291,10 |
| 40 | 712159,85 | 7463628,73 | 13,48 | 3,10 | 1,90 | 26,40 | 5531,30 | 718,70 | 93,40 | 228,60 |
| 41 | 712419,48 | 7463849,70 | 12,96 | 2,80 | 2,10 | 25,70 | 5220,30 | 649,70 | 96,00 | 222,70 |
| 42 | 712431,49 | 7463892,61 | 10,92 | 2,20 | 1,80 | 22,40 | 4775,30 | 519,80 | 82,90 | 194,40 |
| 43 | 712409,43 | 7463945,23 | 13,00 | 2,90 | 4,30 | 20,30 | 5354,20 | 680,30 | 120,60 | 177,70 |
| 44 | 712415,52 | 7463972,83 | 27,12 | 3,80 | 4,60 | 64,10 | 10826,10 | 1008,80 | 231,00 | 556,90 |
| 45 | 712436,03 | 7464012,55 | 11,18 | 1,30 | 2,00 | 27,60 | 4598,50 | 374,20 | 100,20 | 240,00 |
| 46 | 712462,41 | 7464064,48 | 10,08 | 1,20 | 2,30 | 23,60 | 4342,60 | 337,00 | 94,90 | 205,90 |
| 47 | 712494,28 | 7464100,96 | 5,69 | 0,10 | 5,10 | 7,70 | 3859,70 | 107,20 | 107,00 | 69,80 |
| 48 | 712529,00 | 7464137,39 | 11,43 | 1,40 | 2,80 | 26,10 | 4627,80 | 396,20 | 110,60 | 227,40 |
| 49 | 712555,25 | 7464180,10 | 7,07 | 0,90 | 1,90 | 15,60 | 3431,70 | 259,40 | 69,80 | 136,20 |
| 50 | 712581,46 | 7464219,73 | 8,43 | 1,30 | 2,00 | 18,00 | 3556,40 | 330,70 | 77,10 | 156,70 |
| 51 | 712604,91 | 7464265,56 | 8,04 | 1,60 | 2,30 | 14,40 | 3383,10 | 384,90 | 72,90 | 125,70 |
| 52 | 712625,42 | 7464305,27 | 8,22 | 1,40 | 1,80 | 17,20 | 3573,20 | 350,50 | 71,30 | 149,30 |

| Estação | UTM LESTE (m) | UTM NORTE (m) | CT (μ R/h) | K (%) | eU (ppm) | eTh (ppm) | CT (cpm) | K (cpm) | U (cpm) | Th (cpm) |
|---------|---------------|---------------|-----------------|-------|----------|-----------|----------|---------|---------|----------|
| 53 | 712654,61 | 7464354,09 | 3,54 | 0,00 | 2,30 | 7,10 | 2812,60 | 62,10 | 57,70 | 63,50 |
| 54 | 712669,34 | 7464387,73 | 7,97 | 1,40 | 2,60 | 14,50 | 3477,50 | 346,80 | 78,70 | 126,80 |
| 55 | 712692,75 | 7464430,48 | 10,32 | 1,50 | 2,10 | 23,30 | 4299,00 | 399,30 | 91,80 | 202,30 |
| 56 | 712727,46 | 7464466,91 | 7,55 | 1,50 | 2,00 | 13,90 | 3164,30 | 353,90 | 67,10 | 121,50 |
| 57 | 712759,33 | 7464503,38 | 7,44 | 1,40 | 1,70 | 14,70 | 3365,10 | 349,30 | 64,00 | 127,80 |
| 58 | 712771,43 | 7464552,45 | 9,37 | 1,50 | 2,90 | 18,20 | 4021,70 | 396,60 | 92,80 | 158,80 |
| 59 | 712806,10 | 7464585,80 | 12,71 | 1,90 | 3,30 | 26,80 | 5047,00 | 504,20 | 119,00 | 233,20 |
| 60 | 712846,43 | 7464616,00 | 10,45 | 2,30 | 1,30 | 21,40 | 4658,70 | 533,40 | 70,80 | 185,00 |
| 61 | 712881,15 | 7464652,44 | 10,12 | 1,40 | 3,00 | 21,10 | 4238,40 | 371,00 | 100,70 | 183,90 |
| 62 | 712904,52 | 7464692,11 | 15,79 | 1,80 | 3,50 | 37,60 | 6157,90 | 526,20 | 149,60 | 327,20 |
| 63 | 712922,18 | 7464731,86 | 7,97 | 1,30 | 2,40 | 15,50 | 3440,40 | 334,20 | 78,10 | 135,10 |
| 64 | 712951,24 | 7464771,45 | 10,98 | 2,40 | 3,20 | 18,40 | 4498,50 | 568,90 | 97,00 | 160,40 |
| 65 | 712963,34 | 7464820,51 | 8,02 | 1,80 | 2,20 | 13,50 | 3475,10 | 423,50 | 68,20 | 117,30 |
| 66 | 712975,43 | 7464869,57 | 14,10 | 2,50 | 4,10 | 26,70 | 5601,00 | 620,90 | 132,80 | 232,80 |
| 67 | 713015,76 | 7464899,77 | 10,93 | 1,60 | 1,80 | 25,60 | 4635,80 | 421,40 | 91,30 | 222,20 |
| 68 | 713050,48 | 7464936,21 | 8,93 | 1,50 | 3,40 | 15,50 | 3438,80 | 378,10 | 94,90 | 136,20 |
| 69 | 713065,43 | 7464985,23 | 7,71 | 0,90 | 3,10 | 15,10 | 3230,20 | 267,60 | 89,60 | 132,50 |
| 70 | 713088,84 | 7465027,98 | 9,58 | 1,20 | 2,50 | 21,40 | 4287,70 | 343,80 | 93,90 | 186,50 |
| 71 | 713129,26 | 7465064,33 | 7,95 | 1,00 | 2,70 | 16,30 | 3391,90 | 282,90 | 84,40 | 142,50 |
| 72 | 713106,89 | 7465095,41 | 12,18 | 1,70 | 3,30 | 26,00 | 5029,90 | 457,60 | 117,50 | 226,40 |
| 73 | 713135,78 | 7465122,70 | 10,41 | 2,10 | 2,70 | 19,10 | 4191,40 | 497,20 | 90,70 | 166,60 |
| 74 | 713167,70 | 7465162,25 | 9,99 | 2,00 | 3,00 | 17,50 | 4144,20 | 479,40 | 92,80 | 152,50 |
| 75 | 713196,76 | 7465201,84 | 8,83 | 0,80 | 2,40 | 21,10 | 3796,10 | 263,10 | 91,20 | 183,90 |
| 76 | 713220,21 | 7465247,66 | 10,90 | 1,30 | 3,10 | 24,10 | 4371,80 | 372,10 | 110,10 | 210,10 |
| 77 | 713240,81 | 7465293,53 | 10,59 | 0,70 | 2,60 | 27,30 | 4478,80 | 267,90 | 110,60 | 238,40 |
| 78 | 723751,67 | 7461676,42 | 0,47 | 0,00 | 0,50 | 0,50 | 36,00 | 10,70 | 9,50 | 4,30 |
| 79 | 723794,22 | 7461663,47 | 0,59 | 0,00 | 0,60 | 0,70 | 42,00 | 11,20 | 11,60 | 6,40 |
| 80 | 723828,33 | 7461656,81 | 0,35 | 0,00 | 0,40 | 0,30 | 42,80 | 15,40 | 8,00 | 2,80 |
| 81 | 723891,52 | 7461689,72 | 0,71 | 0,10 | 0,50 | 0,80 | 61,20 | 24,30 | 10,60 | 7,50 |
| 82 | 723940,00 | 7461692,08 | 0,50 | 0,00 | 0,50 | 0,60 | 51,00 | 17,00 | 10,60 | 5,40 |
| 83 | 723999,84 | 7461691,19 | 0,65 | 0,10 | 0,50 | 0,60 | 48,30 | 25,80 | 9,50 | 5,40 |

* *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.

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO
PROJETO PILOTO DE INVESTIMENTO - PPI

PROJETO AEROGEOFÍSICO RIO DE JANEIRO

CPRM CONTRATO N.º 027/PR/11

CALIBRAÇÃO DINÂMICA – RESULTADOS DOS TESTES

AERONAVE CESSNA CARAVAN C208B

PT-MED

MARICÁ - RJ
09 DE AGOSTO DE 2011

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 RS-230 BGO SUPER-SPEC
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 após
a Correção do *Background*
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 (μ), 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 09 de agosto de 2011 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 Radiation Solutions, modelo RS-230 Super-SPEC, 1024 canais, com detector de Óxido de Germanato de Bismuto (BGO) com $6,3 \text{ pol}^3$, como mostra a Figura 1. As medidas foram armazenadas na memória interna do equipamento, bem como anotadas pelo operador em planilha apropriada.



Figura 1 – Gama espectrômetro Portátil Radiation Solutions RS-230 Super-SPEC.

Foram registradas 86 estações, sendo 80 sobre a pista de calibração e 6 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 locação 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

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

| ESTATÍSTICA | CONCENTRAÇÃO | | | | CT (cpm) | K (cpm) | U (cpm) | Th (cpm) |
|-------------------|-----------------|----------|-------------|--------------|-------------|------------|------------|-------------|
| | CT(*) (µR/h) | K (%) | eU (ppm) | eTh (ppm) | | | | |
| MÉDIA | 12,93 | 2,17 | 2,87 | 27,16 | 5420,37 | 546,75 | 112,98 | 236,23 |
| DESVIO PADRÃO | 2,69 | 0,70 | 0,66 | 6,85 | 1000,63 | 145,04 | 19,48 | 59,26 |
| ERRO NA MÉDIA (1) | 0,30 | 0,08 | 0,07 | 0,77 | 111,87 | 16,22 | 2,18 | 6,63 |
| INCERTEZA (%) (2) | 0,02 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | | | | |

(*) Valor obtido através da expressão:

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

E = Taxa de Exposição (µR/h)

(1) Erro na média = Desvio Padrão / (Número de Estações)^{1/2}

(2) Incerteza = Erro na Média/Média

cpm = contagem por minuto

80 estações utilizadas no cálculo estatístico

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

| ESTATÍSTICA | CONCENTRAÇÃO | | | | CT (cpm) | K (cpm) | U (cpm) | Th (cpm) |
|---------------|--------------|----------|-------------|--------------|-------------|------------|------------|-------------|
| | CT (µR/h) | K (%) | eU (ppm) | eTh (ppm) | | | | |
| MÉDIA | 1,05 | 0,13 | 0,70 | 1,37 | 421,25 | 40,37 | 15,30 | 12,33 |
| DESVIO PADRÃO | 0,08 | 0,05 | 0,18 | 0,20 | 13,95 | 7,57 | 2,90 | 1,86 |
| ERRO NA MÉDIA | 0,03 | 0,02 | 0,07 | 0,08 | 5,70 | 3,09 | 1,18 | 0,76 |
| INCERTEZA (%) | 0,03 | 0,16 | 0,10 | 0,06 | | | | |

3. Levantamento Aéreo

Foi utilizada a aeronave PT-MED equipada com gamaespectrômetro Radiation Solutions RS-500, com cristais detectores de NaI com 2560 pol³ down e 512 pol³ up. Foram realizadas 8 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 PT-MED 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 à sensibilidade para cada janela,

N é a média das contagens corrigidas (em cps) para cada canal referente à 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:

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

| ESTATÍSTICA * | CT (cps) | K (cps) | U (cps) | Th (cps) |
|---------------|-------------|------------|------------|-------------|
| MÉDIA | 2532,60 | 112,30 | 28,11 | 105,65 |
| DESVIO PADRÃO | 32,75 | 5,25 | 0,40 | 3,91 |
| ERRO NA MÉDIA | 18,91 | 3,03 | 0,23 | 2,26 |
| INCERTEZA (%) | 0,01 | 0,03 | 0,01 | 0,02 |

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

Quadro 4 - Resultado Estatístico do Levantamento Terrestre na Pista de Calibração, após a correção do *Background*.

| ESTATÍSTICA | CONCENTRAÇÃO | | | | CT (cpm) | K (cpm) | U (cpm) | Th (cpm) |
|---------------|--------------------|----------|-------------|--------------|-------------|------------|------------|-------------|
| | CT (μ R/h) | K (%) | eU (ppm) | eTh (ppm) | | | | |
| MÉDIA | 11,88 | 2,03 | 2,17 | 25,79 | 4999,12 | 506,38 | 97,68 | 223,90 |
| DESVIO PADRÃO | 4,08 | 0,85 | 0,85 | 9,35 | 1603,62 | 190,77 | 31,30 | 80,97 |
| ERRO NA MÉDIA | 0,44 | 0,09 | 0,09 | 1,01 | 172,92 | 20,57 | 3,38 | 8,73 |
| INCERTEZA (%) | 0,04 | 0,05 | 0,04 | 0,04 | | | | |

cpm = contagens por minuto

Quadro 5 - Coeficientes de Sensibilidade.

| | CT (cps/ μ R/h) | K (cps/%) | U (cps/ppm) | Th (cps/ppm) |
|-------------------|------------------------|--------------|----------------|-----------------|
| SENSIBILIDADE (S) | 213,19 | 55,21 | 12,97 | 4,10 |

As Figuras 3, 4, 5 e 6 apresentam os perfis comparativos dos levantamentos aéreo e terrestre:

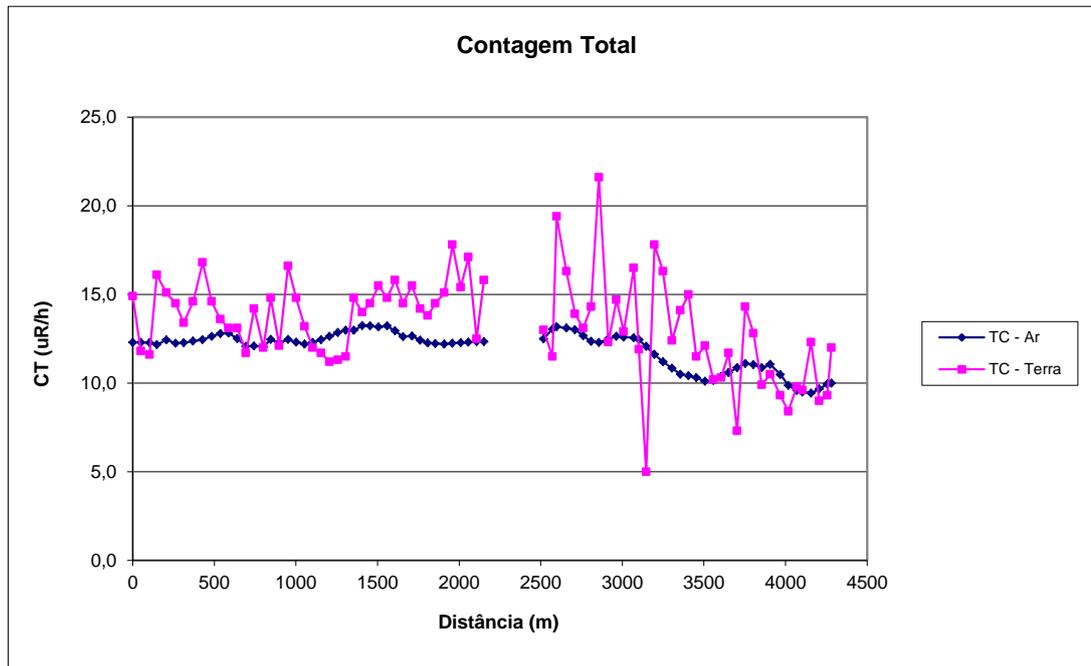


Figura 3 - Calibração dinâmica - Perfil comparativo - Contagem Total.

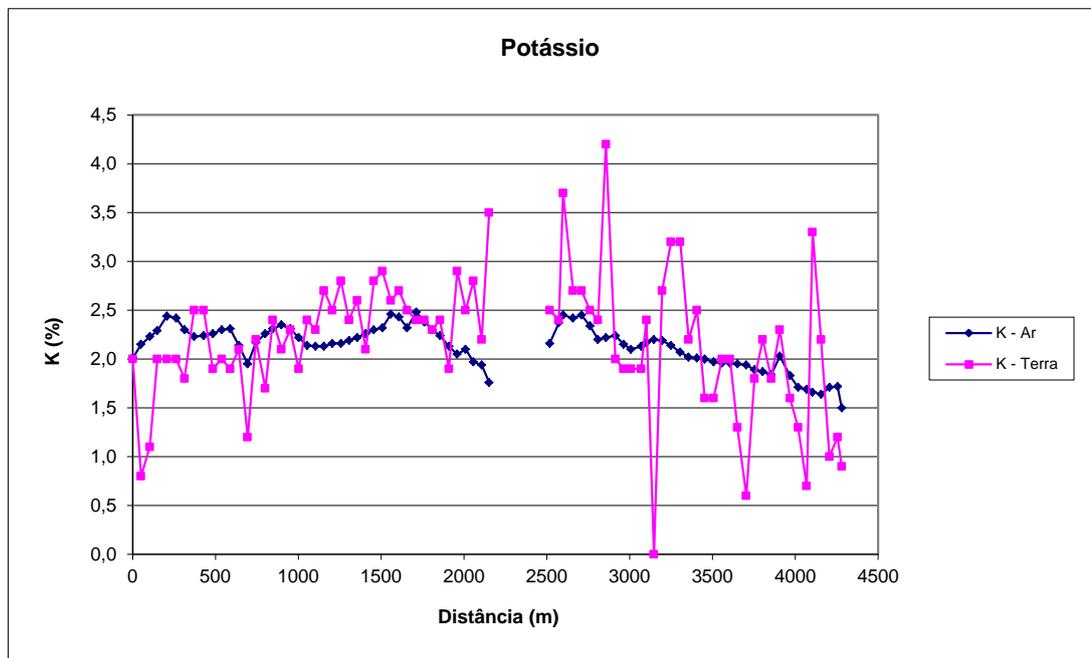


Figura 4 - Calibração dinâmica - Perfil comparativo - Potássio.

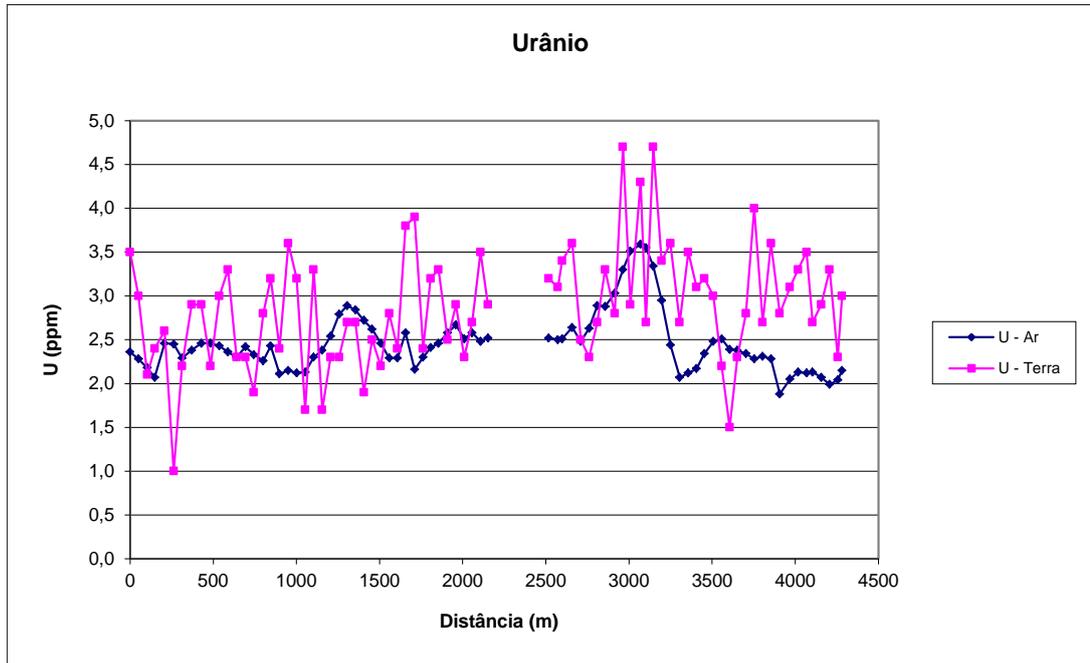


Figura 5 - Calibração dinâmica - Perfil comparativo – Urânio.

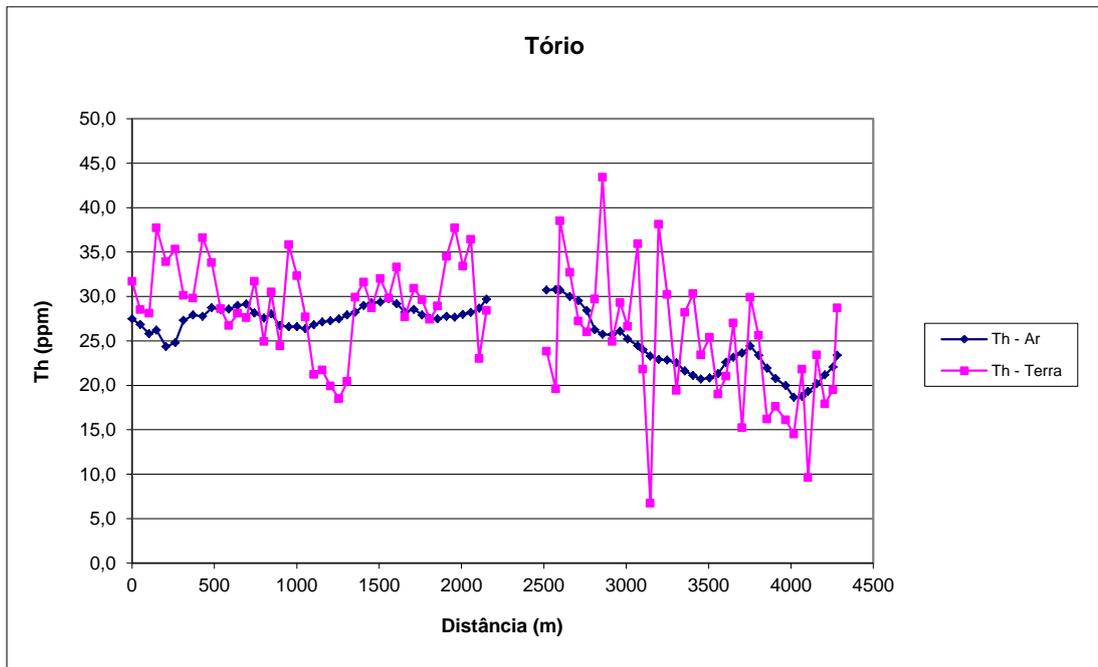


Figura 6 - Calibração dinâmica - Perfil comparativo – Tório.

TABELA 1 - LISTAGEM DAS LEITURAS DO LEVANTAMENTO TERRESTRE
 PISTA DE CALIBRAÇÃO DINÂMICA – 09/08/2011
 DADOS BRUTOS – PT-MED

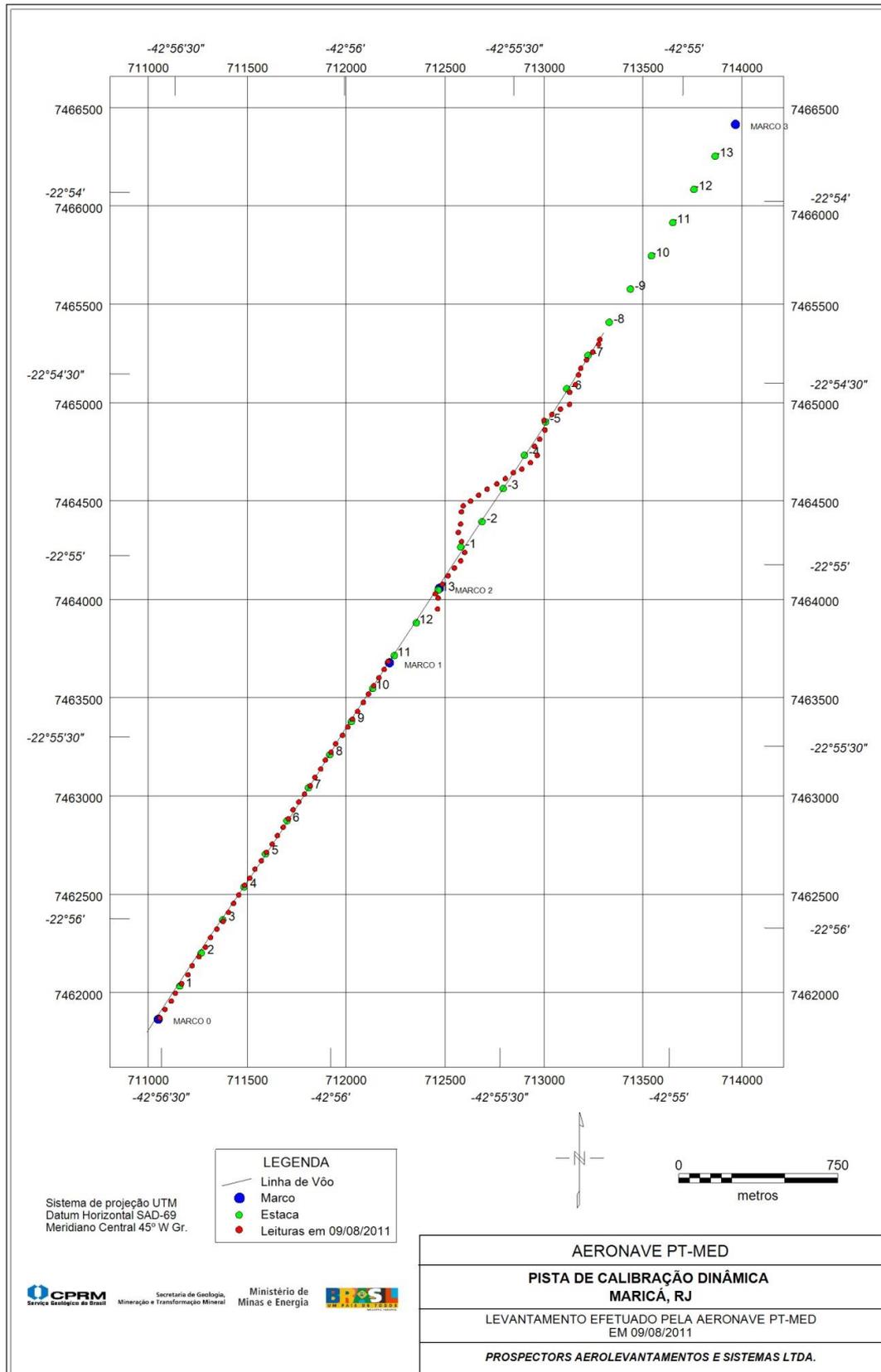
| Estação | UTM LESTE (m) | UTM NORTE (m) | CT (μ R/h) | K (%) | eU (ppm) | eTh (ppm) | CT (cpm) | K (cpm) | U (cpm) | Th (cpm) |
|---------|---------------------|---------------------|--------------------|----------|-------------|--------------|-------------|------------|------------|-------------|
| 1 | 711014,49 | 7461826,32 | 14,9 | 2,0 | 3,5 | 31,7 | 5797 | 537 | 136 | 276 |
| 2 | 711040,74 | 7461869,03 | 11,8 | 0,8 | 3,0 | 28,5 | 4529 | 286 | 121 | 248 |
| 3 | 711072,68 | 7461911,66 | 11,6 | 1,1 | 2,1 | 28,1 | 4958 | 336 | 103 | 245 |
| 4 | 711093,19 | 7461951,38 | 16,1 | 2,0 | 2,4 | 37,7 | 6583 | 552 | 131 | 327 |
| 5 | 711125,22 | 7462000,16 | 15,1 | 2,0 | 2,6 | 33,9 | 6316 | 537 | 126 | 295 |
| 6 | 711157,21 | 7462045,86 | 14,5 | 2,0 | 1,0 | 35,3 | 5801 | 521 | 101 | 306 |
| 7 | 711177,80 | 7462091,73 | 13,4 | 1,8 | 2,2 | 30,1 | 5248 | 483 | 110 | 262 |
| 8 | 711212,64 | 7462137,40 | 14,6 | 2,5 | 2,9 | 29,8 | 6004 | 616 | 119 | 259 |
| 9 | 711244,67 | 7462186,18 | 16,8 | 2,5 | 2,9 | 36,6 | 6810 | 645 | 135 | 318 |
| 10 | 711271,01 | 7462235,04 | 14,6 | 1,9 | 2,2 | 33,8 | 6014 | 512 | 117 | 293 |
| 11 | 711302,95 | 7462277,67 | 13,6 | 2,0 | 3,0 | 28,6 | 5698 | 518 | 119 | 249 |
| 12 | 711334,86 | 7462317,22 | 13,1 | 1,9 | 3,3 | 26,7 | 5409 | 507 | 119 | 232 |
| 13 | 711361,15 | 7462363,01 | 13,1 | 2,1 | 2,3 | 28,1 | 5553 | 524 | 105 | 244 |
| 14 | 711387,44 | 7462408,80 | 11,7 | 1,2 | 2,3 | 27,6 | 4725 | 361 | 104 | 240 |
| 15 | 711413,69 | 7462451,51 | 14,2 | 2,2 | 1,9 | 31,7 | 5874 | 563 | 107 | 275 |
| 16 | 711442,88 | 7462500,33 | 12,0 | 1,7 | 2,8 | 24,9 | 4970 | 456 | 107 | 217 |
| 17 | 711469,04 | 7462536,88 | 14,8 | 2,4 | 3,2 | 30,5 | 5740 | 597 | 126 | 265 |
| 18 | 711495,33 | 7462582,67 | 12,1 | 2,1 | 2,4 | 24,4 | 4895 | 524 | 98 | 212 |
| 19 | 711527,28 | 7462625,30 | 16,6 | 2,3 | 3,6 | 35,8 | 6830 | 602 | 146 | 312 |
| 20 | 711553,53 | 7462668,01 | 14,8 | 1,9 | 3,2 | 32,3 | 5878 | 518 | 132 | 282 |
| 21 | 711582,63 | 7462710,68 | 13,2 | 2,4 | 1,7 | 27,7 | 5568 | 581 | 94 | 240 |
| 22 | 711608,88 | 7462753,39 | 12,0 | 2,3 | 3,3 | 21,2 | 4876 | 564 | 107 | 185 |
| 23 | 711637,98 | 7462796,06 | 11,7 | 2,7 | 1,7 | 21,7 | 4864 | 614 | 79 | 188 |
| 24 | 711664,23 | 7462838,76 | 11,2 | 2,5 | 2,3 | 19,9 | 4659 | 576 | 86 | 172 |
| 25 | 711687,67 | 7462884,59 | 11,3 | 2,8 | 2,3 | 18,5 | 4356 | 636 | 82 | 161 |
| 26 | 711716,73 | 7462924,18 | 11,5 | 2,4 | 2,7 | 20,4 | 4725 | 566 | 93 | 178 |
| 27 | 711745,78 | 7462963,77 | 14,8 | 2,6 | 2,7 | 29,9 | 6316 | 639 | 117 | 260 |
| 28 | 711774,88 | 7463006,44 | 14,0 | 2,1 | 1,9 | 31,6 | 5633 | 539 | 108 | 274 |
| 29 | 711798,28 | 7463049,19 | 14,5 | 2,8 | 2,5 | 28,7 | 5789 | 663 | 110 | 249 |
| 30 | 711827,39 | 7463091,86 | 15,5 | 2,9 | 2,2 | 32,0 | 6140 | 701 | 112 | 277 |
| 31 | 711850,83 | 7463137,69 | 14,8 | 2,6 | 2,8 | 29,8 | 6022 | 640 | 118 | 259 |
| 32 | 711879,89 | 7463177,28 | 15,8 | 2,7 | 2,4 | 33,3 | 6498 | 670 | 119 | 289 |
| 33 | 711903,29 | 7463220,03 | 14,5 | 2,5 | 3,8 | 27,7 | 5718 | 618 | 131 | 241 |
| 34 | 711938,09 | 7463262,62 | 15,5 | 2,4 | 3,9 | 30,9 | 6208 | 621 | 139 | 270 |
| 35 | 711964,34 | 7463305,32 | 14,2 | 2,4 | 2,4 | 29,6 | 5544 | 598 | 111 | 257 |
| 36 | 711987,70 | 7463345,00 | 13,8 | 2,3 | 3,2 | 27,4 | 5924 | 573 | 119 | 238 |
| 37 | 712013,91 | 7463384,63 | 14,5 | 2,4 | 3,3 | 28,9 | 5987 | 595 | 125 | 252 |
| 38 | 712043,05 | 7463430,37 | 15,1 | 1,9 | 2,5 | 34,5 | 6044 | 522 | 125 | 300 |
| 39 | 712069,31 | 7463473,08 | 17,8 | 2,9 | 2,9 | 37,7 | 7003 | 732 | 139 | 327 |
| 40 | 712095,56 | 7463515,79 | 15,4 | 2,5 | 2,3 | 33,4 | 6323 | 618 | 119 | 290 |
| 41 | 712121,77 | 7463555,42 | 17,1 | 2,8 | 2,7 | 36,4 | 6999 | 708 | 132 | 316 |
| 42 | 712148,02 | 7463598,13 | 12,5 | 2,2 | 3,5 | 23,0 | 4923 | 541 | 114 | 200 |
| 43 | 712168,53 | 7463637,84 | 15,8 | 3,5 | 2,9 | 28,4 | 6267 | 814 | 114 | 247 |

