



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 IRIRI

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

VOLUME I

TEXTO TÉCNICO

2015

PROSPECTORS AEROLEVANTAMENTOS E SISTEMAS LTDA.



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME

Carlos Eduardo de Souza Braga
Ministro

Luiz Eduardo Barata
Secretário Executivo

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

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

Manoel Barreto 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 Queiros 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

Luiz Gustavo R. Pinto
Divisão de Geofísica – DIGEOF

Maria Laura Vereza de Azevedo
Coordenadora – DEREM

Ludwig Zellner
Assistente – DGM

João Batista Freitas de Andrade
Coordenador – DIGEOF



SUPERINTENDÊNCIA DE BELÉM

Jânio Souza Nascimento
Superintendente

Lúcia Travassos Rosa Costa
Gerência de Geologia e Recursos Minerais

FISCALIZAÇÃO DA AQUISIÇÃO DE DADOS

Iago Souza Lima Costa

REVISÃO E COMPATIBILIZAÇÃO GERAL DOS RESULTADOS OBTIDOS

Alexandre Lisboa Lago
Iago Souza Lima Costa

APRESENTAÇÃO

Com o objetivo de levantar informações no chamado “vazio cartográfico” da Amazônia, o governo da Presidenta Dilma Rousseff, através da Casa Civil e do Gabinete de Segurança Institucional, vem desenvolvendo desde 2008 o **PROJETO CARTOGRAFIA DA AMAZÔNIA**. Trata-se de um projeto coordenado pelo Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia – Censipam, executado pelas Forças Armadas Brasileiras (Exército, Força Aérea e Marinha) e pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM.

O projeto é composto de três grandes subprojetos, que envolvem as cartografias terrestre, náutica e geológica (geologia e aerogeofísica), e que visam à geração de informações que darão suporte no planejamento e execução de projetos de infraestrutura a serem implantados na região. Serão geradas também informações estratégicas para o monitoramento regional, segurança de defesa regional, além de informações geológicas, de recursos minerais e geoambientais desta importante área do nosso território. Estes dados irão, com certeza, contribuir para o desenvolvimento e proteção da região amazônica, auxiliar a proposição de ações alternativas de exploração sustentável de seus recursos e, dessa forma, garantir a preservação de seu patrimônio para as gerações do futuro.

É importante ressaltar que o conhecimento geológico/geofísico do território brasileiro é instrumento indispensável para o planejamento e para a implementação de políticas públicas voltadas para o desenvolvimento sustentável dos recursos minerais, energéticos e hídricos do país. Paralelamente, resalta-se também a importância do conhecimento geológico, na condição de fonte primordial de conhecimento do meio físico, para a execução de estudos de zoneamento ecológico-econômico e de gestão ambiental do território nacional.

É dentro deste contexto que temos a grata satisfação de disponibilizar à comunidade técnico-científica, aos empresários do setor mineral brasileiro e à sociedade em geral, o **PROJETO AEROGEOFÍSICO RIO IRIRI**, o qual faz parte do **PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL**, vinculado ao Ministério de Minas e Energia e à Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, tendo sido executado pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM, através da sua Divisão de Geofísica – DIGEOF. O projeto teve seu início no ano de 2013, com recursos provenientes do **Programa de Aceleração do Crescimento – PAC** e foi concluído no ano de 2015 através do **Projeto Cartografia da Amazônia**.

O desenvolvimento deste produto abrangeu uma área de 33.029 km² no centro do Estado do Pará. Os trabalhos nessa área foram realizados através do recobrimento de 66.787,80 km de perfis de alta resolução e foram realizados com os métodos magnetométrico e gamaespectrométrico, com linhas de voo e de 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, através do *Plano Plurianual 2004/2007 (PPA 2004-2007)*, as políticas públicas setoriais dos seus diversos Ministérios por meio dos Programas e respectivas Ações que foram mantidas e ampliadas nos *Planos Plurianuais 2008/2011 e 2012/2015*.

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.

A CPRM – Serviço Geológico do Brasil, em 18 de Dezembro de 2013, celebrou com a Prospectors Aerolevantamentos e Sistemas Ltda. o contrato nº 068/PR/13 para executar os serviços de aquisição e processamento de dados aeromagnetométricos e aerogamaespectrométricos do *Projeto Aerogeofísico Rio Iriri*, localizado no centro do Estado do Pará, na região Norte do Brasil. O projeto teve o seu início no ano de 2013, com recursos provenientes do **Programa de Aceleração do Crescimento – PAC** e foi concluído no ano de 2015 através do **Projeto Cartografia da Amazônia**.

Para a etapa de aquisição de dados foram utilizadas as aeronaves Cessna Gran Caravan de prefixos PP-AGP e PR-MCY da Prospectors Aerolevantamentos e Sistemas Ltda., as quais realizaram o projeto no período de 24/01/2014 a 27/05/2015 totalizando 66.787,80 km de perfis.

Como base de operação para a etapa de aquisição de dados foram utilizadas as cidades de Altamira e São Félix do Xingu, no estado do Pará. Foram usados magnetômetros Aeromaster e KroumVS Instruments, modelo KMAG 4, e gamaespectrômetro da Pico Envirotec, modelo GRS 410, de 512 canais espectrais, e Exploranium, modelo GR820, de 256 canais espectrais, sistema de navegação GPS com receptor de 12 canais da marca Javad, modelo Marant GGD e da marca Techgeo, modelo GTR-G2.

Para o recobrimento do projeto foram utilizadas aproximadamente 485 horas de voo, que resultaram no levantamento efetivo de 66.787,80 km de perfis aprovados pela fiscalização da CPRM em uma área de cerca de 33.029 Km². O processamento de dados e a elaboração do Relatório Final foram realizados entre os meses de Maio a Agosto de 2015.

Os produtos finais do *Projeto Aerogeofísico Rio Iriri* 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* e *GeoTIFF*, 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 IRIRI

ÍNDICE DOS VOLUMES

VOLUME I TEXTO TÉCNICO E ANEXOS

VOLUME II ANEXOS – ESCALA 1:100.000

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

VOLUME III ANEXOS – ESCALA 1:100.000

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

VOLUME IV ANEXOS – ESCALA 1:100.000

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

VOLUME V ANEXOS – ESCALA 1:100.000

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

VOLUME VI ANEXOS – ESCALA 1:100.000

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

VOLUME VII ANEXOS – ESCALA 1:100.000

- Vol. VII: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE URÂNIO.

(Folhas 1 a 10)

VOLUME VIII ANEXOS – ESCALA 1:100.000

- Vol. VIII: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE TÓRIO.

(Folhas 1 a 10)

VOLUME IX ANEXOS – ESCALA 1:100.000

- Vol. IX: MAPA RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/TÓRIO.

(Folhas 1 a 10)

VOLUME X ANEXOS – ESCALA 1:100.000

- Vol. X: MAPA RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/POTÁSSIO.

(Folhas 1 a 10)

VOLUME XI ANEXOS – ESCALA 1:100.000

- Vol. XI: MAPA RADIOMÉTRICO DA RAZÃO TÓRIO/POTÁSSIO.

(Folhas 1 a 10)

VOLUME XII ANEXOS – ESCALA 1:250.000

- Vol. XII.1: MAPA DE CONTORNO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF).

(Folha I a III)

- Vol. XII.2: MAPA DE CONTORNO DA 1ª. DERIVADA VERTICAL DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF).

(Folha I a III)

- Vol. XII.3: MAPA DE CONTORNO DO SINAL ANALÍTICO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF).

(Folha I a III)

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 III)
- Vol. XIII.2: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE POTÁSSIO.
(Folha I a III)
- Vol. XIII.3: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE URÂNIO.
(Folha I a III)
- Vol. XIII.4: MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE TÓRIO.
(Folha I a III)

VOLUME XIV ANEXOS – 1:250.000

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

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 IRIRI

VOLUME I – TEXTO TÉCNICO

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. AQUISIÇÃO DE DADOS.....	4
2.1. Características do Levantamento	4
2.2. Equipamentos Utilizados.....	4
2.2.1. Aeronave	5
2.2.2. Aeromagnetômetros	5
2.2.3. Aerogamaespectrômetros.....	6
2.2.4. Sistema de Aquisição de Dados	6
2.2.5. Sistema de vídeo	7
2.2.6. Altímetros	8
2.2.7. Sistema de Navegação e Posicionamento.....	8
2.2.8. Magnetômetro Terrestre	8
2.3. Planejamento e Mobilização	9
2.3.1. Elaboração do Plano de voo	9
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>)	15
2.3.6. Calibração dos Detectores <i>Downward Looking</i>	16
2.3.7. Calibração dos Detectores <i>Upward Looking</i>	18
2.4. Compilação dos dados.....	18
2.5. Equipe Técnica	19

3. PROCESSAMENTO DE DADOS.....	19
3.1. Fluxo de Processamento	19
3.1.1. Preparação do Banco de Dados do Levantamento	20
3.1.2. Processamento dos Dados Magnetométricos.....	20
3.1.2.1. Correção do Erro de Paralaxe	20
3.1.2.2. Remoção da Variação Magnética Diurna	21
3.1.2.3. Nivelamento dos Perfis	21
3.1.2.4. Micronivelamento dos Perfis.....	21
3.1.2.5. Remoção do IGRF	22
3.1.3. Processamento dos Dados Gamaespectrométricos	22
3.1.3.1. Correção do Tempo Morto	22
3.1.3.2. Aplicação de Filtragem	22
3.1.3.3. Correlação do Erro de Paralaxe	23
3.1.3.4. Cálculo da Altura Efetiva (h_c) de Voo	23
3.1.3.5. Remoção do <i>Background</i> da Aeronave e Cósmico	23
3.1.3.6. Remoção do <i>Background</i> do Radônio	23
3.1.3.7. Estimativa dos Coeficientes <i>Skyshine</i> (a_1 e a_2)	24
3.1.3.8. Correção do Efeito <i>Compton</i>	25
3.1.3.9. Correção Altimétrica (Coeficiente de Atenuação Atmosférica)	25
3.1.3.10. Conversão para Concentração de Elementos.....	26
3.1.4. Determinação das Razões eU/eTh , eU/K e eTh/K	27
3.2. Interpolação e Contorno	27
3.3. Arquivo Final de Dados	27
3.4. Equipe Envolvida no Processamento dos Dados	28
4. CRONOGRAMA GERAL DAS OPERAÇÕES.....	30
5. PRODUTOS FINAIS.....	30
5.1. Mapas de Contorno do Campo Magnético Total, da 1ª Derivada Vertical e do Sinal Analítico do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF).....	34
5.2. Mapas Radiométricos dos Canais de Potássio, Urânio, Tório e Contagem total	34

5.3. Mapa Radiométrico Ternário	34
5.4. Mapas das Razões Radiométricas eU/eTh, eU/K e eTh/K	34
5.5. Mapa de Pseudo-Iluminação do Modelo Digital do Terreno	35
5.6. Mapa de Traço de Linhas de Voo	35
5.7. Relatório Final	35
5.8. Arquivos Digitais Finais	35
5.9. Arquivos Poligonais	38
5.10. Produtos Originais	38
 6. PARTICIPAÇÃO DA CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL.....	45
 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45

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 Altímetros

Anexo II-b - Compensação Magnética

Anexo II-c - Teste de Paralaxe

Anexo II-d - Teste de Repetibilidade Radioativa

ANEXO III – Quadros Sinópticos das Operações de Campo

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

ANEXO V – Formato de Gravação dos Dados do Projeto

ANEXO VI – Listagem das Linhas Aprovadas e Utilizadas no Processamento

ÍNDICE DAS FIGURAS

Figura 1 – Localização da Área do Projeto Aerogeofísico.	1
Figura 2 – Vértices do projeto e área de atuação da aeronave.	2
Figura 3 – Aeronave Cessna Gran Caravan – PP-AGP	3
Figura 4 – Aeronave Cessna Gran Caravan – PR-MCY.....	3
Figura 5 – Exemplo de Registro de Magnetômetro de Base.....	9
Figura 6 – Mapa das linhas de voo.	10
Figura 7 – Gráfico da Estatística das Operações da aeronave PP-AGP.....	11
Figura 8 – Gráfico da Estatística das Operações da aeronave PR-MCY.	12
Figura 9 – Movimentos de <i>Roll</i> , <i>Pitch</i> e <i>Yaw</i>	13
Figura 10 – Fluxograma do processamento de dados.	29
Figura 11 – Cronograma Geral das Operações.	30
Figura 12 – Articulação das folhas na escala 1:100.000.....	32
Figura 13 – Articulação das folhas na escala 1:250.000.....	33
Figura 14 – Mapa pseudo-iluminado do campo magnético total (reduzido do IGRF).	39
Figura 15 – Mapa do sinal analítico do campo magnético total (reduzido do IGRF).....	40
Figura 16 – Mapa Radiométrico da Taxa de Exposição do canal de Contagem Total.	41
Figura 17 – Mapa Radiométrico Ternário (K-U-Th).	42
Figura 18 – Mapa Radiométrico da razão Tório / Potássio.....	43
Figura 19 – Mapa pseudo-iluminado do Modelo Digital do Terreno.	44

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.	9
Tabela 5 – Estatística das Operações.....	11
Tabela 6 – Divisão das Linhas por Aeronave.	12
Tabela 7 – Concentração dos Tanques de Calibração Transportáveis.....	16
Tabela 8 – Coeficientes de Espalhamento <i>Compton</i>	16
Tabela 9 – Constantes de Calibração do Radônio.....	24
Tabela 10 – Coeficientes de <i>Skyshine</i>	25
Tabela 11 – Coeficiente de Atenuação Atmosférica.....	26
Tabela 12 – Coeficientes de Sensibilidade.	26
Tabela 13 – Valores Mínimos para Cálculo das Razões Radiométricas.....	27
Tabela 14 – Características da Apresentação dos Mapas Aerogeofísicos.	31
Tabela 15 – Características dos intervalos de contorno dos mapas aerogeofísicos.....	31
Tabela 16 – Banco de dados <i>Geosoft</i> (GDB) – Magnetometria.	36
Tabela 17 – Banco de dados <i>Geosoft</i> (GDB) – Gamaespectrometria.....	37
Tabela 18 – Banco de dados <i>Geosoft</i> (GDB) – Gamaespectrometria 256 canais.....	37
Tabela 19 – Arquivo de Cruzamento XYZ – Magnetometria.	38

1. INTRODUÇÃO

A área do levantamento aerogeofísico Rio Iriri está localizada no centro do Estado do Pará, na região Norte do Brasil, conforme mostra a Figura 1.

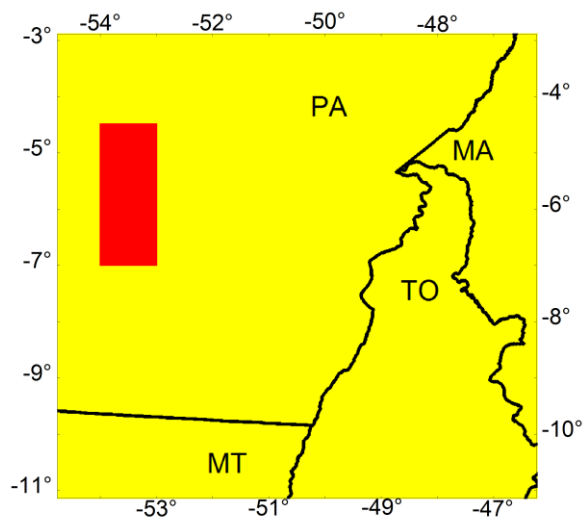


Figura 1 – Localização da Área do Projeto Aerogeofísico.

O levantamento aerogeofísico Rio Iriri constou do recobrimento de 66.787,80 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.

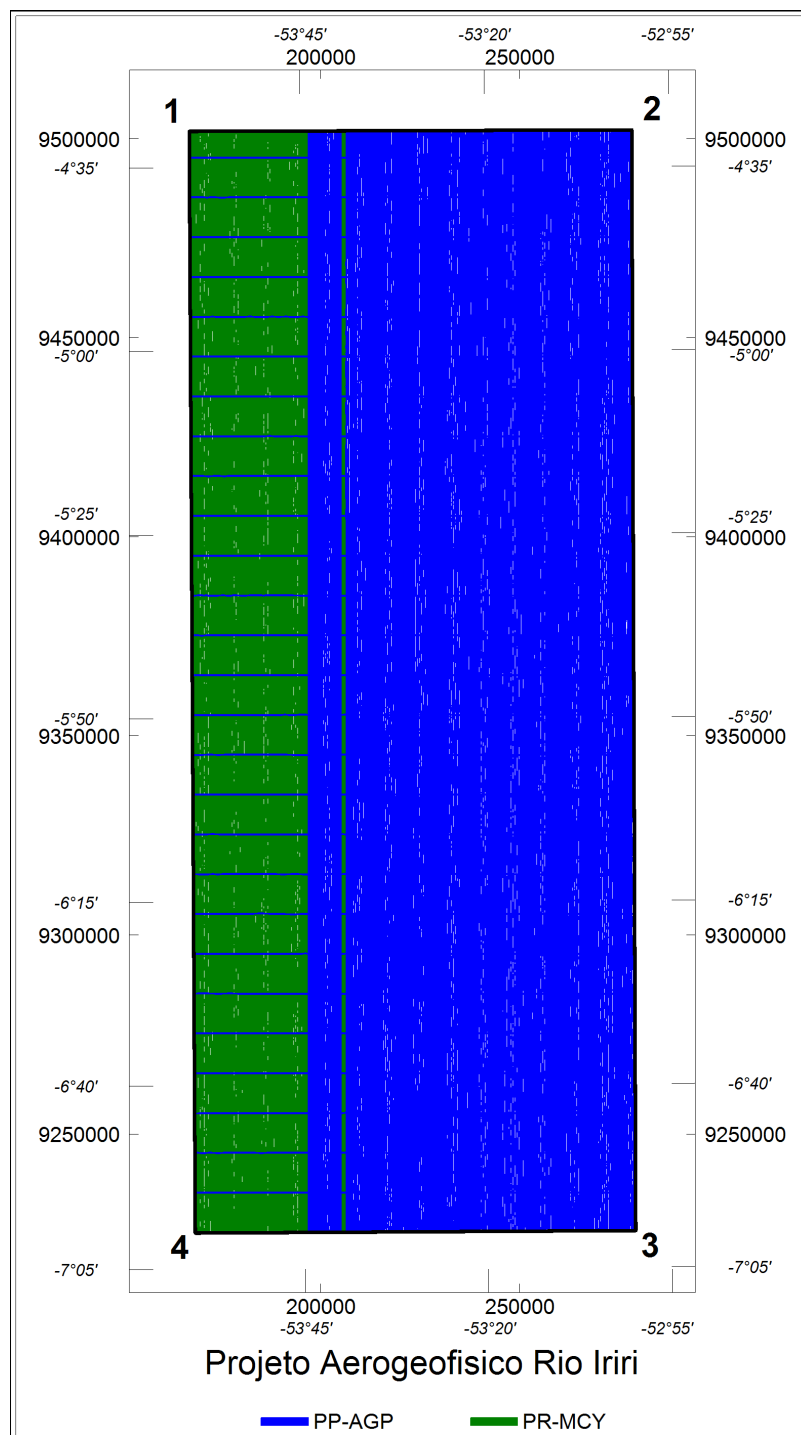


Figura 2 – Vértices do projeto e área de atuação da aeronave.

Tabela 1 – Coordenadas Geográficas do Projeto.

Vértice	Latitude	Longitude
1	-04°30'	-54°00'
2	-04°30'	-53°00'
3	-07°00'	-53°00'
4	-07°00'	-54°00'

Foram utilizadas para a execução deste projeto, as aeronaves Cessna Gran Caraven de prefixos PP-AGP (Figura 3) e PR-MCY (Figura 4), da Prospectors Aerolevantamentos e Sistemas Ltda. A aeronave PP-AGP realizou seus trabalhos durante o período de 31/01/2014 a 27/05/2015 adquirindo 49.323,05 km de linhas de voo, utilizando como base de operações as cidades de Altamira e São Félix do Xingu no estado do Pará. A aeronave PR-MCY realizou seus trabalhos durante o período de 17/04/2015 a 27/05/2015 adquirindo 17.464,75 km de linhas de voo, utilizando como base de operações a cidade São Félix do Xingu no estado do Pará.



Figura 3 – Aeronave Cessna Gran Caravan – PP-AGP



Figura 4 – Aeronave Cessna Gran Caravan – PR-MCY.

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), foram conduzidas no aeroporto de Ubatuba, São Paulo para as aeronaves PP-AGP e PR-MCY. 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 8.1 (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	PP-AGP	PR-MCY
Modelo da aeronave	Gran Caravan 208B	Gran Caravan
Fabricante da aeronave	Cessna	Cessna
Tipo de Sensor	Scintrex CS-3	Scintrex CS-3
Aeromagnetômetro	Aeromaster	KroumVS Instruments- KMAG 4
Gamaespectrômetro	Pico Envirotec - GRS 410	Exploraniun - GR820
Volume dos Cristais Detectores de Iodeto de Sódio	2.560 pol ³ down e 512 pol ³ up	2.560 pol ³ down e 512 pol ³ up
Sistema de navegação "Real time"	Lotsman	Microsurvey
Sistema de Aquisição GPS - "Real time"	Javad	GTR-G2 GENERIC
Câmera de Vídeo	INTELBRAS VM 300	Seykon
Radar Altimetro	King Radio Corporation KRA10A/KI250/KA131	Terra TRA 2000
Altimetro Barométrico	Motorola – MPX 4115	Honeywell-PPT0020AWN2VA-C
Magnetômetro Terrestre a Vapor de Césio	GEM GSM-19	GEM GSM-19
Sistema de Aquisição	Aeromaster – VN2001	Microsurvey - 2011

2.2.1. Aeronave

O levantamento foi efetuado pelas aeronaves modelos Cessna Gran Caravan (PR-MCY e PP-AGP). Ambas aeronaves Gran Caravan são aeronaves de asa alta equipadas com um motor Pratt & Withney PT6-114A de 600SHP, operam à uma velocidade média de 270 km/h e possuem autonomia de aproximadamente 6h.

2.2.2. Aeromagnetômetros

Sistema aeromagnético acoplado a um sensor de vapor de césio montado na cauda (tipo *Stinger*) das aeronaves, conforme especificado abaixo. 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 de aquisição de dados das aeronaves.

Sensor: Scintrex CS-3

Resolução: 0,001 nT

Faixa: 20.000 – 100.000 nT

Montagem: Stinger

As leituras do magnetômetro na aeronave de prefixo PP-AGP, foram realizadas a cada 0,01 segundo (100 Hz), o que equivale, para a velocidade de 265 km/h da aeronave, a aproximadamente 0,736 m no terreno.

As leituras do magnetômetro na aeronave de prefixo PR-MCY, foram realizadas a cada 0,1 segundo (10 Hz), o que equivale, para a velocidade de 265 km/h da aeronave, a aproximadamente 7,36 m no terreno.

2.2.3. Aerogamaespectrômetros

Foram utilizados os gamaespectrômetro Pico Envirotec, modelo GRS410, de 512 canais, na aeronave PP-AGP e os gamaespectrômetros Exploranium, modelo GR820, de 256 canais espectrais na aeronave PR-MCY. O espectro de cada um dos cristais detectores nesses sistemas é analisado individualmente para determinação precisa dos fotopicos de potássio, urânio e tório. Uma correção linear baseada na detecção do pico de Césio (^{137}Cs – 662 KeV) é aplicada individualmente a cada cristal, mantendo o espectro permanentemente alinhado. A radiação gama detectada pelos conjuntos é somada e as leituras reduzidas às saídas dos canais espectrais, separando os conjuntos de cristais voltados para baixo (*downward looking*) e para cima (*upward looking*).

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)		PP-AGP (GRS410)		PR-MCY (GR820)	
			Canais Correspondentes		Canais Correspondentes	
Contagem Total	0,41	2,81	73	482	34	233
Potássio	1,37	1,57	236	270	115	131
Urânio	1,66	1,86	285	319	139	155
Tório	2,41	2,81	414	482	202	233
Cósmico	3,00	∞	512	-	256	-

As leituras do gamaespectrômetro são realizadas a cada segundo, representando medições a intervalos de amostragem de aproximadamente 73,6 m no terreno.

Os sistemas detectores voltado para baixo (*downward looking*) e para cima (*upward looking*) são constituídos por três conjuntos (caixas) de cristais de iodeto de sódio dopado com Tálho ($\text{NaI}[\text{Tl}]$), que juntos possuem 12 cristais. Os sistemas GRS410 e GR820 possuem 12 cristais de 4,2 L (256 pol^3), totalizando 42 L (2560 pol^3) de cristais voltados para baixo e totalizando 8,4 L (512 pol^3) de cristais voltados para cima.

2.2.4. Sistema de Aquisição de Dados

Os computadores do sistema de aquisição de dados Aeromaster, modelo VN2001 para aeronave PP-AGP, e Microsurvey para a aeronave PR-MCY, são as principais unidades do sistemas de aquisição instalados a bordo das aeronaves. Todos os dados adquiridos são armazenados no disco rígido e posteriormente transferidos para discos rígidos externos, para efeito de backup e transferência dos dados para o computador de processamento.

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

Taxa de Amostragem (Hz)	Parâmetro	Unidade
1	Fiducial	s
1	Número da Linha	*
10	Magnetômetro compensado	nT
10	Magnetômetro bruto	nT
10	Componente X <i>fluxgate</i>	mV
10	Componente Y <i>fluxgate</i>	mV
10	Componente Z <i>fluxgate</i>	mV
10	Radar altímetro	μV
10	Temperatura	μV
10	Barômetro	μV
10	Temperatura	°C
10	Altura do 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		*
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 sistemas de vídeo digital, com uma câmera de vídeo, verticalmente instalada na parte inferior da aeronave. O registro de vídeo apresenta marcas temporais e espaciais na imagem gerada. Cada imagem apresenta um registro

temporal, contando os segundos do dia, através do uso do tempo GPS. A referência espacial é formada pelas coordenadas geográficas de longitude e latitude, referida ao sistema GPS (Elipsóide WGS84), também em sincronia com os dados geofísicos e o GPS. Um monitor de 9 polegadas permanece disponível na cabine para visualização das imagens obtidas pela câmera e anotações do operador de bordo quanto a possíveis fontes de interferência nos dados geofísicos.

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 pela aeronave PP-AGP é o Honeywell, modelo KRA10A/KI250/KA131 e apresenta precisão de 5 a 7% e alcance de 2500 pés. A aeronave PR-MCY utiliza o radar altímetro Terra TRA 2000, com alcance de 2500 pés e precisão de 1m.

A aeronave PP-AGP possui barômetro eletrônico modelo Motorola MPX 4115 e a aeronave PR-MCY possui barômetro eletrônico modelo Honeywell-PPT0020AWN2VA-C. Os barômetros são transdutores de pressão que registram a altitude de voo em relação ao nível do mar. O barômetro tem saída digital e é ligado ao sistema de aquisição de dados proporcionando até cem medidas por segundo da pressão atmosférica, com precisão de $\pm 1,5\%$ da medida.

2.2.7. Sistema de Navegação e Posicionamento

A navegação das aeronaves PP-AGP e PR-MCY foram realizadas com os sistemas Lotsman e Microsurvey, utilizando a aquisição Javad Marant GGD e GTR-G2 Generic, estes garantem a precisão do posicionamento das medidas realizadas assim como a trajetória da aeronave. Sinais de posição foram registrados com frequência de no mínimo 5 vezes por segundo.

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.

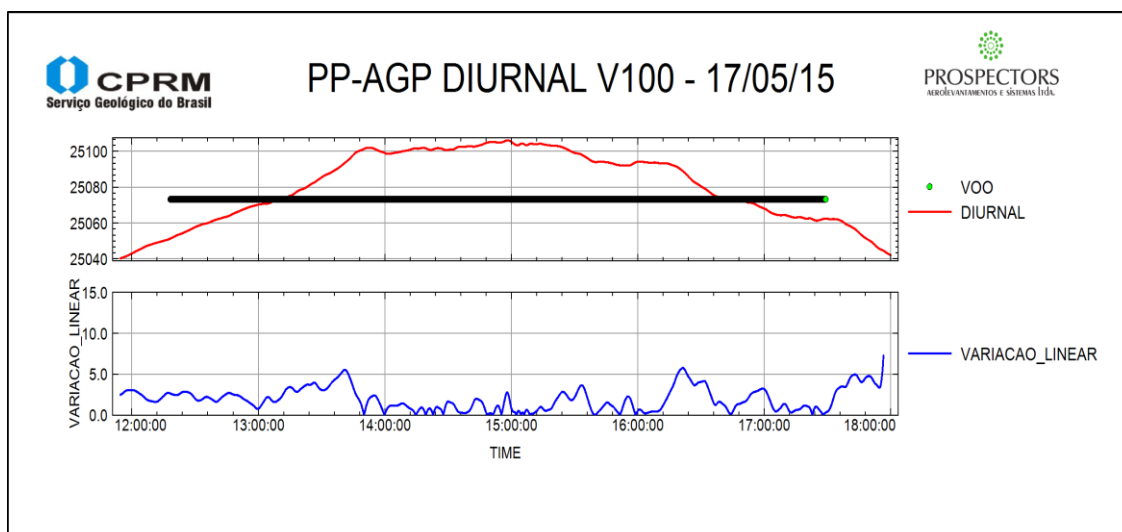


Figura 5 – Exemplo de Registro de Magnetômetro de Base.

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 Altamira e São Félix do Xingu;
- Obtenção da autorização do aerolevanteamento 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 039/2014 para as aeronaves PP-AGP e PR-MCY.

2.3.1. Elaboração do Plano de voo

Para a cobertura completa da área relativa ao projeto, foram programadas 227 linhas de voo e 29 linhas de controle, totalizando 66.787,80 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)
PP-AGP	23.670	46.046,05	3.277,00	49.323,05
PR-MCY	9.359	17.464,75	-	17.464,75
Totais:	33.029	63510,80	3.277,00	66.787,80

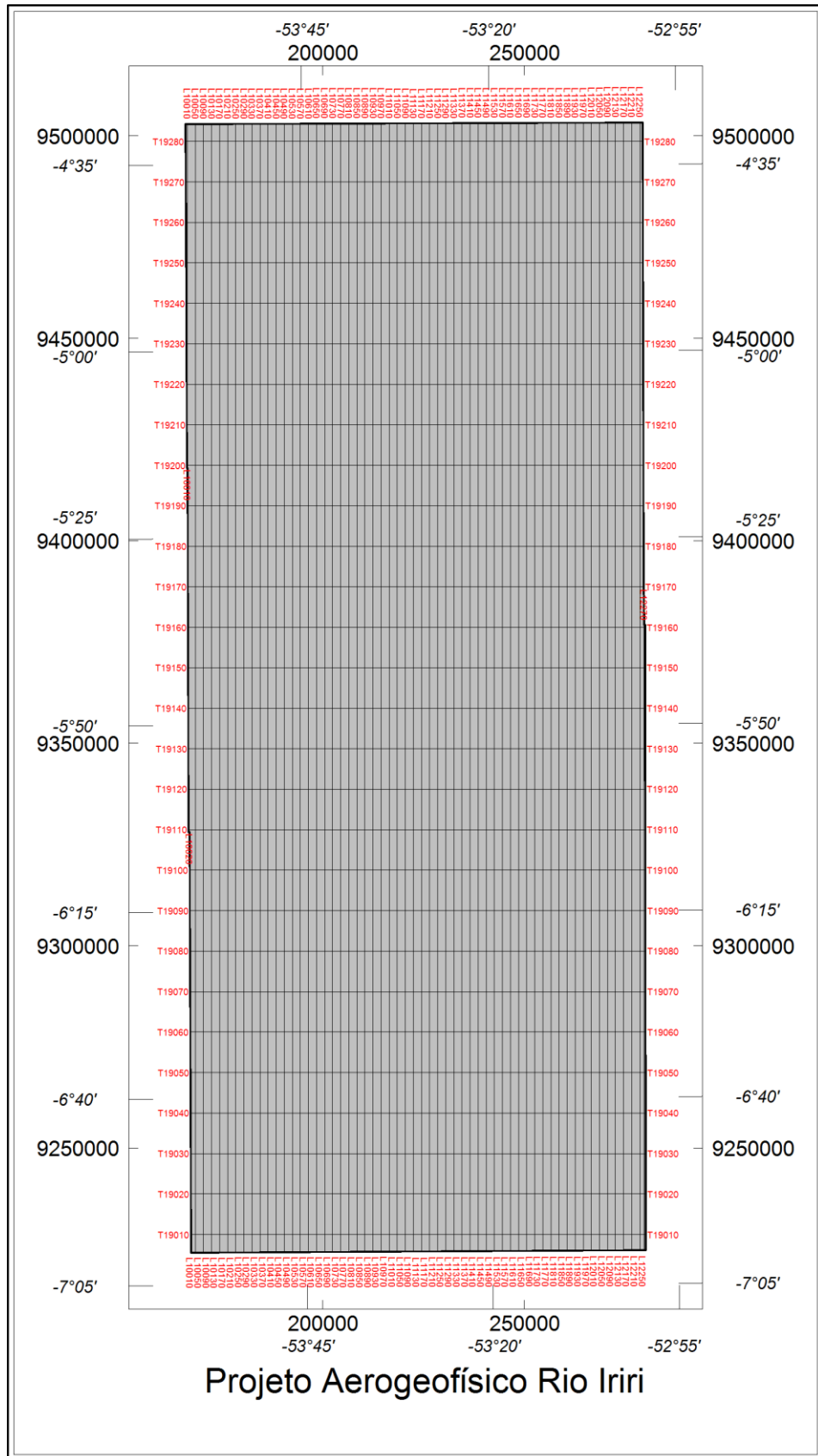


Figura 6 – Mapa das linhas de voo.

2.3.2. Estatísticas das Operações

O projeto foi executado entre 30/01/2014 a 27/05/2015. A aeronave PP-AGP efetuou seus trabalhos entre 30/01/2014 a 27/05/2015 totalizando 167 dias e a aeronave PR-MCY completou sua parte com 41 dias entre os dias 17/04/2014 a 27/05/2015. Foram gastas cerca de 485,67 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 PP-AGP, utilizou 343,15 horas de voo de produção e a aeronave PR-MCY utilizou 128,33 horas de voo de produção.

Tabela 5 – Estatística das Operações.

Item	Indicadores do Levantamento	PP-AGP		PR-MCY	
		Nº Dias	%	Nº Dias	%
1	Produção	63	37,72	26	63,41
2	Meteorologia	51	30,54	9	21,95
3	Manutenção de Aeronave	11	6,59	0	0,00
4	Tempestade Magnética	0	0,00	0	0,00
5	Falha de Equipamento	17	10,18	1	2,44
6	Testes Contratuais	10	5,99	1	2,44
7	Outros	15	8,98	4	9,76
	Total:	167*	100,00	41*	100,00

* número de dias despendido pela aeronave

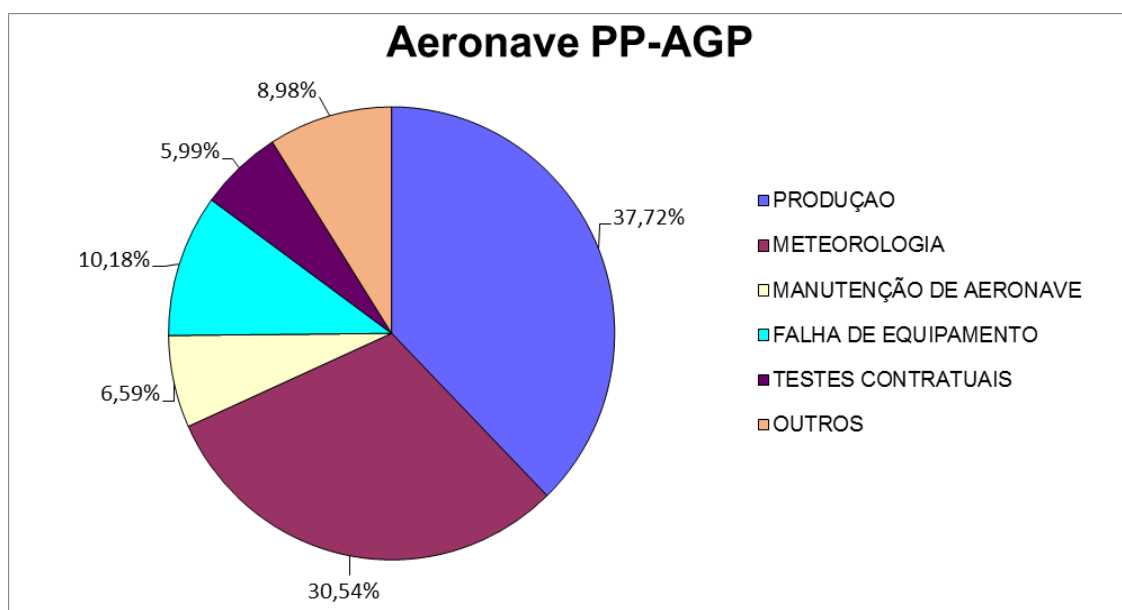


Figura 7 – Gráfico da Estatística das Operações da aeronave PP-AGP.

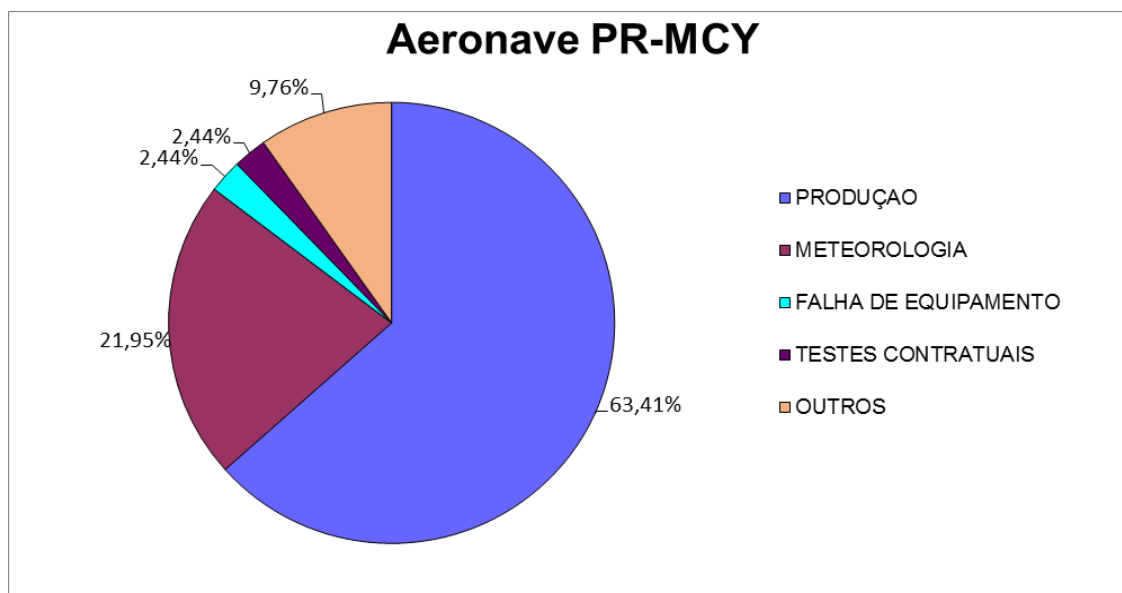


Figura 8 – Gráfico da Estatística das Operações da aeronave PR-MCY.