| Estação | UTM LESTE (m) | UTM NORTE (m) | CT (μ R/h) | K (%) | eU (ppm) | eTh (ppm) | CT (cpm) | K (cpm) | U (cpm) | Th (cpm) |
|---------|---------------------|---------------------|--------------------|----------|-------------|--------------|-------------|------------|------------|-------------|
| 44 | 712417,41 | 7463905,11 | 13,0 | 2,5 | 3,2 | 23,8 | 5361 | 610 | 110 | 207 |
| 45 | 712421,04 | 7463960,45 | 11,5 | 2,4 | 3,1 | 19,6 | 4787 | 564 | 98 | 171 |
| 46 | 712407,10 | 7463982,18 | 19,4 | 3,7 | 3,4 | 38,5 | 7694 | 880 | 148 | 334 |
| 47 | 712441,99 | 7464030,92 | 16,3 | 2,7 | 3,6 | 32,7 | 6433 | 670 | 139 | 285 |
| 48 | 712471,09 | 7464073,59 | 13,9 | 2,7 | 2,5 | 27,2 | 5319 | 643 | 107 | 236 |
| 49 | 712503,00 | 7464113,14 | 13,1 | 2,5 | 2,3 | 26,0 | 5204 | 597 | 101 | 225 |
| 50 | 712534,87 | 7464149,62 | 14,3 | 2,4 | 2,7 | 29,7 | 5426 | 591 | 115 | 259 |
| 51 | 712555,42 | 7464192,41 | 21,6 | 4,2 | 3,3 | 43,4 | 8568 | 997 | 158 | 376 |
| 52 | 712539,11 | 7464248,02 | 12,3 | 2,0 | 2,8 | 24,9 | 5147 | 506 | 106 | 217 |
| 53 | 712522,66 | 7464294,41 | 14,7 | 1,9 | 4,7 | 29,3 | 5790 | 527 | 150 | 256 |
| 54 | 712534,66 | 7464337,32 | 12,9 | 1,9 | 2,9 | 26,6 | 5353 | 503 | 113 | 232 |
| 55 | 712538,38 | 7464398,80 | 16,5 | 1,9 | 4,3 | 35,9 | 6476 | 538 | 160 | 313 |
| 56 | 712547,36 | 7464429,45 | 11,9 | 2,4 | 2,7 | 21,8 | 4852 | 564 | 97 | 189 |
| 57 | 712584,76 | 7464453,54 | 5,0 | 0,0 | 4,7 | 6,7 | 4136 | 64 | 99 | 61 |
| 58 | 712625,09 | 7464483,74 | 17,8 | 2,7 | 3,4 | 38,1 | 6839 | 688 | 148 | 331 |
| 59 | 712668,27 | 7464513,90 | 16,3 | 3,2 | 3,6 | 30,2 | 6392 | 772 | 131 | 263 |
| 60 | 712717,11 | 7464540,90 | 12,4 | 3,2 | 2,7 | 19,4 | 4795 | 714 | 90 | 168 |
| 61 | 712760,24 | 7464567,99 | 14,1 | 2,2 | 3,5 | 28,2 | 5600 | 561 | 126 | 246 |
| 62 | 712800,58 | 7464598,19 | 15,0 | 2,5 | 3,1 | 30,3 | 6118 | 632 | 124 | 263 |
| 63 | 712843,58 | 7464616,04 | 11,5 | 1,6 | 3,2 | 23,4 | 5024 | 425 | 111 | 204 |
| 64 | 712886,81 | 7464649,28 | 12,1 | 1,6 | 3,0 | 25,4 | 4888 | 442 | 112 | 222 |
| 65 | 712921,53 | 7464685,72 | 10,2 | 2,0 | 2,2 | 19,0 | 4106 | 483 | 82 | 165 |
| 66 | 712907,93 | 7464732,06 | 10,3 | 2,0 | 1,5 | 21,0 | 4177 | 474 | 74 | 182 |
| 67 | 712934,10 | 7464768,62 | 11,7 | 1,3 | 2,3 | 27,0 | 4734 | 376 | 103 | 235 |
| 68 | 712960,40 | 7464814,40 | 7,3 | 0,6 | 2,8 | 15,2 | 2855 | 203 | 85 | 133 |
| 69 | 712955,39 | 7464863,70 | 14,3 | 1,8 | 4,0 | 29,9 | 5654 | 491 | 140 | 261 |
| 70 | 712995,73 | 7464893,90 | 12,8 | 2,2 | 2,7 | 25,6 | 5311 | 544 | 106 | 222 |
| 71 | 713038,87 | 7464920,99 | 9,9 | 1,8 | 3,6 | 16,2 | 4101 | 449 | 99 | 142 |
| 72 | 713084,81 | 7464944,95 | 10,5 | 2,3 | 2,8 | 17,6 | 4114 | 531 | 89 | 154 |
| 73 | 713085,68 | 7465006,48 | 9,3 | 1,6 | 3,1 | 16,1 | 3657 | 409 | 90 | 141 |
| 74 | 713114,75 | 7465046,07 | 8,4 | 1,3 | 3,3 | 14,5 | 3463 | 334 | 90 | 127 |
| 75 | 713129,69 | 7465095,09 | 9,8 | 0,7 | 3,5 | 21,8 | 4020 | 245 | 112 | 191 |
| 76 | 713141,57 | 7465128,77 | 9,6 | 3,3 | 2,7 | 9,6 | 3974 | 715 | 66 | 83 |
| 77 | 713170,68 | 7465171,44 | 12,3 | 2,2 | 2,9 | 23,4 | 4870 | 542 | 105 | 203 |
| 78 | 713202,59 | 7465210,99 | 9,0 | 1,0 | 3,3 | 17,9 | 3695 | 289 | 100 | 157 |
| 79 | 713231,66 | 7465250,58 | 9,3 | 1,2 | 2,3 | 19,5 | 3840 | 334 | 87 | 170 |
| 80 | 713237,70 | 7465275,11 | 12,0 | 0,9 | 3,0 | 28,7 | 4844 | 310 | 120 | 250 |
| 81 | 722466,27 | 7462061,63 | 1,1 | 0,2 | 0,7 | 1,3 | 427 | 47 | 15 | 12 |
| 82 | 722466,23 | 7462058,56 | 1,1 | 0,1 | 0,8 | 1,6 | 409 | 34 | 17 | 15 |
| 83 | 722466,27 | 7462061,63 | 1,1 | 0,2 | 0,6 | 1,5 | 442 | 53 | 13 | 13 |
| 84 | 722466,32 | 7462064,71 | 1,0 | 0,1 | 0,5 | 1,5 | 430 | 35 | 13 | 14 |
| 85 | 722469,17 | 7462064,67 | 1,1 | 0,1 | 1,0 | 1,2 | 410 | 35 | 20 | 11 |
| 86 | 722474,86 | 7462064,58 | 0,9 | 0,1 | 0,6 | 1,1 | 409 | 39 | 13 | 10 |

* *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-f - ATENUAÇÃO ATMOSFÉRICA - RESULTADOS DOS TESTES

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO
PROJETO PILOTO DE INVESTIMENTO - PPI
PROJETO AEROGEOFÍSICO RIO DE JANEIRO
CPRM CONTRATO N.º 027/PR/11

ATENUAÇÃO ATMOSFÉRICA – RESULTADO DOS TESTES

AERONAVE PIPER NAVAJO PA31-350

PR-PEC

MARICÁ - RJ
20 DE MAIO DE 2011

SUMÁRIO

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

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 - Coeficientes de Atenuação

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

1. Cálculo das Constantes de Atenuação Atmosférica para a Aeronave PR-PEC

Durante os voos sobre a pista de calibração dinâmica (*dynamic calibration range - DCR*) realizados em 20/05/2011 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 $\mu\text{R/h}$ para o canal de contagem total), também são realizados voos em diversas alturas (de 330 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 (μ) 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 aerolevantamento (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 ($H=0$),

μ é o coeficiente de atenuação atmosférica,

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

$$\text{Ln}(N_H) = -\mu H + \text{Ln}(N_0)$$

que é a equação de uma reta de coeficiente angular $-\mu$ e coeficiente linear $\text{Ln}(N_0)$. Na determinação dos coeficientes de atenuação atmosférica (μ) para cada um dos canais radiométricos são efetuadas regressões lineares dos logaritmos neperianos dos valores radiométricos $\text{Ln}(N_H)$ em relação às alturas de voo (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:

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

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*;
- μ é o coeficiente de atenuação atmosférica para determinado canal;
- H_{100} é a altura nominal do voo (100m);
- H é a altura medida.

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

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

| MÉDIAS SOBRE A TERRA* | | | | |
|------------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| ALTURA (pés) | CT (cps) | K (cps) | U (cps) | Th (cps) |
| 330 | 3183,22 | 260,17 | 85,43 | 138,57 |
| 331 | 3043,98 | 254,11 | 82,69 | 129,56 |
| 332 | 3179,21 | 265,55 | 82,42 | 132,82 |
| 400 | 2716,38 | 222,65 | 74,07 | 115,24 |
| 500 | 2399,25 | 195,48 | 65,49 | 100,87 |
| 600 | 1997,46 | 160,28 | 55,96 | 85,95 |
| 700 | 1766,98 | 144,46 | 49,93 | 73,69 |
| 800 | 1549,07 | 128,23 | 47,05 | 63,98 |
| MÉDIAS SOBRE A ÁGUA* | | | | |
| ALTURA (pés) | CT (cps) | K (cps) | U (cps) | Th (cps) |
| 330 | 330,43 | 39,68 | 12,70 | 9,34 |
| 331 | 333,29 | 39,90 | 12,93 | 8,76 |
| 332 | 330,77 | 40,32 | 12,97 | 9,27 |
| 400 | 332,50 | 39,11 | 12,76 | 9,09 |
| 500 | 334,43 | 37,86 | 13,03 | 9,19 |
| 600 | 334,30 | 38,00 | 13,49 | 8,69 |
| 700 | 332,74 | 38,30 | 12,49 | 9,45 |
| 800 | 332,33 | 37,90 | 13,03 | 9,47 |
| MÉDIAS TERRA-ÁGUA* | | | | |
| ALTURA (pés) | CT (cps) | K (cps) | U (cps) | Th (cps) |
| 330 | 2852,79 | 220,49 | 72,73 | 129,23 |
| 331 | 2710,69 | 214,21 | 69,76 | 120,80 |
| 332 | 2848,44 | 225,23 | 69,45 | 123,55 |
| 400 | 2383,88 | 183,54 | 61,31 | 106,15 |
| 500 | 2064,82 | 157,62 | 52,46 | 91,68 |
| 600 | 1663,16 | 122,28 | 42,47 | 77,26 |
| 700 | 1434,24 | 106,16 | 37,44 | 64,24 |
| 800 | 1216,74 | 90,33 | 34,02 | 54,51 |

* valores corrigidos do tempo morto

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

- Tempo morto
- *Background*
- Espalhamento *Compton*

Tabela 1b – Cálculo dos Coeficientes de Atenuação Atmosférica.

| LINHA | Altura Efetiva (m) | CT (cps) | K (cps) | U (cps) | Th (cps) |
|-------|--------------------|----------|---------|---------|----------|
| 330 | 88,96 | 2851,48 | 137,31 | 29,85 | 123,02 |
| 331 | 97,63 | 2706,54 | 134,47 | 29,12 | 114,89 |
| 332 | 88,29 | 2847,68 | 145,81 | 28,51 | 117,64 |
| 400 | 112,57 | 2383,27 | 112,90 | 24,90 | 101,16 |
| 500 | 132,02 | 2065,07 | 96,43 | 20,14 | 87,47 |
| 600 | 164,61 | 1662,25 | 71,50 | 13,91 | 73,74 |
| 700 | 183,38 | 1432,24 | 61,54 | 13,12 | 61,29 |
| 800 | 205,61 | 1217,84 | 49,92 | 12,92 | 52,19 |

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

Tabela 1c – Cálculo dos Coeficientes de Atenuação Atmosférica.

| LINHA | Altura Efetiva (m) | ln CT (cps) | ln K (cps) | ln U (cps) | ln Th (cps) |
|-------|--------------------|-------------|------------|------------|-------------|
| 330 | 88,96 | 7,96 | 4,92 | 3,40 | 4,81 |
| 331 | 97,63 | 7,90 | 4,90 | 3,37 | 4,74 |
| 332 | 88,29 | 7,95 | 4,98 | 3,35 | 4,77 |
| 400 | 112,57 | 7,78 | 4,73 | 3,21 | 4,62 |
| 500 | 132,02 | 7,63 | 4,57 | 3,00 | 4,47 |
| 600 | 164,61 | 7,42 | 4,27 | 2,63 | 4,30 |
| 700 | 183,38 | 7,27 | 4,12 | 2,57 | 4,12 |
| 800 | 205,61 | 7,10 | 3,91 | 2,56 | 3,95 |

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

Quadro 1 – Coeficientes de Atenuação Atmosférica.

| Canal Radiométrico | μ em m^{-1} |
|--------------------|-------------------|
| Contagem Total | -0,0073 |
| Potássio | -0,0089 |
| Urânio | -0,008 |
| Tório | -0,0071 |

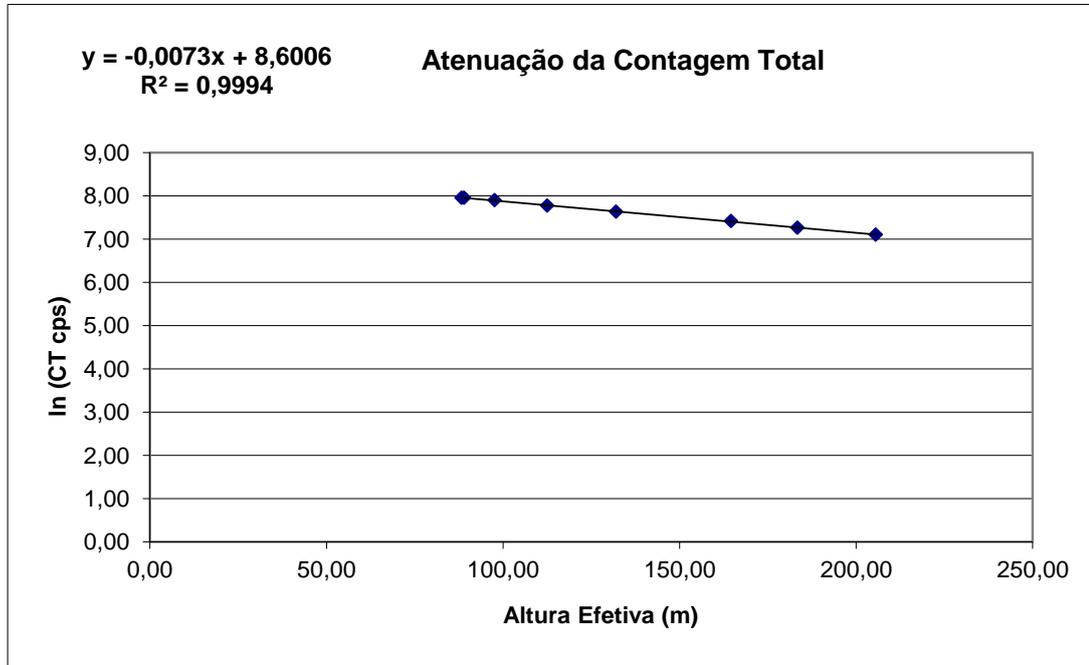


Figura 1a - Coeficiente de Atenuação - Contagem Total.

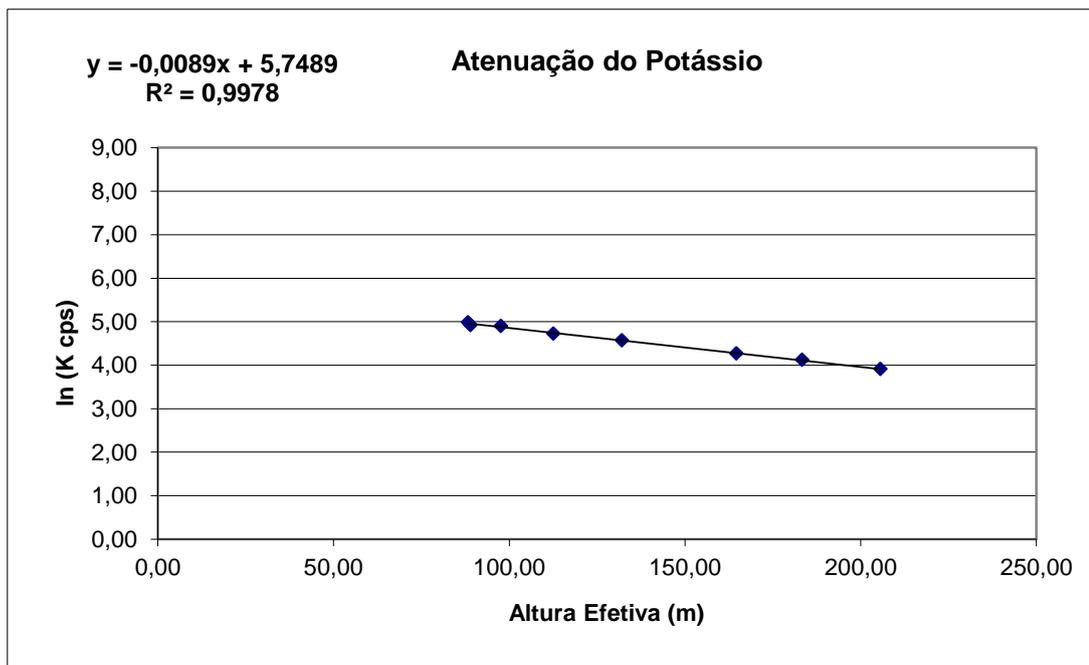


Figura 1b - Coeficiente de Atenuação - Potássio.

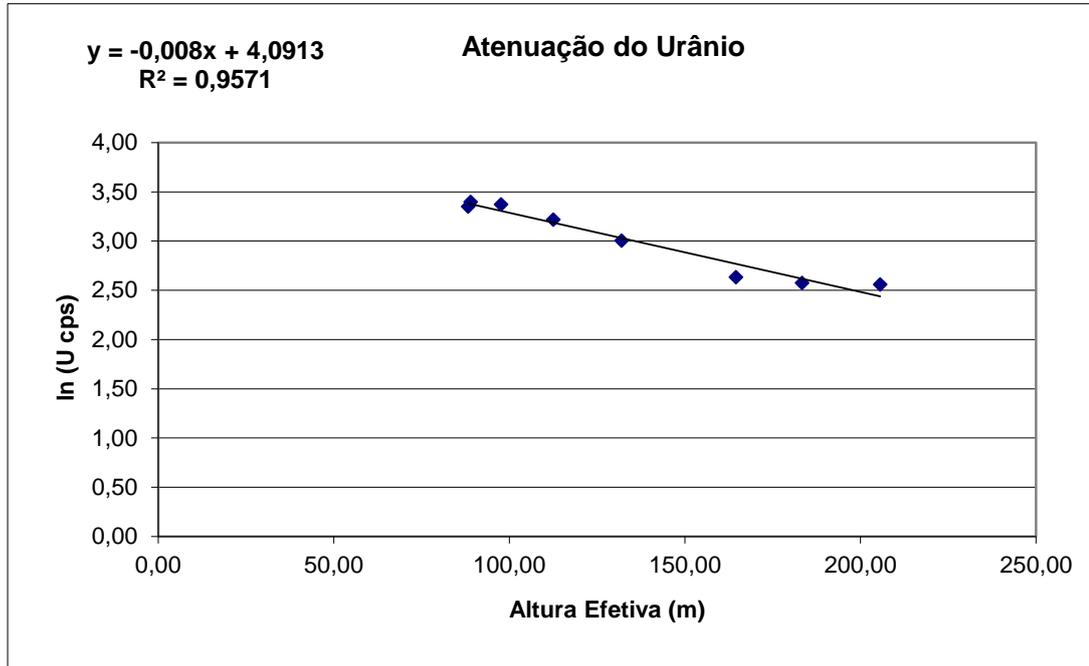


Figura 1c - Coeficiente de Atenuação – Urânio.

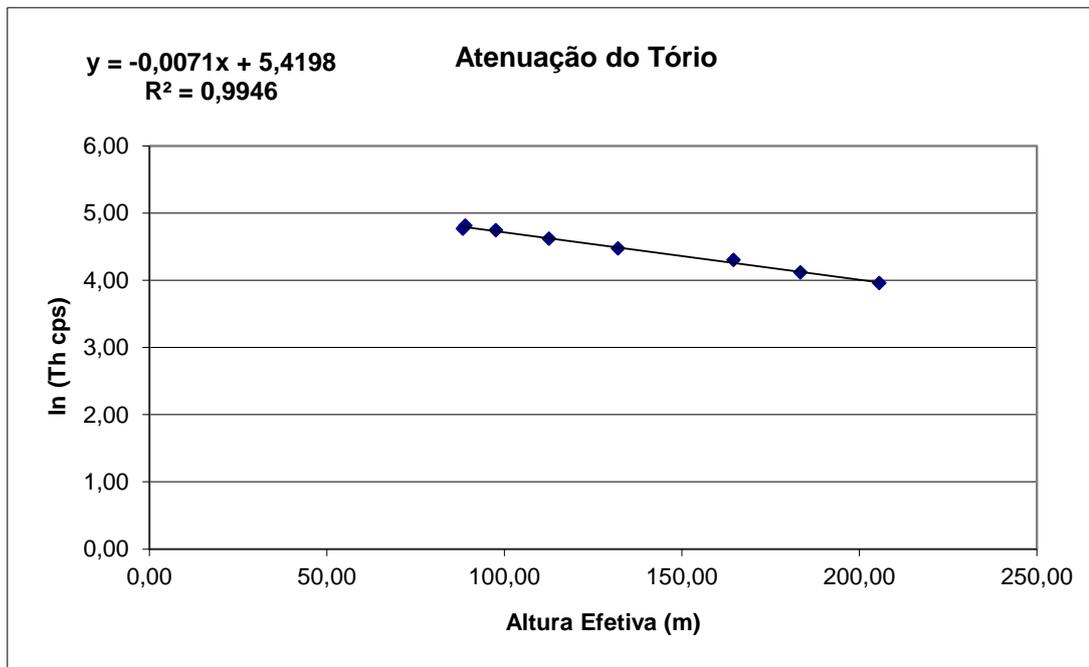


Figura 1d - Coeficiente de Atenuação – Tório.

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO
PROJETO PILOTO DE INVESTIMENTO - PPI
PROJETO AEROGEOFÍSICO RIO DE JANEIRO
CPRM CONTRATO N.º 027/PR/11

ATENUAÇÃO ATMOSFÉRICA – RESULTADO DOS TESTES

AERONAVE CESSNA CARAVAN C208B
PT-MED

MARICÁ - RJ
09 DE AGOSTO DE 2011

SUMÁRIO

1 - Cálculo das constantes de atenuação atmosférica para a aeronave PT-MED

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 - Coeficientes de Atenuação

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

1. Cálculo das Constantes de Atenuação Atmosférica para a Aeronave PT-MED

Durante os voos sobre a pista de calibração dinâmica (*dynamic calibration range - DCR*) realizados em 09/08/2011 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 $\mu\text{R/h}$ para o canal de contagem total), também são realizados voos em diversas alturas (de 330 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 (μ) 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 aerolevantamento (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 ($H=0$),

μ 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 (μ) para cada um dos canais radiométricos são efetuadas regressões lineares dos logaritmos neperianos dos valores radiométricos $\ln(N_H)$ em relação às alturas de voo (de 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:

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

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*;
- μ é o coeficiente de atenuação atmosférica para determinado canal;
- H_{100} é a altura nominal do voo (100m);
- H é a altura medida.

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

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

| MÉDIAS SOBRE A TERRA* | | | | |
|------------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| ALTURA (pés) | CT (cps) | K (cps) | U (cps) | Th (cps) |
| 330 | 3195,43 | 250,29 | 89,13 | 132,87 |
| 331 | 3166,34 | 258,54 | 85,66 | 125,63 |
| 332 | 3195,73 | 253,16 | 89,14 | 131,84 |
| 400 | 2778,47 | 223,37 | 78,03 | 111,10 |
| 500 | 2436,57 | 191,00 | 69,41 | 97,79 |
| 600 | 2044,63 | 162,79 | 63,11 | 78,87 |
| 700 | 1639,57 | 129,84 | 52,20 | 61,96 |
| 800 | 1487,42 | 121,12 | 49,29 | 55,58 |
| MÉDIAS SOBRE A ÁGUA* | | | | |
| ALTURA (pés) | CT (cps) | K (cps) | U (cps) | Th (cps) |
| 330 | 410,83 | 45,83 | 16,74 | 8,57 |
| 331 | 411,48 | 46,46 | 16,56 | 8,99 |
| 332 | 417,97 | 46,38 | 17,27 | 8,50 |
| 400 | 414,43 | 45,64 | 16,62 | 8,29 |
| 500 | 416,70 | 46,10 | 18,06 | 8,61 |
| 600 | 420,24 | 45,89 | 17,69 | 8,53 |
| 700 | 426,51 | 45,08 | 17,70 | 9,37 |
| 800 | 429,36 | 46,14 | 18,73 | 9,27 |
| MÉDIAS TERRA-ÁGUA* | | | | |
| ALTURA (pés) | CT (cps) | K (cps) | U (cps) | Th (cps) |
| 330 | 2784,60 | 204,46 | 72,39 | 124,30 |
| 331 | 2754,86 | 212,08 | 69,10 | 116,64 |
| 332 | 2777,76 | 206,78 | 71,87 | 123,34 |
| 400 | 2364,04 | 177,73 | 61,41 | 102,81 |
| 500 | 2019,87 | 144,90 | 51,35 | 89,18 |
| 600 | 1624,39 | 116,90 | 45,42 | 70,34 |
| 700 | 1213,06 | 84,76 | 34,50 | 52,59 |
| 800 | 1058,06 | 74,98 | 30,56 | 46,31 |

* valores corrigidos do tempo morto

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

- Tempo morto
- *Background*
- Espalhamento *Compton*

Tabela 1b – Cálculo dos Coeficientes de Atenuação Atmosférica.

| LINHA | Altura Efetiva (m) | CT (cps) | K (cps) | U (cps) | Th (cps) |
|-------|--------------------|----------|---------|---------|----------|
| 330 | 89,90 | 2781,01 | 120,80 | 30,65 | 117,26 |
| 331 | 88,40 | 2753,51 | 132,61 | 30,11 | 110,14 |
| 332 | 87,05 | 2779,08 | 123,88 | 30,77 | 116,61 |
| 400 | 108,72 | 2364,51 | 106,44 | 26,07 | 97,25 |
| 500 | 129,45 | 2019,80 | 84,13 | 19,71 | 84,40 |
| 600 | 156,58 | 1626,29 | 63,73 | 19,73 | 66,76 |
| 700 | 194,22 | 1208,97 | 43,75 | 14,18 | 49,68 |
| 800 | 211,81 | 1060,06 | 38,40 | 12,42 | 44,09 |

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

Tabela 1c – Cálculo dos Coeficientes de Atenuação Atmosférica.

| LINHA | Altura Efetiva (m) | ln CT (cps) | ln K (cps) | ln U (cps) | ln Th (cps) |
|-------|--------------------|-------------|------------|------------|-------------|
| 330 | 89,90 | 7,93 | 4,79 | 3,42 | 4,76 |
| 331 | 88,40 | 7,92 | 4,89 | 3,40 | 4,70 |
| 332 | 87,05 | 7,93 | 4,82 | 3,43 | 4,76 |
| 400 | 108,72 | 7,77 | 4,67 | 3,26 | 4,58 |
| 500 | 129,45 | 7,61 | 4,43 | 2,98 | 4,44 |
| 600 | 156,58 | 7,39 | 4,15 | 2,98 | 4,20 |
| 700 | 194,22 | 7,10 | 3,78 | 2,65 | 3,91 |
| 800 | 211,81 | 6,97 | 3,65 | 2,52 | 3,79 |

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

Quadro 1 – Coeficientes de Atenuação Atmosférica.

| Canal Radiométrico | μ em m-1 |
|--------------------|--------------|
| Contagem Total | -0,0078 |
| Potássio | -0,0098 |
| Urânio | -0,0071 |
| Tório | -0,0078 |

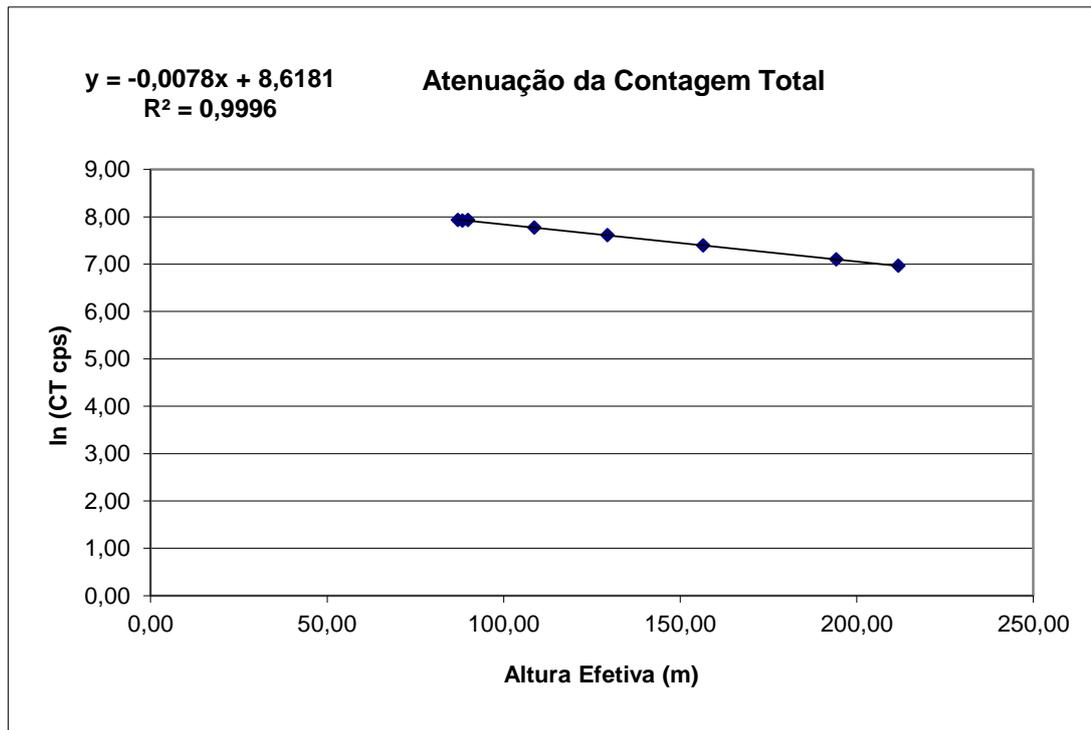


Figura 1a - Coeficiente de Atenuação - Contagem Total.

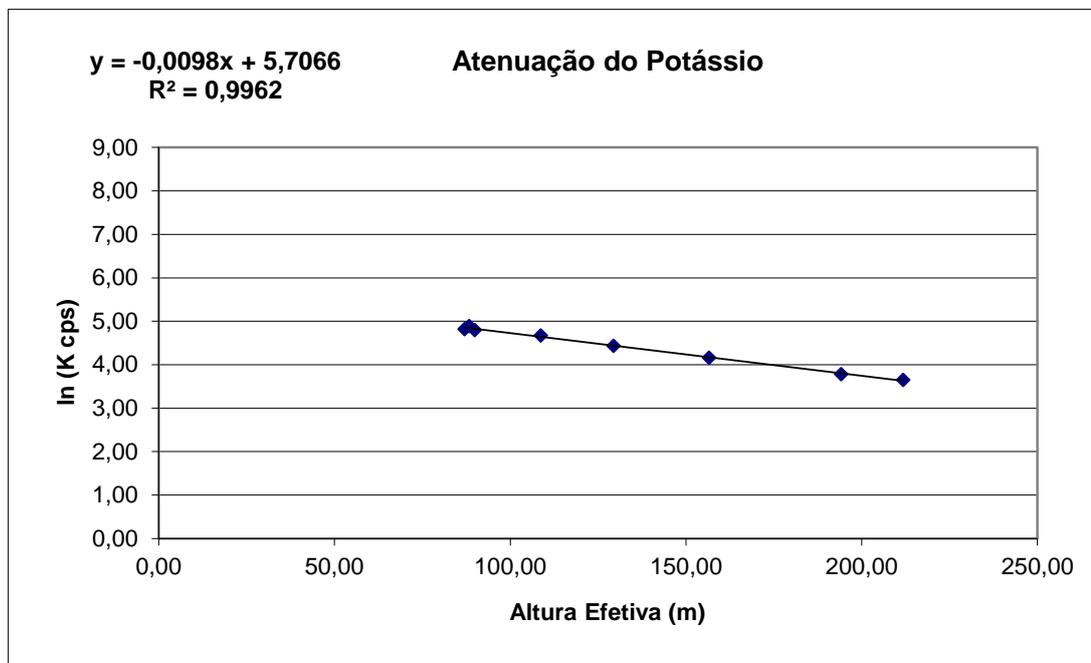


Figura 1b - Coeficiente de Atenuação - Potássio.

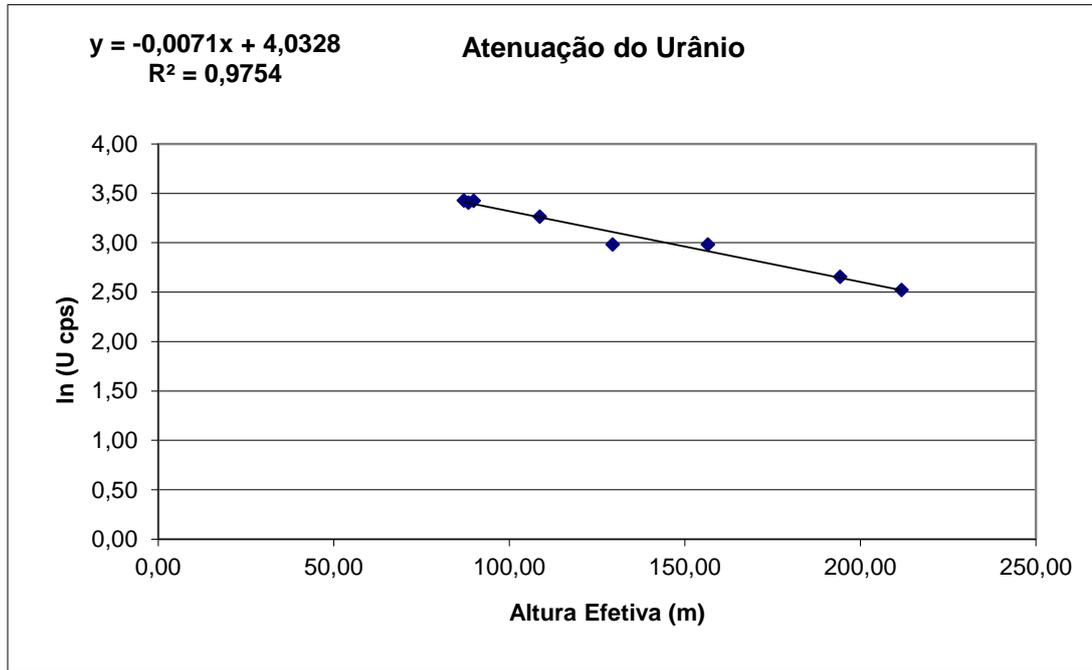


Figura 1c - Coeficiente de Atenuação – Urânio.