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
PP-AGP	10010 – 10610 10790 - 10800	19010 – 19290
PR-MCY	10620 – 10780 10810 - 12270	-

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 atitude 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 *fluxgate*, instalados no *stinger* da aeronave e usados para medir o acoplamento dos três eixos com o *background* do campo magnético na região. Os sensores *fluxgate* são muito sensíveis às mudanças de atitude 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 *fluxgate* 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 09) são conduzidas para cada uma das direções de voo do levantamento, com o objetivo de variar o acoplamento *fluxgate*/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.

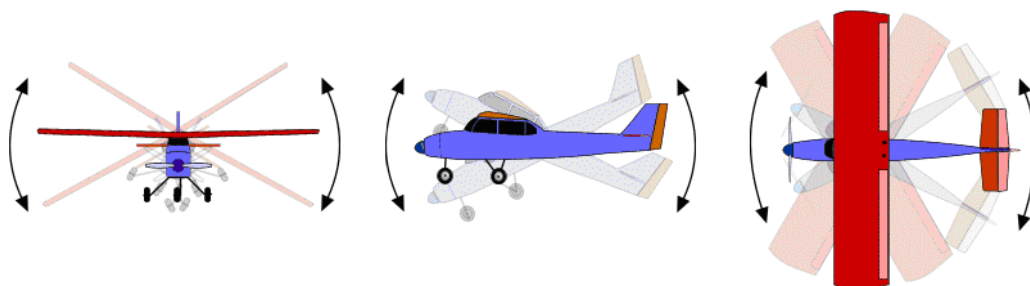


Figura 09 – Movimentos de *Roll*, *Pitch* e *Yaw*.

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, podem ser consultados no Anexo II-b.

d) Teste de Paralaxe

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

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

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

Os dados magnetométricos desta linha voada em sentidos inversos, são representados em formas de perfis empilhados. O eixo horizontal dos perfis plotados refere-se às coordenadas geográficas mostrando, assim, a correlação das anomalias corrigidas independentemente do sentido voado. A calibração resultou em um fator de defasagem de 0,20 para a aeronave PP-AGP, de 0,25 e para a aeronave PR-MCY 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 no Anexo II-d para a aeronaves PP-AGP e PR-MCY.

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 cério (^{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 cério, 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. As aeronaves PP-AGP e PR-MCY foram calibradas, respectivamente, em dezembro de 2013, junho de 2015 (PP-AGP) e janeiro de 2015 (PR-MCY). Essas calibrações obedeceram a duas etapas distintas.

- Calibração estática – Realizada no Aeroporto de Ubatuba (PP-AGP e PR-MCY) em São Paulo. 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 (^{40}K), urânio (^{238}U), tório (^{232}Th) e *background* são empregados. As concentrações dos tanques de calibração transportáveis utilizados em Ubatuba de propriedade da Universidade de São Paulo – USP, estão indicadas na Tabela 7:

Tabela 7 – Concentração dos Tanques de Calibração Transportáveis.

Fonte Padrão	Tanques de Ubatuba		
	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)
Background	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, 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 (Exploratum), resultando nos valores dos coeficientes *Compton* para cada pacote de detectores de 1.024 pol³, 512 pol³ e para o total de 2.560 pol³. Os valores encontrados para os coeficientes de espalhamento *Compton* estão resumidos na Tabela 8. O Anexo I-b, no final deste relatório, apresenta os resultados dessas calibrações.

Tabela 8 – Coeficientes de Espalhamento *Compton*.

Aeronave	Data	α	β	γ	a	b	g
PP-AGP	11/13/2013	0,2950 ± 0,0075	0,3594 ± 0,0095	0,7466 ± 0,0246	0,0638 ± 0,0080	0,0005 ± 0,0058	0,0029 ± 0,0053
PP-AGP	25/06/2015	0,2581 ± 0,0086	0,3856 ± 0,0114	0,7681 ± 0,0237	0,0752 ± 0,0085	0,0194 ± 0,0077	0,0043 ± 0,0065
PR-MCY	10/01/2015	0,2602 ± 0,0077	0,9905 ± 0,0088	0,7604 ± 0,0240	0,0822 ± 0,0068	0,0258 ± 0,0051	0,0022 ± 0,0047

- 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 apresentação dos resultados na forma de tabelas e gráficos encontra-se no Anexo I-c, no final deste relatório.

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 EXPLORANIUM, modelo GR-320, com as leituras registradas pelo sistema detector da aeronave na altura de 100 m (cerca de 330 pés), permitindo a conversão das contagens obtidas a bordo (em cps) para concentrações de potássio, urânio, tório e contagem total no solo. A sensibilidade do sistema gamaespectrométrico é definida como a razão entre a média dos valores aéreos, medidos na altura nominal do levantamento (100 m), em cps, para os canais de contagem total, K, U, e Th, e a média dos valores das estações terrestres (em concentração) para os canais de contagem total, K, eU e eTh (Anexo I-e).

As passagens em várias alturas permitem ainda a determinação dos coeficientes de atenuação atmosférica (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 os dados dos testes *high level* ou *background*, onde são registrados perfis diários na altura de 2.500 pés (Anexo I-d).

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

2.4. Compilação dos dados

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

- a) Transferência das leituras do magnetômetro terrestre para o computador de campo para o processamento da variação diurna de acordo com o gradiente fixado no contrato, qual seja: 15 nT/ 5 min;
- b) Leituras dos arquivos dos 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 a 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:

Álvaro Augusto Pereira	Chefe de equipe
Luis Otávio de C. Simões	
Waldyr Pereira Lua	
Adriana Bello	
Suze Guimaraes	
Fernando Lessa	Geofísico
Artem Ivashchenko	
Divanir Conego Jr.	
Renata Sicotti Maas	
Dante Pires de Souza	
Rodrigo Samões	Operador de Equipamento
Bruno Jonathan Neves Almeida	
Lidervane Tavares	
Emerson Botelho	
Alessandro do Espírito Santo Guerra	
Claudinei Teodoro dos Santos	Piloto
Raimundo Bezerra Freire Neto	
Francisco da Chagas Goes Justo	
Jyun Tanobe	
André de Almeida Queiroz	
Luiz Adolfo Batista Pinheiro	
Ricardo de Miranda Frias	
André Alvim Monteiro	
Serafim Cunha Barreiros	
Fagner José de Lima Guimarães	
Carlos Augusto Beghini Corrêa	
Fábio Fernandes Taveira	
Giovani José de Ávila	
André Alvim Monteiro	
Leony dos Santos Silva	Mecânico
Ivan Sunao	Técnico Equipamentos
Antônio Cezar da Fonseca	

3. PROCESSAMENTO DE DADOS

3.1. Fluxo de Processamento

No processamento de dados do projeto foi empregado o *software OASIS MONTAJ* versão 8.1, 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,

t_0 = Tempo de Amostragem,

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

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

A correção aplicada a todas as amostras coletadas pelas aeronaves, correspondeu a 0,30 segundos para a aeronave PP-AGP e PR-MCY. 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 25069,13 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 8.1, 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 325,89 m, referidos ao ano de 2010 e atualizados para a data média de 28/12/2014 (2014,990).

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 *GEOSOFTE*.

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. Correlação do Erro de Paralaxe

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

3.1.3.4. Cálculo da Altura Efetiva (h_c) de 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 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):

$$U_r = (u - a_1U - a_2Th) + (a_2b_t - b_u) / (a_u - a_1 - a_2a_t), \text{ onde:}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

$$U_r = a_u U_u + b_u,$$

$$K_r = a_k U_r + b_k,$$

$$T_r = a_t U_r + b_t,$$

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

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

No cálculo dos coeficientes a_{tc} , a_k , a_u e a_t (Tabela 9) 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 9 – Constantes de Calibração do Radônio.

Canal	Coefficiente	PP-AGP	PR-MCY
Contagem Total	a_{tc}	15,562	15,938
Potássio	a_k	0,8999	0,8305
Urânio <i>up</i>	a_u	0,1841	0,1745
Tório	a_t	0,1386	0,1311

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 10 abaixo.

Tabela 10 – Coeficientes de *Skyshine*.

Coeficiente	PP-AGP	PR-MCY
a_1	0,05279	0,04250
a_2	0,02968	0,02553

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 8 – 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 aerolevantamento (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 11, 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 11 – Coeficiente de Atenuação Atmosférica.

Canal Radiométrico	μ em m^{-1}		
	PP-AGP (16/12/2013)	PP-AGP (27/06/2015)	PR-MCY (10/01/2015)
Contagem Total	-0,0073	-0,0069	-0,0072
Potássio	-0,0079	-0,0075	-0,0078
Urânio	-0,0067	-0,0061	-0,0067
Tório	-0,0071	-0,0069	-0,0071

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 12 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 12 – Coeficientes de Sensibilidade.

Canal Radiométrico	Sensibilidade		
	PP-AGP (16/12/2013)	PP-AGP (27/06/2015)	PR-MCY (10/01/2015)
Contagem Total	89,40 cps/ μ R/h CT	198,70 cps/ μ R/h CT	302,00 cps/ μ R/h CT
Potássio	51,84 cps / %K	51,38 cps / %K	78,55 cps / %K
Urânio	7,19 cps / ppm eU	13,81 cps / ppm eU	18,55 cps / ppm eU
Tório	2,45 cps / ppm eTh	4,41 cps / ppm eTh	6,54 cps / ppm eTh

Para calcular a taxa de exposição (*Exposure Rate*) do canal de contagem total (em $\mu\text{R/h}$) 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 das concentrações determinados para o canal de contagem total foi 11,37 $\mu\text{R/h}$ para a aeronave PR-MCY, 23,91 e 10,74 $\mu\text{R/h}$ para a aeronave PP-AGP.

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

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

As razões foram calculadas a partir dos valores radiométricos corrigidos, conforme descritos no item 3.1.3. deste capítulo. Para a eliminação de indeterminações, ou incorreções devidas a valores anormalmente abaixo, foi convencionada a fixação dos valores mínimos de K, U e Th em 10% da média destes canais na área de levantamento e aplicado também um filtro passa-baixa de 10 amostras. A Tabela 13 a seguir, resume os valores utilizados.

Tabela 13 – Valores Mínimos para Cálculo das Razões Radiométricas.

Canal Radiométrico	Valor Mínimo
K (%)	0,069
eU (ppm)	0,179
eTh (ppm)	1,074

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:

Álvaro Augusto Pereira - Gerente de Processamento de Dados

Artem Ivashchenko - Consultor

A direção geral das operações no *Projeto Aerogeofísico Rio Iriri* esteve a cargo do oceanógrafo Cristiano Fontoura.

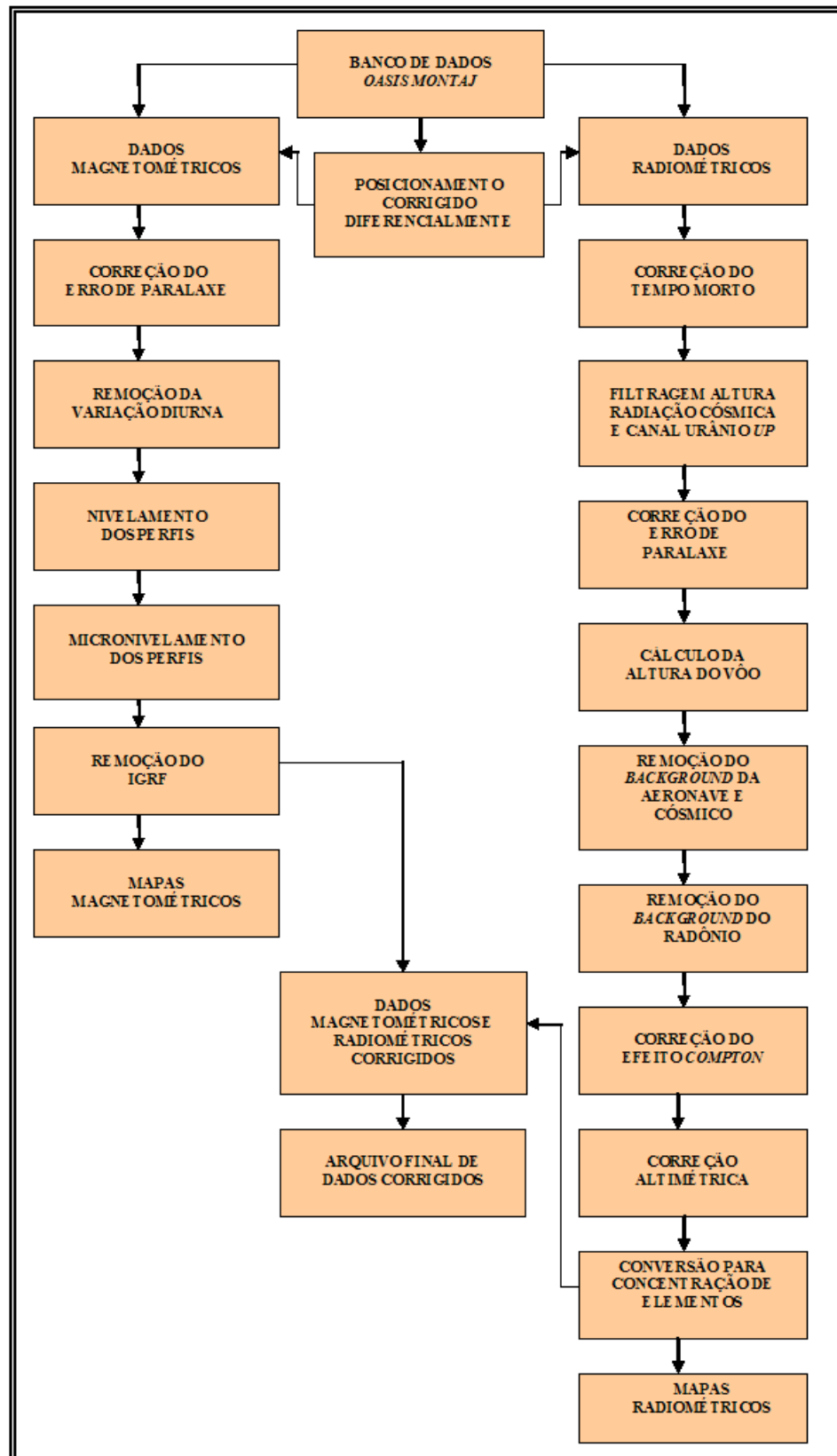


Figura 10 – Fluxograma do processamento de dados.

4. CRONOGRAMA GERAL DAS OPERAÇÕES

O levantamento do projeto foi executado no período de 30 de janeiro de 2014 a 27 de maio de 2015. O processamento dos dados e elaboração do Relatório Final teve início após o término da fase de aquisição e foram concluídos em 6 de agosto de 2015.

A Figura 11 fornece o quadro comparativo entre o cronograma previsto e a duração efetiva do projeto.

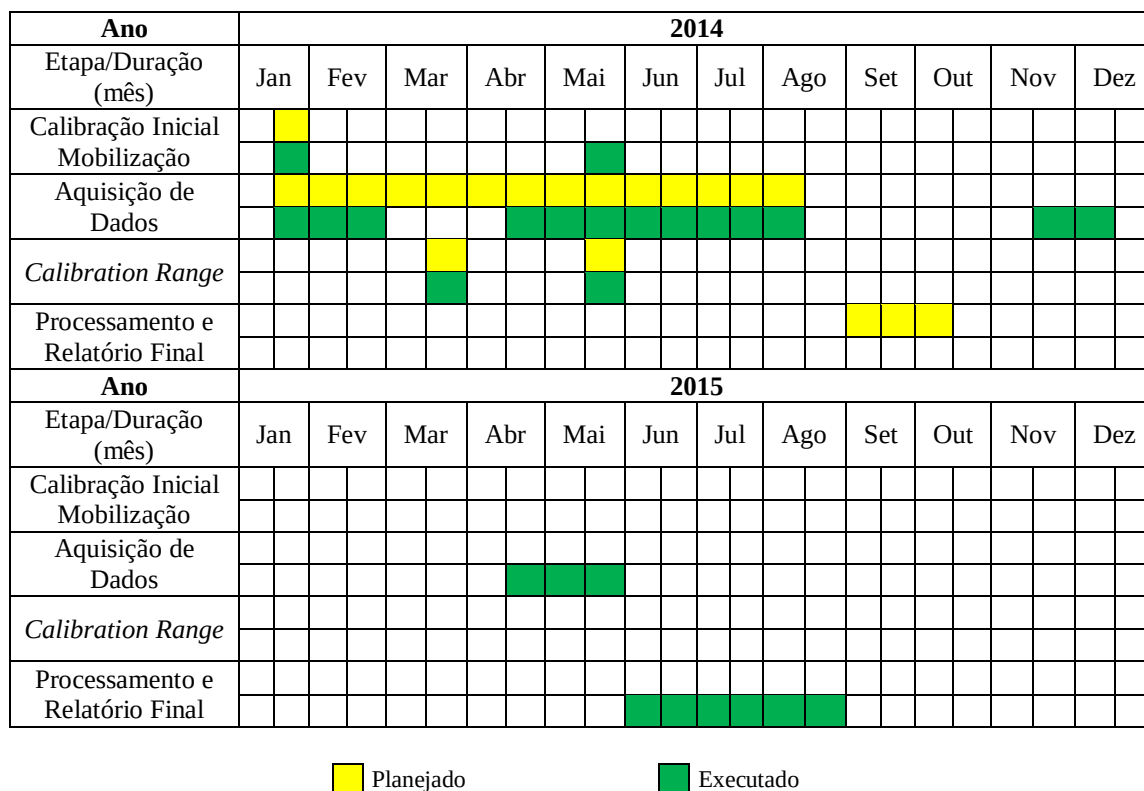


Figura 11 – Cronograma Geral das Operações.

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 UTM, 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 SC.21 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.

As Figuras 12 e 13 ilustram a articulação das folhas relativas aos mapas apresentados nas escalas 1:100.000 e 1:250.000, respectivamente.

A Tabela 14 apresenta os diversos tipos de mapas apresentados e suas características:

Tabela 14 – 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 Radiométrica 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 15 a seguir:

Tabela 15 – 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)	0,01 e 0,05 nT/m	0,01 e 0,05 nT/m
Sinal Analítico do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)	0,01 e 0,05 nT/m	0,01 e 0,05 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	0.5 e 1 ppm	0.5 e 1 ppm
Radiométrico de Tório	1 e 5 ppm	1 e 5 ppm
Razão Radiométrica eU/eTh	-	-
Razão Radiométrica eU/K	-	-
Razão Radiométrica eTh/K	-	-

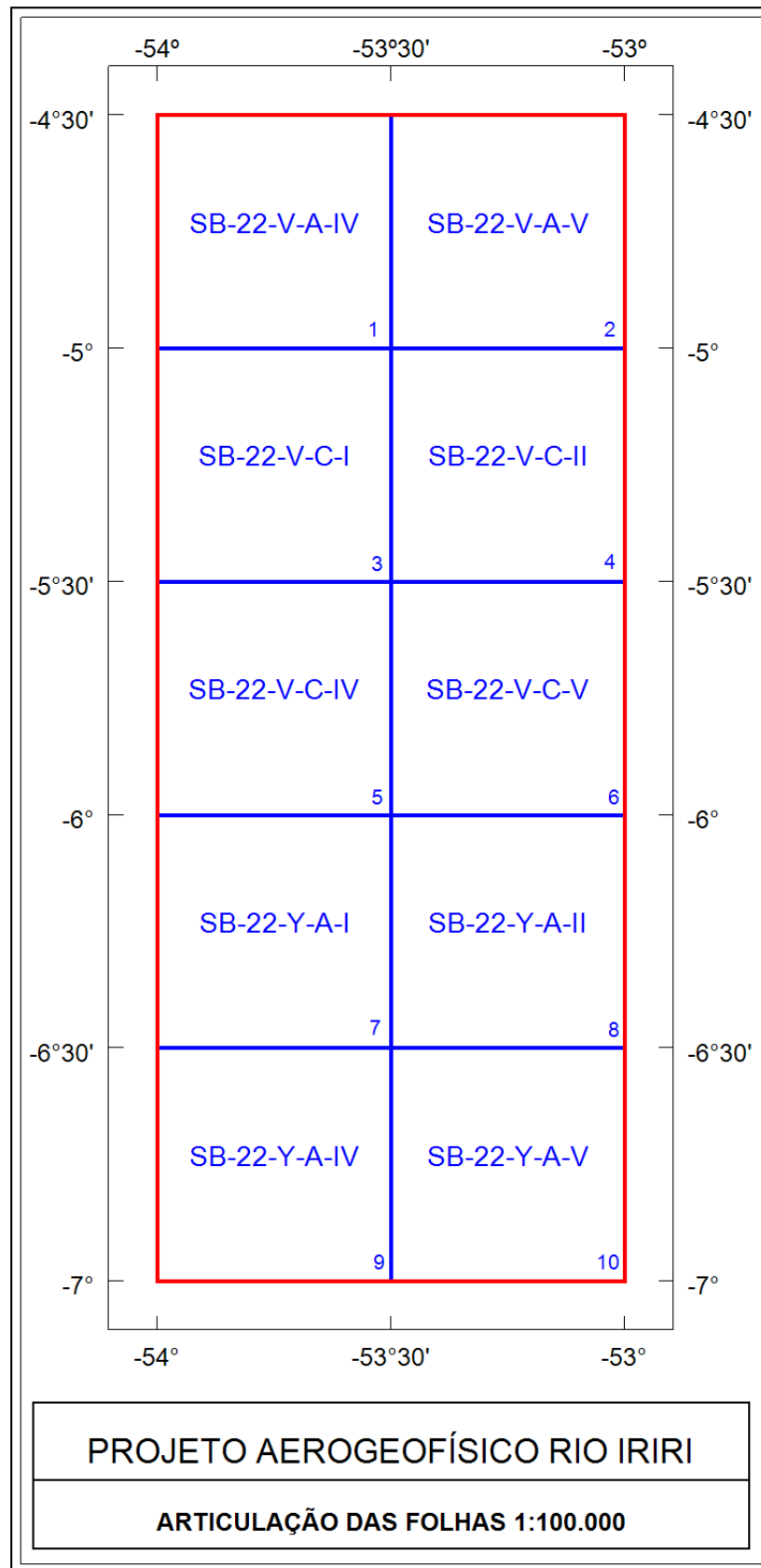


Figura 12 – Articulação das folhas na escala 1:100.000.

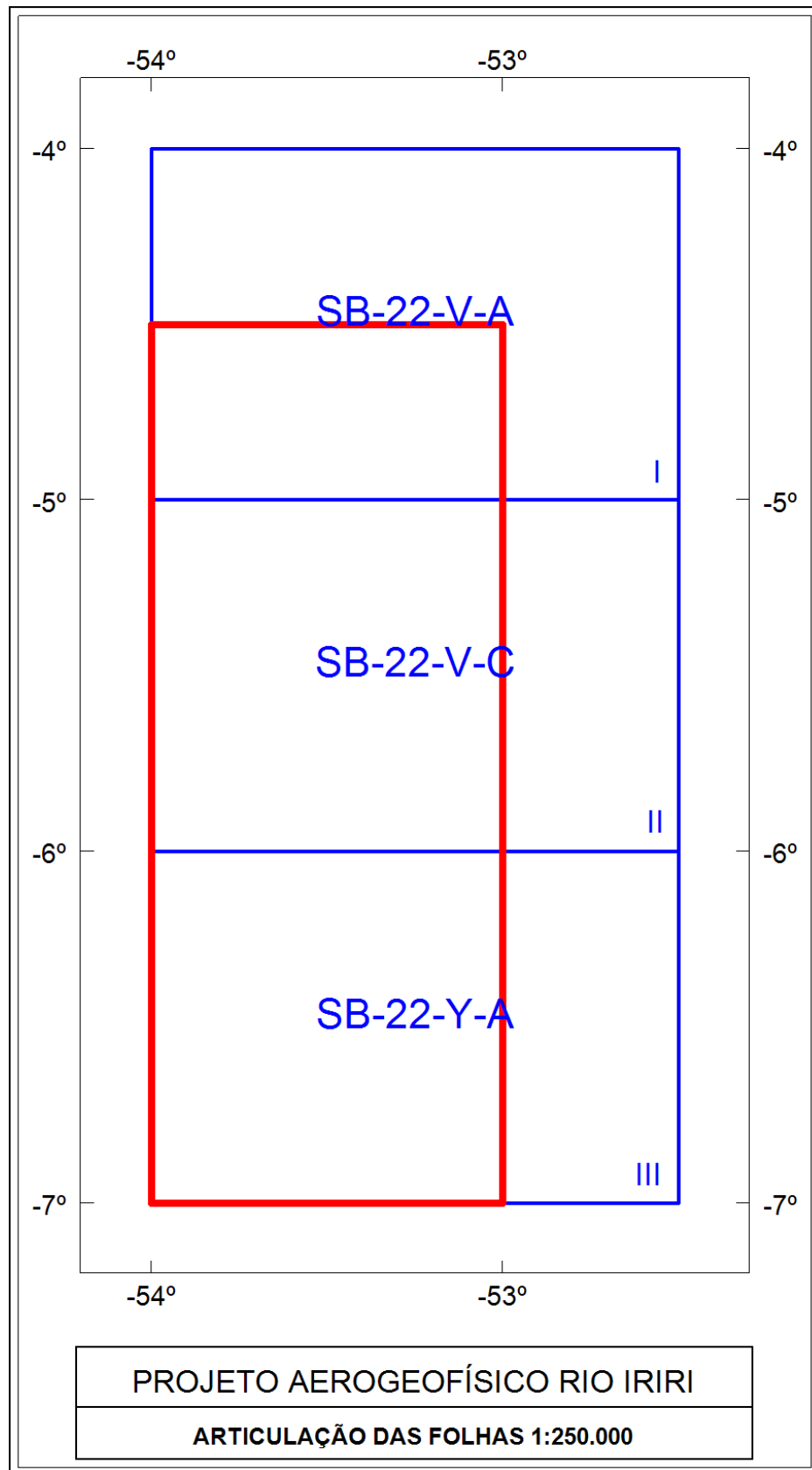


Figura 13 – Articulação das folhas na escala 1:250.000.

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 14 e 15 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 16.

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 17.

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 18.

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 19, 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 engenheiro cartógrafo e mestre em geofísica Álvaro Augusto Pereira. A revisão e edição final estiveram a cargo do geógrafo Luis Otávio de Carvalho Simões, da Geofísica Adriana Menezes Bello 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 16, 17, 18 e 19.

Os dados digitais dos bancos de dados magnetométricos e gamaespectrométricos da GEOSOFT (GDB) são apresentados, respectivamente, nas Tabelas 16 e 17.

Os Arquivos de malha (*Grids*), os bancos de dados, bem como os arquivos XYZ e cruzamentos estão apresentados com as coordenadas métricas referenciada a zona UTM 22S (Meridiano Central 51° WGr). Maiores informações estão expostas no arquivo *Leiamme.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*), GEOSOFT MAP e GeoTIFF. 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 apresentadas na Tabela 6 já citada. 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 16 – 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 17 – 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 UP	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 18 – 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 19 – 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.

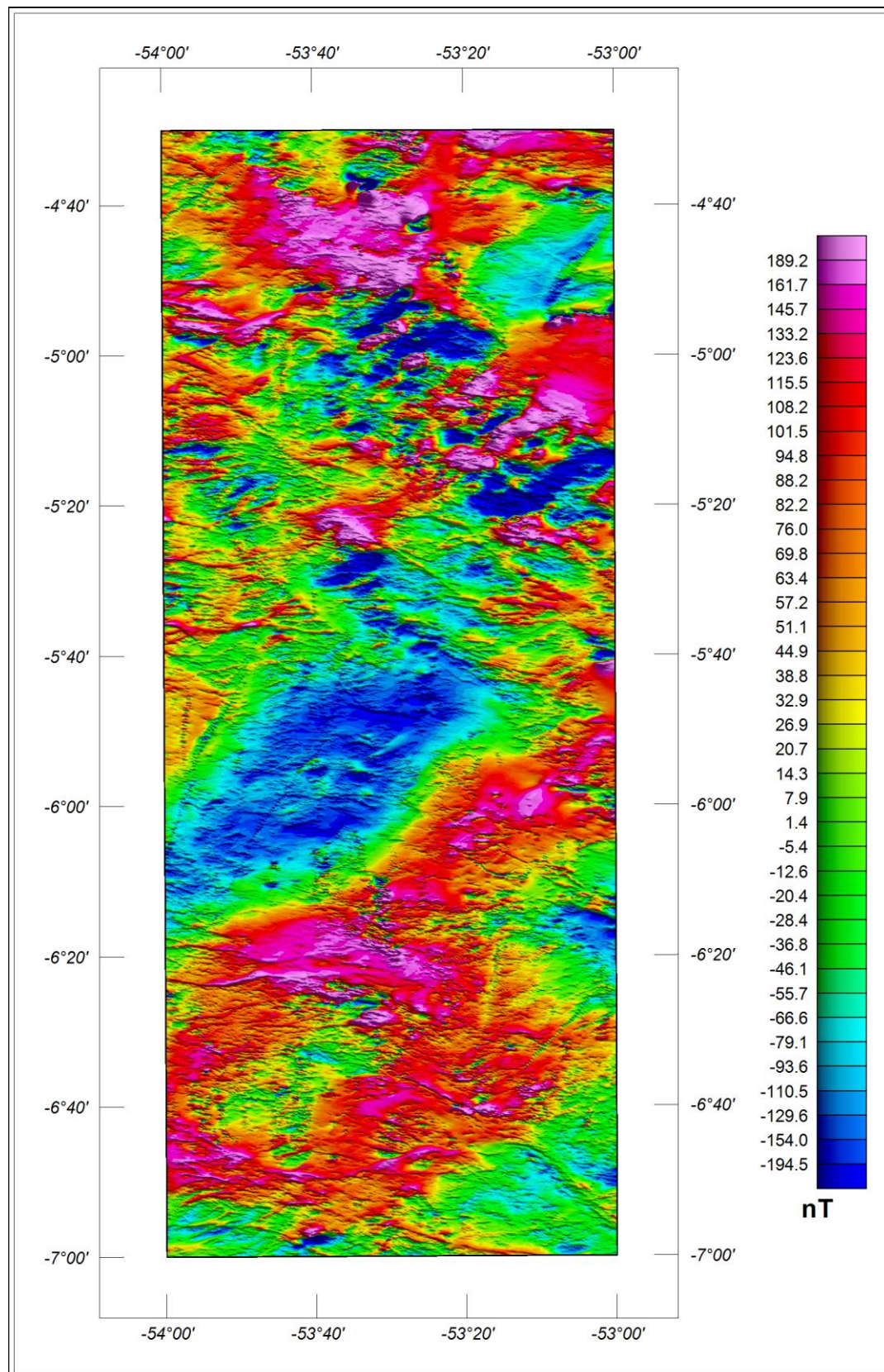


Figura 14 – Mapa pseudo-iluminado do campo magnético total (reduzido do IGRF).
(Azimute da Fonte Luminosa: 45°; Inclinação: 45°)

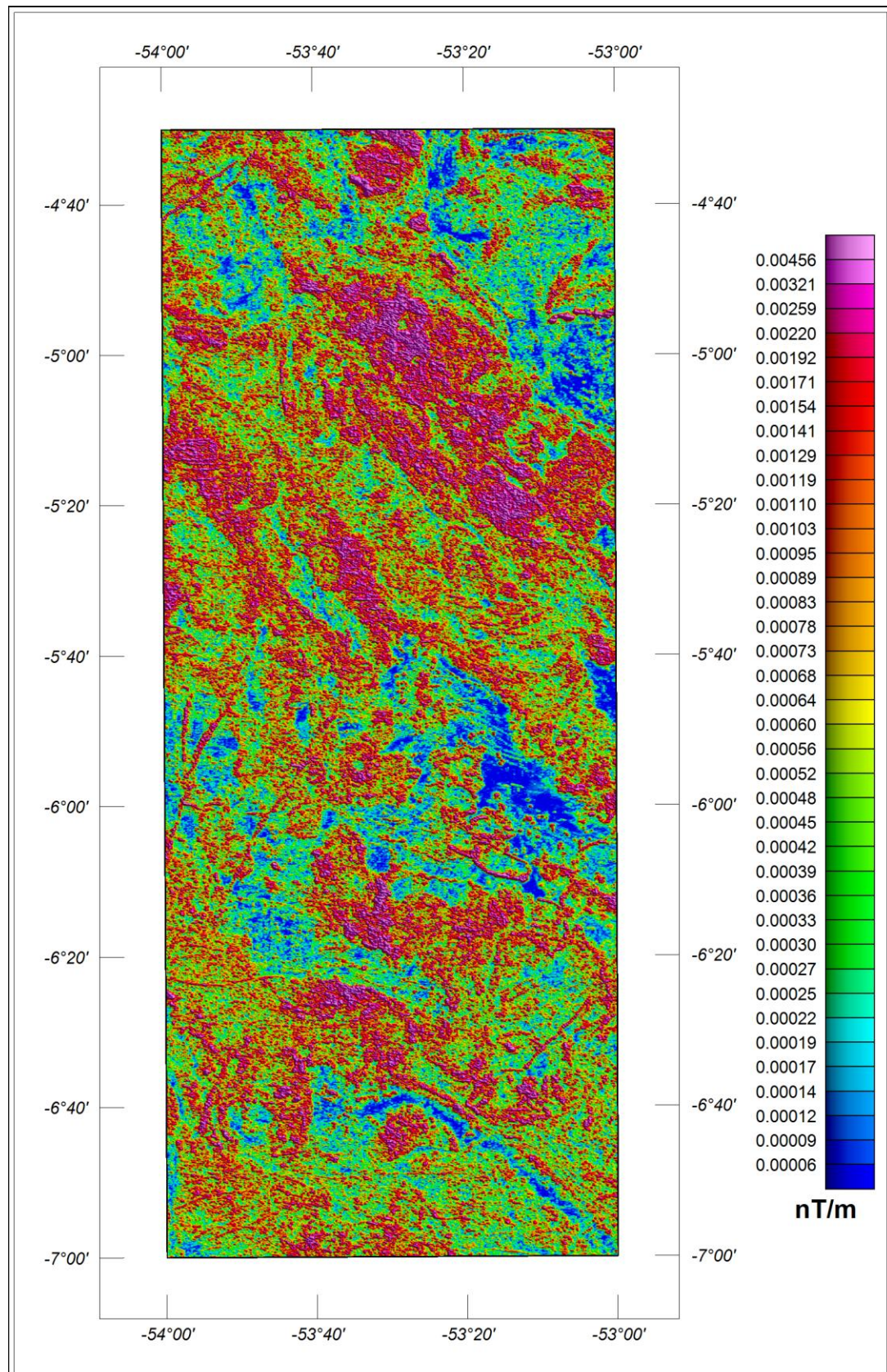


Figura 15 – Mapa do sinal analítico do campo magnético total (reduzido do IGRF).
(Azimute da Fonte Luminosa: 45°; Inclinação: 45°)

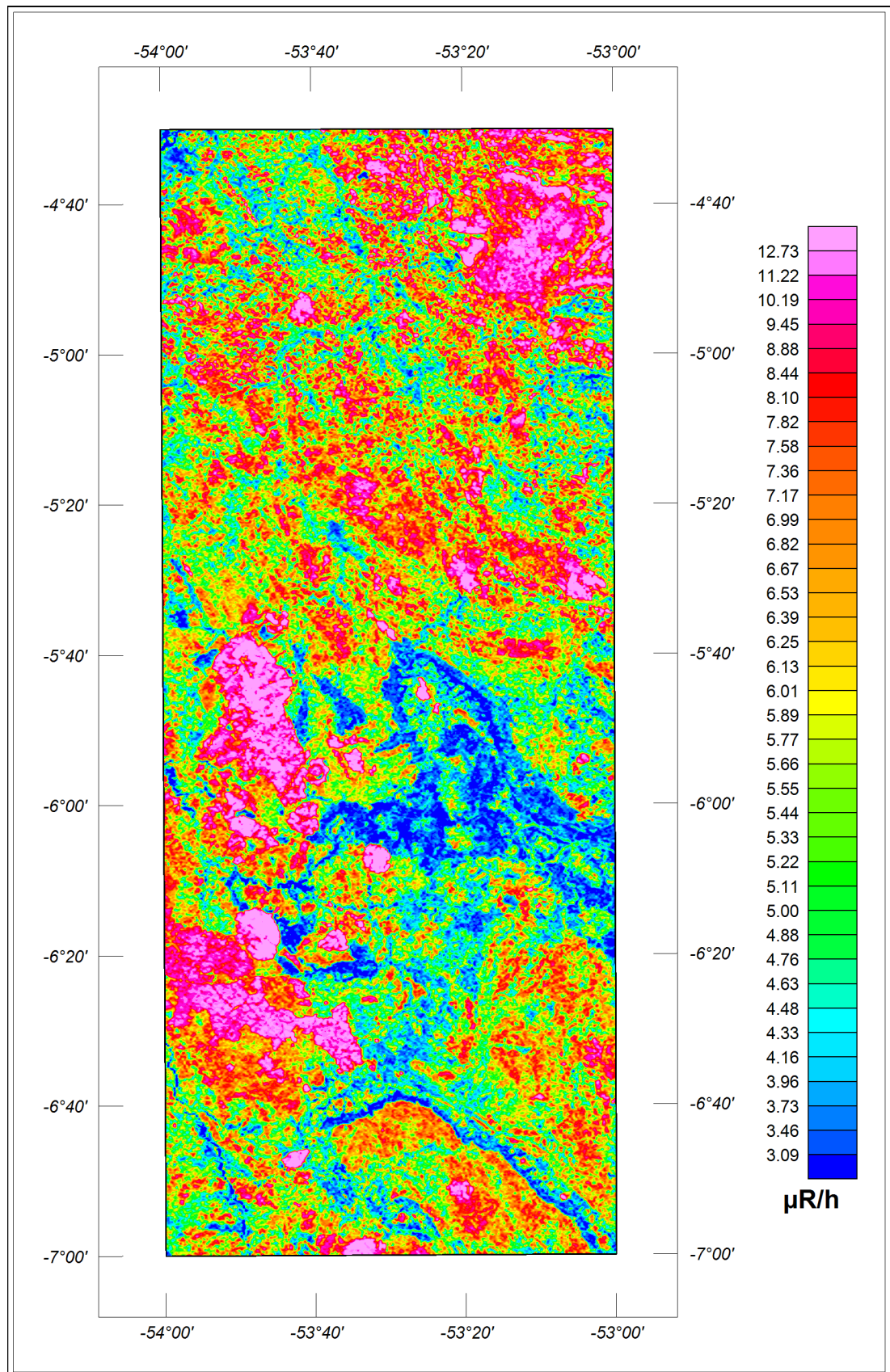


Figura 16 – Mapa Radiométrico da Taxa de Exposição do canal de Contagem Total.