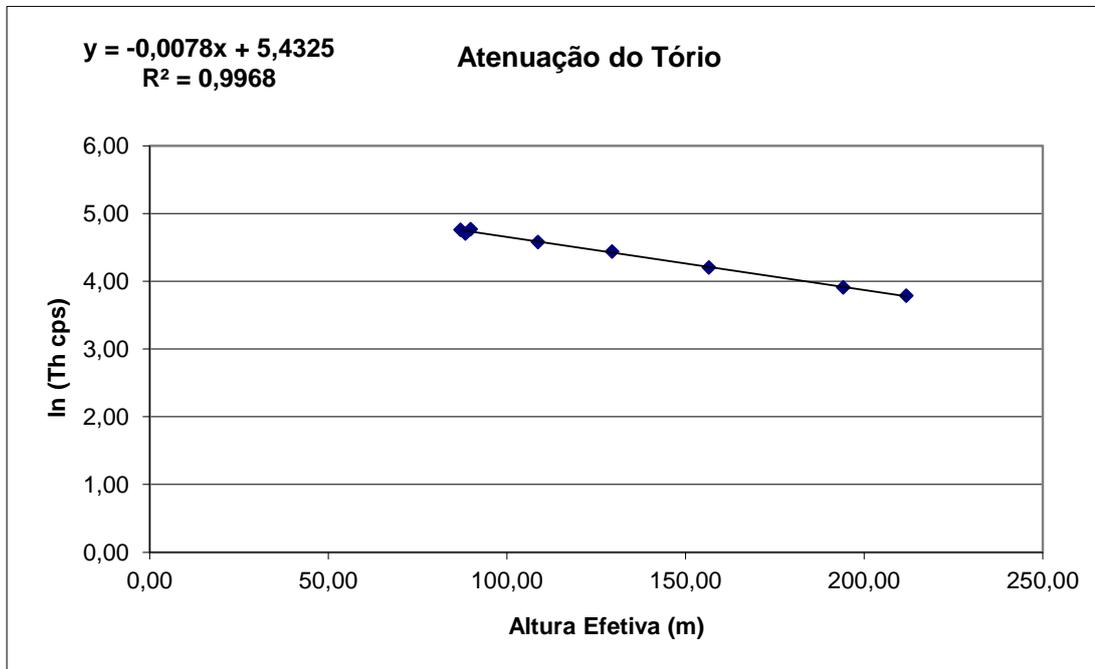


Figura 1d - Coeficiente de Atenuação – Tório.

ANEXO II – TESTES CONTRATUAIS

Anexo II-a – Teste de Altimetros

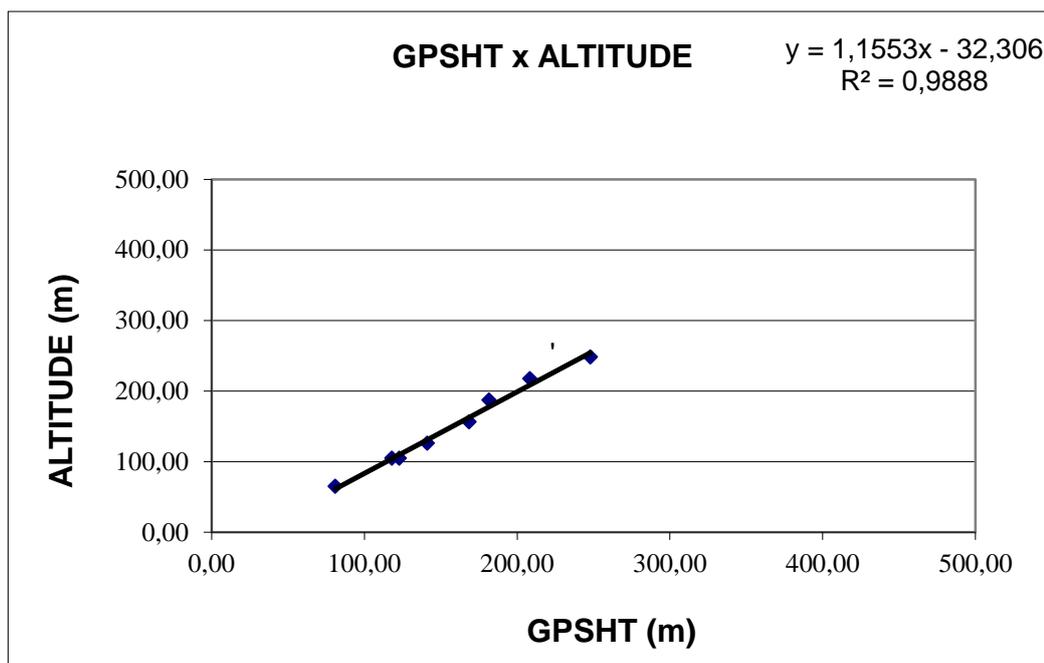
| | |
|------------|-------------|
| Nº Projeto | AGFW56-2011 |
| Base | Maricá - RJ |
| Aeronave | PR-PEC |
| Data | 13/08/2011 |
| Nº Voo | 002 |

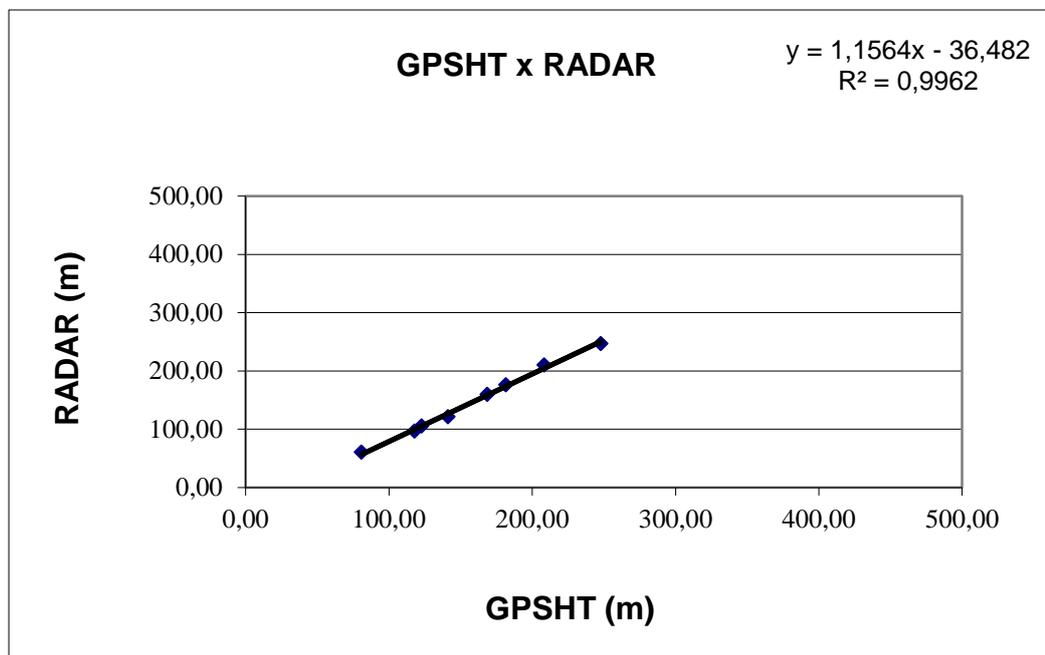
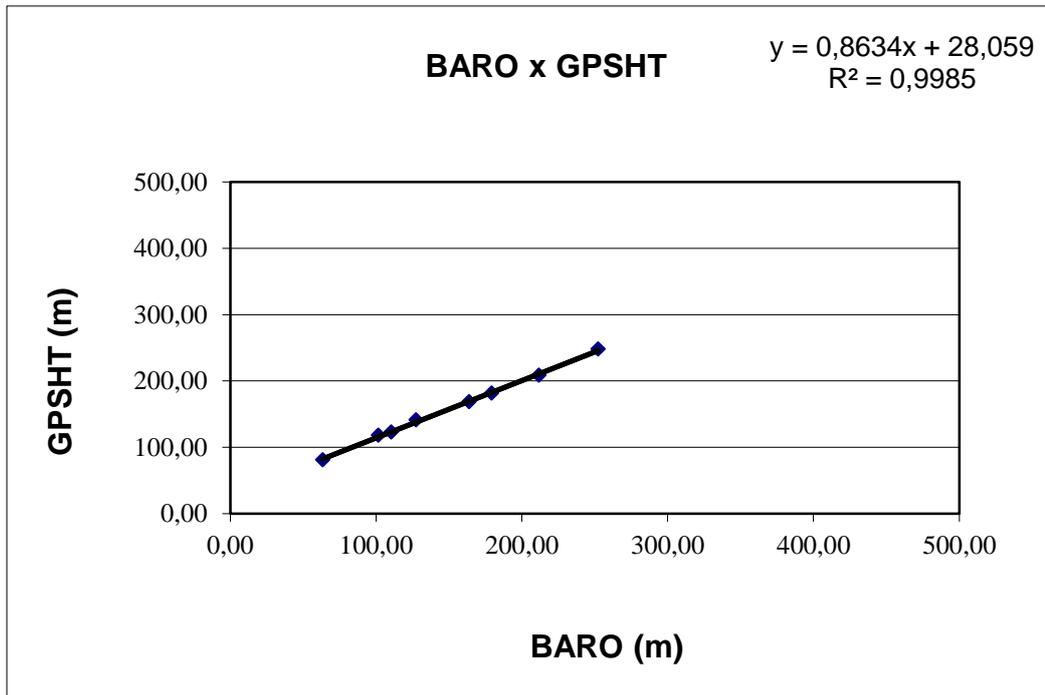
Altitude da Pista: 4 metros

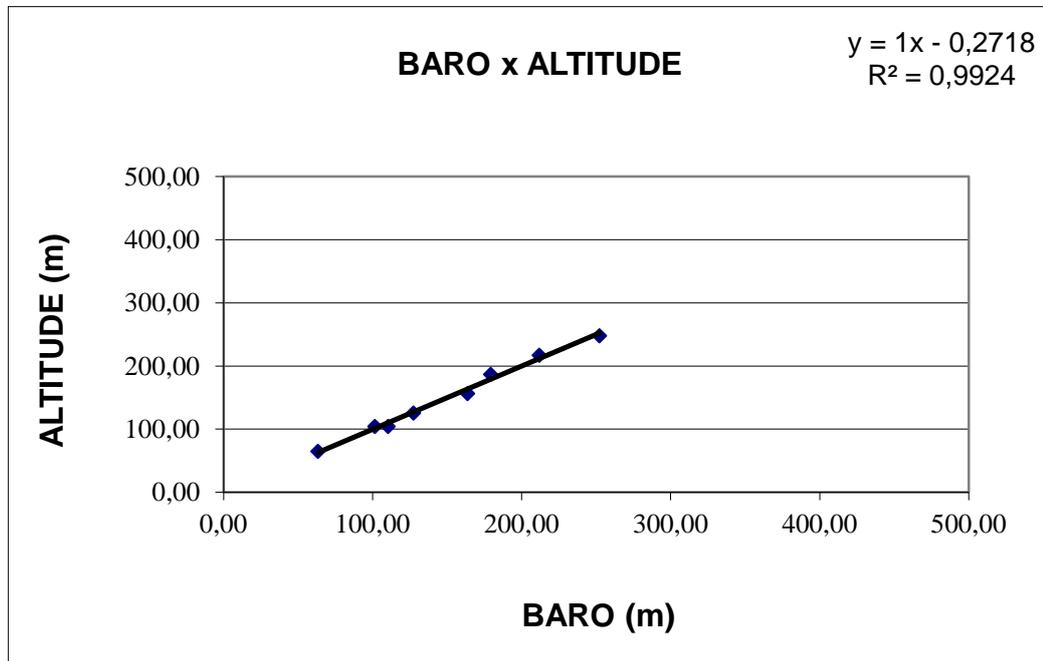
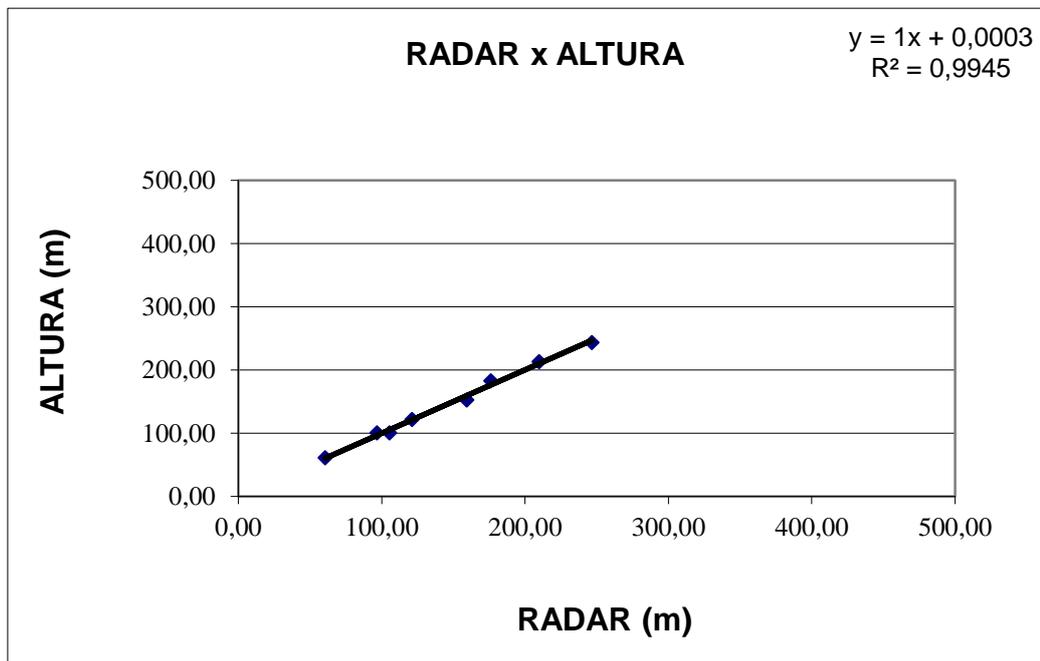
Altura: Altura teórica

Altitude: Altitude teórica corrigida com a pista

| LINHA | ALTURA (m) | ALTITUDE (m) | GPSHT (m) | RADAR ALTÍMETRO (m) | BARÔMETRO (m) |
|-------|------------|--------------|-----------|---------------------|---------------|
| 200 | 60,96 | 64,96 | 81,00 | 60,66 | 63,51 |
| 330 | 100,58 | 104,58 | 122,97 | 105,41 | 110,46 |
| 330 | 100,58 | 104,58 | 118,00 | 96,85 | 101,72 |
| 400 | 121,92 | 125,92 | 141,21 | 121,14 | 127,59 |
| 500 | 152,40 | 156,40 | 168,66 | 159,50 | 163,79 |
| 600 | 182,88 | 186,88 | 181,68 | 176,31 | 179,36 |
| 700 | 213,36 | 217,36 | 208,41 | 209,95 | 211,86 |
| 800 | 243,84 | 247,84 | 247,88 | 246,71 | 252,41 |







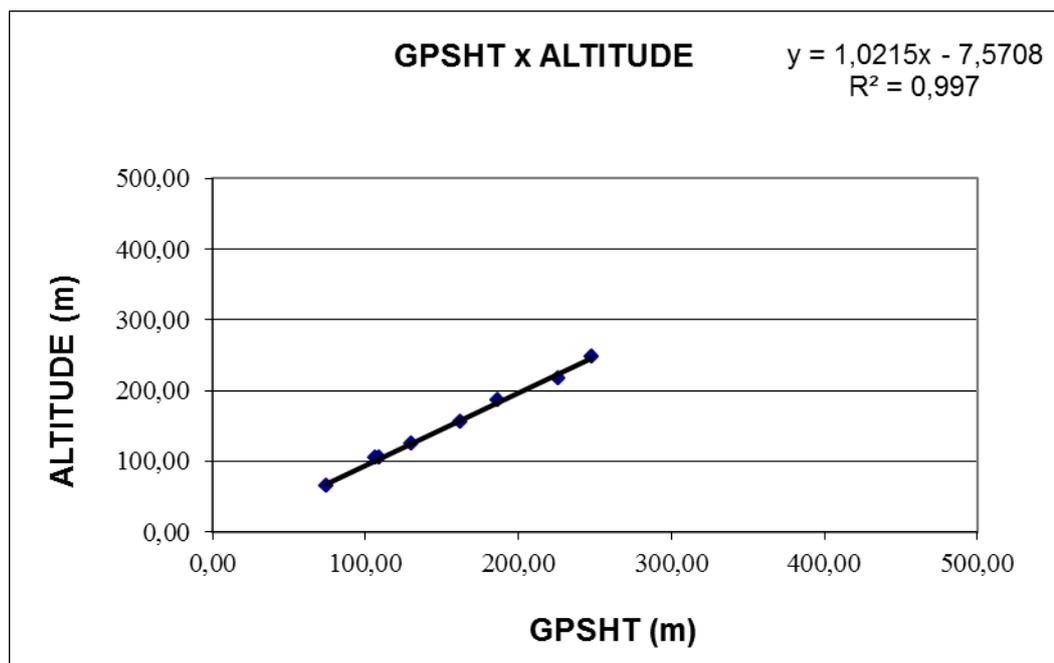
| | |
|------------|-------------|
| Nº Projeto | AGFW56-2011 |
| Base | Maricá - RJ |
| Aeronave | PR-PEC |
| Data | 26/04/2012 |
| Nº Voo | 089 |

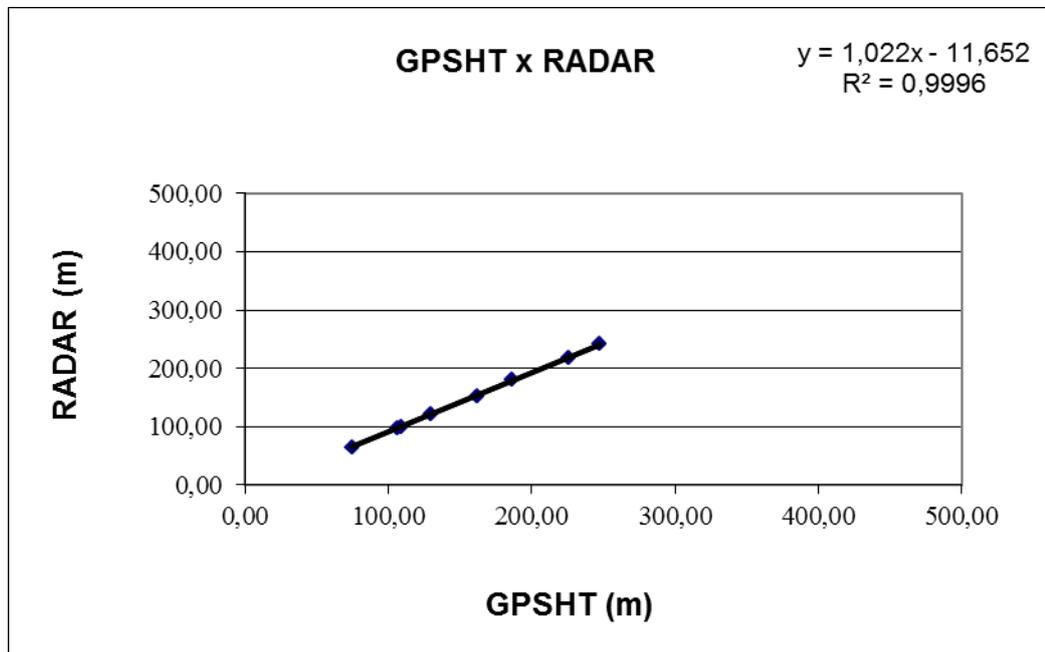
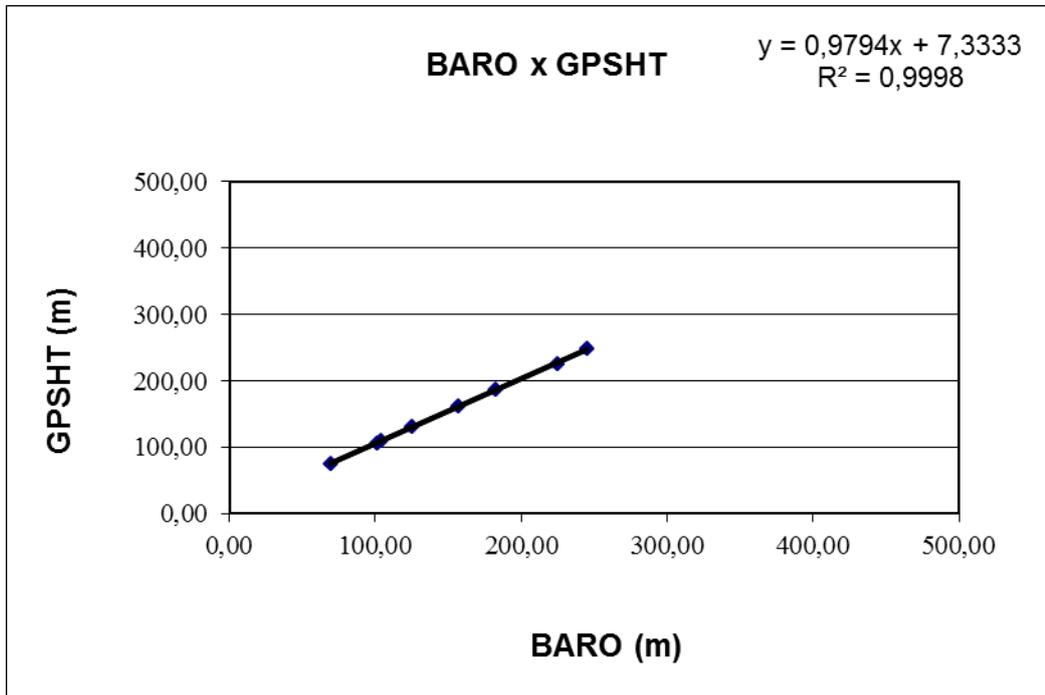
Altitude da Pista: 4 metros

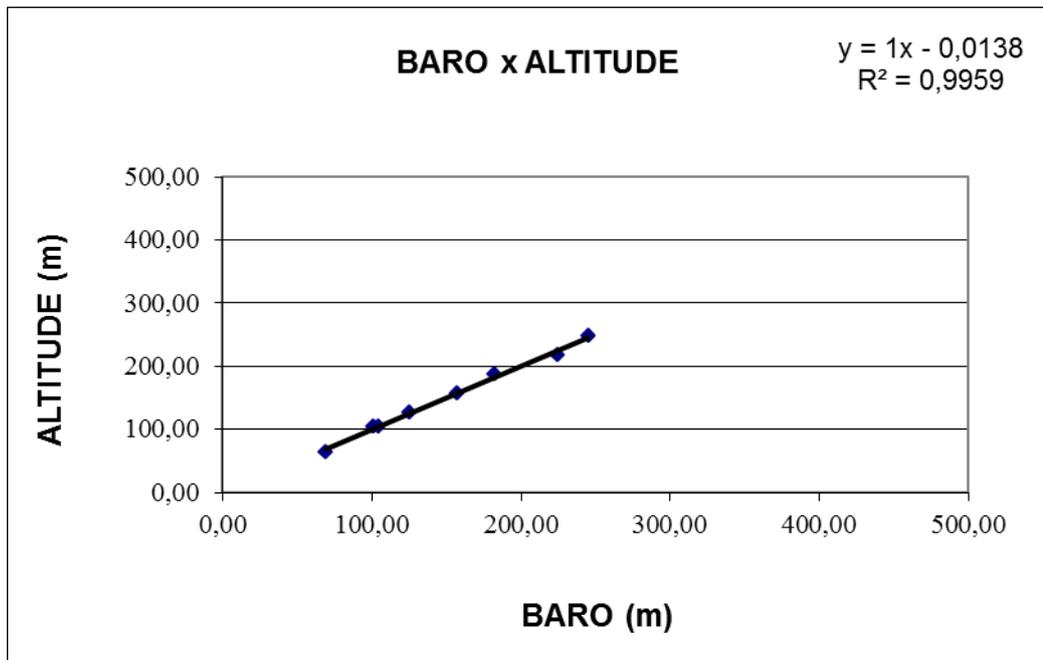
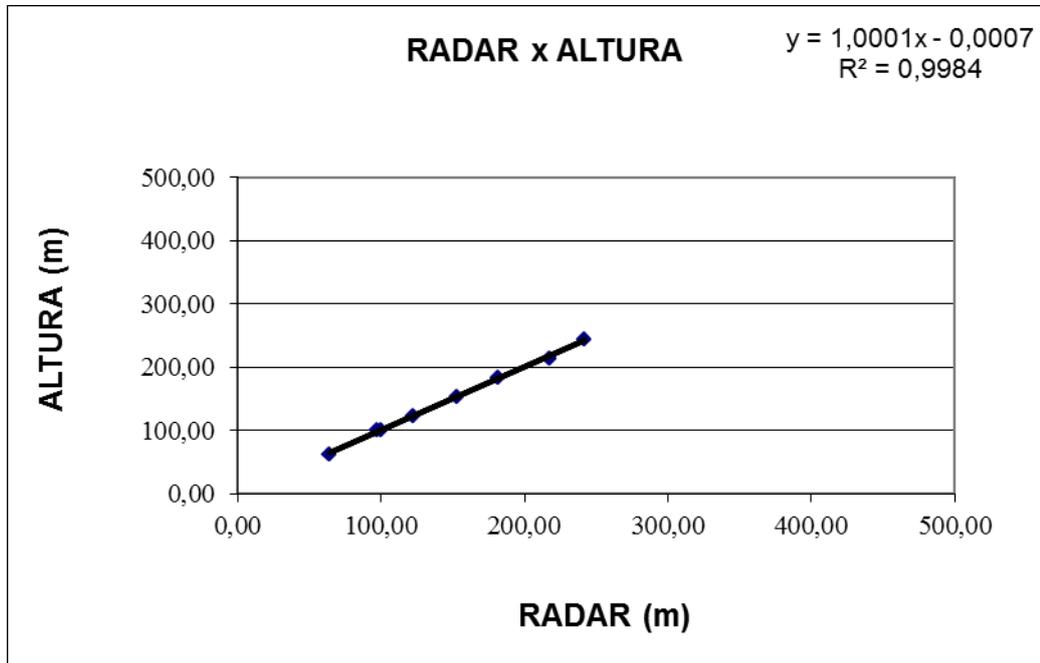
Altura: Altura teórica

Altitude: Altura teórica corrigida com a pista

| LINHA | ALTURA (m) | ALTITUDE (m) | GPSHT (m) | RADAR ALTÍMETRO (m) | BARÔMETRO (m) |
|-------|------------|--------------|-----------|------------------------|---------------|
| 200 | 60,96 | 64,96 | 74,63 | 64,03 | 69,20 |
| 330 | 100,58 | 104,58 | 108,98 | 99,99 | 104,29 |
| 330 | 100,58 | 104,58 | 106,35 | 97,09 | 101,16 |
| 400 | 121,92 | 125,92 | 130,06 | 121,86 | 124,87 |
| 500 | 152,40 | 156,40 | 162,16 | 152,78 | 157,02 |
| 600 | 182,88 | 186,88 | 186,74 | 181,49 | 182,43 |
| 700 | 213,36 | 217,36 | 225,85 | 217,31 | 224,64 |
| 800 | 243,84 | 247,84 | 247,58 | 241,91 | 245,03 |







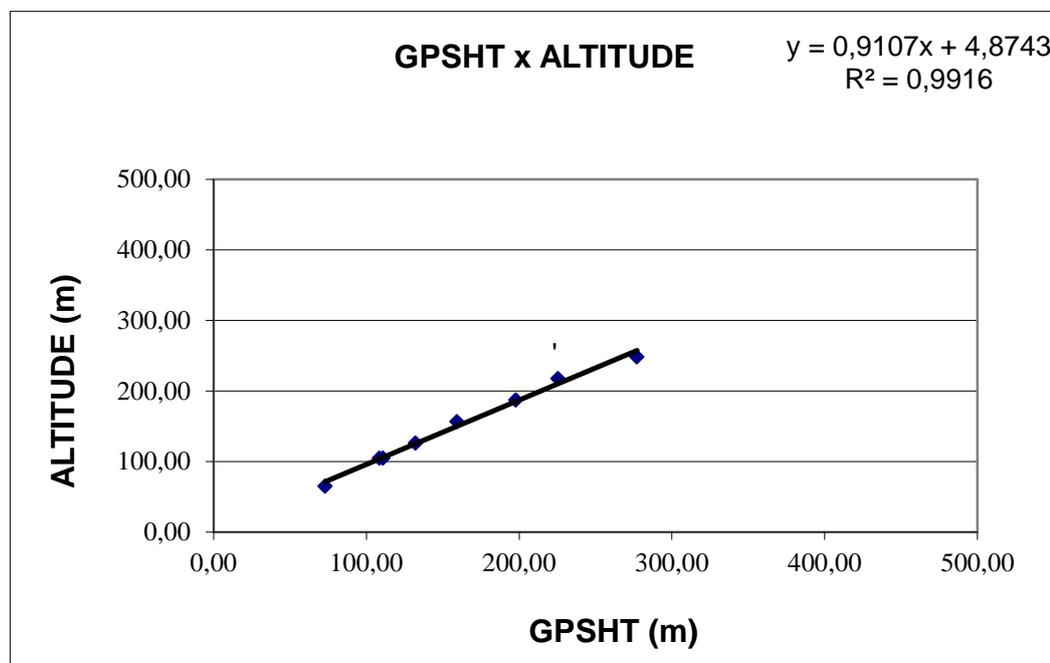
| | |
|------------|----------------|
| Nº Projeto | AGFW56-2011 |
| Base | Cabo Frio – RJ |
| Aeronave | PT-MED |
| Data | 14/08/2011 |
| Nº Voo | 302 |

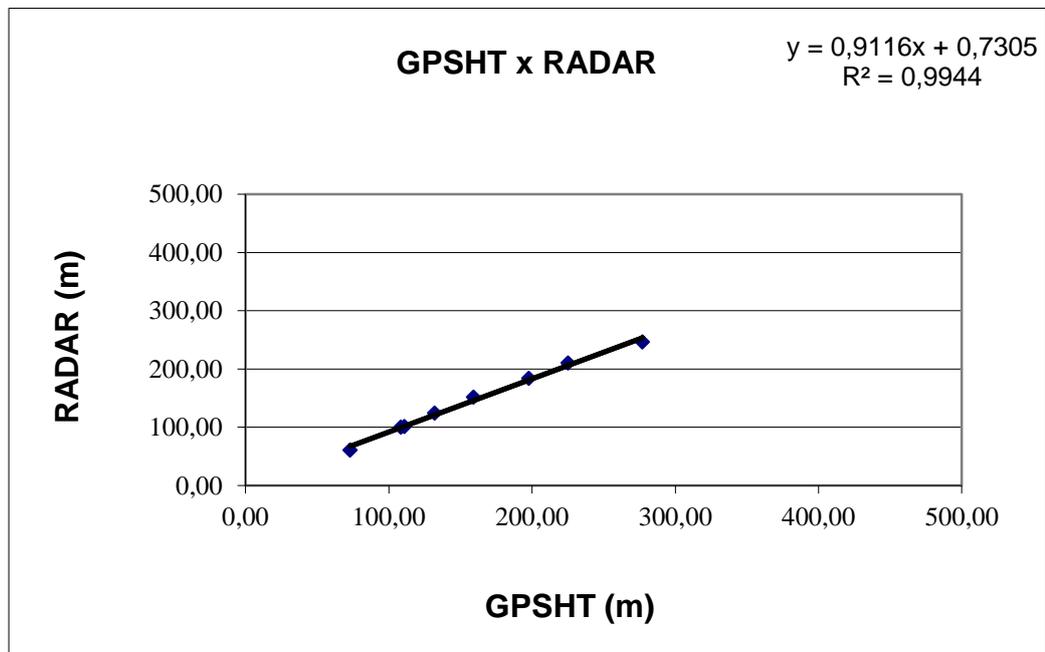
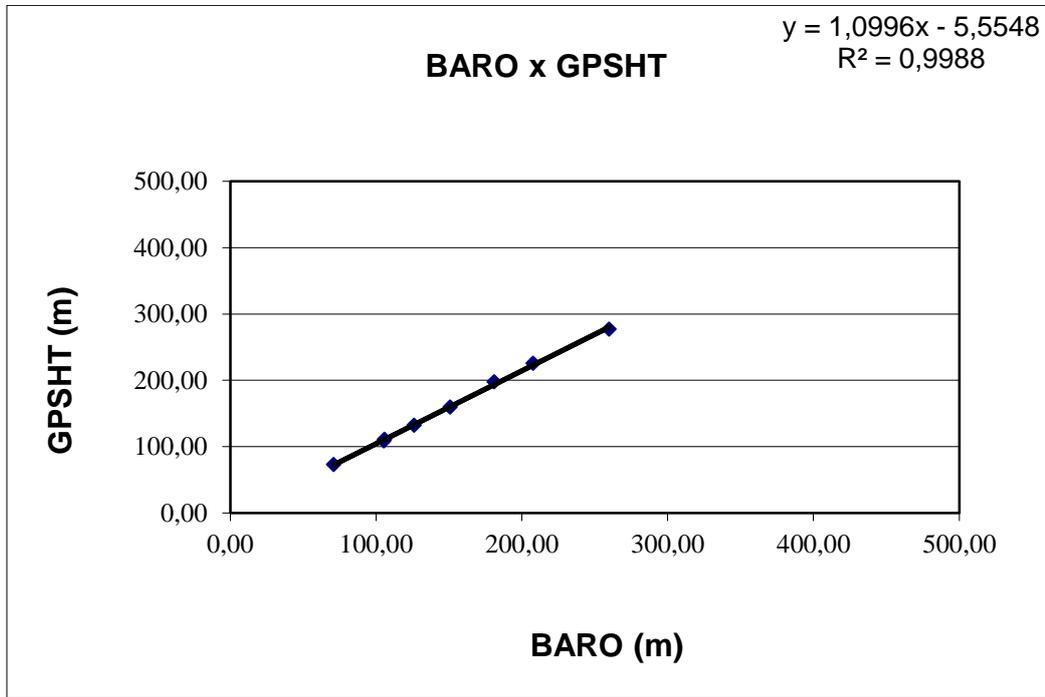
Altitude da Pista: 4 metros