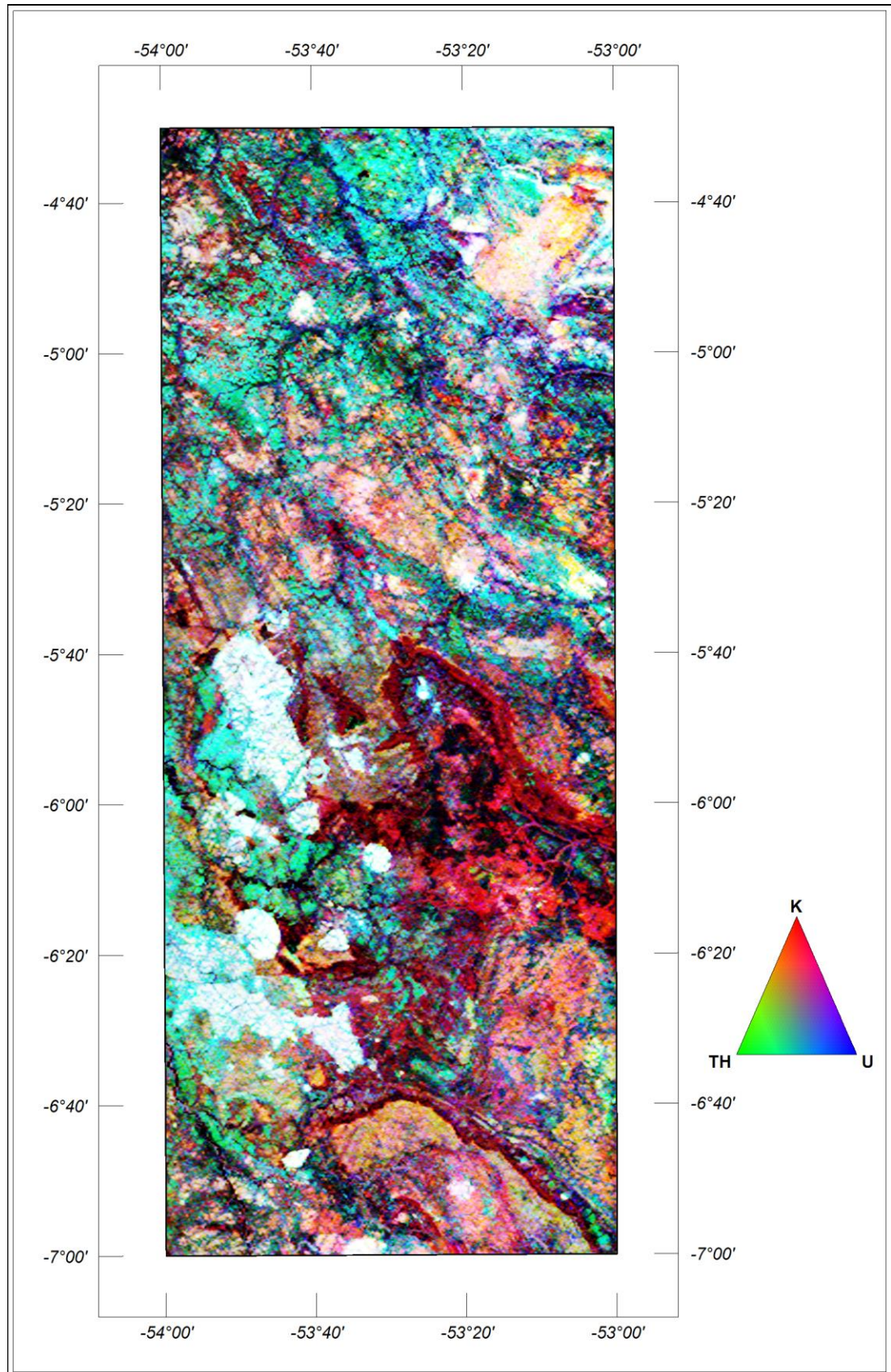


Figura 17 – Mapa Radiométrico Ternário (K-U-Th).

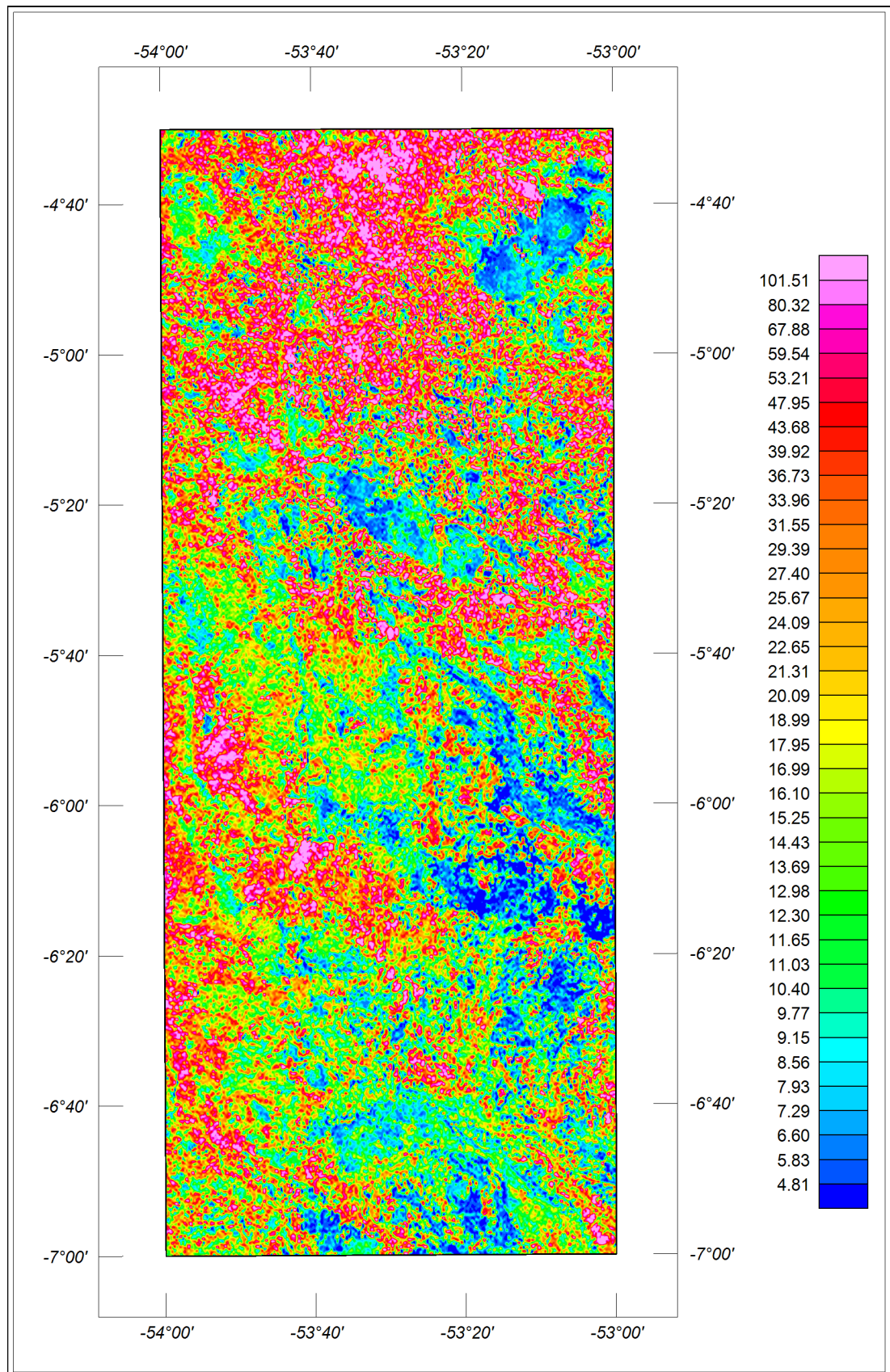


Figura 18 – Mapa Radiométrico da razão Tório / Potássio.

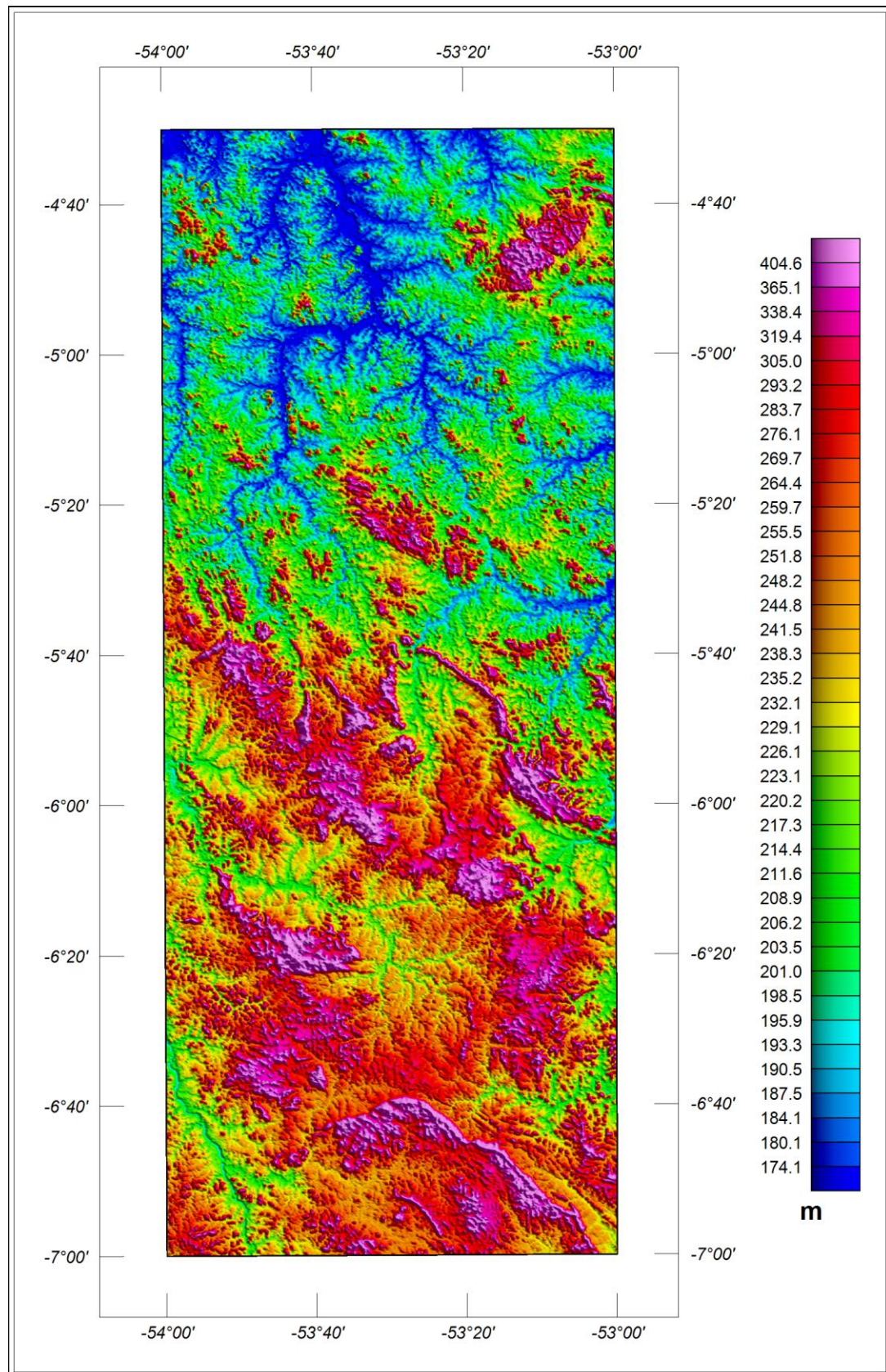


Figura 19 – Mapa pseudo-iluminado do Modelo Digital do Terreno.
(Azimute da Fonte Luminosa: 45°; Inclinação: 45°)

6. PARTICIPAÇÃO DA CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

Os serviços de aquisição de dados do projeto foram supervisionados pela Equipe de Fiscalização da CPRM constituída pelo técnico:

Iago Souza

Geofísico

DIGEOF-ERJ

A revisão e compatibilização geral dos resultados obtidos apresentados no Relatório Final foram executadas pelo geólogo Alexandre Lisboa Lago e pelo geofísico Iago Sousa, com supervisão da gerente do contrato, a geóloga Maria Laura Vereza de Azevedo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CPRM - 1999 - Relatório sobre os serviços de geodésia e topografia para locação da linha de calibração dinâmica. Divisão de Cartografia - DICART. Rio de Janeiro, Brasil.

ESRI - 2007 - Arc Gis Engine Runtime versão 9.3.1770 para Target for Arc Gis versão 7.0.1, desenvolvido pela Geosoft Inc. 1 CD-ROM.

GEOSOFT - 2005 - Montaj Geophysics Levelling System: Tutorial and User Guide. www.geosoft.com. Toronto, Canada.

GRASTY, R. L. & MINTY, B. R. S. - 1995 – A guide to the technical specifications for airborne gamma-ray surveys. AGSO, Austrália. p. 19-24.

IAEA. - 1991 - Airbone gamma ray spectrometer surveying. International Atomic Energy Agency. Technical Reports Series No. 323. Vienna, Austria. p. 21-52.

IAEA. - 2003 - Guidelines for radioelement mapping using gamma ray spectrometry data. International Atomic Energy Agency. TECDOC-1363. Vienna, Austria. p. 25-26, 56.

IBGE. - 1989 - Manual Técnico de Noções Básicas de Cartografia - Fundação IBGE. Rio de Janeiro, Brasil.

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

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

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO

PROJETO AEROGEOFÍSICO RIO IRIRI

CPRM CONTRATO N.º 068/PR/13

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

AERONAVE

PP-AGP

UBATUBA-SP
11 DE DEZEMBRO DE 2013

Aeronave: PP-AGP

Data: 11/12/2013

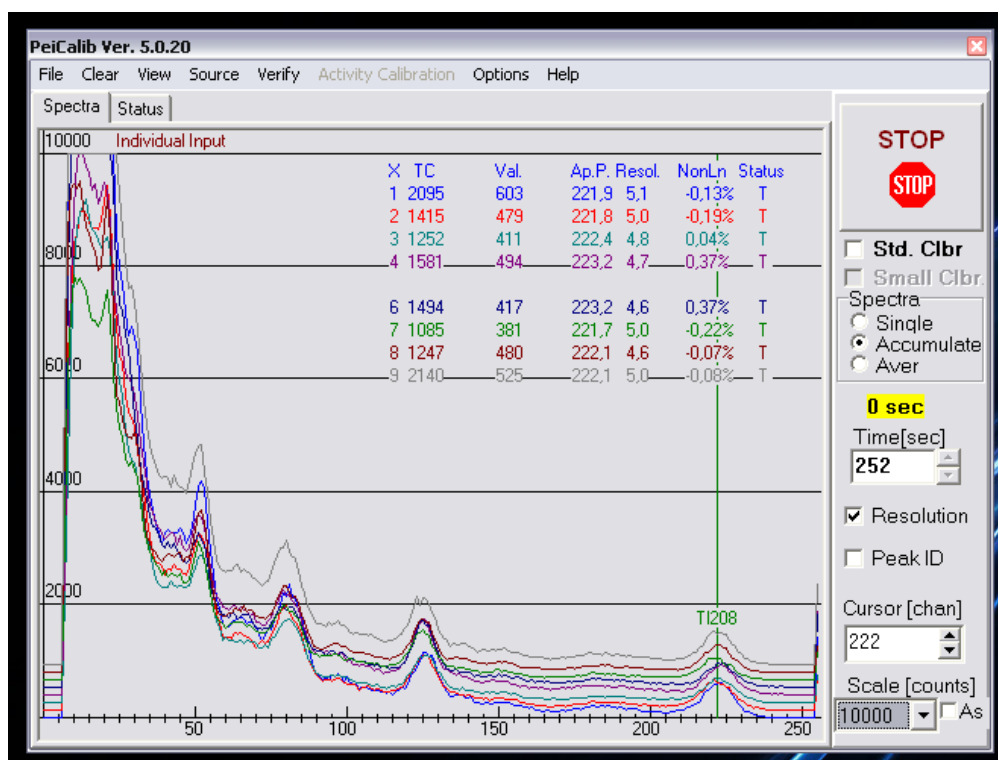
Local: UBATUBA, SP

Resolução do Sistema

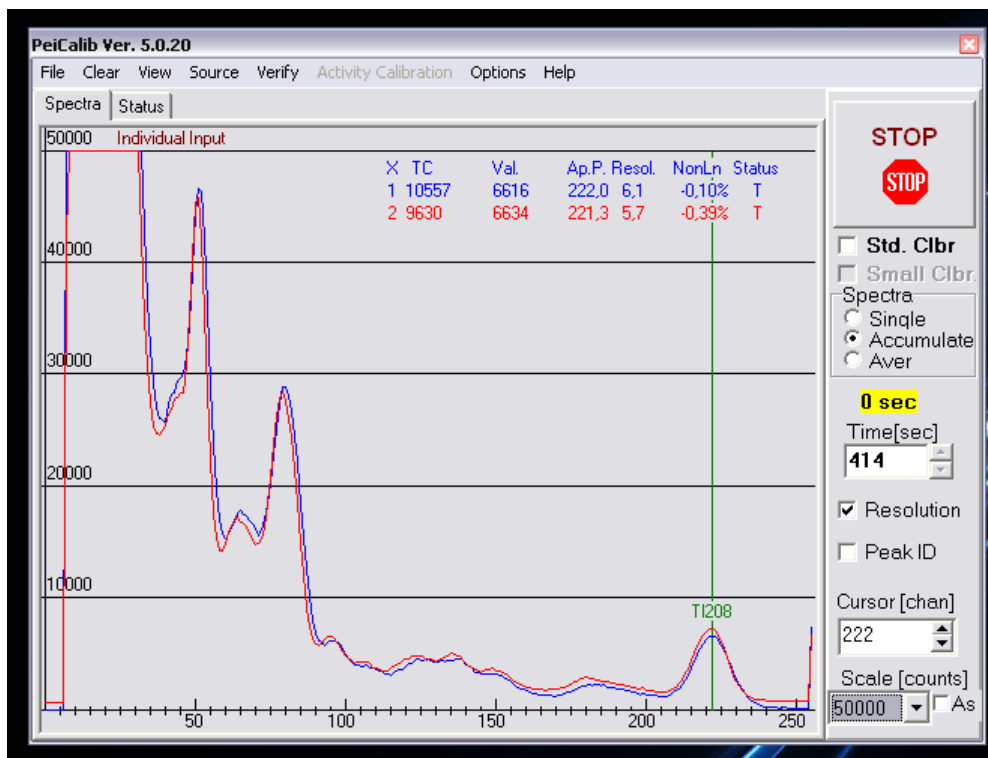
Nome	Canal Inicial	Canal Final	Pico Estabilizado
Contagem Total	71	478	-
Potássio	235	269	250
Urânio	284	318	302
Tório	410	478	445
Urânio Up	284	318	302

Resolução dos Cristais Detectores

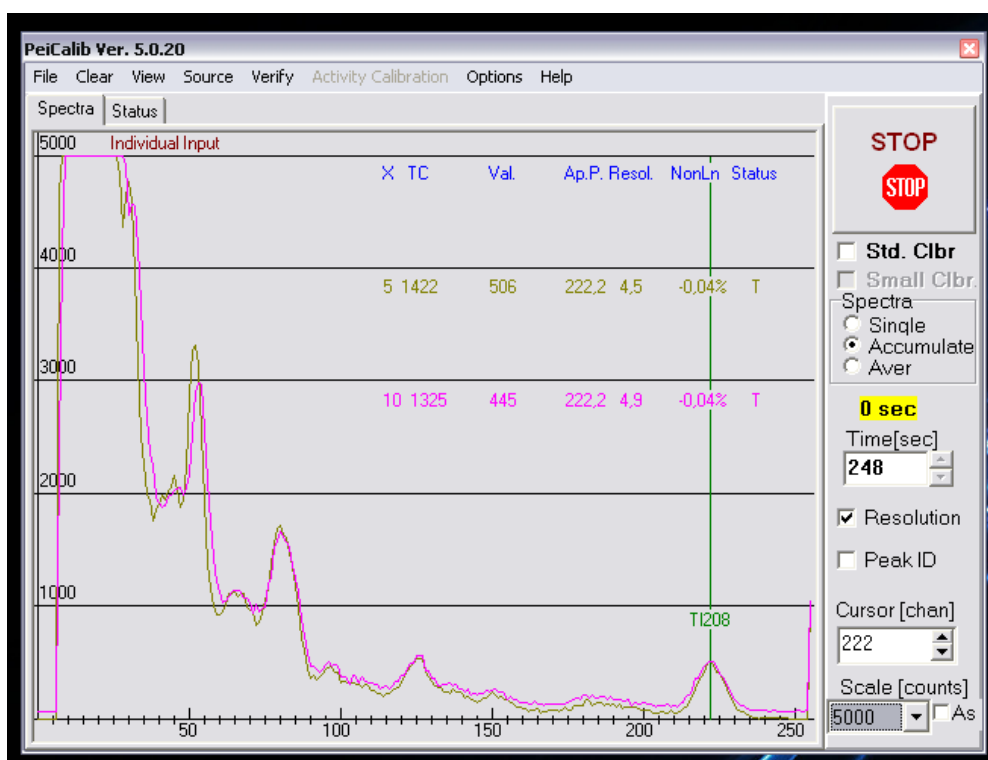
Caixa 1		Caixa 2		Caixa 3	
Cristal	Resolução	Cristal	Resolução	Cristal	Resolução
1	5,1 %	6	4,6 %	11	6,1 %
2	5,0 %	7	5,0 %	12	5,7 %
3	4,8 %	8	4,6 %	-	-
4	4,7 %	9	5,0 %	-	-
5 - up	4,5 %	10 - up	4,9%	-	-
Resolução da Caixa	4,9 %	Resolução da Caixa	4,8 %	Resolução da Caixa	5,9%
Resolução do Conjunto			5,2%		



Teste de Resolução das Caixas dos Cristais Down (caixas 1 e 2)



Teste de Resolução das Caixas dos Cristais Down (caixa 3)



Teste de Resolução dos Cristais Voltados Para Cima - Up (caixas 1 e 2)

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO

PROJETO AEROGEOFÍSICO RIO IRIRI

CPRM CONTRATO N.º 068/PR/13

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

AERONAVE

PP-AGP

UBATUBA-SP
25 DE JUNHO DE 2015

Aeronave: PP-AGP

Data: 25/06/2015

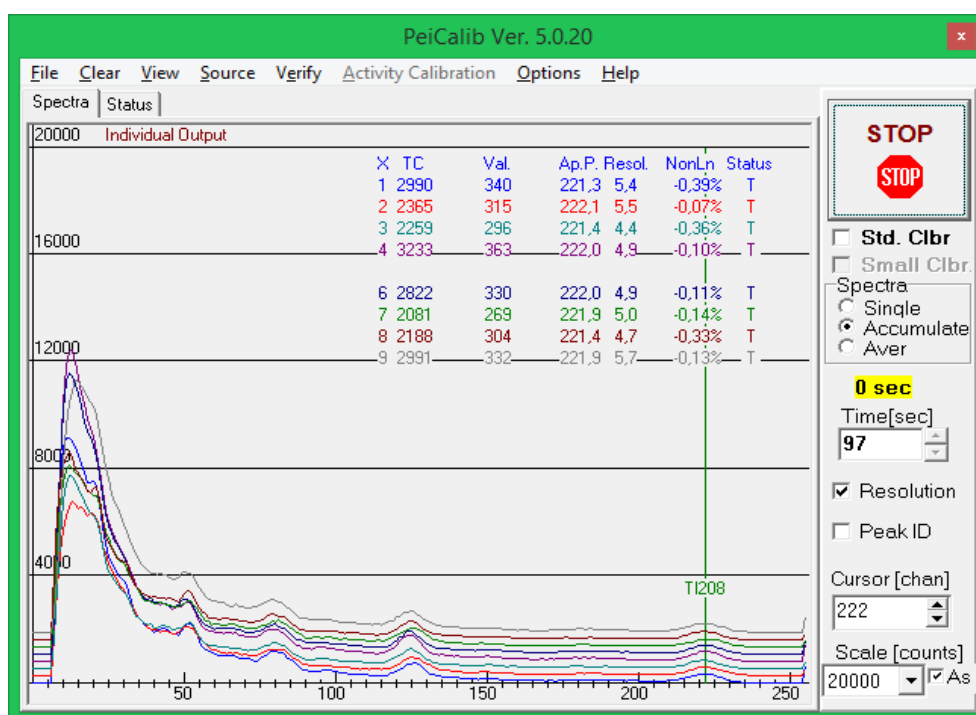
Local: UBATUBA, SP

Resolução do Sistema

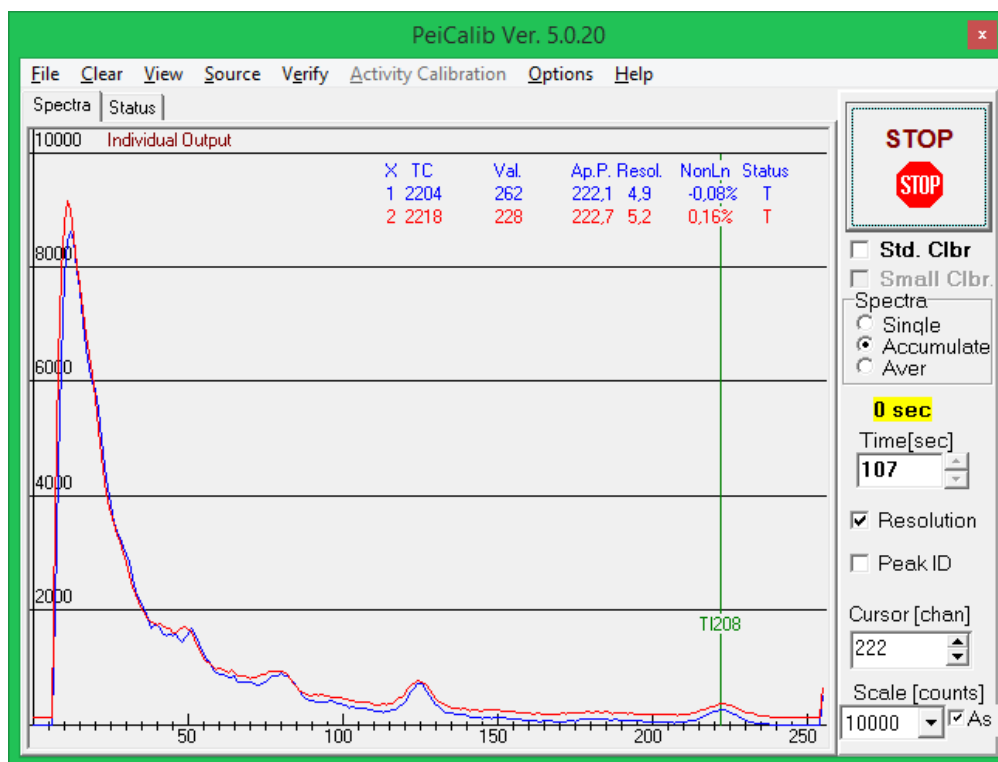
Nome	Canal Inicial	Canal Final	Pico Estabilizado
Contagem Total	71	478	-
Potássio	235	269	250
Urânio	284	318	302
Tório	410	478	445
Urânio Up	284	318	302

Resolução dos Cristais Detectores

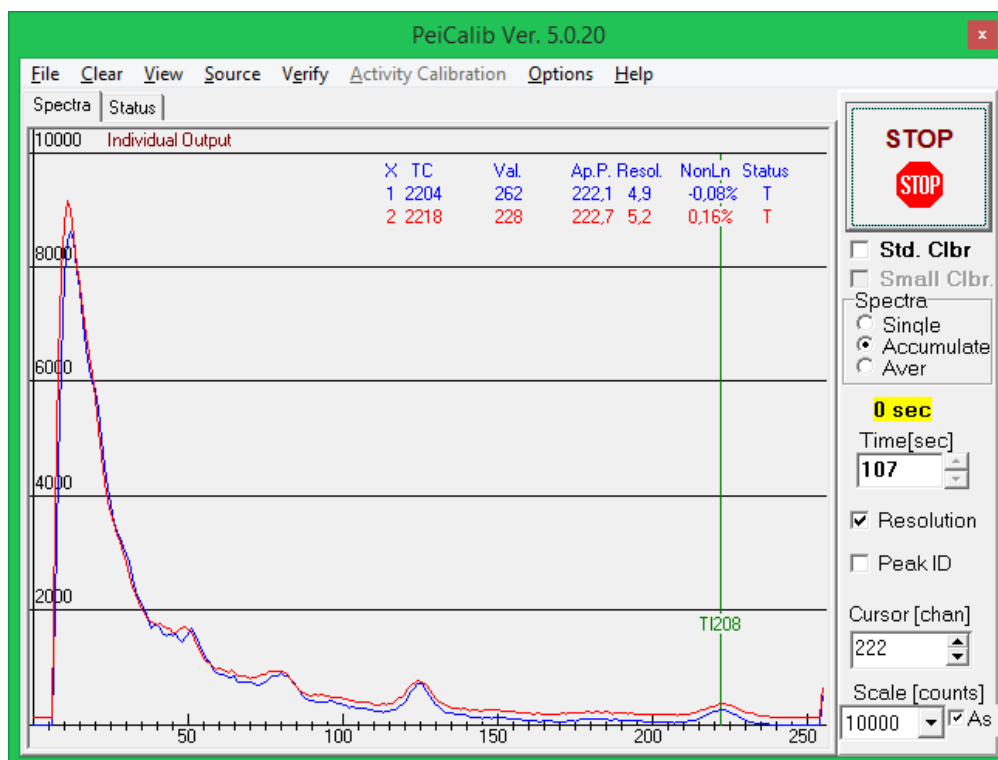
Caixa 1		Caixa 2		Caixa 3	
Cristal	Resolução	Cristal	Resolução	Cristal	Resolução
1	5,4 %	6	4,9 %	11	4,9 %
2	5,5 %	7	5,0 %	12	5,2 %
3	4,4 %	8	4,7 %	-	-
4	4,9 %	9	5,7 %	-	-
5 - up	8,5 %	10 - up	10,0%	-	-
Resolução da Caixa	5,0 %	Resolução da Caixa	5,1 %	Resolução da Caixa	5,1%
Resolução do Conjunto			5,1%		



Teste de Resolução das Caixas dos Cristais Down (caixas 1 e 2)



Teste de Resolução das Caixas dos Cristais Down (caixa 3)



Teste de Resolução dos Cristais Voltados Para Cima - Up (caixas 1 e 2)

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO

PROJETO AEROGEOFÍSICO RIO IRIRI

CPRM CONTRATO N.º 068/PR/13

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

AERONAVE

PR-MCY

UBATUBA-SP
10 DE JANEIRO DE 2015

Aeronave: PR-MCY

Data: 10/01/2015

Local: Ubatuba, SP

Gamaespectrômetro: Exploranium GR820

Resolução do Sistema

Nome	Canal Inicial	Canal Final	Pico Estabilizado
Contagem Total	34	233	-
Potássio	115	131	122
Urânio	139	155	147
Tório	202	233	218
Urânio Up	139	155	302

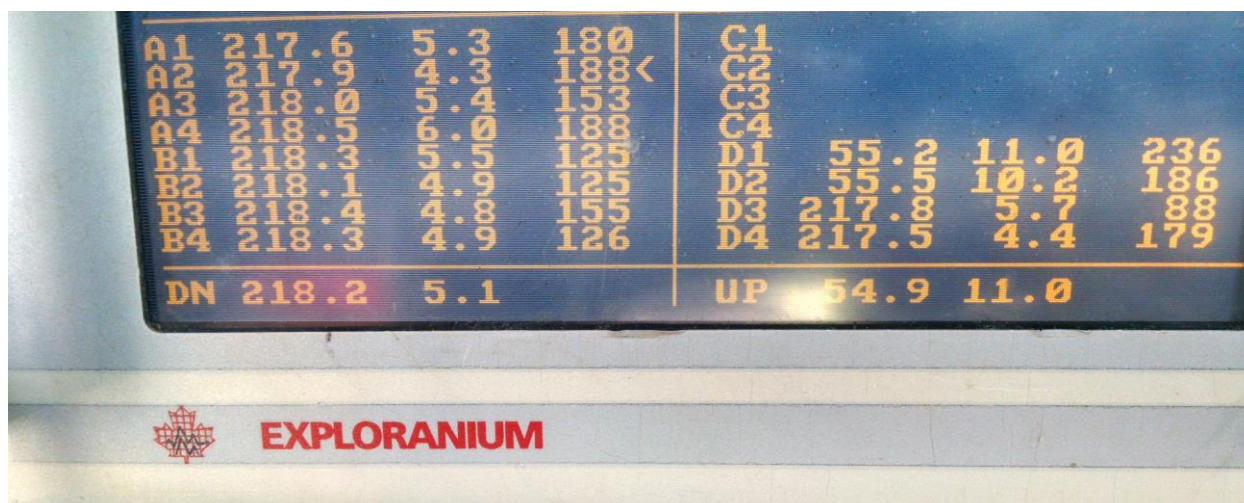
Fonte: Tório

Referência: < 7 % Caixas 1 e 2 e cristais 3 e 4 da caixa 3 (Cristais down)

Referência: <12 % Cristais 1 e 2 da caixa 3 (Cristais Up)

Resolução dos Cristais Detectores

Caixa 1		Caixa 2		Caixa 3	
Cristal	Resolução	Cristal	Resolução	Cristal	Resolução
A1	5,3 %	B1	5,5 %	D3	5,7 %
A2	4,3 %	B2	4,9 %	D4	4,4 %
A3	5,4 %	B3	4,8 %	-	-
A4	6,0 %	B4	4,9 %	-	-
D1 – up (Cs)	11,0 %	D2 – up (Cs)	10,2%	-	-
Resolução do Caixa	5,2 %	Resolução do Caixa	5,0 %	Resolução do Caixa	5,0%
Resolução do Conjunto			5,1%		



A1	217.6	5.3	180	C1			
A2	217.9	4.3	188	C2			
A3	218.0	5.4	153	C3			
A4	218.5	6.0	188	C4			
B1	218.3	5.5	125	D1	55.2	11.0	236
B2	218.1	4.9	125	D2	55.5	10.2	186
B3	218.4	4.8	155	D3	217.8	5.7	88
B4	218.3	4.9	126	D4	217.5	4.4	179
DN	218.2	5.1		UP	54.9	11.0	

 **EXPLORANIUM**

Fotografia da tela do sistema estabilizado

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

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO

PROJETO AEROGEOFÍSICO RIO IRIRI

CPRM CONTRATO N.º 068/PR/13

RESULTADO DO TESTE SOBRE OS
TANQUES DE CALIBRAÇÃO TRANSPORTÁTEIS PARA
DETERMINAÇÃO DOS COEFICIENTES COMPTON

AERONAVE
PP- AGP

UBATUBA-SP
11 DE DEZEMBRO DE 2013

**Resumo das Contagens de Cada Elemento Sobre os
Tanques de Calibração Transportáveis
Aeronave PP-AGP**

Planilha contendo o Resumo das Contagens de Cada Elemento Aeronave PP-AGP Obs.: Os valores abaixo foram corrigidos do <i>live time</i>					
Pacote de cristais A (1.024 pol ³)			Elementos (cps)		
Num. Linha	Tanque	Tempo (s)	K (média)	U (média)	Th (média)
BG1	<i>Background</i>	600	293,068	50,101	73,256
TH1	Tório	600	359,178	47,988	68,577
U1	Urânio	600	341,549	111,016	87,675
K1	Potássio	600	329,003	78,372	155,737
Pacote de cristais B (1.024 pol ³)			Elementos (cps)		
Num. Linha	Tanque	Tempo (s)	K (média)	U (média)	Th (média)
BG2	<i>Background</i>	600	268,810	49,384	65,776
TH2	Tório	600	330,818	45,798	61,551
U2	Urânio	600	314,033	104,433	79,325
K2	Potássio	600	301,068	76,575	141,085
Pacote de cristais C (512 pol ³)			Elementos (cps)		
Num. Linha	Tanque	Tempo (s)	K (média)	U (média)	Th (média)
BG3	<i>Background</i>	600	179,915	33,015	44,868
TH3	Tório	600	214,433	31,716	42,571
U3	Urânio	600	206,708	64,790	52,185
K3	Potássio	600	200,280	49,091	87,388

Planilha contendo o Resumo das Contagens de Cada Elemento				
Aeronave PP-AGP				
Obs.: Os valores abaixo foram corrigidos do <i>live time</i>				
Pacote de cristais A (1.024 pol ³)		Elementos (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	175841	30061	43954
Tório	600	215507	28793	41146
Urânio	600	204929	66610	52605
Potássio	600	197402	47023	93442
Pacote de cristais B (1.024 pol ³)		Elementos (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	161286	29630	39466
Tório	600	198491	27479	36931
Urânio	600	188420	62660	47595
Potássio	600	180641	45945	84651
Pacote de cristais C (512 pol ³)		Elementos (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	107949	19809	26921
Tório	600	128660	19030	25543
Urânio	600	124025	38874	31311
Potássio	600	120168	29455	52433
Pacotes de cristais A, B e C (2.560 pol ³)		Elementos (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	445076	79500	110340
Tório	600	542657	75301	103619
Urânio	600	517374	168143	131511
Potássio	600	498211	122423	230526

Cópia do arquivo de saída do programa CALIPAD com o resultado do Teste sobre o Tanque de Calibração da USP e referente ao pacote de cristais A:

PROGRAMA CALIPAD

Obtenção dos coeficientes de stripping para Pads de calibração

Revisão (v.484 - 2006/09/12 17:27:17)

Número de PADS: 4 Data de geração do relatório: 13/12/2013

DESCRIÇÃO DOS PADS USADOS

1 - Concentrações

Descr PAD	K (%)	U eq (ppm)	Th (ppm)
BG 1	0.700 (0.000)	2.000 (0.200)	8.800 (0.300)
K	6.400 (0.200)	0.100 (0.100)	1.400 (0.200)
U	0.900 (0.100)	60.500 (0.600)	26.500 (0.400)
Th	0.800 (0.000)	9.800 (0.500)	142.800 (2.000)

2 - Contagens

Descr PAD	K (cps)	U eq (cps)	Th (cps)	T(s)
BG 1	293.068 (0.699)	50.102 (0.289)	73.257 (0.349)	600.0
K	359.178 (0.774)	47.988 (0.283)	68.577 (0.338)	600.0
U	341.548 (0.754)	111.017 (0.430)	87.675 (0.382)	600.0
Th	329.003 (0.740)	78.372 (0.361)	155.737 (0.509)	600.0

3 - Matriz de Sensibilidades

12.121 (0.466)	0.722 (0.028)	0.217 (0.009)	281.230 (0.928)
0.159 (0.086)	0.994 (0.014)	0.153 (0.006)	46.655 (0.436)
-0.006 (0.098)	0.061 (0.010)	0.612 (0.010)	67.753 (0.492)