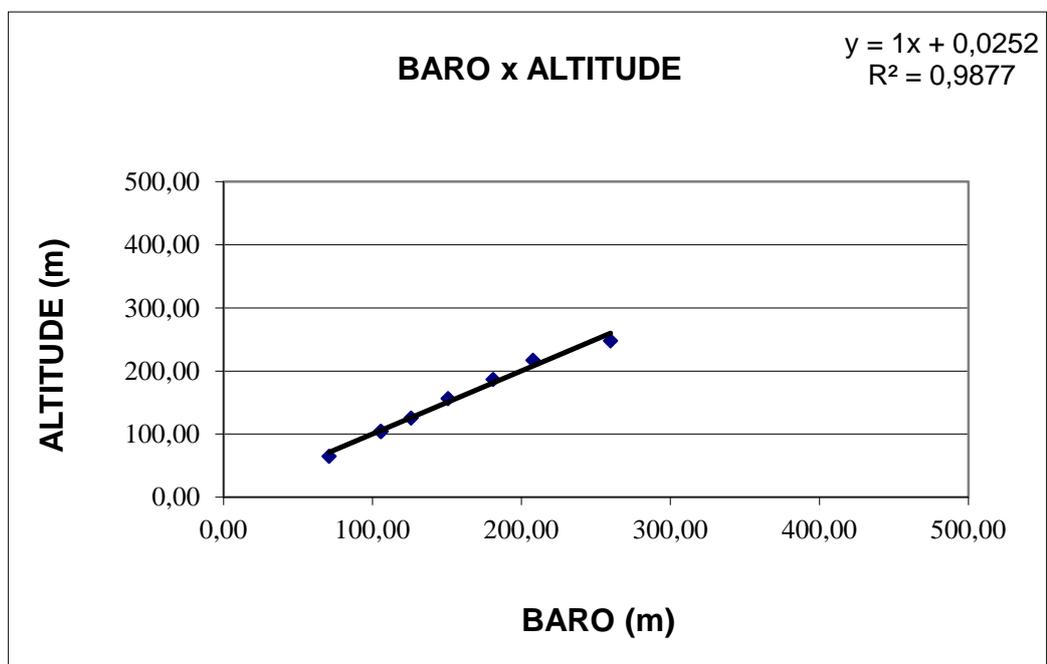
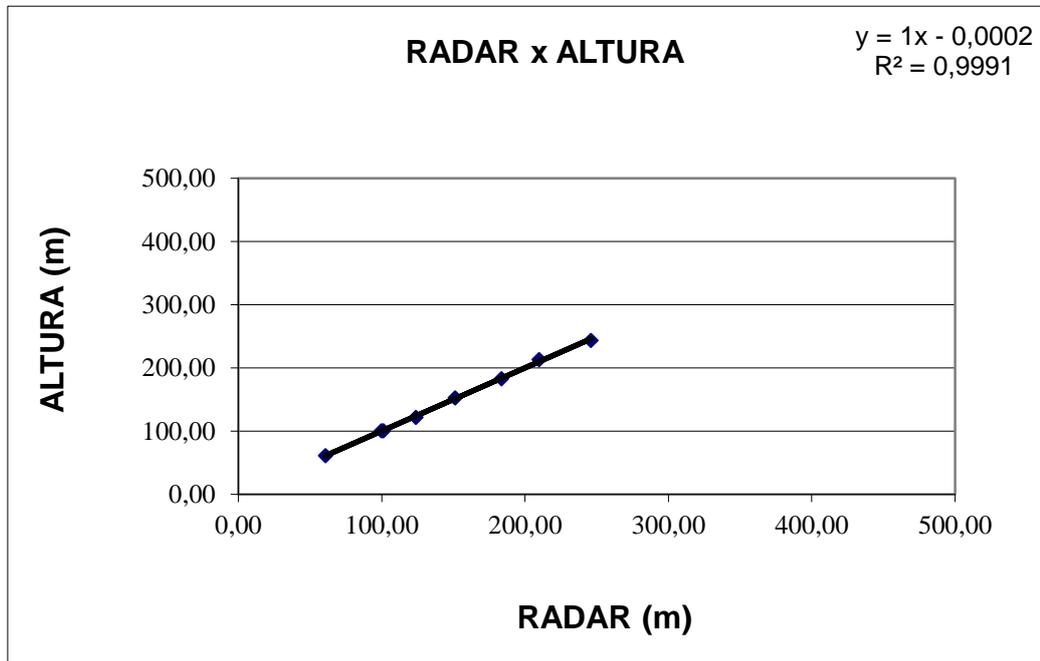
Altura: Altura teórica

Altitude: Altitude teórica corrigida com a pista

| LINHA | ALTURA (m) | ALTITUDE (m) | GPSHT (m) | RADAR ALTÍMETRO (m) | BARÔMETRO (m) |
|-------|------------|--------------|-----------|------------------------|---------------|
| 200 | 60,96 | 64,96 | 73,06 | 60,74 | 71,08 |
| 330 | 100,58 | 104,58 | 108,46 | 99,81 | 105,48 |
| 400 | 100,58 | 104,58 | 110,95 | 101,28 | 105,93 |
| 500 | 121,92 | 125,92 | 132,18 | 123,89 | 126,11 |
| 600 | 152,40 | 156,40 | 159,34 | 151,25 | 150,96 |
| 700 | 182,88 | 186,88 | 197,79 | 183,65 | 181,01 |
| 800 | 213,36 | 217,36 | 225,34 | 209,91 | 207,89 |







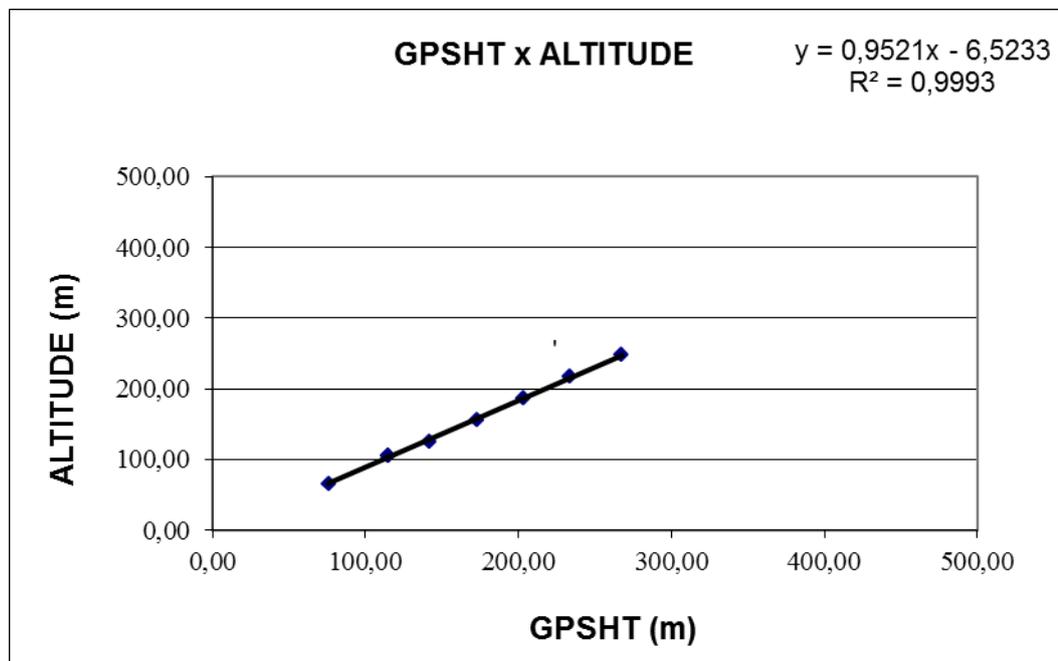
| | |
|------------|----------------|
| Nº Projeto | AGFW56-2011 |
| Base | Cabo Frio – RJ |
| Aeronave | PT-MED |
| Data | 15/09/2011 |
| Nº Voo | 326 |

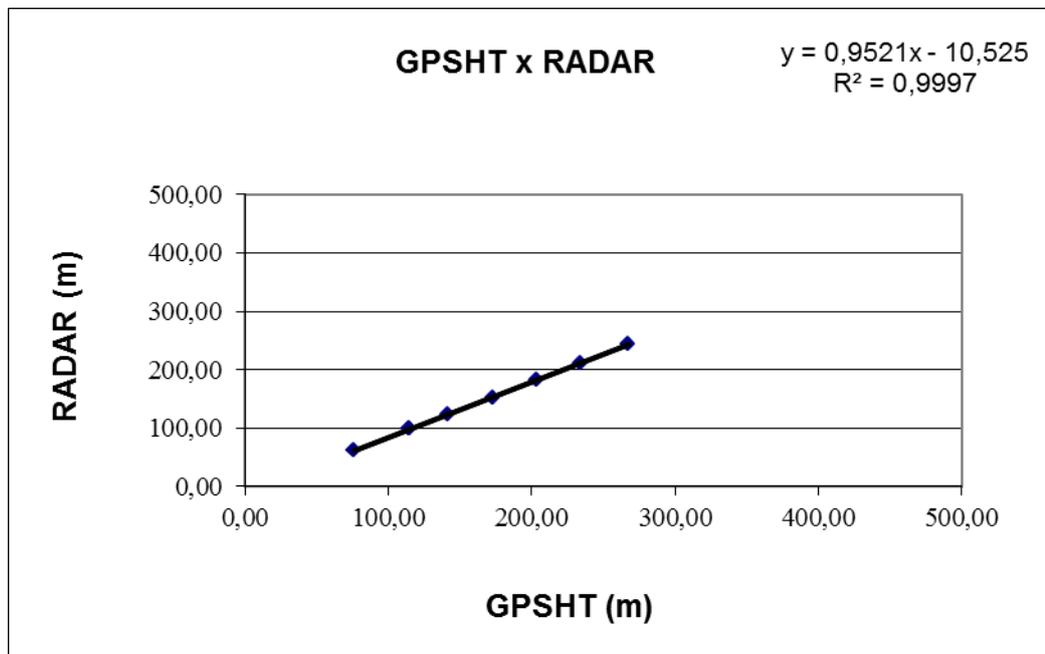
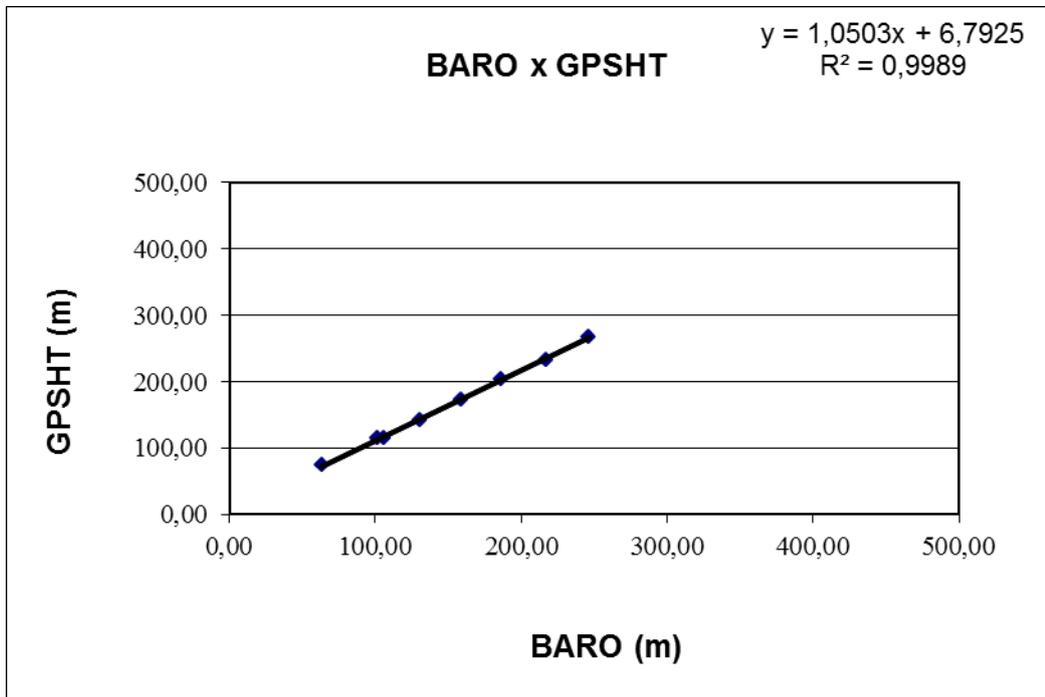
Altitude da Pista: 4 metros

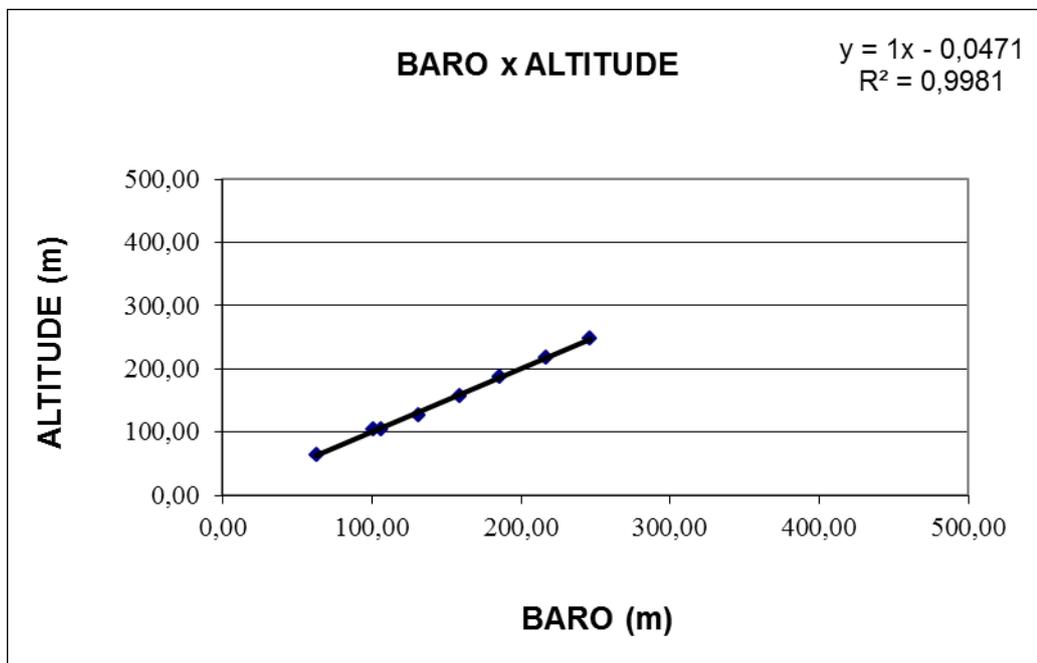
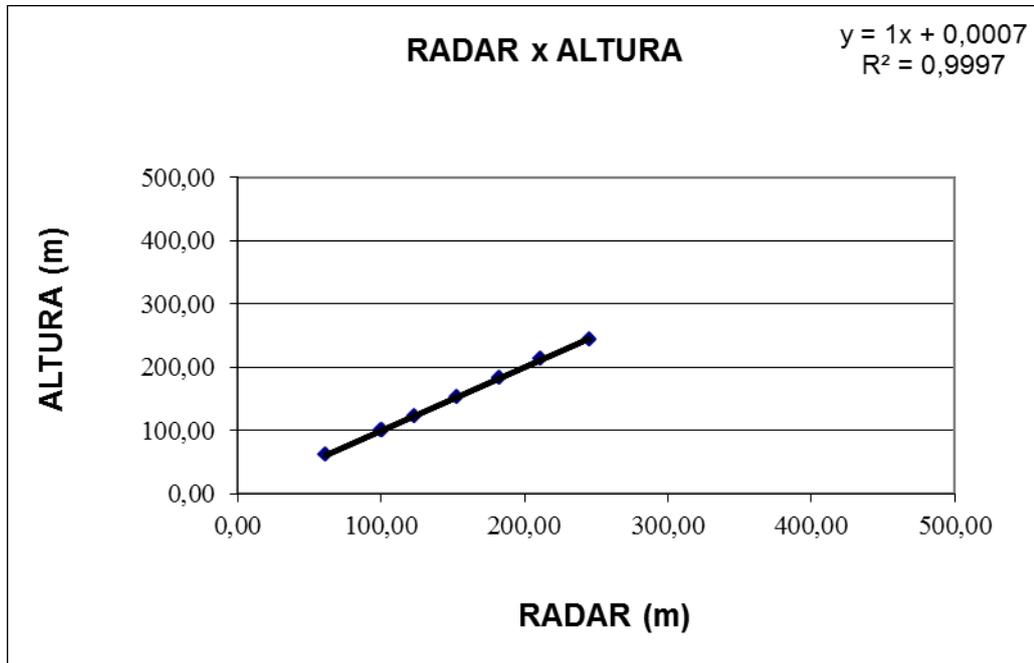
Altura: Altura teórica

Altitude: Altitude teórica corrigida com a pista

| LINHA | ALTURA (m) | ALTITUDE (m) | GPSHT (m) | RADAR ALTÍMETRO (m) | BARÔMETRO (m) |
|-------|------------|--------------|-----------|------------------------|---------------|
| 200 | 60,96 | 64,96 | 75,90 | 61,25 | 63,01 |
| 330 | 100,58 | 104,58 | 114,80 | 100,29 | 106,04 |
| 400 | 100,58 | 104,58 | 114,70 | 99,79 | 100,98 |
| 500 | 121,92 | 125,92 | 141,80 | 123,35 | 130,92 |
| 600 | 152,40 | 156,40 | 172,60 | 152,41 | 158,78 |
| 700 | 182,88 | 186,88 | 203,20 | 182,78 | 186,07 |
| 800 | 213,36 | 217,36 | 233,70 | 211,36 | 216,58 |



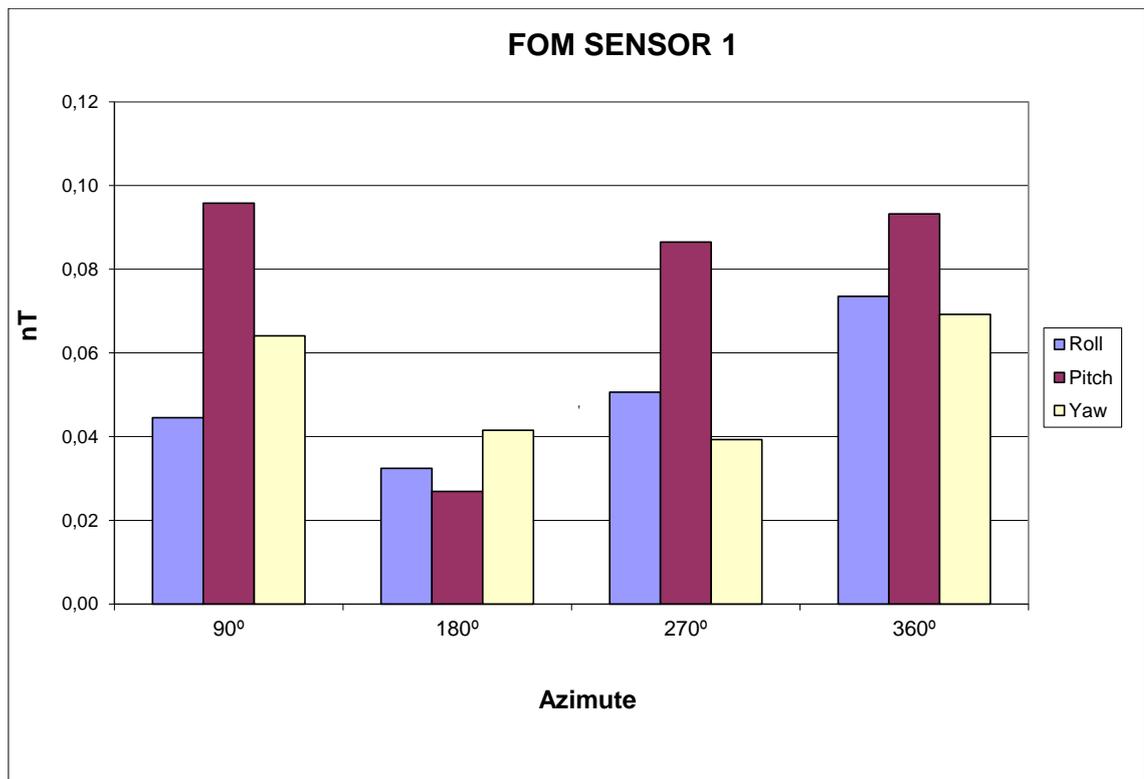




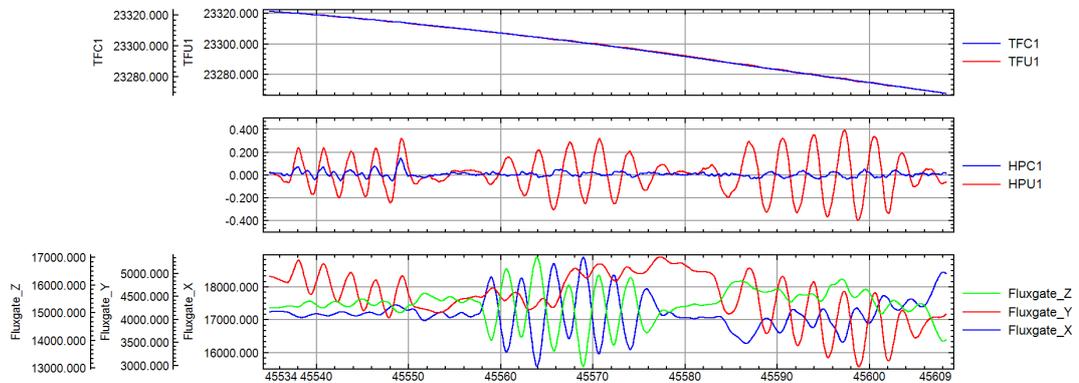
Anexo II-b – Compensação Magnética

| | |
|------------|-------------|
| Nº Projeto | AGFW56-2011 |
| Base | Maricá – RJ |
| Aeronave | PR-PEC |
| Data | 13/08/2011 |
| Nº Voo | 001 |

| SENSOR 1 | | | | | |
|-----------------|---------|-----------|------------|----------|-------------|
| Nº da Linha | Azimute | ROLL (nT) | PITCH (nT) | YAW (nT) | FOM (nT) |
| 90 | 90° | 0,04 | 0,10 | 0,06 | 0,20 |
| 180 | 180° | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,10 |
| 270 | 270° | 0,05 | 0,09 | 0,04 | 0,18 |
| 360 | 360° | 0,07 | 0,09 | 0,08 | 0,24 |
| TOTAL | | | | | 0,72 |



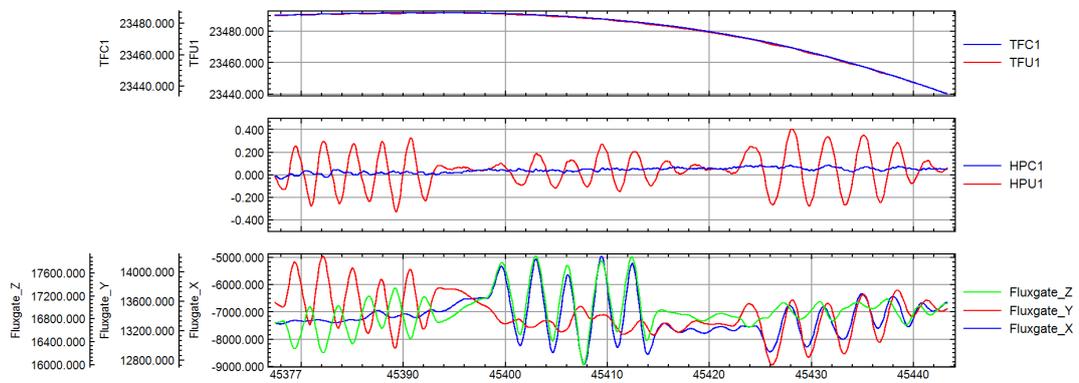
FOM PR-PEC - VOO 001 - AZIMUTE 90°



database: d:_agfw56-2011-pecltestes\form-20110813\gsf\FOM.gdb line/group: L90

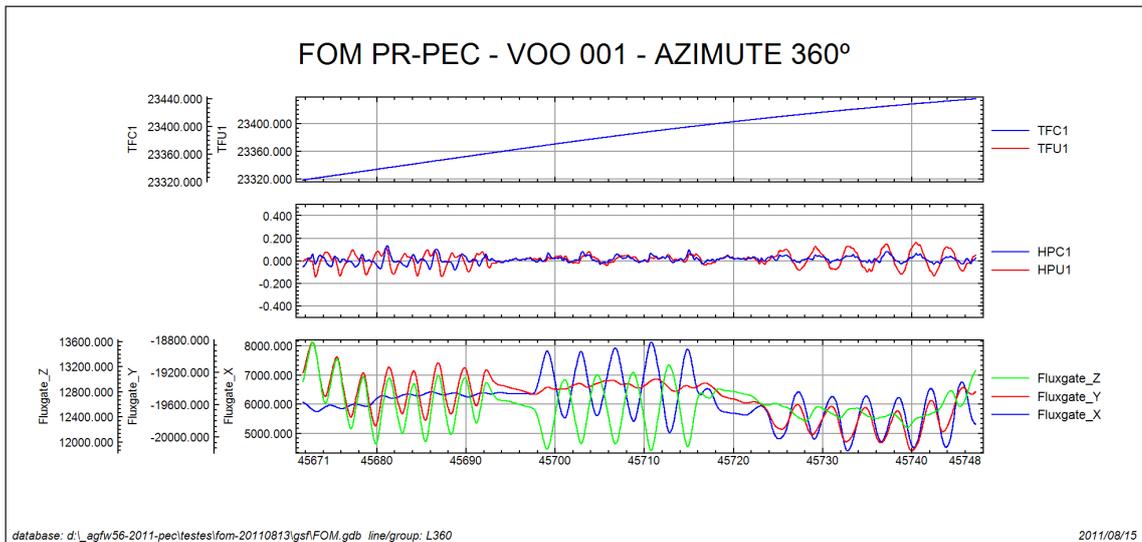
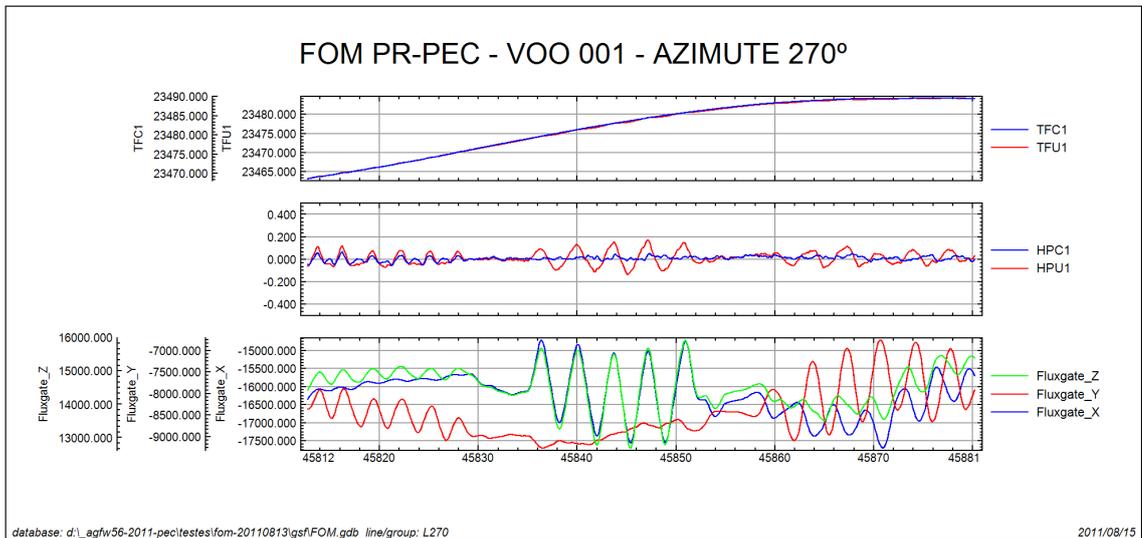
2011/08/15

FOM PR-PEC - VOO 001 - AZIMUTE 180°



database: d:_agfw56-2011-pecltestes\form-20110813\gsf\FOM.gdb line/group: L180

2011/08/15



TFU1 – Campo Magnético Total não Compensado.

TFC1 – Campo Magnético Total Compensado.

HPU1 – Filtro passa-alta (8s) aplicado sobre Campo Magnético Total não Compensado.

HPC1 – Filtro passa-alta (8s) aplicado sobre Campo Magnético Total Compensado.

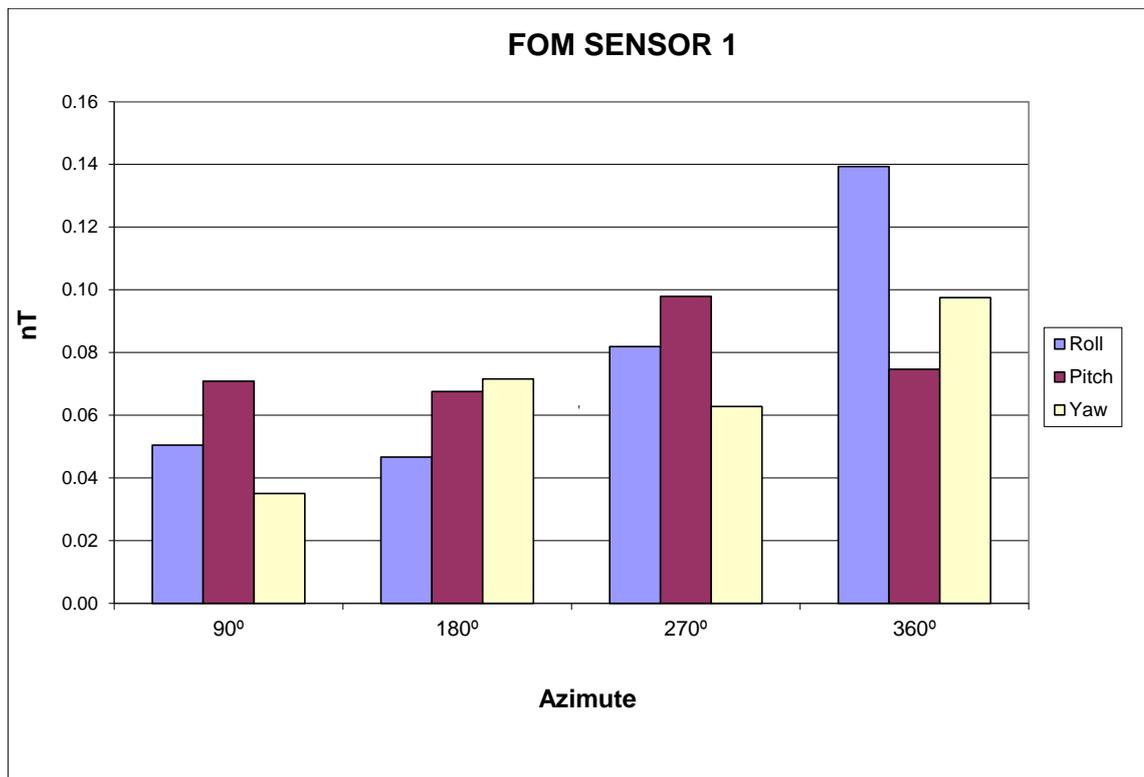
FluxgateX – Componente X da Fluxgate.

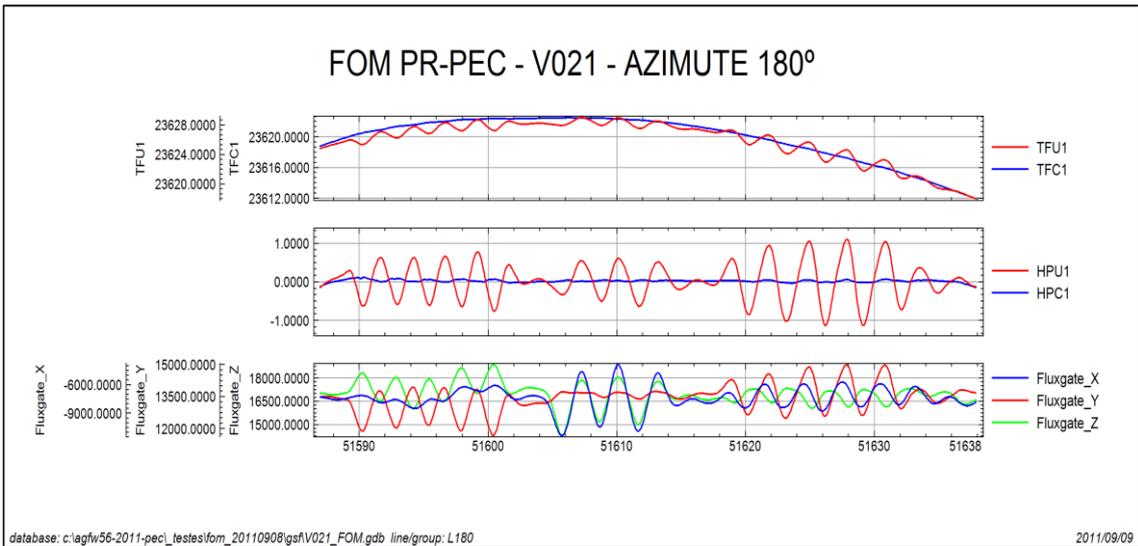
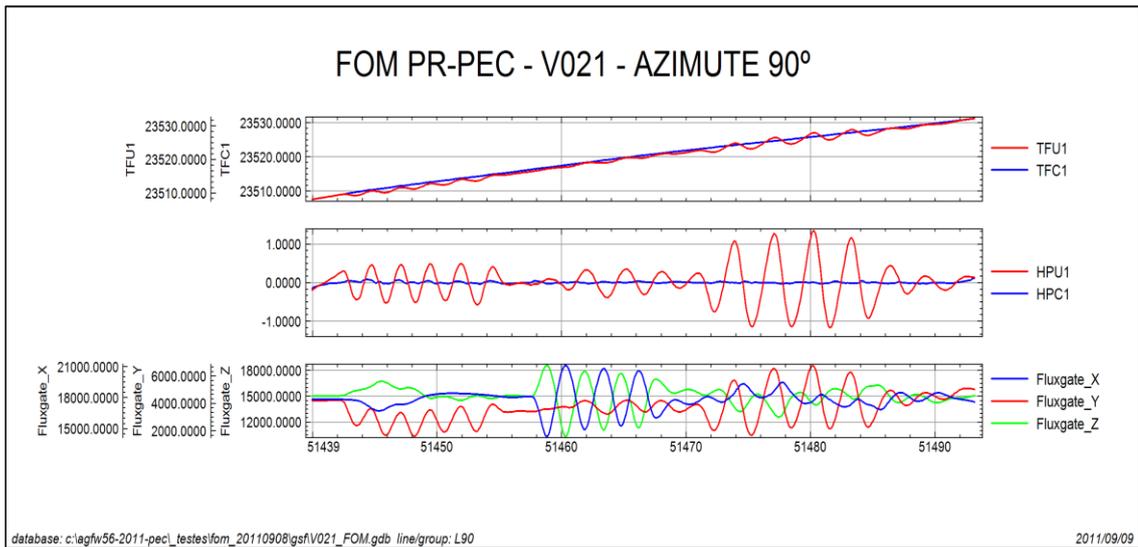
FluxgateY – Componente Y da Fluxgate.

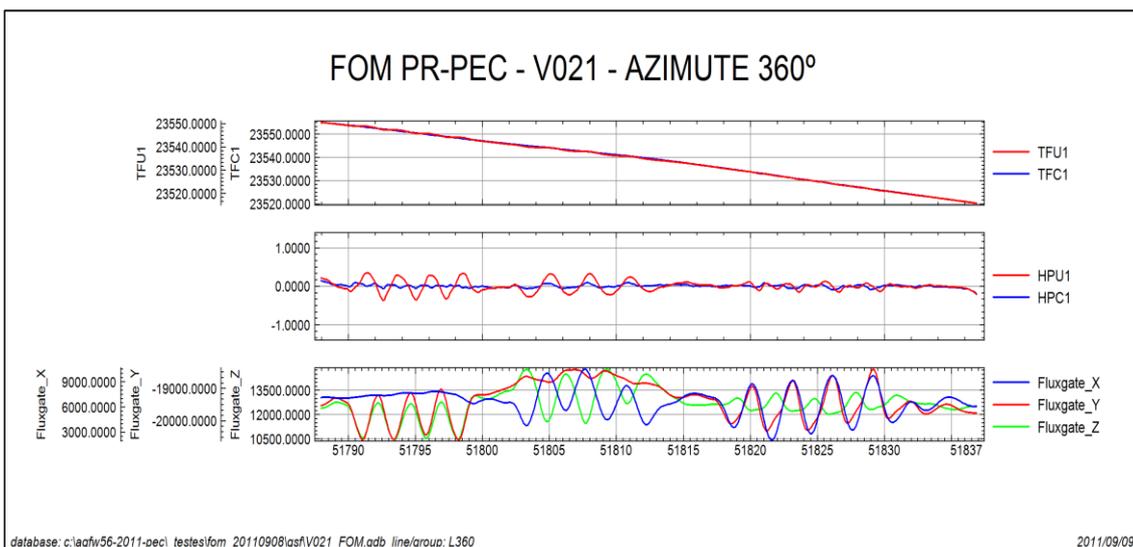
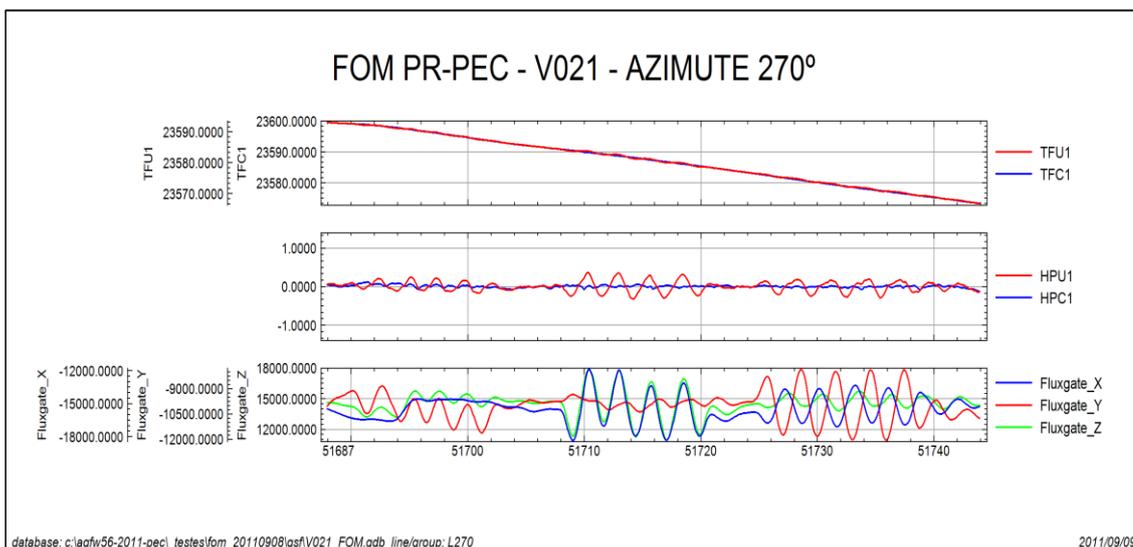
FluxgateZ – Componente Z da Fluxgate.

| | |
|------------|-------------|
| Nº Projeto | AGFW56-2011 |
| Base | Maricá – RJ |
| Aeronave | PR-PEC |
| Data | 08/09/2011 |
| Nº Voo | 021 |

| SENSOR 1 | | | | | |
|-----------------|---------|-----------|------------|----------|-------------|
| Nº da Linha | Azimute | ROLL (nT) | PITCH (nT) | YAW (nT) | FOM (nT) |
| 90 | 90° | 0,05 | 0,07 | 0,04 | 0,16 |
| 180 | 180° | 0,05 | 0,07 | 0,07 | 0,19 |
| 270 | 270° | 0,08 | 0,10 | 0,06 | 0,24 |
| 360 | 360° | 0,14 | 0,07 | 0,10 | 0,31 |
| TOTAL | | | | | 0,90 |





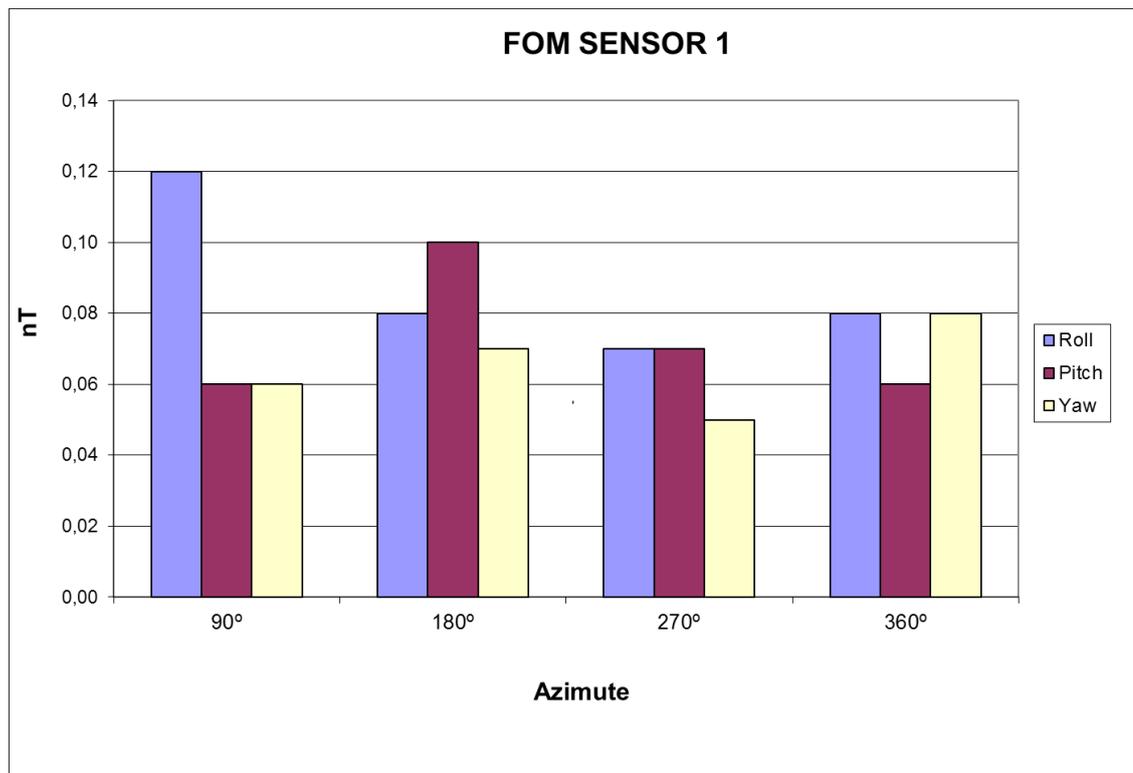


- TFU1 – Campo Magnético Total não Compensado.
- TFC1 – Campo Magnético Total Compensado.
- HPU1 – Filtro passa-alta (8s) aplicado sobre Campo Magnético Total não Compensado.
- HPC1 – Filtro passa-alta (8s) aplicado sobre Campo Magnético Total Compensado.
- FluxgateX – Componente X da Fluxgate.
- FluxgateY – Componente Y da Fluxgate.
- FluxgateZ – Componente Z da Fluxgate.

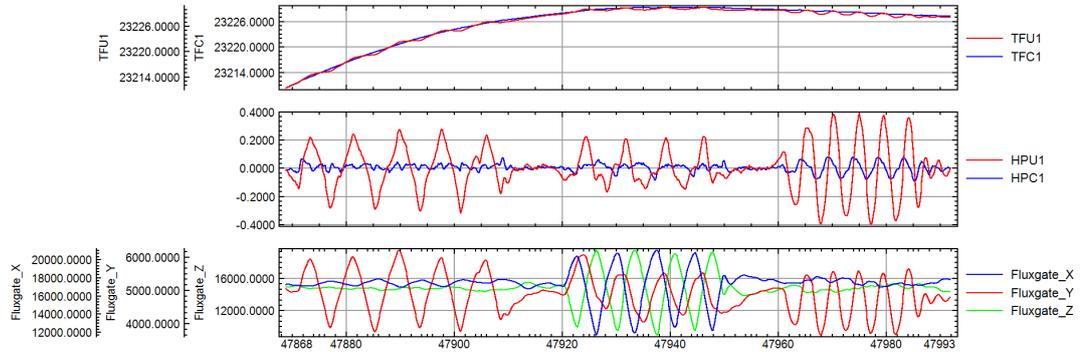
| | |
|------------|-------------|
| Nº Projeto | AGFW56-2011 |
| Base | Maricá – RJ |
| Aeronave | PR-PEC |
| Data | 12/10/2011 |
| Nº Voo | 044 |

SENSOR 1

| Nº da Linha | Azimute | ROLL (nT) | PITCH (nT) | YAW (nT) | FOM (nT) |
|--------------|---------|-----------|------------|----------|-------------|
| 90 | 90° | 0,12 | 0,06 | 0,06 | 0,24 |
| 180 | 180° | 0,08 | 0,10 | 0,07 | 0,25 |
| 270 | 270° | 0,07 | 0,07 | 0,05 | 0,19 |
| 360 | 360° | 0,08 | 0,06 | 0,08 | 0,22 |
| TOTAL | | | | | 0,90 |



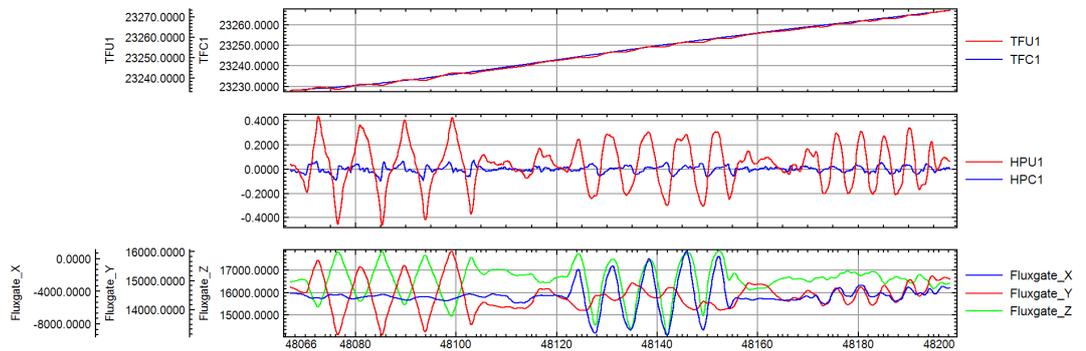
FOM PR-PEC - VOO 044 - AZIMUTE 90°



database: d:_agfv56-2011-pec/testes/fom_20111012\gsfV044FOM.gdb line/group: L90

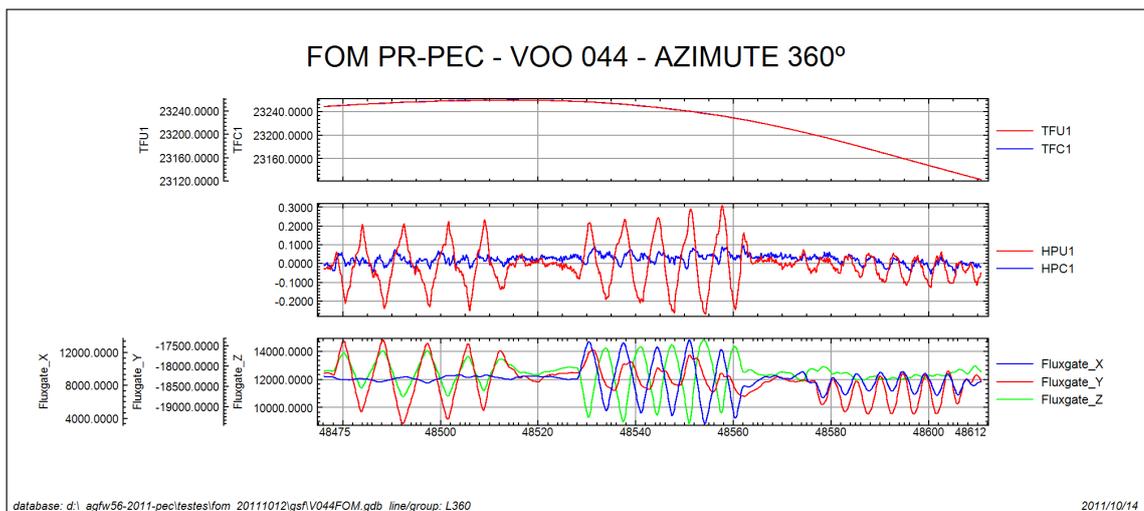
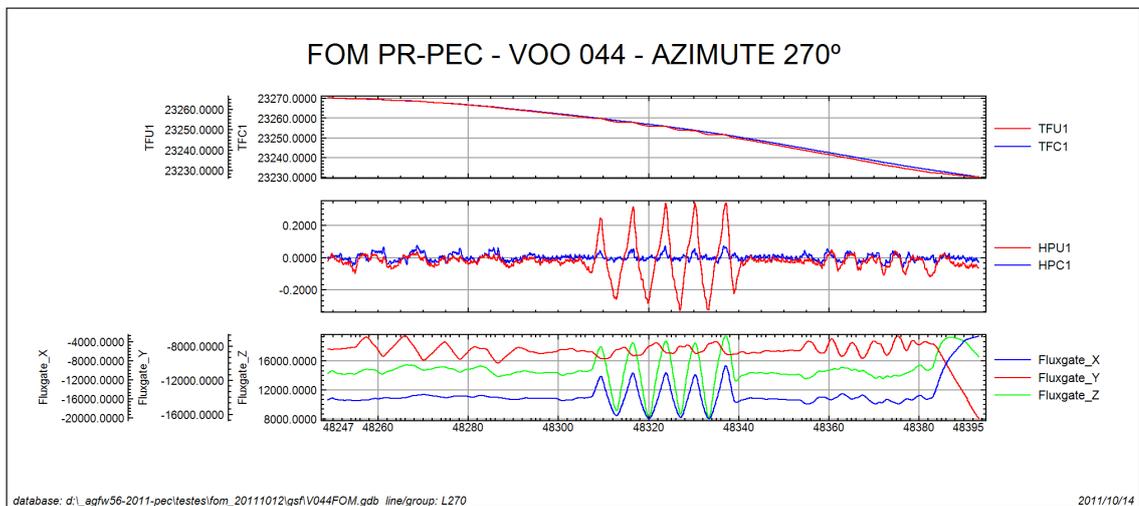
2011/10/14

FOM PR-PEC - VOO 044 - AZIMUTE 180°



database: d:_agfv56-2011-pec/testes/fom_20111012\gsfV044FOM.gdb line/group: L180

2011/10/14



TFU1 – Campo Magnético Total não Compensado.

TFC1 – Campo Magnético Total Compensado.

HPU1 – Filtro passa-alta (8s) aplicado sobre Campo Magnético Total não Compensado.

HPC1 – Filtro passa-alta (8s) aplicado sobre Campo Magnético Total Compensado.

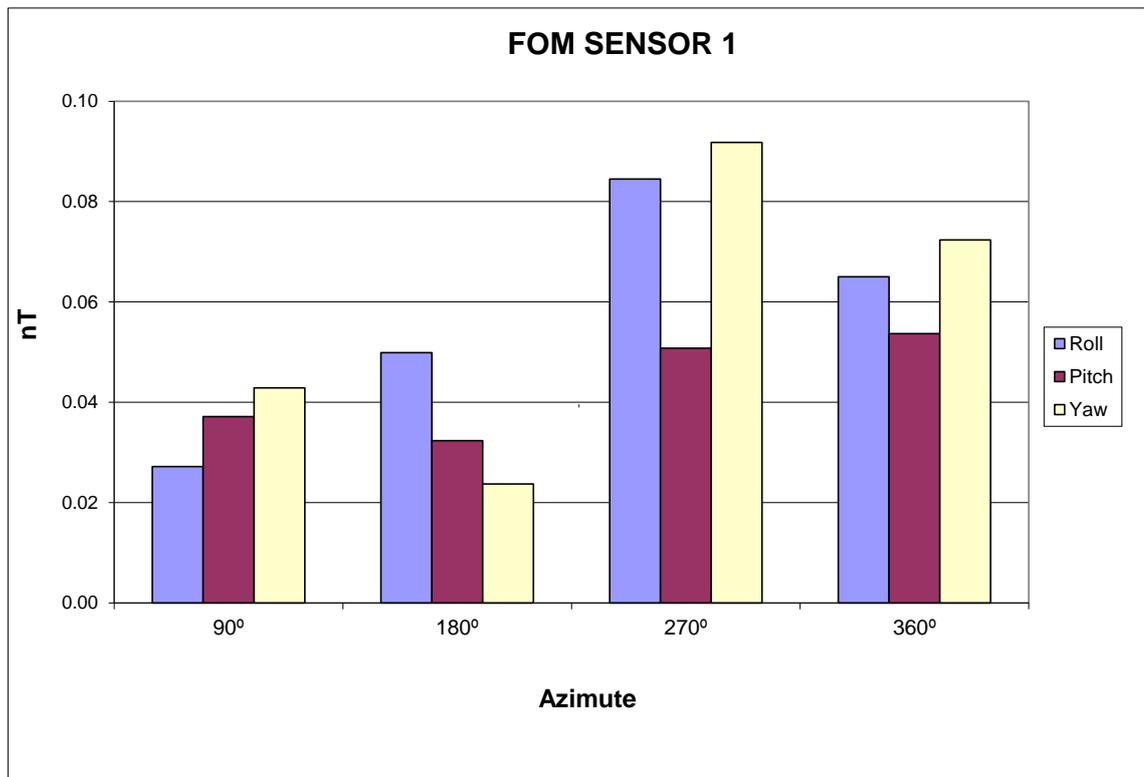
FluxgateX – Componente X da Fluxgate.

FluxgateY – Componente Y da Fluxgate.

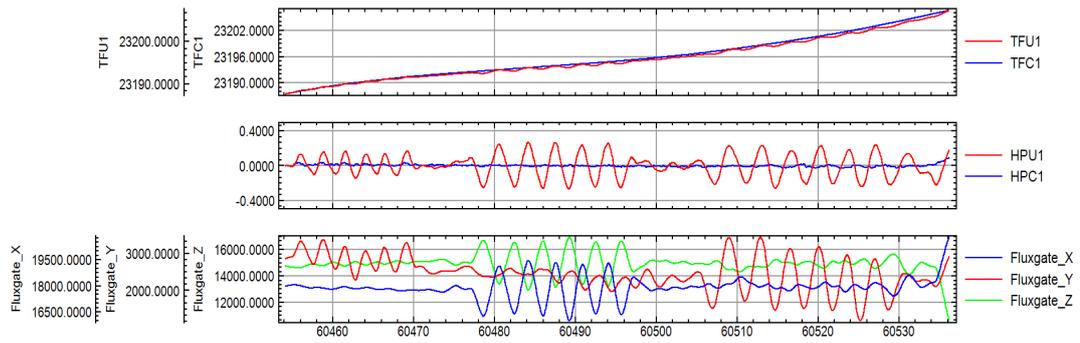
FluxgateZ – Componente Z da Fluxgate.

| | |
|------------|-------------|
| Nº Projeto | AGFW56-2011 |
| Base | Maricá – RJ |
| Aeronave | PR-PEC |
| Data | 26/04/2012 |
| Nº Voo | 089 |

| SENSOR 1 | | | | | |
|-----------------|---------|-----------|------------|----------|-------------|
| Nº da Linha | Azimute | ROLL (nT) | PITCH (nT) | YAW (nT) | FOM (nT) |
| 90 | 90° | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,12 |
| 180 | 180° | 0,05 | 0,03 | 0,02 | 0,10 |
| 270 | 270° | 0,08 | 0,05 | 0,09 | 0,22 |
| 360 | 360° | 0,06 | 0,05 | 0,07 | 0,18 |
| TOTAL | | | | | 0,62 |



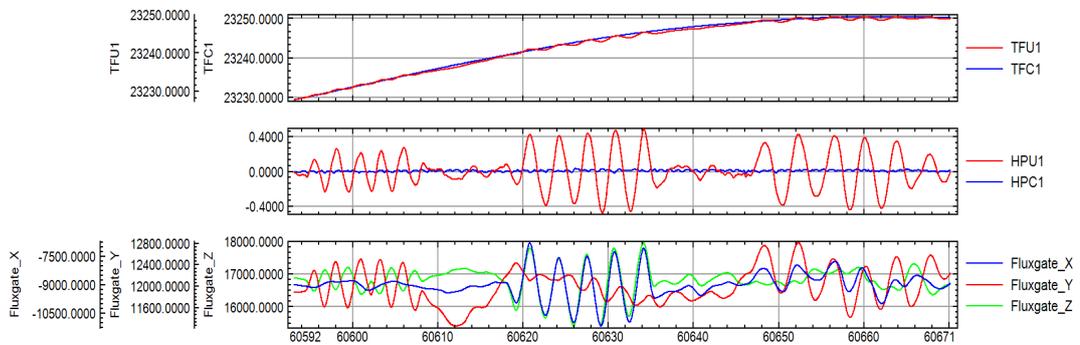
FOM PR-PEC - VOO 089 - AZIMUTE 90°



database: C:\AGFW56-2011-PECI_TESTES\FOM_20120426\GsfV089_FOM.gdb line/group: S90-D

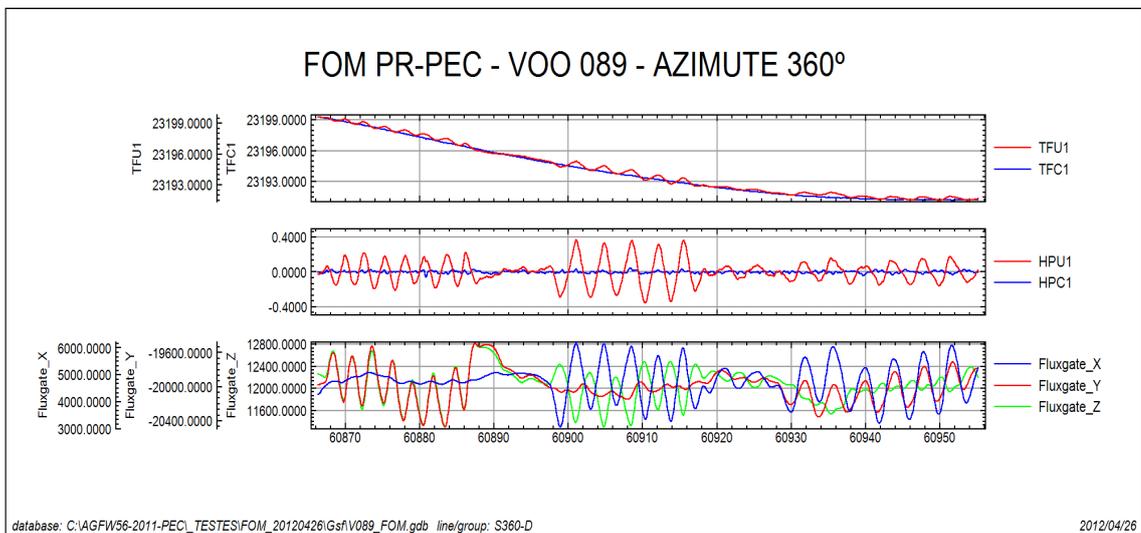
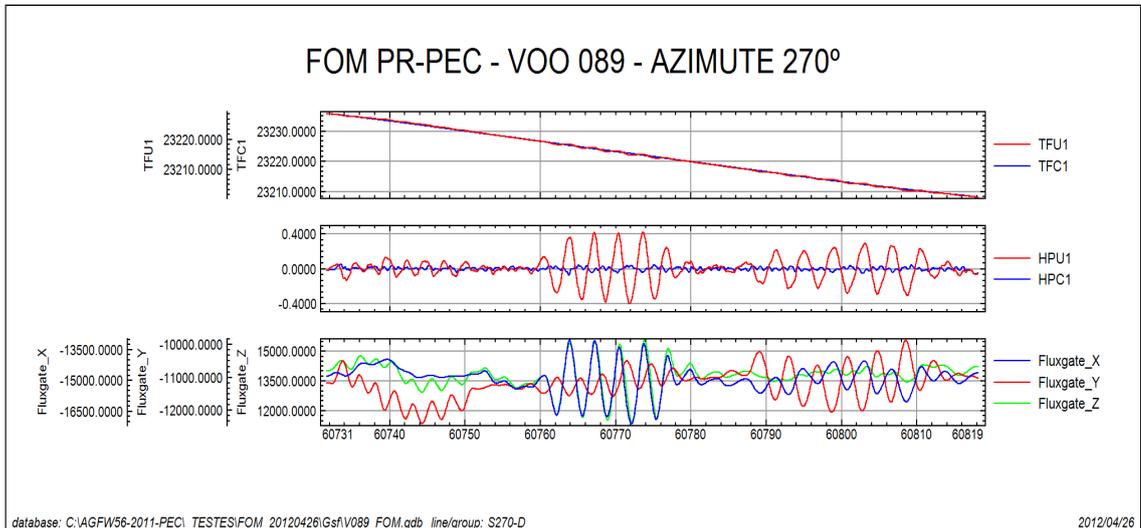
2012/04/26

FOM PR-PEC - VOO 089 - AZIMUTE 180°



database: C:\AGFW56-2011-PECI_TESTES\FOM_20120426\GsfV089_FOM.gdb line/group: S180-D

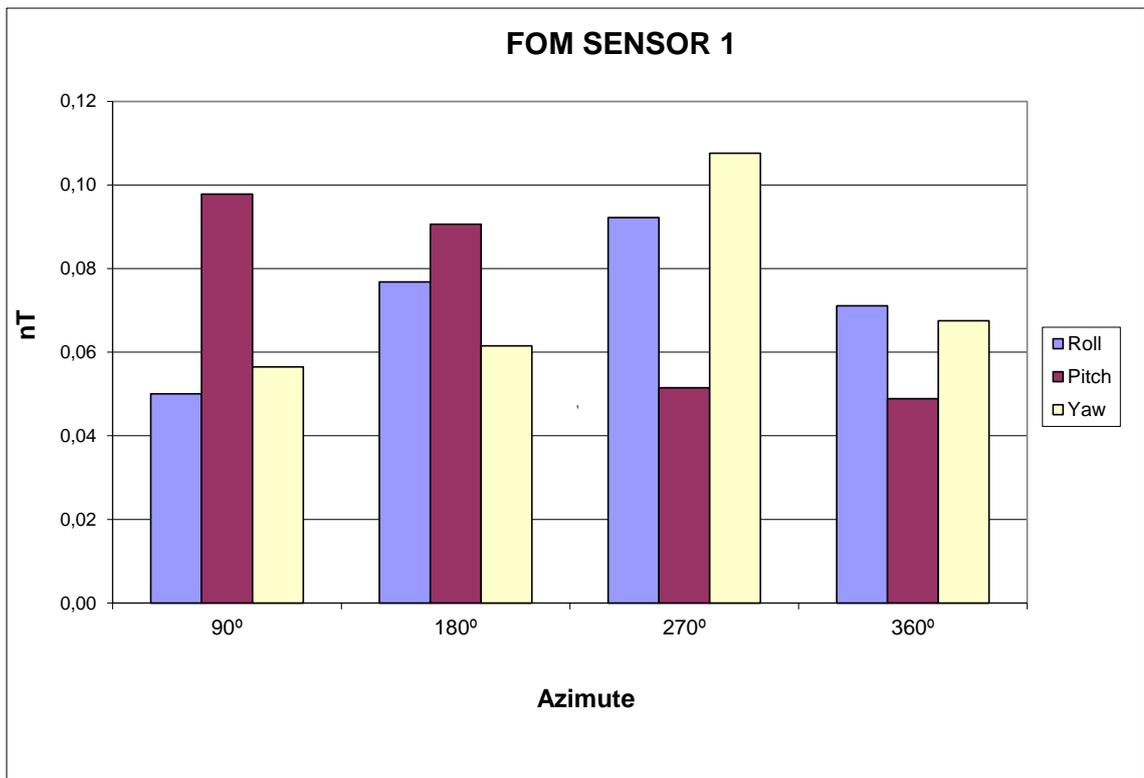
2012/04/26

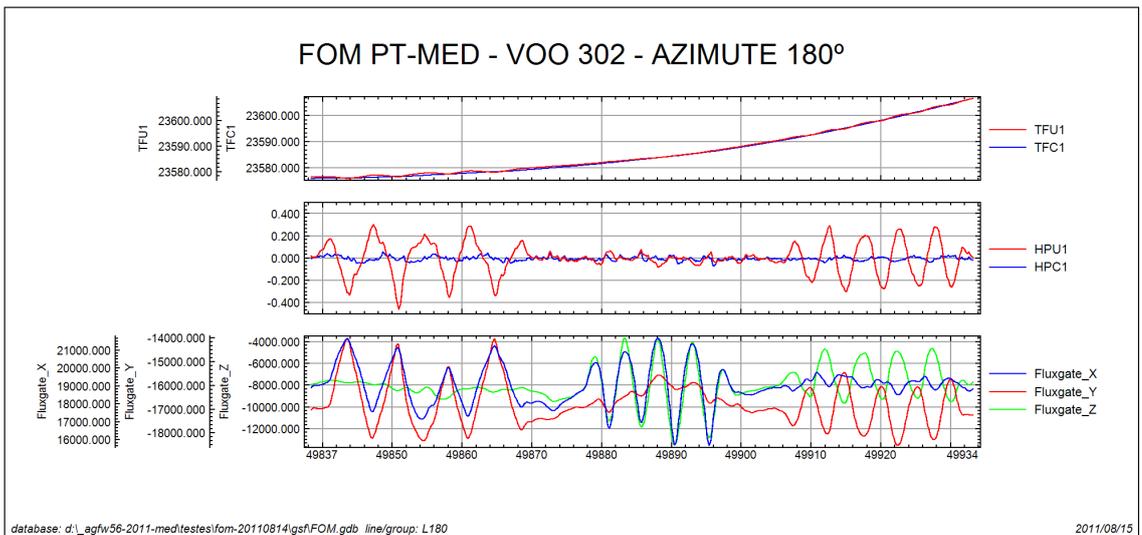
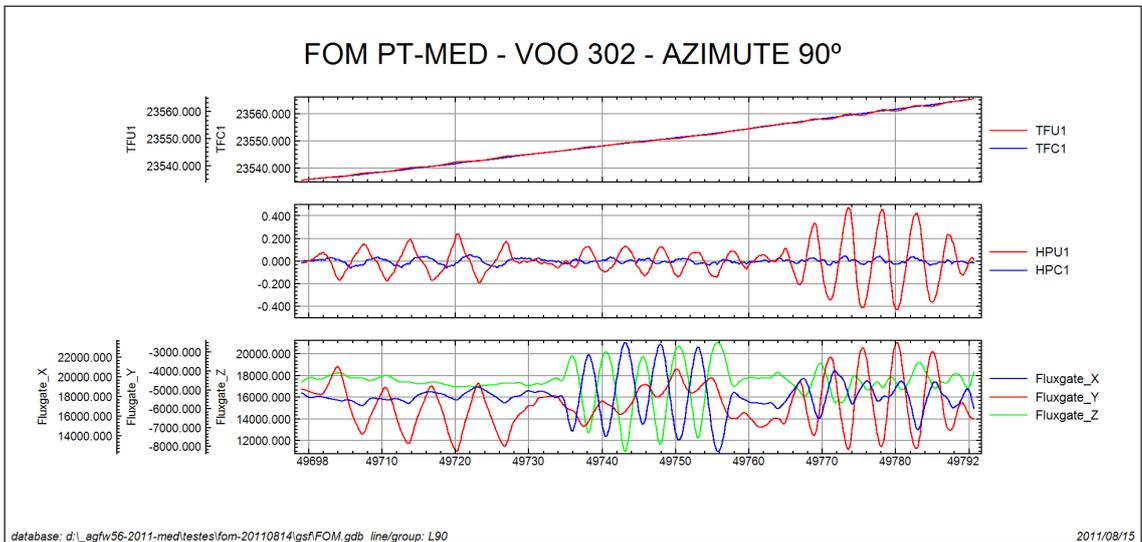


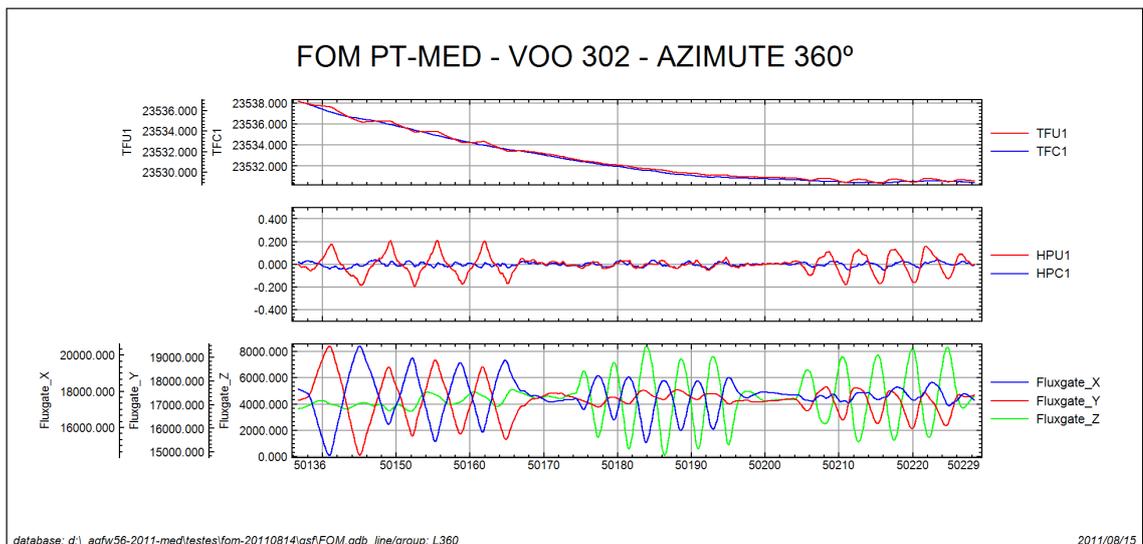
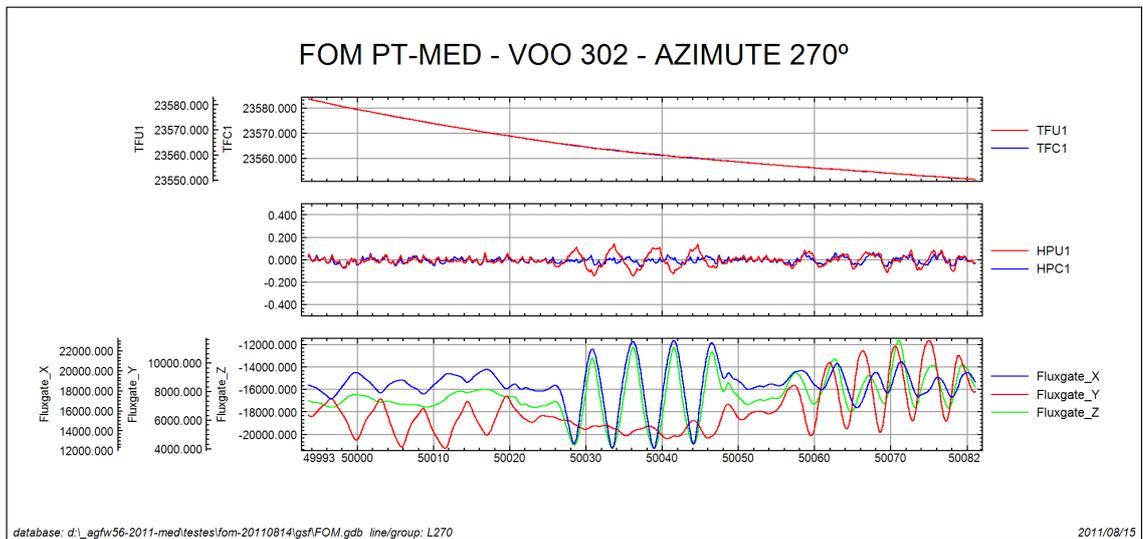
- TFU1 – Campo Magnético Total não Compensado.
- TFC1 – Campo Magnético Total Compensado.
- HPU1 – Filtro passa-alta (8s) aplicado sobre Campo Magnético Total não Compensado.
- HPC1 – Filtro passa-alta (8s) aplicado sobre Campo Magnético Total Compensado.
- FluxgateX – Componente X da Fluxgate.
- FluxgateY – Componente Y da Fluxgate.
- FluxgateZ – Componente Z da Fluxgate.

| | |
|------------|----------------|
| Nº Projeto | AGFW56-2011 |
| Base | Cabo Frio – RJ |
| Aeronave | PT-MED |
| Data | 14/08/2011 |
| Nº Voo | 302 |

| SENSOR 1 | | | | | |
|-----------------|---------|-----------|------------|----------|-------------|
| Nº da Linha | Azimute | ROLL (nT) | PITCH (nT) | YAW (nT) | FOM (nT) |
| 90 | 90° | 0,05 | 0,10 | 0,05 | 0,20 |
| 180 | 180° | 0,08 | 0,09 | 0,06 | 0,23 |
| 270 | 270° | 0,09 | 0,05 | 0,11 | 0,25 |
| 360 | 360° | 0,07 | 0,05 | 0,07 | 0,19 |
| TOTAL | | | | | 0,87 |







TFU1 – Campo Magnético Total não Compensado.