4 - Matriz inversa de Sensibilidades

8.33e-002 (3.22e-003)	-5.95e-002 (3.18e-003)	-1.47e-002 (1.29e-003)
-1.37e-002 (7.42e-003)	1.03e+000 (1.41e-002)	-2.53e-001 (9.68e-003)
2.21e-003 (1.35e-002)	-1.04e-001 (1.70e-002)	1.66e+000 (2.89e-002)

5 - Coeficientes de stripping

alfa	0.2500 (0.0087)
beta	0.3548 (0.0132)
gama	0.7256 (0.0276)
a	0.0617 (0.0102)
b	-0.0005 (0.0081)
g	0.0131 (0.0070)

6 - Sensibilidade das janelas para pequenas fontes

Potássio (K):	12.121 (0.466)
Urânio equivalente (U eq.):	0.994 (0.014)
Tório (Th):	0.612 (0.010)

7 - Sensibilidade das janelas com fatores geométricos

Potássio (K):	14.181 (0.545)	fator = 1.170
Urânio equivalente (U eq.):	1.164 (0.016)	fator = 1.170
Tório (Th):	0.728 (0.012)	fator = 1.190

Cópia do arquivo de saída do programa CALIPAD com o resultado do Teste sobre o Tanque de Calibração da USP e referente ao pacote de cristais B:

PROGRAMA CALIPAD

Obtenção dos coeficientes de stripping para Pads de calibração

Revisão (v.484 - 2006/09/12 17:27:17)

Número de PADS: 4 Data de geração do relatório: 13/12/2013

DESCRIÇÃO DOS PADS USADOS

1 - Concentrações

Descr PAD	K (%)	U eq (ppm)	Th (ppm)
BG 1	0.700 (0.000)	2.000 (0.200)	8.800 (0.300)
K	6.400 (0.200)	0.100 (0.100)	1.400 (0.200)
U	0.900 (0.100)	60.500 (0.600)	26.500 (0.400)
Th	0.800 (0.000)	9.800 (0.500)	142.800 (2.000)

2 - Contagens

Descr PAD	K (cps)	U eq (cps)	Th (cps)	T(s)
BG 1	268.810 (0.669)	49.383 (0.287)	65.777 (0.331)	600.0
K	330.818 (0.743)	45.798 (0.276)	61.552 (0.320)	600.0
U	314.033 (0.723)	104.433 (0.417)	79.325 (0.364)	600.0
Th	301.068 (0.708)	76.575 (0.357)	141.085 (0.485)	600.0

3 - Matriz de Sensibilidades

11.354 (0.438)	0.676 (0.027)	0.193 (0.008)	257.813 (0.886)
-0.134 (0.083)	0.896 (0.013)	0.151 (0.005)	46.358 (0.420)
0.005 (0.093)	0.063 (0.010)	0.558 (0.010)	60.735 (0.462)

4 - Matriz inversa de Sensibilidades

8.73e-002 (3.39e-003)	-6.50e-002 (3.48e-003)	-1.26e-002 (1.42e-003)
1.35e-002 (8.42e-003)	1.13e+000 (1.58e-002)	-3.09e-001 (1.13e-002)
-2.22e-003 (1.48e-002)	-1.26e-001 (1.93e-002)	1.83e+000 (3.24e-002)

5 - Coeficientes de stripping

alfa	0.2702 (0.0090)
beta	0.3455 (0.0137)
gama	0.7544 (0.0294)
a	0.0699 (0.0107)
b	0.0004 (0.0081)
g	-0.0118 (0.0073)

6 - Sensibilidade das janelas para pequenas fontes

Potássio (K):	11.354 (0.438)
Urânio equivalente (U eq.):	0.896 (0.013)
Tório (Th):	0.558 (0.010)

7 - Sensibilidade das janelas com fatores geométricos

Potássio (K):	13.285 (0.513)	fator = 1.170
Urânio equivalente (U eq.):	1.048 (0.015)	fator = 1.170
Tório (Th):	0.664 (0.011)	fator = 1.190

Cópia do arquivo de saída do programa CALIPAD com o resultado do Teste sobre o Tanque de Calibração da USP e referente ao pacote de cristais C:

PROGRAMA CALIPAD

Obtenção dos coeficientes de stripping para Pads de calibração

Revisão (v.484 - 2006/09/12 17:27:17)

Número de PADS: 4 Data de geração do relatório: 16/12/2013

DESCRIÇÃO DOS PADS USADOS

1 - Concentrações

Descr PAD	K (%)	U eq (ppm)	Th (ppm)
BG 1	0.700 (0.000)	2.000 (0.200)	8.800 (0.300)
K	6.400 (0.200)	0.100 (0.100)	1.400 (0.200)
U	0.900 (0.100)	60.500 (0.600)	26.500 (0.400)
Th	0.800 (0.000)	9.800 (0.500)	142.800 (2.000)

2 - Contagens

Descr PAD	K (cps)	U eq (cps)	Th (cps)	T(s)
BG 1	179.915 (0.548)	33.015 (0.235)	44.868 (0.273)	600.0
K	214.433 (0.598)	31.717 (0.230)	42.572 (0.266)	600.0
U	206.708 (0.587)	64.790 (0.329)	52.185 (0.295)	600.0
Th	200.280 (0.578)	49.092 (0.286)	87.388 (0.382)	600.0

3 - Matriz de Sensibilidades

6.350 (0.267)	0.399 (0.018)	0.124 (0.006)	173.581 (0.698)
0.061 (0.064)	0.516 (0.009)	0.090 (0.004)	31.150 (0.317)
0.017 (0.073)	0.030 (0.007)	0.316 (0.006)	42.021 (0.358)

4 - Matriz inversa de Sensibilidades

1.59e-001 (6.78e-003)	-1.21e-001 (7.01e-003)	-2.79e-002 (3.39e-003)
-1.76e-002 (2.08e-002)	1.98e+000 (3.32e-002)	-5.58e-001 (2.37e-002)
-6.72e-003 (3.71e-002)	-1.79e-001 (4.39e-002)	3.22e+000 (6.20e-002)

5 - Coeficientes de stripping

alfa	0.2849 (0.0111)
beta	0.3930 (0.0192)
gama	0.7732 (0.0345)
a	0.0573 (0.0139)
b	0.0026 (0.0115)
g	0.0096 (0.0101)

6 - Sensibilidade das janelas para pequenas fontes

Potássio (K):	6.350 (0.267)
Urânio equivalente (U eq.):	0.516 (0.009)
Tório (Th):	0.316 (0.006)

7 - Sensibilidade das janelas com fatores geométricos

Potássio (K):	7.429 (0.313)	fator =	1.170
Urânio equivalente (U eq.):	0.603 (0.010)	fator =	1.170
Tório (Th):	0.376 (0.007)	fator =	1.190

Cópia do arquivo de saída do programa CALIPAD com o resultado do Teste sobre o tanque de Calibração da USP e referente aos pacotes de cristais A, B e C:

PROGRAMA CALIPAD

Obtenção dos coeficientes de stripping para Pads de calibração

Revisão (v.484 - 2006/09/12 17:27:17)

Número de PADS: 4 Data de geração do relatório: 16/12/2013

DESCRIÇÃO DOS PADS USADOS

1 - Concentrações

Descr PAD	K (%)	U eq (ppm)	Th (ppm)
BG 1	0.700 (0.000)	2.000 (0.200)	8.800 (0.300)
K	6.400 (0.200)	0.100 (0.100)	1.400 (0.200)
U	0.900 (0.100)	60.500 (0.600)	26.500 (0.400)
Th	0.800 (0.000)	9.800 (0.500)	142.800 (2.000)

2 - Contagens

Descr PAD	K (cps)	U eq (cps)	Th (cps)	T(s)
BG 1	741.793 (1.112)	132.500 (0.470)	183.900 (0.554)	600.0
K	904.428 (1.228)	125.502 (0.457)	172.698 (0.536)	600.0
U	862.290 (1.199)	280.238 (0.683)	219.185 (0.604)	600.0
Th	830.352 (1.176)	204.038 (0.583)	384.210 (0.800)	600.0

3 - Matriz de Sensibilidades

29.825 (1.090)	1.796 (0.062)	0.534 (0.016)	712.624 (1.621)
0.085 (0.159)	2.406 (0.030)	0.394 (0.013)	124.163 (0.842)
0.015 (0.174)	0.154 (0.019)	1.486 (0.024)	170.506 (0.895)

4 - Matriz inversa de Sensibilidades

3.36e-002 (1.23e-003)	-2.47e-002 (1.23e-003)	-5.52e-003 (4.26e-004)
-1.16e-003 (2.27e-003)	4.24e-001 (5.08e-003)	-1.12e-001 (3.58e-003)
-2.21e-004 (3.98e-003)	-4.35e-002 (5.65e-003)	6.85e-001 (1.14e-002)

5 - Coeficientes de stripping

alfa	0.2650 (0.0075)
beta	0.3594 (0.0095)
gama	0.7466 (0.0246)
a	0.0638 (0.0080)
b	0.0005 (0.0058)
g	0.0029 (0.0053)

6 - Sensibilidade das janelas para pequenas fontes

Potássio (K):	29.825 (1.090)
Urânio equivalente (U eq.):	2.406 (0.030)
Tório (Th):	1.486 (0.024)

7 - Sensibilidade das janelas com fatores geométricos

Potássio (K):	34.895 (1.276)	fator = 1.170
Urânio equivalente (U eq.):	2.815 (0.035)	fator = 1.170
Tório (Th):	1.768 (0.028)	fator = 1.190

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO

PROJETO AEROGEOFÍSICO RIO IRIRI

CPRM CONTRATO N.º 068/PR/13

RESULTADO DO TESTE SOBRE OS
TANQUES DE CALIBRAÇÃO TRANSPORTÁTEIS PARA
DETERMINAÇÃO DOS COEFICIENTES COMPTON

AERONAVE
PP- AGP

UBATUBA-SP
25 DE JUNHO DE 2015

**Resumo das Contagens de Cada Elemento Sobre os
Tanques de Calibração Transportáveis
Aeronave PP-AGP**

Planilha contendo o Resumo das Contagens de Cada Elemento Aeronave PP-AGP Obs.: Os valores abaixo foram corrigidos do <i>live time</i>					
Pacote de cristais A (1.024 pol ³)			Elementos (cps)		
Num. Linha	Tanque	Tempo (s)	K (média)	U (média)	Th (média)
BG1	<i>Background</i>	600	240,742	48,934	82,260
TH1	Tório	600	292,774	46,914	80,279
U1	Urânio	600	279,641	95,281	93,295
K1	Potássio	600	268,512	69,643	143,235
Pacote de cristais B (1.024 pol ³)			Elementos (cps)		
Num. Linha	Tanque	Tempo (s)	K (média)	U (média)	Th (média)
BG2	<i>Background</i>	600	232,599	46,480	79,034
TH2	Tório	600	268,362	44,434	77,276
U2	Urânio	600	266,194	86,782	88,684
K2	Potássio	600	255,886	63,739	127,239
Pacote de cristais C (512 pol ³)			Elementos (cps)		
Num. Linha	Tanque	Tempo (s)	K (média)	U (média)	Th (média)
BG3	<i>Background</i>	600	109,228	23,824	38,097
TH3	Tório	600	137,457	22,759	35,989
U3	Urânio	600	133,741	53,294	44,841
K3	Potássio	600	127,115	37,785	73,802

Planilha contendo o Resumo das Contagens de Cada Elemento				
Aeronave PP-AGP				
Obs.: Os valores abaixo foram corrigidos do <i>live time</i>				
Pacote de cristais A (1.024 pol ³)		Elementos (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	144445	29360	49356
Tório	600	175664	28148	48167
Urânio	600	167785	57169	55977
Potássio	600	161107	41786	85941
Pacote de cristais B (1.024 pol ³)		Elementos (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	139559	27888	47420
Tório	600	161017	26660	46366
Urânio	600	159716	52069	53210
Potássio	600	153532	38243	76343
Pacote de cristais C (512 pol ³)		Elementos (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	65537	14294	22858
Tório	600	82474	13655	21593
Urânio	600	80245	31976	26905
Potássio	600	76269	22671	44281
Pacotes de cristais A, B e C (2.560 pol ³)		Elementos (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	349541	71543	119635
Tório	600	419156	68464	116126
Urânio	600	407746	141214	136092
Potássio	600	390908	102700	206566

Cópia do arquivo de saída do programa CALIPAD com o resultado do Teste sobre o Tanque de Calibração da USP e referente ao pacote de cristais A:

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

Ubatuba-SP, 25/06/2015 - Caixa A - PP-AGP

WINDOW COUNTS:

	TIME (M)	K COUNTS	U COUNTS	TH COUNTS
B Pad	600.0	144445.	29360.	49356.
K Pad	600.0	175664.	28148.	48167.
U Pad	600.0	167785.	57169.	55977.
T Pad	600.0	161107.	41786.	85941.

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

9.538E+00 (3.763E-01)	5.821E-01 (2.336E-02)	1.662E-01 (7.054E-03)
4.178E-02 (7.989E-02)	7.588E-01 (1.161E-02)	1.103E-01 (4.449E-03)
2.559E-01 (9.998E-02)	5.106E-02 (9.558E-03)	4.518E-01 (4.529E-03)

INVERSE A-MATRIX:

1.057E-01 (4.210E-03)	-7.979E-02 (4.334E-03)	-1.940E-02 (1.908E-03)
2.935E-03 (1.157E-02)	1.338E+00 (1.996E-02)	-3.278E-01 (1.433E-02)
-6.021E-02 (2.355E-02)	-1.060E-01 (2.649E-02)	2.261E+00 (2.208E-02)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 9.538E+00 (3.763E-01) COUNTS/ M PER PCT K
 U SENSITIVITY (A22) = 7.588E-01 (1.161E-02) COUNTS/ M PER PPM EU
 TH SENSITIVITY (A33) = 4.518E-01 (4.529E-03) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 1.116E+01 (4.403E-01) COUNTS/ M PER PCT K
 U SENSITIVITY (A22) = 8.877E-01 (1.359E-02) COUNTS/ M PER PPM EU
 TH SENSITIVITY (A33) = 5.377E-01 (5.390E-03) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2442 (.0100)
 TH INTO K (BETA = A13/A33): .3679 (.0160)
 U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7671 (.0307)
 U INTO TH (A = A32/A22): .0673 (.0126)
 K INTO TH (B = A31/A11): .0268 (.0104)
 K INTO U (G = A21/A11): .0044 (.0084)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW: 2.314E+02 (8.264E-01) COUNTS/M
 U WINDOW: 4.642E+01 (3.994E-01) COUNTS/M
 TH WINDOW: 7.800E+01 (4.839E-01) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

Cópia do arquivo de saída do programa CALIPAD com o resultado do Teste sobre o Tanque de Calibração da USP e referente ao pacote de cristais B:

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

Ubatuba-SP, 25/06/2015 - Caixa B - PP-AGP

WINDOW COUNTS:

	TIME (M)	K COUNTS	U COUNTS	TH COUNTS
B Pad	600.0	139559.	27888.	47420.
K Pad	600.0	161017.	26660.	46366.
U Pad	600.0	159716.	52069.	53210.
T Pad	600.0	153532.	38243.	76343.

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

6.625E+00 (2.863E-01)	5.095E-01 (1.958E-02)	1.392E-01 (6.791E-03)
-2.130E-02 (7.647E-02)	6.617E-01 (1.063E-02)	9.028E-02 (4.093E-03)
1.732E-01 (9.625E-02)	5.657E-02 (9.085E-03)	3.563E-01 (4.295E-03)

INVERSE A-MATRIX:

1.514E-01 (6.641E-03)	-1.140E-01 (6.168E-03)	-3.025E-02 (3.154E-03)
1.524E-02 (1.841E-02)	1.533E+00 (2.469E-02)	-3.945E-01 (1.899E-02)
-7.601E-02 (4.171E-02)	-1.881E-01 (3.896E-02)	2.884E+00 (3.364E-02)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 6.625E+00 (2.863E-01) COUNTS/ M PER PCT K
 U SENSITIVITY (A22) = 6.617E-01 (1.063E-02) COUNTS/ M PER PPM EU
 TH SENSITIVITY (A33) = 3.563E-01 (4.295E-03) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 7.751E+00 (3.349E-01) COUNTS/ M PER PCT K
 U SENSITIVITY (A22) = 7.742E-01 (1.244E-02) COUNTS/ M PER PPM EU
 TH SENSITIVITY (A33) = 4.240E-01 (5.112E-03) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2534 (.0118)
 TH INTO K (BETA = A13/A33): .3906 (.0195)
 U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7700 (.0298)
 U INTO TH (A = A32/A22): .0855 (.0137)
 K INTO TH (B = A31/A11): .0261 (.0145)
 K INTO U (G = A21/A11): -.0032 (.0115)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW: 2.257E+02 (7.927E-01) COUNTS/M
 U WINDOW: 4.438E+01 (3.800E-01) COUNTS/M
 TH WINDOW: 7.566E+01 (4.644E-01) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

Cópia do arquivo de saída do programa CALIPAD com o resultado do Teste sobre o Tanque de Calibração da USP e referente ao pacote de cristais C:

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

Ubatuba-SP, 25/06/2015 - Caixa C - PP-AGP

WINDOW COUNTS:

	TIME (M)	K COUNTS	U COUNTS	TH COUNTS
B Pad	600.0	65537.	14294.	22858.
K Pad	600.0	82474.	13655.	21539.
U Pad	600.0	80245.	31976.	26905.
T Pad	600.0	76269.	22671.	44281.

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

5.216E+00 (2.172E-01)	3.685E-01 (1.436E-02)	1.081E-01 (4.759E-03)
7.219E-02 (5.497E-02)	4.805E-01 (7.957E-03)	7.616E-02 (3.034E-03)
-3.064E-02 (6.648E-02)	3.541E-02 (6.439E-03)	2.644E-01 (3.182E-03)

INVERSE A-MATRIX:

1.935E-01 (8.190E-03)	-1.457E-01 (7.997E-03)	-3.718E-02 (3.979E-03)
-3.334E-02 (2.378E-02)	2.152E+00 (3.592E-02)	-6.062E-01 (2.724E-02)
2.690E-02 (4.945E-02)	-3.051E-01 (5.067E-02)	3.859E+00 (4.579E-02)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 5.216E+00 (2.172E-01) COUNTS/ M PER PCT K
 U SENSITIVITY (A22) = 4.805E-01 (7.957E-03) COUNTS/ M PER PPM EU
 TH SENSITIVITY (A33) = 2.644E-01 (3.182E-03) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 6.102E+00 (2.542E-01) COUNTS/ M PER PCT K
 U SENSITIVITY (A22) = 5.622E-01 (9.310E-03) COUNTS/ M PER PPM EU
 TH SENSITIVITY (A33) = 3.146E-01 (3.786E-03) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2881 (.0119)
 TH INTO K (BETA = A13/A33): .4090 (.0186)
 U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7669 (.0301)
 U INTO TH (A = A32/A22): .0737 (.0134)
 K INTO TH (B = A31/A11): -.0059 (.0127)
 K INTO U (G = A21/A11): .0138 (.0105)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW: 1.039E+02 (5.482E-01) COUNTS/M
 U WINDOW: 2.214E+01 (2.733E-01) COUNTS/M
 TH WINDOW: 3.572E+01 (3.243E-01) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

Cópia do arquivo de saída do programa CALIPAD com o resultado do Teste sobre o tanque de Calibração da USP e referente aos pacotes de cristais A, B e C:

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

Ubatuba-SP, 25/06/2015 - Caixa A+B+C - PP-AGP

WINDOW COUNTS:

	TIME (M)	K COUNTS	U COUNTS	TH COUNTS
B Pad	600.0	349541.	71543.	119635.
K Pad	600.0	419156.	68464.	116126.
U Pad	600.0	407746.	141214.	136092.
T Pad	600.0	390908.	102700.	206566.