TFC1 – Campo Magnético Total Compensado.

HPU1 – Filtro passa-alta (8s) aplicado sobre Campo Magnético Total não Compensado.

HPC1 – Filtro passa-alta (8s) aplicado sobre Campo Magnético Total Compensado.

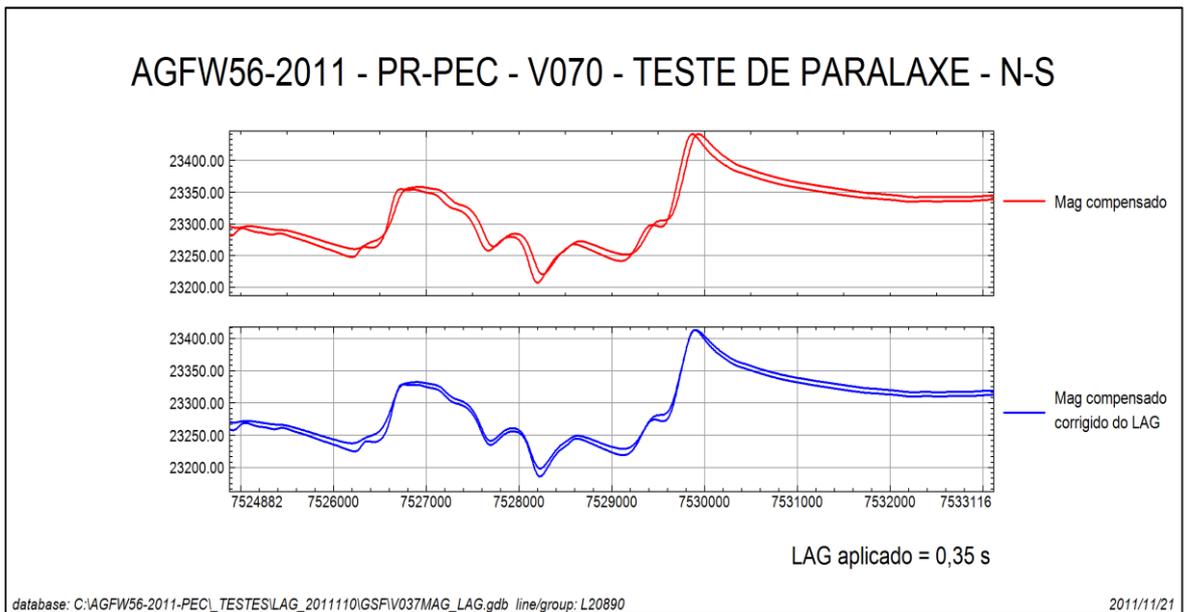
FluxgateX – Componente X da Fluxgate.

FluxgateY – Componente Y da Fluxgate.

FluxgateZ – Componente Z da Fluxgate.

Anexo II-c – Teste de Paralaxe

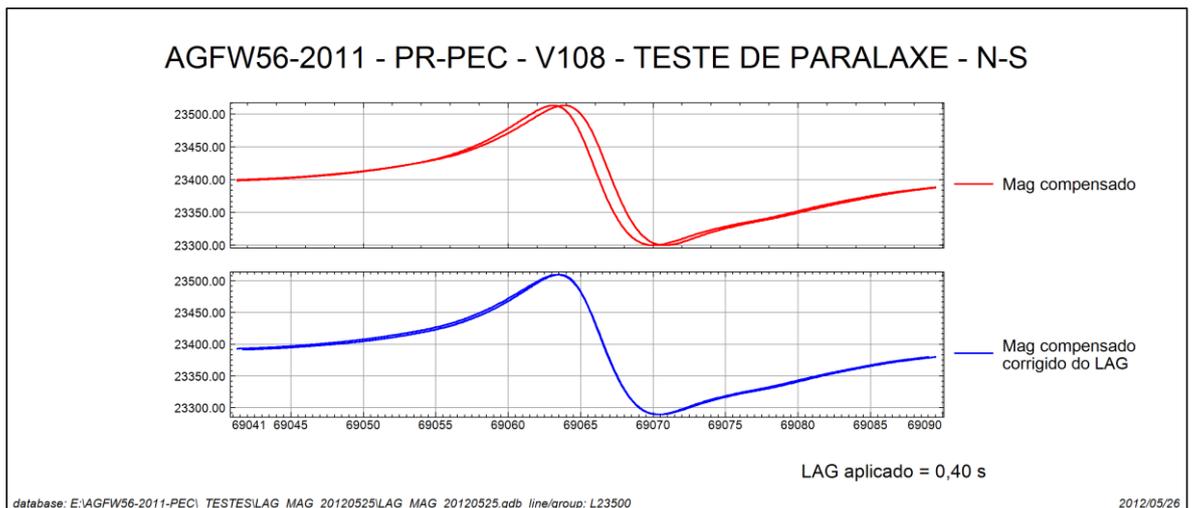
| | |
|------------|-------------|
| Nº Projeto | AGFW56-2011 |
| Base | Maricá – RJ |
| Aeronave | PR-PEC |
| Data | 08/11/2011 |
| Nº Voo | 070 |



MAG Compensado = Campo Magnético Total Compensado

MAG Compensado corrigido de LAG = Campo Magnético Total Compensado Corrigido Paralaxe (0,35 segundos)

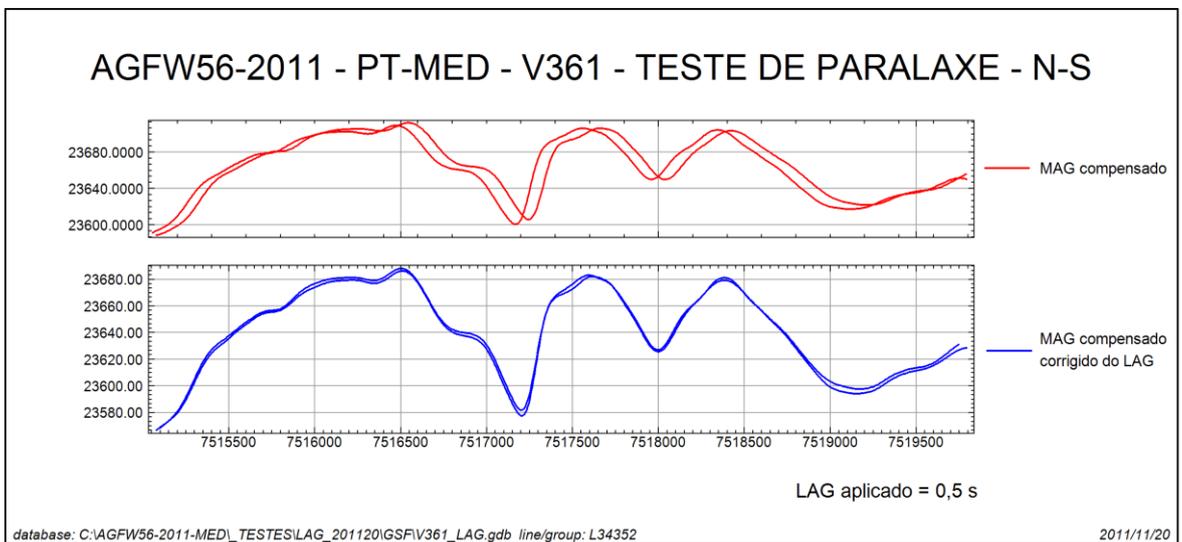
| | |
|------------|-------------|
| Nº Projeto | AGFW56-2011 |
| Base | Maricá – RJ |
| Aeronave | PR-PEC |
| Data | 25/05/2012 |
| Nº Voo | 108 |



MAG Compensado = Campo Magnético Total Compensado

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

| | |
|------------|----------------|
| Nº Projeto | AGFW56-2011 |
| Base | Cabo Frio – RJ |
| Aeronave | PT-MED |
| Data | 20/11/2011 |
| Nº Voo | 361 |



MAG Compensado = Campo Magnético Total Compensado

MAG Compensado corrigido de LAG = Campo Magnético Total Compensado Corrigido Paralaxe (0,50 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 Rio de Janeiro.

Um total de 1 CD-ROM e 4 DVDs-ROM compõem a totalidade dos arquivos conforme descrito abaixo:

| Mídia | Conteúdo |
|--------------|--|
| CD#01 | Relatório Final, Arquivo de Metadados do Projeto e <i>Arc Gis Engine</i> |
| DVD#01 | <i>Grids</i> |
| | Arquivos de Mapas <i>Geosoft</i> |
| | Arquivos de Poligonais das Folhas 1:100.000, 1:250.000 e 1:500.000 <i>Geosoft PLY</i> |
| DVD#02 | Arquivos com as articulações das Folhas 1:100.000, 1:250.000 e 1:500.000 |
| | Banco de Dados <i>Geosoft</i> |
| | Arquivos XYZ - Magnetometria e Gamaespectrometria |
| DVD#03 | Arquivos de Plotagem HPGL |
| DVD#04 | Arquivos de Mapas em formato PDF |

Estrutura dos Arquivos de Mapas:

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

1117_*_1DV = 1ª. Derivada Vertical do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)

1117_*_MAG = Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)

1117_*_SA = Sinal Analítico do Campo Magnético Total

1117_*_MDT = Modelo Digital do Terreno

1117_*_CTexp = Contagem Total ($\mu\text{R/h}$)

1117_*_Kperc = Potássio (%)

1117_*_eU = Urânio (ppm)

1117_*_eTh = Tório (ppm)

1117_*_ThKrazao = Razão Tório/Potássio

1117_*_UThrazao = Razão Urânio/Tório

1117_*_ThKrazao = Razão Tório/Potássio

1117_*_UKrazao = Razão Urânio/Potássio

1117_*_TERNÁRIO = Ternário (K-U-Th)

Exemplos:

1117_SF-23-X-B-VI_MAG.map = *Geosoft* MAP da Folha SF.23-X-B-VI Escala 1:100.000 do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)

1117_SF-23-X-B_SA.map = *Geosoft* MAP da Folha SF.23-X-B Escala 1:250.000 do Sinal Analítico do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)

1117_ThKrazao.map = *Geosoft* MAP da Folha Única na Escala 1:500.000 da Razão Tório/Potássio

Observações:

A codificação para os arquivos HGPL e PDF seguem a mesma regra utilizada para os arquivos de Mapas *Geosoft* (*.map).

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

A sigla PDF significa: *Portable Document Format*.

O prefixo 1117 em todos os arquivos corresponde ao n^o do projeto na Base Aero da CPRM.

Relação dos Arquivos: georeferenciados a Transversa de Mercator (Meridiano Central 43°W Gr).

Arquivos de *GRIDS*:

| Arquivo | Conteúdo | Unidade |
|-------------------|--|---------|
| 1117_Mag.grd | Campo Magnético Total (Reduzido IGRF) | nT |
| 1117_1DV.grd | 1a. Derivada Vertical do Campo Magnético Total | nT/m |
| 1117_SA.grd | Sinal Analítico do Campo Magnético Total | nT/m |
| 1117_CT.grd | Taxa de Exposição da Contagem Total | μR/h |
| 1117_Kperc.grd | Concentração de Potássio | % |
| 1117_eU.grd | Concentração de Urânio | ppm |
| 1117_eTh.grd | Concentração de Tório | ppm |
| 1117_ThKRAZAO.grd | Razão Tório/Potássio | - |
| 1117_UKRAZAO.grd | Razão Urânio/Potássio | - |
| 1117_ThRAZAO.grd | Razão Urânio/Tório | - |
| 1117_MDT.grd | Modelo Digital do Terreno | m |

Arquivos de Banco de Dados GDB:

| Arquivo | Conteúdo |
|-------------------|---|
| 1117_GamaLine.gdb | Banco de dados de gamaespectrometria com as linhas de voo |
| 1117_GamaTie.gdb | Banco de dados de gamaespectrometria com as linhas de controle |
| 1117_MagLine.gdb | Banco de dados de magnetometria com as linhas de voo |
| 1117_MagTie.gdb | Banco de dados de magnetometria com as linhas de controle |
| 1117_Gama256.gdb | Banco de dados de gamaespectrometria com os 256 canais <i>up e down</i> |

Arquivos de Banco de Dados XYZ:

| Arquivo | Conteúdo |
|-------------------|---------------------------------------|
| 1117_GamaLine.XYZ | Gamaespectrometria Linhas de Voo |
| 1117_GamaTie.XYZ | Gamaespectrometria Linhas de Controle |
| 1117_MagLine.XYZ | Magnetometria Linhas de Voo |
| 1117_MagTie.XYZ | Magnetometria Linhas de Controle |

Arquivos de cruzamentos:

| Arquivo | Conteúdo |
|----------------------|---|
| 1117_Cruzamentos.XYZ | Cruzamentos do Nivelamento Magnetométrico |

Arquivos de Poligonais:

| Arquivo | Conteúdo |
|--------------------|--|
| 1117_SF-23-X-B-VI | Polígono Referente à Folha SF-23-X-B-VI |
| 1117_SF-23-X-B | Polígono Referente à Folha SF-23-X-B |
| 1117_SF-24-V-A-IV | Polígono Referente à Folha SF-24-V-A-IV |
| 1117_SF-24-V-A | Polígono Referente à Folha SF-24-V-A |
| 1117_SF-23-X-D-III | Polígono Referente à Folha SF-23-X-D-III |
| 1117_SF-23-X-D-V | Polígono Referente à Folha SF-23-X-D-V |
| 1117_SF-23-X-D-VI | Polígono Referente à Folha SF-23-X-D-VI |
| 1117_SF-23-X-D | Polígono Referente à Folha SF-23-X-D |
| 1117_SF-24-V-C-I | Polígono Referente à Folha SF-24-V-C-I |
| 1117_SF-24-V-C-IV | Polígono Referente à Folha SF-24-V-C-IV |
| 1117_SF-24-V-C | Polígono Referente à Folha SF-24-V-C |
| 1117_SF-23-Z-A-III | Polígono Referente à Folha SF-23-Z-A-III |
| 1117_SF-23-Z-A-VI | Polígono Referente à Folha SF-23-Z-A-VI |
| 1117_SF-23-Z-A | Polígono Referente à Folha SF-23-Z-A |
| 1117_SF-23-Z-B-I | Polígono Referente à Folha SF-23-Z-B-I |
| 1117_SF-23-Z-B-II | Polígono Referente à Folha SF-23-Z-B-II |
| 1117_SF-23-Z-B-III | Polígono Referente à Folha SF-23-Z-B-III |
| 1117_SF-23-Z-B-IV | Polígono Referente à Folha SF-23-Z-B-IV |
| 1117_SF-23-Z-B-V | Polígono Referente à Folha SF-23-Z-B-V |
| 1117_SF-23-Z-B-VI | Polígono Referente à Folha SF-23-Z-B-VI |
| 1117_SF-23-Z-B | Polígono Referente à Folha SF-23-Z-B |
| 1117_SF-24-Y-A-I | Polígono Referente à Folha SF-24-Y-A-I |
| 1117_SF-24-Y-A-IV | Polígono Referente à Folha SF-24-Y-A-IV |
| 1117_SF-24-Y-A | Polígono Referente à Folha SF-24-Y-A |

| Arquivo | Conteúdo |
|--------------------|--|
| 1117_SF-23-Z-C-III | Polígono Referente à Folha SF-23-Z-C-III |
| 1117_SF-23-Z-C | Polígono Referente à Folha SF-23-Z-C |
| 1117_SF-23-Z-D-I | Polígono Referente à Folha SF-23-Z-D-I |
| 1117_SF-23-Z-D-III | Polígono Referente à Folha SF-23-Z-D-III |
| 1117_SF-23-Z-D | Polígono Referente à Folha SF-23-Z-D |
| 1117_SF-24-Y-C-I | Polígono Referente à Folha SF-24-Y-C-I |
| 1117_SF-24-Y-C | Polígono Referente à Folha SF-24-Y-C |
| 1117_AreaTotal | Polígono Referente à Folha Única |

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**

PROJETO AEROGEOFÍSICO RIO DE JANEIRO

FORMATO DIGITAL DOS DADOS RADIOMÉTRICOS PARA AS LINHAS DE CONTROLE - TIES

FOLHA 1 de 1

Arquivos XYZ (FORMATO GEOSOFT) PARA DADOS RADIOMÉTRICOS (LINHAS DE CONTROLE - TIES)

| REGISTRO MESTRE DAS LINHAS DE VOO | TIE | NÚMERO DA LINHA | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | | | | | | | |
|-----------------------------------|-----|-----------------------------------|-----|------------------------------------|-----|-----------------------------------|-----|-------------------------------------|-----|---|----|--|----|-------------------|----|---------------------|----|--------------------|----|--------------------|----|---------------------|-----|---------------------|-----|--------------------------|-----|------------------------------------|
| REGISTRO DE DETALHE RADIOMÉTRICO | X | COORDENADA UTM LESTE (m) F10.0 | Y | COORDENADA UTM NORTE (m) F10.0 | Z1 | FIDUCIAL (F8.1) | Z2 | GPSALT (ALTITUDE GPS) (m) (F8.2) | Z3 | BARO (ALTITUDE BAROMÉTRICA) (m) (F8.2) | Z4 | ALTURA (RADAR ALTIMETRO) (m) (F8.2) | Z5 | MDT (m) (F8.2) | Z6 | CTB (CPS) (F6.0) | Z7 | KB (CPS) (F6.0) | Z8 | UB (CPS) (F6.0) | Z9 | THB (CPS) (F6.0) | Z10 | UUP (CPS) (F6.0) | Z11 | LIVE_TIME (ms) (F6.0) | Z12 | CÔSMICO (RAD COSM) (CPS) (F6.0) |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| REGISTRO DE DETALHE RADIOMÉTRICO | Z24 | UTRAZÃO (F9.3) | Z25 | LONGITUDE (GRAUS DECIMAIS) (F11.6) | Z26 | LATITUDE (GRAUS DECIMAIS) (F11.6) | Z27 | DATA (AA/MM/DD) (A1.0) | Z28 | HORA (HH:MM:SS) (A1.0) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

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

| Linha | Voo | Fiducial Inicial | Fiducial Final |
|-------|-----|------------------|----------------|
| 13420 | 360 | 51912.5 | 52115.6 |
| 13430 | 360 | 51506.4 | 51736.1 |
| 13440 | 360 | 51079.1 | 51338.8 |
| 13450 | 360 | 50648.6 | 50912.9 |
| 13460 | 360 | 50195.4 | 50500.5 |
| 13470 | 360 | 49712.7 | 50031.4 |
| 13480 | 360 | 49182.5 | 49516.9 |
| 13490 | 360 | 48639.7 | 49010.6 |
| 13500 | 360 | 48101.5 | 48476.3 |
| 13510 | 360 | 47502.4 | 47924.0 |
| 13520 | 360 | 46865.3 | 47298.3 |
| 13530 | 360 | 46229.1 | 46683.7 |
| 13540 | 360 | 45584.4 | 46043.1 |
| 13550 | 360 | 44891.3 | 45387.5 |
| 13560 | 360 | 44199.0 | 44690.3 |
| 13570 | 360 | 43448.8 | 44004.5 |
| 13580 | 358 | 69513.1 | 70062.7 |
| 13590 | 358 | 68751.0 | 69342.1 |
| 13600 | 358 | 68006.1 | 68582.2 |
| 13610 | 358 | 67166.5 | 67792.7 |
| 13620 | 358 | 66358.2 | 66998.3 |
| 13630 | 358 | 65508.1 | 66166.1 |
| 13640 | 358 | 64703.6 | 65363.2 |
| 13650 | 358 | 63815.0 | 64521.7 |
| 13660 | 358 | 62926.4 | 63645.8 |
| 13670 | 358 | 62014.4 | 62759.9 |
| 13680 | 355 | 53605.1 | 54540.3 |
| 13690 | 355 | 52498.3 | 53426.3 |
| 13700 | 355 | 51277.8 | 52254.2 |
| 13710 | 355 | 50142.3 | 51108.3 |
| 13720 | 355 | 48942.9 | 49953.2 |
| 13730 | 355 | 47753.3 | 48763.7 |
| 13740 | 355 | 46537.4 | 47591.9 |
| 13750 | 355 | 45295.8 | 46356.4 |
| 13760 | 355 | 44072.9 | 45159.2 |
| 13770 | 355 | 42766.9 | 43885.7 |
| 13780 | 354 | 62231.9 | 63354.1 |
| 13790 | 354 | 60882.0 | 62027.7 |
| 13800 | 354 | 59567.0 | 60733.3 |
| 13810 | 354 | 58205.3 | 59376.8 |
| 13820 | 354 | 56879.4 | 58053.7 |

| Linha | Voo | Fiducial Inicial | Fiducial Final |
|-------|-----|------------------|----------------|
| 13830 | 354 | 55465.7 | 56676.8 |
| 13840 | 354 | 54084.4 | 55309.1 |
| 13850 | 354 | 52624.2 | 53889.5 |
| 13860 | 354 | 51237.5 | 52233.6 |
| 13861 | 358 | 61391.8 | 61690.8 |
| 13870 | 354 | 49783.4 | 51076.9 |
| 13880 | 353 | 68729.3 | 70032.5 |
| 13890 | 353 | 67321.0 | 68580.1 |
| 13900 | 353 | 65813.5 | 67151.1 |
| 13910 | 353 | 64333.3 | 65636.8 |
| 13920 | 353 | 62835.4 | 64185.5 |
| 13930 | 353 | 61335.8 | 62673.7 |
| 13940 | 353 | 59849.4 | 61190.6 |
| 13950 | 353 | 58353.5 | 59696.4 |
| 13960 | 353 | 56805.9 | 58162.4 |
| 13970 | 353 | 55247.0 | 56628.3 |
| 13980 | 352 | 56401.2 | 57743.4 |
| 13990 | 352 | 54874.8 | 56235.5 |
| 14000 | 352 | 53296.1 | 54696.5 |
| 14010 | 352 | 51705.7 | 53104.6 |
| 14020 | 352 | 50129.4 | 51509.4 |
| 14030 | 352 | 48551.2 | 49975.1 |
| 14040 | 352 | 47012.8 | 48392.6 |
| 14050 | 351 | 57022.6 | 58492.3 |
| 14060 | 351 | 55434.3 | 56853.3 |
| 14070 | 351 | 53833.6 | 55284.6 |
| 14080 | 351 | 47164.4 | 48629.1 |
| 14090 | 351 | 52165.4 | 53654.2 |
| 14100 | 351 | 50467.5 | 51990.5 |
| 14110 | 351 | 48809.5 | 50283.6 |
| 14120 | 351 | 45511.9 | 46972.2 |
| 14130 | 350 | 55210.8 | 55660.1 |
| 14131 | 352 | 45643.1 | 46714.3 |
| 14140 | 350 | 53555.1 | 55048.8 |
| 14150 | 350 | 51832.7 | 53362.0 |
| 14160 | 350 | 50141.3 | 51648.4 |
| 14170 | 349 | 51818.9 | 53231.8 |
| 14180 | 349 | 50143.1 | 51624.9 |
| 14190 | 348 | 64018.9 | 65371.7 |
| 14200 | 348 | 62539.6 | 63848.3 |
| 14210 | 348 | 61001.4 | 62335.9 |

| Linha | Voo | Fiducial Inicial | Fiducial Final |
|-------|-----|------------------|----------------|
| 14220 | 348 | 59057.7 | 59376.4 |
| 14221 | 348 | 59790.7 | 60817.9 |
| 14230 | 348 | 57529.9 | 58848.6 |
| 14240 | 348 | 55906.5 | 57239.5 |
| 14250 | 346 | 57198.6 | 58488.3 |
| 14260 | 346 | 55688.3 | 57052.4 |
| 14270 | 346 | 54011.9 | 55322.9 |
| 14280 | 346 | 52485.6 | 53861.9 |
| 14290 | 346 | 50982.2 | 52294.5 |
| 14300 | 346 | 49454.1 | 50773.4 |
| 14310 | 346 | 47988.5 | 49310.1 |
| 14320 | 346 | 46067.0 | 46894.9 |
| 14321 | 347 | 60657.9 | 61238.9 |
| 14330 | 345 | 45992.5 | 46980.2 |
| 14331 | 346 | 47054.4 | 47307.4 |
| 14340 | 345 | 44432.6 | 45389.4 |
| 14341 | 346 | 47559.6 | 47849.8 |
| 14350 | 344 | 56266.5 | 57513.0 |
| 14360 | 344 | 54816.7 | 56014.0 |
| 14370 | 344 | 53427.3 | 54685.2 |
| 14380 | 344 | 52029.2 | 53237.0 |
| 14390 | 344 | 50578.0 | 51842.9 |
| 14400 | 344 | 49197.9 | 50421.8 |
| 14410 | 344 | 47786.7 | 49073.8 |
| 14420 | 344 | 46348.3 | 47592.4 |
| 14430 | 343 | 62571.7 | 63827.5 |
| 14440 | 343 | 61067.0 | 62403.4 |
| 14450 | 343 | 59619.9 | 60906.5 |
| 14460 | 343 | 58111.5 | 59443.2 |
| 14470 | 343 | 56650.8 | 57950.4 |
| 14480 | 343 | 55116.7 | 56469.5 |
| 14490 | 343 | 53580.1 | 54948.4 |
| 14500 | 343 | 51551.5 | 51701.9 |
| 14501 | 343 | 52214.0 | 53416.9 |
| 14510 | 306 | 56752.8 | 58058.8 |
| 14520 | 306 | 55211.7 | 56637.5 |
| 14530 | 306 | 53761.1 | 55069.5 |
| 14540 | 306 | 52241.4 | 53649.0 |
| 14550 | 306 | 50755.4 | 52080.6 |
| 14560 | 305 | 58831.3 | 60217.9 |
| 14570 | 306 | 45665.1 | 47090.7 |
| 14580 | 305 | 55767.7 | 57146.4 |

| Linha | Voo | Fiducial Inicial | Fiducial Final |
|-------|-----|------------------|----------------|
| 14590 | 305 | 54252.8 | 55632.6 |
| 14600 | 305 | 52707.6 | 54074.7 |
| 14610 | 305 | 51194.9 | 52589.1 |
| 14620 | 305 | 49629.4 | 51011.5 |
| 14630 | 305 | 48116.5 | 49503.8 |
| 14640 | 304 | 56470.7 | 57294.9 |
| 14641 | 306 | 47246.5 | 47748.8 |
| 14650 | 304 | 54167.7 | 55546.9 |
| 14660 | 304 | 52718.3 | 54002.8 |
| 14670 | 304 | 51145.5 | 52530.4 |
| 14680 | 304 | 49893.6 | 50978.1 |
| 14681 | 306 | 49944.0 | 50182.6 |
| 14690 | 304 | 48129.2 | 49538.7 |
| 14700 | 303 | 57469.8 | 58820.5 |
| 14710 | 303 | 55994.6 | 57318.7 |
| 14720 | 303 | 54505.9 | 55844.6 |
| 14730 | 303 | 50106.6 | 50586.2 |
| 14731 | 303 | 51001.6 | 51399.8 |
| 14732 | 306 | 48266.4 | 48721.5 |
| 14740 | 303 | 51566.2 | 52480.6 |
| 14750 | 306 | 49181.5 | 49797.4 |
| 14760 | 303 | 53729.6 | 53987.4 |
| 20640 | 26 | 60159.8 | 60909.7 |
| 20650 | 26 | 61038.2 | 61698.9 |
| 20661 | 27 | 57257.8 | 57993.6 |
| 20670 | 26 | 62753.3 | 63458.8 |
| 20680 | 26 | 63602.3 | 64362.7 |
| 20690 | 26 | 64487.2 | 65161.8 |
| 20700 | 26 | 65305.0 | 66100.7 |
| 20710 | 26 | 66222.9 | 66931.3 |
| 20720 | 26 | 67156.2 | 68092.2 |
| 20730 | 26 | 68247.5 | 69073.9 |
| 20742 | 70 | 61654.6 | 62531.7 |
| 20750 | 27 | 59718.9 | 60668.8 |
| 20760 | 27 | 60789.4 | 61619.4 |
| 20771 | 70 | 62616.2 | 63467.2 |
| 20780 | 32 | 57026.3 | 57924.7 |
| 20790 | 32 | 58042.7 | 58907.8 |
| 20800 | 32 | 59019.2 | 59901.5 |
| 20811 | 70 | 63554.2 | 64459.0 |
| 20820 | 32 | 61044.5 | 61903.6 |
| 20830 | 32 | 62040.2 | 62948.0 |

| Linha | Voo | Fiducial Inicial | Fiducial Final |
|-------|-----|------------------|----------------|
| 20840 | 32 | 63058.8 | 63933.8 |
| 20850 | 32 | 64077.8 | 64969.4 |
| 20860 | 32 | 65207.2 | 66227.5 |
| 20870 | 32 | 66358.4 | 67417.9 |
| 20880 | 37 | 57592.8 | 58593.7 |
| 20891 | 70 | 65774.2 | 66746.3 |
| 20900 | 37 | 59968.7 | 60967.1 |
| 20910 | 37 | 61140.8 | 62145.2 |
| 20920 | 37 | 62266.6 | 63097.9 |
| 20921 | 37 | 63638.0 | 63842.8 |
| 20930 | 37 | 63969.8 | 64959.9 |
| 20940 | 37 | 65071.2 | 66081.6 |
| 20950 | 37 | 66212.1 | 67207.6 |
| 20960 | 37 | 67321.0 | 68339.1 |
| 20970 | 37 | 68455.6 | 69455.0 |
| 20980 | 38 | 61757.9 | 62852.1 |
| 20990 | 38 | 62977.1 | 63971.8 |
| 21000 | 38 | 64104.8 | 65195.4 |
| 21010 | 38 | 65319.6 | 66302.6 |
| 21020 | 38 | 66424.6 | 67533.7 |
| 21030 | 38 | 67654.4 | 68630.1 |
| 21040 | 39 | 63344.4 | 64359.1 |
| 21050 | 39 | 64503.3 | 65578.7 |
| 21060 | 39 | 65708.8 | 66703.0 |
| 21070 | 39 | 66888.4 | 67981.7 |
| 21080 | 40 | 37476.0 | 38530.6 |
| 21090 | 40 | 38658.1 | 39729.9 |
| 21100 | 40 | 39847.8 | 40908.1 |
| 21110 | 40 | 41098.9 | 42146.4 |
| 21120 | 40 | 42276.1 | 43337.4 |
| 21130 | 40 | 43449.0 | 44251.5 |
| 21131 | 43 | 55779.0 | 56044.6 |
| 21140 | 40 | 44353.6 | 45133.4 |
| 21141 | 43 | 54895.3 | 55220.9 |
| 21150 | 40 | 45279.0 | 46341.0 |
| 21160 | 43 | 47138.4 | 48270.0 |
| 21171 | 43 | 49099.0 | 49909.0 |
| 21172 | 49 | 61075.6 | 61332.2 |
| 21180 | 43 | 50011.0 | 51157.9 |
| 21190 | 43 | 51284.7 | 52336.1 |
| 21200 | 43 | 52460.8 | 53610.4 |
| 21210 | 43 | 53723.6 | 54780.5 |

| Linha | Voo | Fiducial Inicial | Fiducial Final |
|-------|-----|------------------|----------------|
| 21220 | 43 | 56176.8 | 57296.2 |
| 21230 | 43 | 57414.8 | 58323.1 |
| 21240 | 49 | 59853.9 | 60869.4 |
| 21250 | 49 | 61811.1 | 62752.4 |
| 21260 | 49 | 62859.5 | 63848.4 |
| 21270 | 49 | 63992.2 | 64928.9 |
| 21280 | 49 | 65043.3 | 66033.0 |
| 21290 | 49 | 66156.2 | 67096.6 |
| 21300 | 49 | 67229.5 | 68185.4 |
| 21310 | 49 | 68310.1 | 69251.4 |
| 21320 | 52 | 61160.5 | 62121.7 |
| 21330 | 52 | 62253.7 | 63242.8 |
| 21340 | 52 | 63350.7 | 64315.9 |
| 21350 | 52 | 64537.0 | 65534.4 |
| 21360 | 53 | 44059.0 | 44738.2 |
| 21361 | 53 | 51194.9 | 51498.3 |
| 21370 | 53 | 44841.5 | 45567.5 |
| 21371 | 53 | 50815.8 | 51087.4 |
| 21380 | 53 | 45706.4 | 46393.7 |
| 21381 | 53 | 50356.9 | 50669.3 |
| 21390 | 53 | 46699.2 | 47437.0 |
| 21391 | 53 | 49966.8 | 50237.1 |
| 21400 | 53 | 47593.1 | 48280.1 |
| 21401 | 53 | 49515.3 | 49809.1 |
| 21410 | 53 | 48414.9 | 49413.3 |
| 21420 | 53 | 51710.3 | 52386.4 |
| 21421 | 54 | 42419.5 | 42771.5 |
| 21430 | 53 | 52486.0 | 53485.1 |
| 21440 | 53 | 53593.0 | 54572.2 |
| 21450 | 53 | 54685.3 | 55118.9 |
| 21451 | 53 | 55236.1 | 55662.8 |
| 21452 | 54 | 43209.0 | 43351.7 |
| 21460 | 53 | 55781.0 | 55965.9 |
| 21461 | 53 | 56285.7 | 57101.9 |
| 21470 | 53 | 57210.0 | 57778.2 |
| 21471 | 54 | 58415.4 | 58811.6 |
| 21480 | 54 | 43596.4 | 44187.2 |
| 21481 | 54 | 51024.3 | 51471.8 |
| 21490 | 54 | 44303.1 | 44878.2 |
| 21491 | 54 | 57302.2 | 57690.5 |
| 21500 | 54 | 45023.3 | 45608.4 |
| 21501 | 54 | 57796.9 | 58242.9 |

| Linha | Voo | Fiducial Inicial | Fiducial Final |
|-------|-----|------------------|----------------|
| 21510 | 54 | 45716.6 | 46295.9 |
| 21511 | 54 | 56220.4 | 56610.7 |
| 21520 | 54 | 46497.6 | 47074.5 |
| 21521 | 54 | 56736.8 | 57156.5 |
| 21530 | 54 | 47185.4 | 47744.0 |
| 21531 | 54 | 55102.4 | 55494.2 |
| 21540 | 54 | 47926.9 | 48489.3 |
| 21541 | 54 | 55614.8 | 56079.4 |
| 21550 | 54 | 48580.9 | 49008.9 |
| 21551 | 54 | 53988.0 | 54382.6 |
| 21552 | 55 | 57011.4 | 57151.0 |
| 21560 | 54 | 49279.9 | 49844.5 |
| 21561 | 54 | 54504.9 | 54949.6 |
| 21570 | 54 | 49945.1 | 50898.0 |
| 21580 | 54 | 51659.8 | 52208.0 |
| 21581 | 54 | 53351.8 | 53801.2 |
| 21590 | 54 | 52300.0 | 53234.7 |
| 21600 | 55 | 56224.8 | 56854.9 |
| 21601 | 55 | 57443.8 | 57880.3 |
| 21610 | 55 | 57974.5 | 58919.2 |
| 21620 | 55 | 59055.1 | 60065.8 |
| 21630 | 55 | 60166.0 | 61119.8 |
| 21640 | 55 | 61237.2 | 62251.0 |
| 21650 | 55 | 62345.5 | 63286.3 |
| 21660 | 55 | 63400.2 | 64426.9 |
| 21670 | 55 | 64531.5 | 65452.1 |
| 21680 | 55 | 65570.4 | 66560.2 |
| 21690 | 55 | 66655.6 | 67550.6 |
| 21700 | 55 | 67654.4 | 68641.1 |
| 21710 | 55 | 68749.5 | 69639.6 |
| 21720 | 56 | 52388.2 | 53430.9 |
| 21730 | 56 | 53538.2 | 54470.0 |
| 21740 | 56 | 54596.4 | 55585.7 |
| 21750 | 56 | 55673.0 | 56602.5 |
| 21760 | 56 | 56736.1 | 57712.8 |
| 21770 | 56 | 57808.8 | 58734.8 |
| 21780 | 56 | 58844.7 | 59836.0 |
| 21790 | 56 | 59923.8 | 60864.6 |
| 21800 | 56 | 60975.2 | 61932.8 |
| 21810 | 56 | 62086.6 | 63022.8 |
| 21820 | 56 | 63127.7 | 64085.7 |
| 21830 | 56 | 64175.1 | 65106.5 |

| Linha | Voo | Fiducial Inicial | Fiducial Final |
|-------|-----|------------------|----------------|
| 21840 | 56 | 65213.3 | 66156.0 |
| 21850 | 56 | 66231.1 | 67164.8 |
| 21860 | 56 | 67259.5 | 68216.3 |
| 21870 | 56 | 68305.4 | 69212.8 |
| 21880 | 57 | 52312.7 | 53319.1 |
| 21890 | 57 | 53417.6 | 54327.6 |
| 21900 | 57 | 54427.0 | 55412.4 |
| 21910 | 57 | 55505.3 | 56418.3 |
| 21920 | 57 | 56515.0 | 57529.5 |
| 21930 | 57 | 57623.9 | 58559.9 |
| 21940 | 58 | 51918.7 | 52875.6 |
| 21950 | 58 | 52972.3 | 53931.4 |
| 21961 | 70 | 67591.3 | 68311.9 |
| 21962 | 96 | 70860.5 | 71112.4 |
| 21970 | 58 | 55097.8 | 56046.4 |
| 21980 | 58 | 56172.9 | 57126.7 |
| 21990 | 58 | 57227.0 | 58181.2 |
| 22000 | 58 | 58308.3 | 59264.0 |
| 22010 | 58 | 59380.3 | 60315.4 |
| 22020 | 66 | 59543.2 | 59861.9 |
| 22021 | 66 | 59966.0 | 60495.4 |
| 22022 | 68 | 45112.5 | 45255.9 |
| 22030 | 66 | 60623.0 | 61606.5 |
| 22040 | 66 | 61734.9 | 62665.7 |
| 22050 | 66 | 62771.9 | 63733.3 |
| 22060 | 66 | 63829.3 | 64755.7 |
| 22070 | 66 | 64858.8 | 65806.4 |
| 22080 | 66 | 65899.2 | 66816.2 |
| 22090 | 66 | 66907.6 | 67473.9 |
| 22091 | 66 | 68020.0 | 68426.6 |
| 22100 | 66 | 68517.2 | 69215.9 |
| 22101 | 68 | 45554.5 | 45841.3 |
| 22110 | 66 | 69556.0 | 70523.4 |
| 22120 | 66 | 70624.7 | 71608.4 |
| 22130 | 66 | 71689.5 | 72666.7 |
| 22140 | 58 | 60465.3 | 61377.9 |
| 22150 | 58 | 61467.1 | 62422.9 |
| 22160 | 58 | 62504.4 | 63476.2 |
| 22170 | 58 | 63568.6 | 64509.8 |
| 22180 | 58 | 64589.6 | 65578.5 |
| 22190 | 58 | 65676.7 | 66607.2 |
| 22200 | 66 | 72886.5 | 73719.5 |

| Linha | Voo | Fiducial Inicial | Fiducial Final |
|-------|-----|------------------|----------------|
| 22210 | 66 | 73810.3 | 74671.4 |
| 22220 | 68 | 46018.0 | 46833.9 |
| 22230 | 72 | 56207.0 | 57075.3 |
| 22240 | 72 | 57176.7 | 58009.9 |
| 22250 | 72 | 58118.0 | 58937.6 |
| 22260 | 72 | 59037.1 | 59862.5 |
| 22270 | 72 | 59977.7 | 60803.6 |
| 22280 | 72 | 60891.2 | 61729.1 |
| 22290 | 72 | 61835.9 | 62671.1 |
| 22300 | 72 | 62755.8 | 63587.0 |
| 22310 | 72 | 63687.3 | 64501.9 |
| 22320 | 72 | 64591.0 | 65448.9 |
| 22330 | 72 | 65543.9 | 66388.6 |
| 22340 | 72 | 66482.0 | 67340.0 |
| 22350 | 72 | 67457.8 | 68283.7 |
| 22360 | 72 | 68374.1 | 69234.3 |
| 22370 | 72 | 69346.7 | 70169.0 |
| 22380 | 72 | 70246.0 | 71103.9 |
| 22390 | 73 | 53283.6 | 54160.9 |
| 22400 | 73 | 54245.9 | 55085.0 |
| 22410 | 73 | 55199.6 | 56096.0 |
| 22420 | 73 | 56192.9 | 57075.5 |
| 22430 | 73 | 57176.2 | 58049.5 |
| 22440 | 73 | 58136.5 | 58997.2 |
| 22450 | 73 | 59131.0 | 60013.4 |
| 22460 | 73 | 60104.3 | 60986.7 |
| 22470 | 73 | 61083.7 | 61972.1 |
| 22480 | 73 | 62058.5 | 62978.1 |
| 22490 | 73 | 63086.5 | 63987.1 |
| 22500 | 73 | 64068.5 | 64996.0 |
| 22510 | 73 | 65109.1 | 65996.0 |
| 22520 | 73 | 66078.3 | 66973.9 |
| 22530 | 73 | 67086.3 | 67960.6 |
| 22540 | 73 | 68048.3 | 68947.8 |
| 22550 | 74 | 41756.0 | 42693.0 |
| 22560 | 74 | 42793.7 | 43733.0 |
| 22570 | 74 | 55275.2 | 56187.6 |
| 22580 | 74 | 56271.3 | 57204.0 |
| 22590 | 96 | 69257.0 | 70161.0 |
| 22600 | 96 | 68217.4 | 69136.7 |
| 22610 | 96 | 67187.2 | 68102.4 |
| 22620 | 96 | 66175.4 | 67076.1 |

| Linha | Voo | Fiducial Inicial | Fiducial Final |
|-------|-----|------------------|----------------|
| 22630 | 96 | 65110.1 | 66045.3 |
| 22640 | 96 | 64059.9 | 64984.3 |
| 22650 | 90 | 66668.7 | 67608.3 |
| 22660 | 90 | 66018.0 | 66528.5 |
| 22661 | 90 | 67757.8 | 68180.9 |
| 22670 | 74 | 44637.4 | 45028.4 |
| 22671 | 74 | 57336.5 | 57883.0 |
| 22680 | 74 | 54155.2 | 55124.6 |
| 22690 | 74 | 53096.6 | 54064.6 |
| 22700 | 74 | 51948.7 | 52973.6 |
| 22710 | 74 | 50873.6 | 51857.0 |
| 22720 | 74 | 49772.3 | 50761.3 |
| 22730 | 74 | 48657.0 | 49633.6 |
| 22740 | 74 | 47553.9 | 48558.1 |
| 22750 | 74 | 46369.4 | 47356.0 |
| 22760 | 74 | 45261.4 | 46252.8 |
| 22770 | 90 | 64187.3 | 65183.7 |
| 22780 | 90 | 63055.3 | 64035.0 |
| 22790 | 90 | 61168.0 | 61371.9 |
| 22791 | 90 | 61826.0 | 62778.5 |
| 22800 | 90 | 59882.2 | 61023.3 |
| 22810 | 90 | 58592.3 | 59734.2 |
| 22820 | 90 | 57323.9 | 58438.8 |
| 22830 | 97 | 58746.8 | 59851.6 |
| 22840 | 97 | 59980.2 | 61108.3 |
| 22850 | 97 | 61255.9 | 62388.4 |
| 22860 | 97 | 62495.9 | 63644.8 |
| 22870 | 97 | 63812.9 | 64944.4 |
| 22880 | 97 | 65052.9 | 66204.6 |
| 22890 | 97 | 66320.0 | 67440.9 |
| 22900 | 97 | 67569.2 | 68708.8 |
| 22910 | 97 | 68836.1 | 69980.0 |
| 22920 | 97 | 70111.8 | 71248.2 |
| 22930 | 98 | 46790.0 | 47979.7 |
| 22940 | 98 | 48109.8 | 49256.4 |
| 22950 | 98 | 49704.7 | 50912.7 |
| 22960 | 98 | 51036.8 | 52212.3 |
| 22970 | 98 | 52387.5 | 53620.1 |
| 22980 | 98 | 53741.0 | 54891.4 |
| 22990 | 98 | 55055.2 | 56255.6 |
| 23000 | 98 | 62132.2 | 63279.9 |
| 23010 | 96 | 63320.2 | 63688.7 |

| Linha | Voo | Fiducial Inicial | Fiducial Final |
|-------|-----|------------------|----------------|
| 23011 | 98 | 56395.9 | 57230.2 |
| 23020 | 96 | 62244.3 | 62615.1 |
| 23021 | 98 | 60240.7 | 61057.6 |
| 23030 | 96 | 61654.5 | 62096.0 |
| 23031 | 98 | 57372.9 | 58178.8 |
| 23040 | 94 | 65943.5 | 66325.6 |
| 23041 | 98 | 58333.0 | 59166.6 |
| 23050 | 94 | 65377.0 | 65792.3 |
| 23051 | 98 | 59326.9 | 60123.5 |
| 23060 | 94 | 64838.7 | 65232.4 |
| 23061 | 101 | 63120.1 | 64014.3 |
| 23070 | 94 | 64269.5 | 64679.1 |
| 23071 | 98 | 61184.9 | 61977.4 |
| 23080 | 94 | 63740.6 | 64122.7 |
| 23081 | 103 | 54437.0 | 55257.3 |
| 23090 | 94 | 63177.0 | 63589.4 |
| 23091 | 101 | 62234.6 | 63001.1 |
| 23100 | 94 | 62650.8 | 63030.3 |
| 23101 | 102 | 46053.4 | 46810.7 |
| 23102 | 103 | 52572.9 | 52719.1 |
| 23110 | 94 | 62223.9 | 62515.8 |
| 23111 | 101 | 64152.4 | 64917.6 |
| 23120 | 94 | 61814.6 | 62074.8 |
| 23121 | 101 | 65062.3 | 65967.4 |
| 23130 | 94 | 60988.7 | 61242.4 |
| 23131 | 101 | 67793.8 | 68693.9 |
| 23140 | 94 | 60148.1 | 60404.9 |
| 23141 | 101 | 60845.1 | 61619.8 |
| 23142 | 103 | 52014.3 | 52155.8 |
| 23150 | 94 | 61399.2 | 61682.1 |
| 23151 | 102 | 45239.7 | 45925.0 |
| 23152 | 103 | 52284.2 | 52426.5 |
| 23160 | 94 | 59319.4 | 59576.7 |
| 23161 | 101 | 59054.7 | 59822.2 |
| 23162 | 101 | 69660.8 | 69813.5 |
| 23170 | 94 | 58865.0 | 59157.6 |
| 23171 | 101 | 56181.6 | 56985.8 |
| 23180 | 93 | 47585.3 | 47854.6 |
| 23181 | 101 | 58245.2 | 58922.8 |
| 23182 | 101 | 68794.9 | 68923.2 |
| 23190 | 93 | 47114.5 | 47414.7 |
| 23191 | 101 | 57100.3 | 57862.4 |

| Linha | Voo | Fiducial Inicial | Fiducial Final |
|-------|-----|------------------|----------------|
| 23192 | 101 | 69087.2 | 69245.0 |
| 23200 | 93 | 46674.6 | 46926.5 |
| 23201 | 101 | 60019.9 | 60708.5 |
| 23202 | 101 | 69353.9 | 69482.5 |
| 23210 | 101 | 66553.9 | 67651.9 |
| 23220 | 103 | 53100.5 | 54254.8 |
| 23230 | 103 | 55732.4 | 56541.4 |
| 23231 | 104 | 44251.7 | 44418.9 |
| 23232 | 104 | 46512.9 | 46715.1 |
| 23240 | 103 | 56932.8 | 58070.8 |
| 23250 | 103 | 58197.4 | 59146.6 |
| 23251 | 104 | 47188.0 | 47402.7 |
| 23260 | 103 | 59456.4 | 60597.1 |
| 23270 | 104 | 44827.7 | 46005.3 |
| 23280 | 104 | 47515.2 | 48662.2 |
| 23290 | 104 | 48779.9 | 49974.3 |
| 23300 | 104 | 50089.3 | 51233.1 |
| 23310 | 104 | 51327.3 | 52512.9 |
| 23320 | 104 | 52694.2 | 53854.1 |
| 23330 | 104 | 53969.7 | 55196.5 |
| 23340 | 104 | 55354.4 | 56567.4 |
| 23350 | 104 | 56687.0 | 57934.0 |
| 23360 | 104 | 58057.4 | 59292.9 |
| 23370 | 105 | 55848.2 | 56643.6 |
| 23371 | 106 | 44777.6 | 45011.9 |
| 23372 | 108 | 58539.9 | 58843.8 |
| 23380 | 105 | 56757.2 | 58099.3 |
| 23390 | 105 | 58241.7 | 59538.1 |
| 23400 | 106 | 43680.9 | 44597.4 |
| 23401 | 106 | 59109.8 | 59555.4 |
| 23410 | 106 | 56081.2 | 57478.3 |
| 23420 | 106 | 57724.2 | 58896.7 |
| 23430 | 107 | 59279.3 | 60520.5 |
| 23440 | 107 | 60632.3 | 61834.8 |
| 23450 | 107 | 61959.7 | 63215.9 |
| 23460 | 107 | 63328.0 | 64534.2 |
| 23470 | 107 | 64660.5 | 65886.4 |
| 23480 | 107 | 65997.7 | 67189.6 |
| 23490 | 107 | 67297.9 | 68515.7 |
| 23500 | 107 | 68625.0 | 69814.1 |
| 23510 | 108 | 56968.3 | 58236.3 |
| 23520 | 108 | 65351.0 | 66564.5 |

| Linha | Voo | Fiducial Inicial | Fiducial Final |
|-------|-----|------------------|----------------|
| 23530 | 108 | 66680.5 | 67867.7 |
| 23540 | 108 | 68030.9 | 68745.4 |
| 23541 | 108 | 69644.5 | 70048.7 |
| 23542 | 109 | 47820.5 | 47963.5 |
| 23550 | 108 | 70170.7 | 71345.1 |
| 23560 | 109 | 46865.0 | 47582.6 |
| 23561 | 109 | 48384.7 | 48924.9 |
| 23570 | 109 | 49026.5 | 50221.8 |
| 23580 | 109 | 50348.2 | 51584.2 |
| 23590 | 109 | 51700.6 | 52874.2 |
| 23600 | 109 | 52988.8 | 54213.3 |
| 23610 | 109 | 54310.6 | 55452.9 |
| 23620 | 109 | 56258.6 | 56765.8 |
| 23621 | 109 | 58165.8 | 58832.7 |
| 23630 | 109 | 55558.0 | 56103.4 |
| 23631 | 109 | 57392.9 | 58060.1 |
| 23640 | 108 | 63533.6 | 64385.7 |
| 23641 | 108 | 64820.1 | 65183.8 |
| 23650 | 108 | 62174.4 | 63426.4 |
| 23660 | 108 | 60813.0 | 62049.5 |
| 23670 | 106 | 49717.4 | 50931.8 |
| 23680 | 106 | 48923.5 | 49458.0 |
| 23681 | 106 | 51087.8 | 51687.1 |
| 23690 | 106 | 48186.3 | 48781.0 |
| 23691 | 106 | 51844.9 | 52351.2 |
| 23700 | 106 | 47546.1 | 48069.6 |
| 23701 | 106 | 52463.7 | 53063.8 |
| 23710 | 106 | 46815.7 | 47410.6 |
| 23711 | 106 | 54898.3 | 55402.8 |
| 23721 | 106 | 54145.7 | 54456.8 |
| 23722 | 108 | 59727.8 | 60565.9 |
| 23730 | 103 | 50927.6 | 51221.3 |
| 23731 | 106 | 45763.2 | 46072.8 |
| 23732 | 106 | 53555.3 | 54041.2 |
| 23740 | 103 | 50287.3 | 50817.0 |
| 23741 | 105 | 54755.7 | 55339.6 |
| 23750 | 103 | 49586.0 | 50141.7 |
| 23751 | 105 | 54133.6 | 54647.7 |
| 23760 | 103 | 48945.8 | 49473.9 |
| 23761 | 105 | 53395.9 | 53974.5 |
| 23770 | 103 | 48321.1 | 48615.8 |
| 23771 | 105 | 52224.0 | 52374.3 |

| Linha | Voo | Fiducial Inicial | Fiducial Final |
|-------|-----|------------------|----------------|
| 23772 | 105 | 52626.0 | 53289.3 |
| 23780 | 103 | 46347.7 | 46674.7 |
| 23781 | 103 | 47056.9 | 47440.9 |
| 23782 | 103 | 47937.1 | 48087.2 |
| 23783 | 105 | 51255.8 | 51554.9 |
| 23790 | 103 | 45178.4 | 45747.6 |
| 23791 | 105 | 50347.5 | 50850.1 |
| 23800 | 103 | 44646.3 | 45040.5 |
| 23801 | 105 | 49322.0 | 50057.5 |
| 23810 | 100 | 67542.5 | 68644.0 |
| 23820 | 100 | 66357.5 | 67398.4 |
| 23830 | 100 | 65174.7 | 66243.8 |
| 23840 | 100 | 63969.0 | 65019.5 |
| 23850 | 100 | 62759.1 | 63851.0 |
| 23860 | 100 | 62234.0 | 62628.2 |
| 23861 | 100 | 68743.2 | 69422.7 |
| 23870 | 100 | 61514.4 | 61805.4 |
| 23871 | 100 | 69664.0 | 70454.7 |
| 23880 | 100 | 60329.7 | 61395.5 |
| 23891 | 100 | 59138.8 | 60205.6 |
| 23902 | 100 | 57960.1 | 59022.3 |
| 23911 | 105 | 48059.7 | 49139.2 |
| 23921 | 105 | 46373.8 | 46989.6 |
| 23922 | 105 | 47402.2 | 47945.6 |
| 23931 | 105 | 45165.8 | 46252.0 |
| 23942 | 105 | 43900.2 | 45053.0 |
| 23950 | 364 | 50810.9 | 51954.9 |
| 23960 | 360 | 55147.9 | 56294.2 |
| 23970 | 360 | 53859.3 | 55023.9 |
| 23980 | 360 | 52619.0 | 53767.8 |
| 23990 | 359 | 58031.3 | 59175.6 |
| 24000 | 359 | 56714.8 | 57870.2 |
| 24010 | 359 | 55461.9 | 56427.6 |
| 24020 | 359 | 54266.4 | 55314.0 |
| 24030 | 359 | 53166.6 | 54135.9 |
| 24040 | 359 | 51945.4 | 53002.9 |
| 24050 | 359 | 50770.3 | 51776.9 |
| 24060 | 359 | 49544.7 | 50605.6 |
| 24070 | 359 | 48350.9 | 49347.6 |
| 24080 | 359 | 47145.1 | 48199.8 |
| 24090 | 359 | 45970.0 | 46990.0 |
| 24100 | 359 | 44771.7 | 45809.5 |

| Linha | Voo | Fiducial Inicial | Fiducial Final |
|-------|-----|------------------|----------------|
| 24110 | 359 | 43598.1 | 44619.5 |
| 24120 | 349 | 48848.7 | 49839.0 |
| 24130 | 359 | 42453.9 | 43462.6 |
| 24140 | 347 | 62061.7 | 62492.4 |
| 24141 | 348 | 66048.1 | 66615.1 |
| 24150 | 348 | 67087.0 | 67798.7 |
| 24151 | 349 | 47958.4 | 48262.5 |
| 24160 | 348 | 68028.1 | 68987.8 |
| 24170 | 335 | 55778.9 | 56626.2 |
| 24180 | 335 | 54727.9 | 55611.8 |
| 24190 | 335 | 53550.9 | 54548.0 |
| 24200 | 335 | 52354.4 | 53383.4 |
| 24210 | 335 | 51161.2 | 52161.9 |
| 24220 | 335 | 49962.4 | 50992.0 |
| 24230 | 335 | 48809.7 | 49785.1 |
| 24240 | 335 | 47926.0 | 48657.9 |
| 24241 | 336 | 52033.6 | 52356.9 |
| 24250 | 335 | 46482.3 | 47196.9 |
| 24251 | 336 | 51588.0 | 51867.7 |
| 24260 | 335 | 45742.0 | 46322.7 |
| 24261 | 336 | 50815.4 | 51288.9 |
| 24270 | 336 | 54101.5 | 55059.5 |
| 24280 | 336 | 52908.5 | 53930.3 |
| 24290 | 336 | 56355.4 | 57332.4 |
| 24300 | 336 | 55227.2 | 56202.6 |
| 24310 | 336 | 58667.1 | 59633.0 |
| 24320 | 336 | 57516.8 | 58509.2 |
| 24330 | 336 | 61107.7 | 62229.9 |
| 24340 | 336 | 59808.7 | 60930.4 |
| 24350 | 341 | 55589.0 | 55884.9 |
| 24351 | 341 | 56152.0 | 56714.5 |
| 24352 | 346 | 60629.5 | 60912.3 |
| 24360 | 337 | 45316.9 | 45963.9 |
| 24361 | 347 | 59719.0 | 60298.8 |
| 24370 | 341 | 58325.8 | 58621.9 |
| 24371 | 341 | 59125.0 | 59971.0 |
| 24380 | 341 | 56908.1 | 58089.3 |
| 24390 | 341 | 61620.3 | 62727.0 |
| 24400 | 341 | 60165.2 | 61364.3 |
| 24410 | 342 | 54298.9 | 54841.0 |
| 24411 | 346 | 58885.2 | 59456.3 |
| 24420 | 342 | 53554.4 | 54142.3 |

| Linha | Voo | Fiducial Inicial | Fiducial Final |
|-------|-----|------------------|----------------|
| 24421 | 346 | 59660.5 | 60269.0 |
| 24430 | 347 | 48711.8 | 49844.1 |
| 24440 | 345 | 43101.0 | 43687.4 |
| 24441 | 347 | 57991.0 | 58587.8 |
| 24450 | 347 | 50057.4 | 51191.7 |
| 24460 | 347 | 51423.3 | 52553.7 |
| 24470 | 347 | 52735.1 | 53904.3 |
| 24480 | 347 | 54129.7 | 55212.6 |
| 24490 | 347 | 55385.2 | 56103.9 |
| 24500 | 347 | 56270.3 | 56966.4 |
| 24510 | 333 | 56200.1 | 56896.4 |
| 24520 | 333 | 55309.3 | 56070.1 |
| 24530 | 333 | 54435.8 | 55142.0 |
| 24540 | 333 | 53534.6 | 54278.3 |
| 24550 | 333 | 52698.9 | 53395.0 |
| 24560 | 333 | 51820.8 | 52572.1 |
| 24570 | 333 | 50940.3 | 51661.7 |
| 24580 | 333 | 50068.5 | 50814.2 |
| 24590 | 333 | 49206.0 | 49918.2 |
| 24600 | 333 | 48317.1 | 49056.5 |
| 24610 | 333 | 47415.7 | 48116.0 |
| 24620 | 333 | 46486.9 | 47246.4 |
| 24630 | 333 | 45621.7 | 46326.3 |
| 24640 | 333 | 44738.1 | 45488.2 |
| 24650 | 332 | 58104.7 | 58806.7 |
| 24660 | 332 | 57237.2 | 57950.6 |
| 24670 | 332 | 56315.0 | 57027.2 |
| 24680 | 332 | 55454.2 | 56176.6 |
| 24690 | 332 | 54590.4 | 55305.5 |
| 24700 | 332 | 53679.3 | 54388.2 |
| 24710 | 332 | 52803.6 | 53407.9 |
| 24720 | 332 | 52340.0 | 52638.1 |
| 30010 | 11 | 47192.2 | 47559.9 |
| 30020 | 10 | 57745.6 | 58961.1 |
| 30021 | 11 | 48421.0 | 48762.9 |
| 30030 | 10 | 59476.4 | 60445.2 |
| 30031 | 10 | 60924.9 | 61381.2 |
| 30040 | 10 | 61525.5 | 63115.8 |
| 30050 | 10 | 63248.3 | 64679.2 |
| 30060 | 10 | 64958.2 | 66544.7 |
| 30070 | 10 | 66709.1 | 68083.2 |
| 30080 | 11 | 48902.8 | 49948.9 |

| Linha | Voo | Fiducial Inicial | Fiducial Final |
|-------|-----|------------------|----------------|
| 30081 | 13 | 56994.0 | 57399.2 |
| 30090 | 13 | 57536.2 | 59084.0 |
| 30100 | 13 | 59217.0 | 60632.0 |
| 30110 | 13 | 60763.4 | 62387.9 |
| 30120 | 13 | 62536.5 | 63942.0 |
| 30130 | 13 | 64068.4 | 65610.7 |
| 30140 | 13 | 65739.1 | 67193.0 |
| 30151 | 14 | 59737.0 | 60415.0 |
| 30152 | 85 | 63012.9 | 63886.9 |
| 30160 | 13 | 68556.0 | 69370.7 |
| 30161 | 14 | 58956.4 | 59572.9 |
| 30170 | 14 | 56628.2 | 56838.9 |
| 30171 | 14 | 57449.0 | 58790.9 |
| 30180 | 14 | 60531.6 | 61978.8 |
| 30190 | 14 | 62268.2 | 63769.8 |
| 30200 | 14 | 63944.2 | 65388.3 |
| 30210 | 15 | 57400.0 | 58486.9 |
| 30211 | 16 | 56961.1 | 57374.9 |
| 30220 | 15 | 58626.6 | 59657.2 |
| 30221 | 16 | 58086.0 | 58479.8 |
| 30230 | 15 | 59925.0 | 61086.2 |
| 30231 | 16 | 58643.1 | 59051.9 |
| 30240 | 15 | 61219.7 | 61854.0 |
| 30241 | 23 | 56168.6 | 56719.3 |
| 30250 | 15 | 61969.5 | 62695.4 |
| 30251 | 23 | 57742.6 | 58276.3 |
| 30260 | 15 | 62824.0 | 63490.2 |
| 30261 | 23 | 58501.2 | 59036.2 |
| 30270 | 15 | 63592.6 | 64310.5 |
| 30271 | 23 | 59129.8 | 59643.7 |
| 30280 | 15 | 64440.0 | 65120.4 |
| 30281 | 23 | 59761.1 | 60298.5 |
| 30290 | 15 | 65229.2 | 65922.4 |
| 30291 | 23 | 60390.0 | 60932.6 |
| 30300 | 15 | 66132.2 | 66811.2 |
| 30301 | 23 | 61039.6 | 61580.0 |
| 30310 | 15 | 66909.0 | 67618.8 |
| 30311 | 23 | 61699.5 | 62205.2 |
| 30320 | 15 | 67748.9 | 68430.8 |
| 30321 | 23 | 62326.8 | 62858.3 |
| 30330 | 16 | 59770.6 | 60431.6 |
| 30331 | 23 | 62956.6 | 63505.2 |

| Linha | Voo | Fiducial Inicial | Fiducial Final |
|-------|-----|------------------|----------------|
| 30342 | 85 | 59398.8 | 59922.5 |
| 30343 | 85 | 60180.3 | 60842.8 |
| 30350 | 16 | 61288.4 | 61936.1 |
| 30351 | 23 | 64262.5 | 64810.7 |
| 30360 | 16 | 62030.8 | 62685.9 |
| 30361 | 23 | 64923.0 | 65435.3 |
| 30370 | 16 | 62802.6 | 63446.0 |
| 30371 | 23 | 65532.4 | 66074.7 |
| 30380 | 16 | 63546.7 | 64205.3 |
| 30381 | 23 | 66192.7 | 66696.1 |
| 30390 | 16 | 64311.6 | 64959.7 |
| 30391 | 23 | 66795.3 | 67324.7 |
| 30400 | 16 | 65063.5 | 65724.0 |
| 30401 | 23 | 67442.6 | 67957.0 |
| 30410 | 16 | 65825.2 | 66475.4 |
| 30411 | 23 | 68067.7 | 68591.4 |
| 30420 | 16 | 66581.0 | 67248.9 |
| 30421 | 24 | 57822.2 | 58407.8 |
| 30430 | 16 | 67353.6 | 68027.5 |
| 30431 | 24 | 58539.1 | 59040.8 |
| 30440 | 16 | 68136.1 | 68803.4 |
| 30441 | 24 | 59143.5 | 59690.8 |
| 30450 | 18 | 59298.2 | 60007.7 |
| 30451 | 24 | 60662.5 | 61174.9 |
| 30460 | 18 | 60216.0 | 60881.1 |
| 30461 | 24 | 61293.3 | 61844.9 |
| 30470 | 18 | 61016.7 | 61777.5 |
| 30471 | 24 | 61960.4 | 62465.9 |
| 30480 | 18 | 61922.6 | 62594.1 |
| 30482 | 70 | 57286.1 | 57849.6 |
| 30490 | 18 | 62768.5 | 63514.4 |
| 30491 | 24 | 63227.0 | 63733.1 |
| 30500 | 18 | 63706.1 | 64404.9 |
| 30501 | 24 | 63863.7 | 64395.9 |
| 30510 | 18 | 64571.7 | 65317.6 |
| 30511 | 24 | 64496.4 | 64992.9 |
| 30521 | 24 | 65099.7 | 65618.0 |
| 30522 | 70 | 60637.8 | 61322.9 |
| 30530 | 18 | 66397.1 | 67131.2 |
| 30531 | 24 | 65725.5 | 66224.7 |
| 30540 | 18 | 67299.9 | 68006.1 |
| 30541 | 24 | 66331.5 | 66858.0 |

| Linha | Voo | Fiducial Inicial | Fiducial Final |
|-------|-----|------------------|----------------|
| 30551 | 22 | 52908.3 | 53594.7 |
| 30552 | 24 | 67142.1 | 67640.6 |
| 30560 | 18 | 68992.3 | 69676.5 |
| 30561 | 25 | 55687.4 | 56209.5 |
| 30570 | 22 | 53689.1 | 54481.5 |
| 30571 | 25 | 56317.8 | 56844.6 |
| 30580 | 22 | 54623.5 | 55291.4 |
| 30581 | 28 | 57734.5 | 58209.8 |
| 30590 | 22 | 55436.9 | 56196.7 |
| 30591 | 28 | 58361.0 | 58988.2 |
| 30600 | 22 | 56332.0 | 57015.9 |
| 30601 | 28 | 59088.9 | 59563.9 |
| 30610 | 22 | 57138.3 | 57899.2 |
| 30611 | 28 | 59720.7 | 60348.0 |
| 30620 | 22 | 58008.1 | 58684.8 |
| 30621 | 28 | 60441.6 | 60933.7 |
| 30632 | 85 | 61151.4 | 61823.1 |
| 30633 | 85 | 62065.1 | 62572.1 |
| 30640 | 28 | 62478.6 | 62958.4 |
| 30650 | 28 | 63123.9 | 63760.3 |
| 30660 | 28 | 63862.8 | 64333.5 |
| 30670 | 28 | 64854.1 | 65514.0 |
| 30680 | 28 | 65629.0 | 66119.5 |
| 30690 | 28 | 66262.0 | 66884.8 |
| 30700 | 28 | 66989.3 | 67458.5 |
| 30710 | 28 | 67601.9 | 68186.4 |
| 30720 | 29 | 57161.4 | 57874.4 |
| 30730 | 29 | 58009.2 | 58628.3 |
| 30740 | 29 | 58932.5 | 59671.5 |
| 30750 | 29 | 59809.0 | 60430.0 |
| 30760 | 29 | 60550.0 | 61250.2 |
| 30770 | 29 | 61422.4 | 62058.7 |
| 30780 | 29 | 62174.5 | 62867.0 |
| 30790 | 29 | 63024.8 | 63287.9 |
| 30791 | 30 | 67973.0 | 68357.1 |
| 30800 | 29 | 63766.4 | 64440.3 |
| 30810 | 29 | 64570.5 | 65195.6 |
| 30820 | 29 | 65304.6 | 65959.6 |
| 30830 | 29 | 66091.5 | 66748.7 |
| 30840 | 29 | 66882.9 | 67541.5 |
| 30850 | 29 | 67688.8 | 68343.0 |
| 30860 | 30 | 57249.6 | 57770.2 |

| Linha | Voo | Fiducial Inicial | Fiducial Final |
|-------|-----|------------------|----------------|
| 30870 | 30 | 57906.2 | 58439.8 |
| 30880 | 30 | 58562.3 | 59112.4 |
| 30890 | 30 | 59255.1 | 59810.0 |
| 30900 | 30 | 59924.2 | 60477.7 |
| 30911 | 32 | 67633.5 | 68214.8 |
| 30920 | 30 | 61295.2 | 61847.2 |
| 30930 | 30 | 62014.8 | 62583.3 |
| 30940 | 30 | 62693.7 | 63209.8 |
| 30950 | 30 | 63339.2 | 63887.2 |
| 30960 | 30 | 63998.8 | 64543.4 |
| 30970 | 30 | 64715.9 | 65255.9 |
| 30980 | 30 | 65397.7 | 65951.6 |
| 30990 | 30 | 66104.9 | 66643.5 |
| 31000 | 30 | 66777.3 | 67313.0 |
| 31010 | 34 | 57249.0 | 57779.2 |
| 31020 | 34 | 57983.1 | 58490.1 |
| 31030 | 34 | 58644.4 | 59163.9 |
| 31040 | 34 | 59320.9 | 59816.0 |
| 31050 | 34 | 59966.7 | 60466.8 |
| 31060 | 34 | 60652.8 | 61124.4 |
| 31070 | 34 | 61256.8 | 61748.5 |
| 31080 | 34 | 61882.5 | 62346.4 |
| 31090 | 34 | 62471.7 | 62955.6 |
| 31100 | 34 | 63089.9 | 63555.1 |
| 31110 | 34 | 63679.7 | 64166.8 |
| 31120 | 34 | 64294.9 | 64757.1 |
| 31130 | 34 | 64887.9 | 65354.8 |
| 31140 | 34 | 65479.9 | 65940.8 |
| 31150 | 34 | 66056.2 | 66519.4 |
| 31160 | 34 | 66658.0 | 67118.7 |
| 31170 | 34 | 67254.3 | 67700.9 |
| 31180 | 34 | 67828.1 | 68272.5 |
| 31190 | 38 | 59492.8 | 59970.8 |
| 31200 | 38 | 60228.4 | 60678.0 |
| 31210 | 38 | 60983.6 | 61451.7 |
| 31220 | 38 | 69085.3 | 69523.4 |
| 31230 | 39 | 57109.3 | 57680.5 |
| 31240 | 39 | 57808.5 | 58426.8 |
| 31250 | 39 | 58550.8 | 59118.0 |
| 31260 | 39 | 59239.0 | 59678.9 |
| 31261 | 39 | 60084.0 | 60288.9 |
| 31270 | 39 | 60420.4 | 60994.8 |

| Linha | Voo | Fiducial Inicial | Fiducial Final |
|-------|-----|------------------|----------------|
| 31280 | 39 | 61175.1 | 61475.9 |
| 31281 | 39 | 61882.0 | 62240.8 |
| 31290 | 40 | 34932.2 | 35544.9 |
| 31300 | 40 | 35689.1 | 36296.1 |
| 31310 | 40 | 36415.6 | 37020.6 |
| 31320 | 40 | 46804.0 | 47419.7 |
| 31330 | 41 | 33629.0 | 33969.9 |
| 31331 | 41 | 34432.0 | 34722.1 |
| 31340 | 41 | 34848.5 | 35448.3 |
| 31350 | 41 | 35578.1 | 36175.4 |
| 31360 | 41 | 36351.0 | 36964.5 |
| 31370 | 43 | 46153.4 | 46777.7 |
| 31380 | 43 | 58665.8 | 59266.3 |
| 31390 | 47 | 56974.0 | 57601.4 |
| 31400 | 47 | 59621.9 | 60234.0 |
| 31410 | 47 | 60656.9 | 61272.3 |
| 31420 | 47 | 61455.8 | 62057.4 |
| 31430 | 47 | 62241.4 | 62854.5 |
| 31440 | 47 | 62980.9 | 63580.7 |
| 31450 | 47 | 63754.9 | 64347.5 |
| 31460 | 47 | 64613.8 | 65211.1 |
| 31470 | 47 | 65654.4 | 66237.2 |
| 31480 | 47 | 66427.6 | 67011.2 |
| 31490 | 49 | 58966.4 | 59566.3 |
| 31500 | 49 | 70109.6 | 70711.3 |
| 31510 | 60 | 60878.1 | 61469.6 |
| 31520 | 79 | 60757.0 | 61352.4 |
| 31530 | 79 | 61914.8 | 62547.1 |
| 31540 | 79 | 63141.3 | 63776.0 |
| 31550 | 79 | 63928.5 | 64611.5 |
| 31560 | 82 | 55322.0 | 55972.1 |
| 31580 | 83 | 60712.8 | 61362.1 |
| 31900 | 78 | 54182.7 | 54810.8 |
| 31910 | 78 | 54957.2 | 55513.1 |
| 31920 | 78 | 55711.5 | 56341.3 |
| 31930 | 78 | 56476.8 | 57062.0 |
| 31940 | 78 | 57202.5 | 57826.8 |
| 31950 | 78 | 57984.1 | 58570.0 |
| 31960 | 78 | 58707.8 | 59330.1 |
| 31970 | 78 | 59453.4 | 60032.7 |
| 31980 | 78 | 60155.6 | 60790.3 |
| 31990 | 78 | 60909.6 | 61484.8 |

| Linha | Voo | Fiducial Inicial | Fiducial Final |
|-------|-----|------------------|----------------|
| 32000 | 62 | 55663.2 | 56167.0 |
| 32010 | 62 | 56325.0 | 56908.1 |
| 32020 | 62 | 57034.3 | 57546.7 |
| 32030 | 62 | 57688.3 | 58250.5 |
| 32040 | 62 | 58447.1 | 58949.3 |
| 32050 | 62 | 59104.1 | 59685.8 |
| 32060 | 62 | 59905.9 | 60404.1 |
| 32070 | 62 | 60546.0 | 61128.3 |
| 32080 | 62 | 61232.3 | 61743.9 |
| 32090 | 62 | 61866.4 | 62423.9 |
| 32100 | 62 | 62523.7 | 63034.0 |
| 32110 | 62 | 63150.8 | 63725.2 |
| 32120 | 62 | 63828.3 | 64332.0 |
| 32130 | 62 | 64434.0 | 65004.0 |
| 32140 | 62 | 65114.8 | 65619.7 |
| 32150 | 62 | 65729.3 | 66306.1 |
| 32160 | 62 | 66424.9 | 66927.3 |
| 32170 | 62 | 67028.8 | 67586.8 |
| 32180 | 62 | 67675.9 | 68171.3 |
| 32190 | 62 | 68288.0 | 68851.6 |
| 32200 | 64 | 55423.3 | 56078.3 |
| 32210 | 64 | 56211.6 | 56901.0 |
| 32220 | 64 | 57014.0 | 57654.5 |
| 32230 | 64 | 57796.4 | 58493.7 |
| 32240 | 64 | 58590.3 | 59224.4 |
| 32250 | 64 | 59320.4 | 60027.0 |
| 32260 | 64 | 60137.5 | 60821.5 |
| 32270 | 64 | 60904.9 | 61609.7 |
| 32280 | 64 | 61707.1 | 62336.6 |
| 32290 | 64 | 62420.5 | 63135.1 |
| 32300 | 64 | 63232.1 | 63871.7 |
| 32310 | 64 | 63958.6 | 64687.4 |
| 32320 | 64 | 64785.9 | 65426.5 |
| 32330 | 64 | 65526.4 | 66251.2 |
| 32340 | 64 | 66352.2 | 66977.3 |
| 32350 | 64 | 67068.8 | 67784.9 |
| 32360 | 64 | 67890.3 | 68512.9 |
| 32370 | 64 | 68603.1 | 69305.4 |
| 32380 | 64 | 69410.7 | 70040.3 |
| 32390 | 64 | 70130.3 | 70838.4 |
| 32400 | 66 | 58319.6 | 58959.3 |
| 32410 | 66 | 74914.4 | 75567.2 |

| Linha | Voo | Fiducial Inicial | Fiducial Final |
|-------|-----|------------------|----------------|
| 32420 | 68 | 43401.3 | 44063.2 |
| 32430 | 68 | 47081.8 | 47761.7 |
| 32440 | 68 | 47861.5 | 48528.4 |
| 32450 | 68 | 48619.3 | 49312.0 |
| 32460 | 68 | 49419.2 | 50070.1 |
| 32470 | 68 | 50161.8 | 50856.2 |
| 32480 | 68 | 50948.1 | 51596.2 |
| 32490 | 68 | 51687.0 | 52374.6 |
| 32500 | 68 | 52475.4 | 53113.0 |
| 32510 | 68 | 53215.2 | 53905.9 |
| 32520 | 68 | 54010.6 | 54651.2 |
| 32530 | 68 | 54755.7 | 54908.7 |
| 32531 | 75 | 51399.2 | 51690.9 |
| 32540 | 68 | 55007.5 | 55161.9 |
| 32541 | 75 | 51796.1 | 52095.1 |
| 32550 | 68 | 55267.5 | 55419.2 |
| 32551 | 75 | 52191.5 | 52483.9 |
| 32560 | 68 | 55510.2 | 55663.9 |
| 32561 | 75 | 52565.4 | 52858.1 |
| 32570 | 68 | 55764.2 | 55918.8 |
| 32571 | 75 | 52962.7 | 53244.4 |
| 32580 | 68 | 55999.0 | 56150.7 |
| 32581 | 75 | 53319.5 | 53624.1 |
| 32590 | 68 | 56261.8 | 56414.5 |
| 32591 | 75 | 53718.5 | 54003.4 |
| 32600 | 68 | 56489.0 | 56641.6 |
| 32601 | 75 | 54088.8 | 54392.0 |
| 32610 | 68 | 56758.2 | 56915.3 |
| 32611 | 75 | 54491.9 | 54782.3 |
| 32620 | 68 | 56997.2 | 57151.0 |
| 32621 | 75 | 54859.1 | 55162.3 |
| 32630 | 68 | 57255.7 | 57410.5 |
| 32631 | 75 | 55269.8 | 55557.1 |
| 32640 | 68 | 57528.0 | 57678.8 |
| 32641 | 75 | 55661.2 | 55954.5 |
| 32650 | 68 | 57782.0 | 57938.9 |
| 32651 | 75 | 56051.9 | 56323.8 |
| 32660 | 68 | 58013.0 | 58167.5 |
| 32661 | 75 | 57584.8 | 57886.3 |
| 32670 | 68 | 58281.8 | 58951.4 |
| 32680 | 70 | 69198.6 | 69853.7 |
| 32690 | 72 | 55078.4 | 55725.2 |

| Linha | Voo | Fiducial Inicial | Fiducial Final |
|-------|-----|------------------|----------------|
| 32700 | 72 | 71520.1 | 72180.7 |
| 32710 | 73 | 52308.3 | 52967.8 |
| 32720 | 73 | 69142.2 | 69802.3 |
| 32730 | 74 | 58596.1 | 59262.1 |
| 32740 | 76 | 54030.1 | 54721.0 |
| 32750 | 76 | 55776.7 | 56443.2 |
| 32760 | 93 | 48833.7 | 49122.9 |
| 32761 | 95 | 57582.3 | 57953.6 |
| 32770 | 93 | 45474.0 | 45896.2 |
| 32771 | 95 | 55779.4 | 56023.4 |
| 32780 | 91 | 56489.9 | 57100.3 |
| 32790 | 90 | 69759.1 | 70234.4 |
| 32800 | 90 | 56523.9 | 57007.1 |
| 32810 | 78 | 63836.0 | 64305.5 |
| 32820 | 332 | 49268.0 | 49753.1 |
| 32821 | 78 | 62115.8 | 62676.3 |
| 32830 | 332 | 49934.9 | 50446.3 |
| 32840 | 332 | 47909.1 | 48399.8 |
| 32850 | 332 | 48592.6 | 49105.1 |
| 32860 | 332 | 46466.6 | 46955.0 |
| 32870 | 332 | 47203.5 | 47743.6 |
| 32880 | 331 | 56696.9 | 57188.0 |
| 32890 | 331 | 56029.2 | 56543.5 |
| 32900 | 331 | 55338.6 | 55843.7 |
| 32910 | 331 | 54670.9 | 55183.9 |
| 32920 | 331 | 54029.6 | 54507.9 |
| 32930 | 331 | 53383.3 | 53898.9 |
| 32940 | 331 | 52704.4 | 53197.5 |
| 32950 | 331 | 52034.0 | 52543.4 |
| 32960 | 331 | 51386.9 | 51872.7 |
| 32970 | 331 | 50706.5 | 51230.9 |
| 32980 | 331 | 50031.4 | 50526.2 |
| 32990 | 331 | 49335.7 | 49882.6 |
| 33000 | 331 | 48667.5 | 49164.9 |
| 33010 | 331 | 47927.5 | 48469.3 |
| 33020 | 331 | 47257.9 | 47753.6 |
| 33030 | 331 | 46550.3 | 47097.5 |
| 33040 | 331 | 45866.1 | 46385.8 |
| 33050 | 331 | 45164.6 | 45709.9 |
| 33060 | 331 | 44473.9 | 44988.1 |
| 33070 | 328 | 58188.0 | 58734.7 |
| 33080 | 328 | 57501.0 | 58019.9 |

| Linha | Voo | Fiducial Inicial | Fiducial Final |
|-------|-----|------------------|----------------|
| 33090 | 328 | 56670.8 | 57215.5 |
| 33100 | 328 | 56007.8 | 56518.1 |
| 33110 | 328 | 55039.4 | 55723.3 |
| 33120 | 328 | 54202.2 | 54852.5 |
| 33131 | 331 | 57437.5 | 58074.7 |
| 33140 | 328 | 52036.0 | 52473.1 |
| 33141 | 328 | 52927.6 | 53165.3 |
| 33150 | 328 | 51154.8 | 51866.0 |
| 33160 | 328 | 50340.0 | 50975.7 |
| 33170 | 327 | 64079.1 | 64743.5 |
| 33180 | 327 | 63217.2 | 63859.3 |
| 33190 | 327 | 62419.9 | 63092.9 |
| 33200 | 327 | 61595.0 | 62243.9 |
| 33210 | 321 | 60410.9 | 61084.5 |
| 33220 | 321 | 59632.1 | 60279.0 |
| 33230 | 321 | 58786.5 | 59464.9 |
| 33240 | 321 | 58023.0 | 58664.1 |
| 33250 | 321 | 57238.5 | 57910.9 |
| 33260 | 321 | 56448.8 | 57086.9 |
| 33270 | 321 | 55636.4 | 56327.8 |
| 33280 | 321 | 54845.4 | 55495.2 |
| 33290 | 321 | 54039.3 | 54723.2 |
| 33300 | 321 | 53221.1 | 53885.9 |
| 33310 | 321 | 52417.5 | 53092.8 |
| 33320 | 321 | 51602.6 | 52272.0 |
| 33330 | 321 | 50786.9 | 51460.1 |
| 33340 | 320 | 57661.3 | 58315.8 |
| 33350 | 320 | 58438.3 | 59113.8 |
| 33360 | 320 | 56048.7 | 56719.1 |
| 33370 | 320 | 56852.3 | 57526.3 |
| 33380 | 320 | 54460.4 | 55115.0 |
| 33390 | 320 | 55249.6 | 55918.5 |
| 33400 | 320 | 52840.9 | 53497.0 |
| 33410 | 320 | 53643.1 | 54318.6 |
| 33420 | 321 | 50004.5 | 50656.8 |
| 33430 | 320 | 51958.7 | 52636.0 |
| 33440 | 320 | 49530.3 | 50207.4 |
| 33450 | 320 | 50337.1 | 51033.6 |
| 33460 | 320 | 47882.4 | 48557.4 |
| 33470 | 320 | 48708.1 | 49388.9 |
| 33480 | 319 | 58249.7 | 58970.5 |
| 33490 | 319 | 59097.8 | 59774.9 |

| Linha | Voo | Fiducial Inicial | Fiducial Final |
|-------|-----|------------------|----------------|
| 33500 | 319 | 56633.9 | 57343.4 |
| 33510 | 319 | 57458.4 | 58119.9 |
| 33520 | 319 | 54983.4 | 55712.0 |
| 33530 | 319 | 55826.0 | 56485.9 |
| 33540 | 319 | 53309.3 | 54053.8 |
| 33550 | 319 | 54187.2 | 54857.6 |
| 33560 | 319 | 51640.3 | 52365.9 |
| 33570 | 319 | 52495.9 | 53169.0 |
| 33580 | 319 | 49994.2 | 50694.9 |
| 33590 | 319 | 50824.0 | 51487.8 |
| 33600 | 319 | 48329.1 | 49059.3 |
| 33610 | 319 | 49187.2 | 49863.8 |
| 33620 | 318 | 56698.6 | 57350.8 |
| 33630 | 318 | 57490.4 | 58224.2 |
| 33640 | 318 | 55098.0 | 55747.2 |
| 33650 | 318 | 55874.8 | 56561.6 |
| 33660 | 318 | 53474.8 | 54125.4 |
| 33670 | 318 | 54263.9 | 54967.9 |
| 33680 | 318 | 51851.0 | 52510.8 |
| 33690 | 318 | 52683.4 | 53361.3 |
| 33700 | 318 | 50214.7 | 50873.2 |
| 33710 | 318 | 51010.2 | 51697.3 |
| 33720 | 318 | 48546.7 | 49210.8 |
| 33730 | 318 | 49366.3 | 50068.6 |
| 33740 | 318 | 46839.7 | 47490.0 |
| 33750 | 318 | 47689.4 | 48410.9 |
| 33760 | 317 | 58004.3 | 58676.8 |
| 33770 | 317 | 57161.9 | 57867.8 |
| 33780 | 317 | 56330.3 | 57005.6 |
| 33790 | 317 | 55475.7 | 56193.6 |
| 33800 | 317 | 54623.8 | 55312.2 |
| 33810 | 317 | 53757.6 | 54479.9 |
| 33820 | 317 | 52925.4 | 53607.1 |
| 33830 | 317 | 52054.6 | 52802.2 |
| 33840 | 317 | 51189.5 | 51846.6 |
| 33850 | 317 | 50339.1 | 51070.3 |
| 33860 | 317 | 49488.8 | 50158.9 |
| 33870 | 317 | 48640.6 | 49354.3 |
| 33880 | 317 | 47816.0 | 48449.3 |
| 33890 | 316 | 64130.4 | 64821.2 |
| 33900 | 316 | 63222.2 | 63972.0 |
| 33910 | 316 | 62410.2 | 63107.4 |

| Linha | Voo | Fiducial Inicial | Fiducial Final |
|-------|-----|------------------|----------------|
| 33920 | 316 | 61475.2 | 62229.5 |
| 33930 | 316 | 60632.8 | 61333.9 |
| 33940 | 316 | 59589.1 | 60343.3 |
| 33950 | 316 | 58731.1 | 59442.8 |
| 33960 | 316 | 57795.9 | 58561.6 |
| 33970 | 316 | 56917.5 | 57639.3 |
| 33980 | 316 | 55147.7 | 55905.4 |
| 33990 | 316 | 54246.6 | 54971.9 |
| 34000 | 315 | 58764.3 | 59521.6 |
| 34010 | 315 | 59741.0 | 60471.4 |
| 34011 | 315 | 61005.3 | 61164.5 |
| 34020 | 314 | 60099.6 | 60573.6 |
| 34021 | 315 | 52092.3 | 52576.6 |
| 34030 | 314 | 59041.6 | 59901.3 |
| 34040 | 314 | 57913.1 | 58851.7 |
| 34050 | 314 | 56830.7 | 57689.9 |
| 34060 | 314 | 55719.9 | 56668.2 |
| 34070 | 314 | 54707.4 | 55588.7 |
| 34080 | 314 | 53568.7 | 54540.5 |
| 34090 | 315 | 57372.8 | 58305.6 |
| 34100 | 315 | 56209.2 | 57193.9 |
| 34110 | 315 | 55135.5 | 56057.6 |
| 34120 | 315 | 53900.1 | 54895.2 |
| 34130 | 315 | 52758.7 | 53712.5 |
| 34140 | 314 | 50940.0 | 51722.2 |
| 34141 | 315 | 49866.7 | 50113.0 |
| 34150 | 313 | 70357.1 | 71303.9 |
| 34160 | 313 | 69264.4 | 70183.1 |
| 34171 | 315 | 50278.8 | 51336.2 |
| 34180 | 310 | 54361.2 | 55489.1 |
| 34190 | 313 | 62278.2 | 63334.5 |
| 34200 | 309 | 53850.5 | 54282.7 |
| 34201 | 309 | 54848.0 | 55308.4 |
| 34202 | 310 | 56665.0 | 56842.9 |
| 34210 | 309 | 53371.0 | 53695.4 |
| 34211 | 310 | 55653.8 | 56401.9 |
| 34220 | 309 | 52796.3 | 53155.7 |
| 34225 | 310 | 57062.8 | 57554.1 |
| 34230 | 309 | 52289.7 | 52664.4 |
| 34235 | 310 | 57728.7 | 58166.9 |
| 34240 | 309 | 51783.1 | 52117.3 |
| 34245 | 310 | 58381.9 | 58869.6 |

| Linha | Voo | Fiducial Inicial | Fiducial Final |
|-------|-----|------------------|----------------|
| 34250 | 309 | 51263.7 | 51637.0 |
| 34255 | 310 | 58989.9 | 59400.6 |
| 34260 | 309 | 50744.4 | 51082.2 |
| 34265 | 310 | 59567.1 | 60003.1 |
| 34270 | 309 | 50264.1 | 50613.2 |
| 34275 | 310 | 60194.9 | 60574.2 |
| 34280 | 309 | 49777.6 | 50094.6 |
| 34285 | 310 | 60695.1 | 61121.5 |
| 34290 | 309 | 49292.9 | 49627.2 |
| 34295 | 310 | 61337.4 | 61698.8 |
| 34300 | 309 | 48821.9 | 49135.1 |
| 34305 | 310 | 61957.2 | 62366.7 |
| 34310 | 309 | 48358.3 | 48675.1 |
| 34315 | 310 | 62592.9 | 62944.6 |
| 34320 | 309 | 47901.7 | 48193.4 |
| 34325 | 310 | 63194.1 | 63581.1 |
| 34330 | 308 | 59613.8 | 59891.5 |
| 34335 | 310 | 63780.9 | 64110.2 |
| 34340 | 308 | 59123.0 | 59453.2 |
| 34345 | 310 | 64318.6 | 64679.1 |
| 34350 | 308 | 58724.6 | 58990.3 |
| 34355 | 310 | 65433.9 | 65733.1 |
| 34360 | 308 | 58278.6 | 58576.6 |
| 34365 | 310 | 65875.1 | 66200.3 |
| 34370 | 308 | 57882.3 | 58125.8 |
| 34375 | 310 | 66382.7 | 66659.3 |
| 34380 | 308 | 57419.6 | 57712.6 |
| 34385 | 313 | 63918.8 | 64174.1 |
| 34390 | 308 | 57054.9 | 57296.5 |
| 34395 | 313 | 64421.7 | 64722.2 |
| 34400 | 308 | 56641.9 | 56907.6 |
| 34406 | 316 | 51813.7 | 52075.7 |
| 34410 | 308 | 56267.8 | 56487.5 |
| 34416 | 316 | 52258.2 | 52488.5 |
| 34420 | 308 | 55847.7 | 56110.1 |
| 34426 | 316 | 52697.0 | 52935.1 |
| 34430 | 308 | 55500.0 | 55719.3 |
| 34436 | 316 | 53081.7 | 53288.9 |
| 34440 | 308 | 54986.0 | 55225.6 |
| 34446 | 315 | 49024.4 | 49252.7 |
| 34450 | 308 | 54634.3 | 54834.4 |
| 34456 | 315 | 48640.2 | 48825.1 |

| Linha | Voo | Fiducial Inicial | Fiducial Final |
|-------|-----|------------------|----------------|
| 34460 | 308 | 54260.5 | 54493.7 |
| 34466 | 315 | 48269.8 | 48457.5 |
| 34470 | 308 | 53950.5 | 54139.8 |
| 34480 | 308 | 53618.8 | 53827.7 |
| 34490 | 308 | 52453.2 | 53048.7 |
| 34500 | 308 | 51713.4 | 52330.3 |
| 34510 | 308 | 50977.2 | 51555.2 |
| 34520 | 308 | 50257.5 | 50854.6 |
| 34530 | 308 | 49528.0 | 50098.8 |
| 34540 | 308 | 48802.0 | 49366.7 |
| 34550 | 307 | 62055.7 | 62597.0 |
| 34560 | 307 | 61122.1 | 61733.2 |
| 34570 | 307 | 60422.1 | 60956.9 |
| 34580 | 307 | 59568.3 | 60167.8 |
| 34590 | 307 | 58891.1 | 59413.0 |
| 34600 | 307 | 57418.2 | 57943.7 |
| 34610 | 307 | 52712.6 | 53285.0 |
| 34620 | 307 | 52389.4 | 52535.1 |
| 34621 | 307 | 53798.6 | 54171.3 |
| 34630 | 307 | 51717.5 | 51878.8 |
| 34631 | 307 | 54418.9 | 54888.7 |
| 34640 | 307 | 51467.3 | 51623.8 |
| 34641 | 307 | 55039.4 | 55364.2 |
| 34650 | 307 | 50987.4 | 51156.2 |
| 34651 | 307 | 55528.7 | 55943.8 |
| 34660 | 307 | 50644.7 | 50799.8 |
| 34661 | 307 | 56116.3 | 56462.9 |
| 34670 | 307 | 50200.0 | 50375.0 |
| 34671 | 307 | 56690.6 | 57118.6 |
| 34680 | 307 | 49264.4 | 49428.2 |
| 34681 | 307 | 58187.2 | 58577.4 |
| 34690 | 307 | 48669.3 | 49124.4 |
| 34700 | 307 | 47803.6 | 48039.5 |
| 40240 | 59 | 54160.1 | 54439.9 |
| 40250 | 59 | 54557.0 | 54838.7 |
| 40260 | 59 | 54948.9 | 55230.7 |
| 40270 | 59 | 55345.9 | 55620.7 |
| 40280 | 59 | 55740.2 | 56019.3 |
| 40290 | 59 | 56127.1 | 56405.7 |
| 40300 | 59 | 56508.2 | 56774.4 |
| 40310 | 59 | 56889.8 | 57170.5 |
| 40320 | 59 | 57287.4 | 57563.1 |

| Linha | Voo | Fiducial Inicial | Fiducial Final |
|-------|-----|------------------|----------------|
| 40330 | 59 | 57682.4 | 57962.8 |
| 40340 | 59 | 58077.2 | 58358.2 |
| 40350 | 59 | 58518.5 | 58792.9 |
| 40360 | 59 | 58897.6 | 59173.8 |
| 40370 | 59 | 59292.3 | 59571.1 |
| 40380 | 59 | 59685.4 | 59952.5 |
| 40390 | 59 | 60093.2 | 60370.7 |
| 40400 | 59 | 60492.2 | 60761.8 |
| 40410 | 59 | 61017.4 | 61299.8 |
| 40420 | 59 | 61406.8 | 61674.7 |
| 40430 | 59 | 61783.4 | 62065.8 |
| 40440 | 59 | 62167.0 | 62434.1 |
| 40450 | 59 | 62560.0 | 62844.2 |
| 40460 | 59 | 62958.5 | 63223.8 |
| 40470 | 59 | 63339.2 | 63623.6 |
| 40480 | 59 | 63724.3 | 63988.9 |
| 40490 | 59 | 64107.8 | 64392.5 |
| 40500 | 59 | 64498.4 | 64760.1 |
| 40510 | 59 | 64875.3 | 65160.1 |
| 40520 | 59 | 65266.5 | 65525.9 |
| 40530 | 59 | 65637.3 | 65928.1 |
| 40540 | 59 | 66025.2 | 66279.1 |
| 40550 | 59 | 66385.3 | 66669.5 |
| 40560 | 59 | 66770.7 | 67023.9 |
| 40570 | 59 | 67150.8 | 67438.1 |
| 40580 | 59 | 67557.0 | 67812.8 |
| 40590 | 59 | 68429.8 | 68718.2 |
| 40600 | 60 | 53244.8 | 53510.3 |
| 40610 | 60 | 53631.0 | 53923.9 |
| 40620 | 60 | 54034.2 | 54306.7 |
| 40630 | 60 | 54418.3 | 54711.2 |
| 40640 | 60 | 54824.4 | 55088.0 |
| 40650 | 60 | 55200.6 | 55497.9 |
| 40660 | 60 | 55605.4 | 55864.8 |
| 40670 | 60 | 55985.8 | 56278.8 |
| 40680 | 60 | 56789.2 | 57080.7 |
| 40690 | 70 | 60058.5 | 60330.2 |
| 40700 | 60 | 57440.9 | 57700.0 |
| 40710 | 60 | 57830.6 | 58120.2 |
| 19010 | 59 | 53387.9 | 53526.2 |
| 19020 | 59 | 51907.1 | 53154.3 |
| 19025 | 42 | 65680.5 | 65834.1 |

| Linha | Voo | Fiducial Inicial | Fiducial Final |
|-------|-----|------------------|----------------|
| 19030 | 42 | 60645.5 | 61346.9 |
| 19031 | 42 | 61635.0 | 63917.7 |
| 19040 | 42 | 57741.0 | 60190.3 |
| 19041 | 42 | 64206.3 | 64767.9 |
| 19050 | 42 | 53735.0 | 55361.9 |
| 19051 | 42 | 55715.0 | 56996.7 |
| 19060 | 42 | 50709.4 | 53536.7 |
| 19070 | 7 | 55320.0 | 56938.8 |
| 19071 | 42 | 48706.0 | 48887.9 |
| 19072 | 42 | 49345.0 | 50437.0 |
| 19080 | 7 | 52015.7 | 55071.8 |
| 19090 | 7 | 48122.2 | 50716.4 |
| 19091 | 7 | 51026.8 | 51650.3 |
| 19100 | 7 | 44634.8 | 47905.7 |
| 19110 | 6 | 58872.3 | 60832.8 |
| 19111 | 7 | 43125.9 | 44300.0 |
| 19120 | 6 | 55385.0 | 58289.3 |

| Linha | Voo | Fiducial Inicial | Fiducial Final |
|-------|-----|------------------|----------------|
| 19130 | 6 | 52748.9 | 55149.1 |
| 19140 | 6 | 49719.0 | 49971.6 |
| 19141 | 6 | 50348.9 | 51547.8 |
| 19150 | 6 | 48093.5 | 49302.8 |
| 19160 | 4 | 57711.5 | 58758.1 |
| 19170 | 4 | 56434.0 | 57353.3 |
| 19180 | 4 | 55166.6 | 56082.3 |
| 19190 | 4 | 54081.2 | 54904.3 |
| 19200 | 4 | 52986.1 | 53842.5 |
| 19210 | 4 | 51948.1 | 52706.4 |
| 19220 | 4 | 51014.7 | 51746.2 |
| 19230 | 4 | 50027.6 | 50686.6 |
| 19240 | 4 | 49104.4 | 49743.3 |
| 19250 | 4 | 48148.4 | 48584.0 |
| 19260 | 4 | 47639.6 | 47917.0 |