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

2.138E+01 (7.973E-01)	1.460E+00 (4.695E-02)	4.135E-01 (1.205E-02)
9.264E-02 (1.402E-01)	1.901E+00 (2.440E-02)	2.768E-01 (9.216E-03)
4.139E-01 (1.647E-01)	1.430E-01 (1.636E-02)	1.072E+00 (7.229E-03)

INVERSE A-MATRIX:

4.710E-02 (1.762E-03)	-3.550E-02 (1.715E-03)	-9.000E-03 (6.582E-04)
3.583E-04 (3.585E-03)	5.362E-01 (6.728E-03)	-1.385E-01 (5.063E-03)
-1.823E-02 (7.292E-03)	-5.778E-02 (7.718E-03)	9.544E-01 (6.207E-03)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 2.138E+01 (7.973E-01) COUNTS/ M PER PCT K
 U SENSITIVITY (A22) = 1.901E+00 (2.440E-02) COUNTS/ M PER PPM EU
 TH SENSITIVITY (A33) = 1.072E+00 (7.229E-03) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 2.501E+01 (9.328E-01) COUNTS/ M PER PCT K
 U SENSITIVITY (A22) = 2.224E+00 (2.855E-02) COUNTS/ M PER PPM EU
 TH SENSITIVITY (A33) = 1.276E+00 (8.603E-03) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2581 (.0086)
 TH INTO K (BETA = A13/A33): .3856 (.0114)
 U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7681 (.0237)
 U INTO TH (A = A32/A22): .0752 (.0085)
 K INTO TH (B = A31/A11): .0194 (.0077)
 K INTO U (G = A21/A11): .0043 (.0065)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW: 5.610E+02 (1.373E+00) COUNTS/M
 U WINDOW: 1.129E+02 (7.279E-01) COUNTS/M
 TH WINDOW: 1.894E+02 (8.102E-01) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO

PROJETO AEROGEOFÍSICO RIO IRIRI

CPRM CONTRATO N.º 068/PR/13

RESULTADO DO TESTE SOBRE OS
TANQUES DE CALIBRAÇÃO TRANSPORTÁTEIS PARA
DETERMINAÇÃO DOS COEFICIENTES COMPTON

AERONAVE
PR-MCY

UBATUBA-SP
10 DE JANEIRO DE 2015

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

Planilha contendo o Resumo das Contagens de Cada Elemento <u>Aeronave PR-MCY</u> Obs.: Os valores abaixo foram corrigidos do <i>live time</i>					
Pacote de cristais A (1.024 pol ³)			Elementos (cps)		
Num. Linha	Tanque	Tempo (s)	K (média)	U (média)	Th (média)
BG1	<i>Background</i>	600	326,061	62,704	103,596
TH1	Tório	600	422,542	58,428	102,401
U1	Urânio	600	393,931	143,723	122,875
K1	Potássio	600	373,499	98,474	209,390
Pacote de cristais B (1.024 pol ³)			Elementos (cps)		
Num. Linha	Tanque	Tempo (s)	K (média)	U (média)	Th (média)
BG2	<i>Background</i>	600	324,130	64,425	104,817
TH2	Tório	600	409,896	60,775	99,429
U2	Urânio	600	386,192	141,021	124,323
K2	Potássio	600	370,407	98,856	200,154
Pacote de cristais C (512 pol ³)			Elementos (cps)		
Num. Linha	Tanque	Tempo (s)	K (média)	U (média)	Th (média)
BG3	<i>Background</i>	600	160,380	33,623	51,714
TH3	Tório	600	199,500	32,402	50,035
U3	Urânio	600	193,874	71,957	61,350
K3	Potássio	600	186,753	53,073	101,213

Planilha contendo o Resumo das Contagens de Cada Elemento				
<u>Aeronave PR-MCY</u>				
Obs.: Os valores abaixo foram corrigidos do <i>live time</i>				
Pacote de cristais A (1.024 pol ³)		Elementos (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	195637	37622	62158
Tório	600	253525	35057	61440
Urânio	600	236359	86234	73725
Potássio	600	224100	59085	125634
Pacote de cristais B (1.024 pol ³)		Elementos (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	194478	38655	62890
Tório	600	245938	36465	59657
Urânio	600	231715	84613	74594
Potássio	600	222244	59314	120092
Pacote de cristais C (512 pol ³)		Elementos (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	96228	20174	31028
Tório	600	119700	19441	30021
Urânio	600	116324	43174	36810
Potássio	600	112052	31844	60728
Pacotes de cristais A, B e C (2.560 pol ³)		Elementos (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	486343	96451	156076
Tório	600	619163	90963	151119
Urânio	600	584398	214021	185129
Potássio	600	558396	150242	306454

Cópia do arquivo de saída do programa CALIPAD com o resultado do Teste sobre o Tanque de Calibração da USP e referente ao pacote de cristais A:

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

Ubatuba-SP, 10/01/2015 - Caixa A - PR-MCY

WINDOW COUNTS:

	TIME (M)	K COUNTS	U COUNTS	TH COUNTS
B Pad	600.0	195637.	37622.	62158.
K Pad	600.0	253525.	35057.	61440.
U Pad	600.0	236359.	86234.	73725.
T Pad	600.0	224100.	59085.	125634.

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

1.763E+01 (6.516E-01)	1.015E+00 (3.724E-02)	2.818E-01 (8.940E-03)
-6.115E-02 (9.995E-02)	1.328E+00 (1.751E-02)	1.897E-01 (6.575E-03)
8.372E-01 (1.225E-01)	8.961E-02 (1.202E-02)	7.835E-01 (5.488E-03)

INVERSE A-MATRIX:

5.705E-02 (2.113E-03)	-4.291E-02 (2.200E-03)	-1.013E-02 (8.283E-04)
1.152E-02 (4.366E-03)	7.570E-01 (9.634E-03)	-1.874E-01 (7.089E-03)
-6.227E-02 (8.751E-03)	-4.072E-02 (1.069E-02)	1.309E+00 (9.013E-03)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 1.763E+01 (6.516E-01) COUNTS/ M PER PCT K
 U SENSITIVITY (A22) = 1.328E+00 (1.751E-02) COUNTS/ M PER PPM EU
 TH SENSITIVITY (A33) = 7.835E-01 (5.488E-03) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 2.063E+01 (7.623E-01) COUNTS/ M PER PCT K
 U SENSITIVITY (A22) = 1.553E+00 (2.049E-02) COUNTS/ M PER PPM EU
 TH SENSITIVITY (A33) = 9.324E-01 (6.531E-03) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2421 (.0084)
 TH INTO K (BETA = A13/A33): .3596 (.0116)
 U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7642 (.0274)
 U INTO TH (A = A32/A22): .0675 (.0090)
 K INTO TH (B = A31/A11): .0475 (.0067)
 K INTO U (G = A21/A11): -.0035 (.0057)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW: 3.092E+02 (1.038E+00) COUNTS/M
 U WINDOW: 5.842E+01 (5.194E-01) COUNTS/M
 TH WINDOW: 9.594E+01 (5.863E-01) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

Cópia do arquivo de saída do programa CALIPAD com o resultado do Teste sobre o Tanque de Calibração da USP e referente ao pacote de cristais B:

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

Ubatuba-SP, 10/01/2015 - Caixa B - PR-MCY

WINDOW COUNTS:

	TIME (M)	K COUNTS	U COUNTS	TH COUNTS
B Pad	600.0	194478.	38655.	62890.
K Pad	600.0	245938.	36465.	59657.
U Pad	600.0	231715.	84613.	74594.
T Pad	600.0	222244.	59314.	120092.

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

1.572E+01 (5.875E-01)	9.225E-01 (3.417E-02)	2.799E-01 (8.709E-03)
1.633E-02 (9.930E-02)	1.254E+00 (1.683E-02)	1.839E-01 (6.343E-03)
9.203E-03 (1.164E-01)	1.203E-01 (1.167E-02)	7.044E-01 (5.381E-03)

INVERSE A-MATRIX:

6.368E-02 (2.388E-03)	-4.557E-02 (2.396E-03)	-1.340E-02 (1.009E-03)
-7.254E-04 (5.297E-03)	8.187E-01 (1.081E-02)	-2.135E-01 (8.113E-03)
-7.081E-04 (1.076E-02)	-1.392E-01 (1.265E-02)	1.456E+00 (1.088E-02)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 1.572E+01 (5.875E-01) COUNTS/ M PER PCT K
 U SENSITIVITY (A22) = 1.254E+00 (1.683E-02) COUNTS/ M PER PPM EU
 TH SENSITIVITY (A33) = 7.044E-01 (5.381E-03) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 1.839E+01 (6.874E-01) COUNTS/ M PER PCT K
 U SENSITIVITY (A22) = 1.467E+00 (1.969E-02) COUNTS/ M PER PPM EU
 TH SENSITIVITY (A33) = 8.382E-01 (6.404E-03) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2611 (.0091)
 TH INTO K (BETA = A13/A33): .3974 (.0126)
 U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7358 (.0266)
 U INTO TH (A = A32/A22): .0960 (.0092)
 K INTO TH (B = A31/A11): .0006 (.0074)
 K INTO U (G = A21/A11): .0010 (.0063)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW: 3.088E+02 (1.011E+00) COUNTS/M
 U WINDOW: 6.029E+01 (5.120E-01) COUNTS/M
 TH WINDOW: 9.837E+01 (5.752E-01) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

Cópia do arquivo de saída do programa CALIPAD com o resultado do Teste sobre o Tanque de Calibração da USP e referente ao pacote de cristais C:

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

Ubatuba-SP, 10/01/2015 - Caixa C - PR-MCY

WINDOW COUNTS:

	TIME (M)	K COUNTS	U COUNTS	TH COUNTS
B Pad	600.0	96228.	20174.	31028.
K Pad	600.0	119700.	19441.	30021.
U Pad	600.0	116324.	43174.	36810.
T Pad	600.0	112052.	31844.	60728.

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

7.240E+00 (2.909E-01)	4.987E-01 (1.860E-02)	1.624E-01 (5.851E-03)
1.343E-01 (6.645E-02)	6.219E-01 (9.758E-03)	1.088E-01 (3.739E-03)
1.986E-01 (7.931E-02)	5.328E-02 (7.708E-03)	3.661E-01 (3.744E-03)

INVERSE A-MATRIX:

1.410E-01 (5.742E-03)	-1.105E-01 (5.875E-03)	-2.967E-02 (2.739E-03)
-1.750E-02 (1.594E-02)	1.664E+00 (2.612E-02)	-4.868E-01 (1.925E-02)
-7.393E-02 (3.086E-02)	-1.822E-01 (3.387E-02)	2.818E+00 (2.895E-02)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 7.240E+00 (2.909E-01) COUNTS/ M PER PCT K
 U SENSITIVITY (A22) = 6.219E-01 (9.758E-03) COUNTS/ M PER PPM EU
 TH SENSITIVITY (A33) = 3.661E-01 (3.744E-03) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 8.471E+00 (3.403E-01) COUNTS/ M PER PCT K
 U SENSITIVITY (A22) = 7.276E-01 (1.142E-02) COUNTS/ M PER PPM EU
 TH SENSITIVITY (A33) = 4.357E-01 (4.455E-03) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2973 (.0105)
 TH INTO K (BETA = A13/A33): .4435 (.0165)
 U INTO K (GAMMA = A12/A22): .8019 (.0297)
 U INTO TH (A = A32/A22): .0857 (.0123)
 K INTO TH (B = A31/A11): .0274 (.0109)
 K INTO U (G = A21/A11): .0185 (.0091)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW: 1.529E+02 (6.729E-01) COUNTS/M
 U WINDOW: 3.133E+01 (3.311E-01) COUNTS/M
 TH WINDOW: 4.825E+01 (3.849E-01) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

Cópia do arquivo de saída do programa CALIPAD com o resultado do Teste sobre o tanque de Calibração da USP e referente aos pacotes de cristais A, B e C:

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

Ubatuba-SP, 10/01/2015 - Caixa A+B+C - PR-MCY

WINDOW COUNTS:

	TIME (M)	K COUNTS	U COUNTS	TH COUNTS
B Pad	600.0	486343.	96451.	156076.
K Pad	600.0	619163.	90963.	151119.
U Pad	600.0	584398.	214021.	185129.
T Pad	600.0	558396.	150242.	306454.

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

4.059E+01 (1.461E+00)	2.436E+00 (8.076E-02)	7.240E-01 (1.628E-02)
8.942E-02 (1.908E-01)	3.203E+00 (3.835E-02)	4.824E-01 (1.434E-02)
1.045E+00 (2.123E-01)	2.632E-01 (2.223E-02)	1.854E+00 (9.081E-03)

INVERSE A-MATRIX:

2.480E-02 (8.926E-04)	-1.846E-02 (9.042E-04)	-4.883E-03 (3.163E-04)
1.445E-03 (1.493E-03)	3.179E-01 (3.693E-03)	-8.329E-02 (2.753E-03)
-1.419E-02 (2.821E-03)	-3.473E-02 (3.476E-03)	5.540E-01 (2.624E-03)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 4.059E+01 (1.461E+00) COUNTS/ M PER PCT K
 U SENSITIVITY (A22) = 3.203E+00 (3.835E-02) COUNTS/ M PER PPM EU
 TH SENSITIVITY (A33) = 1.854E+00 (9.081E-03) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 4.749E+01 (1.710E+00) COUNTS/ M PER PCT K
 U SENSITIVITY (A22) = 3.748E+00 (4.487E-02) COUNTS/ M PER PPM EU
 TH SENSITIVITY (A33) = 2.206E+00 (1.081E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2602 (.0077)
 TH INTO K (BETA = A13/A33): .3905 (.0088)
 U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7604 (.0240)
 U INTO TH (A = A32/A22): .0822 (.0068)
 K INTO TH (B = A31/A11): .0258 (.0051)
 K INTO U (G = A21/A11): .0022 (.0047)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW: 7.709E+02 (1.855E+00) COUNTS/M
 U WINDOW: 1.500E+02 (1.030E+00) COUNTS/M
 TH WINDOW: 2.426E+02 (1.058E+00) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

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

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO

PROJETO AEROGEOFÍSICO RIO IRIRI

CPRM CONTRATO N.º 068/PR/13

RESULTADO DA COMPILAÇÃO DO VOO CÓSMICO
PARA DETERMINAÇÃO DOS BACKGROUNDS
DA AERONAVE E CÓSMICO

AERONAVE
PP-AGP

UBATUBA-SP
17 DE DEZEMBRO DE 2013

RESULTADO DO VOO CÓSMICO DA AERONAVE PP-AGP

(Vol. Pacote de Cristais: 2.560 pol³)

Gamaespectrômetro: PICO ENVIROTEC

Caixa #1: Modelo GRS410, S/N 308-02 (1024)

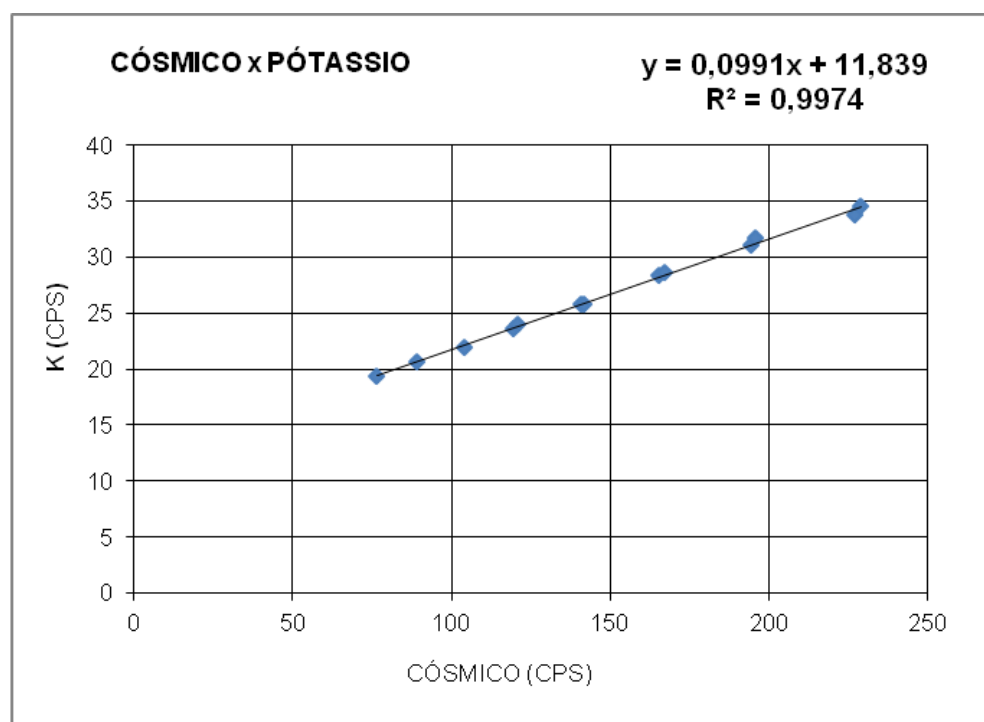
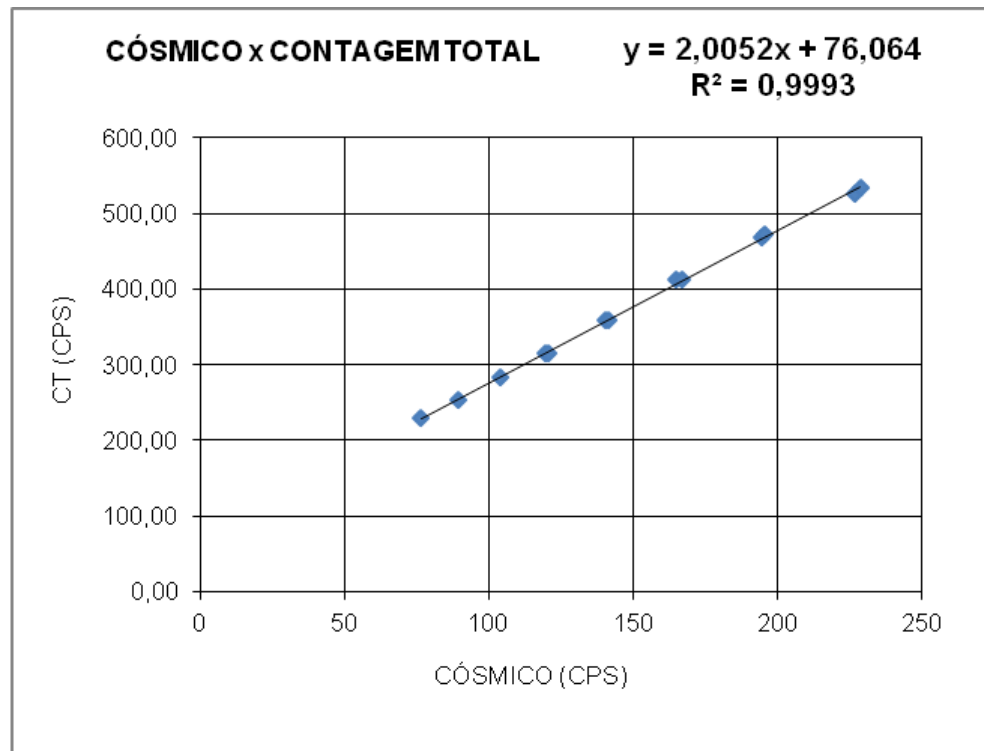
Caixa #2: Modelo GRS410, S/N 308-07 (1024)

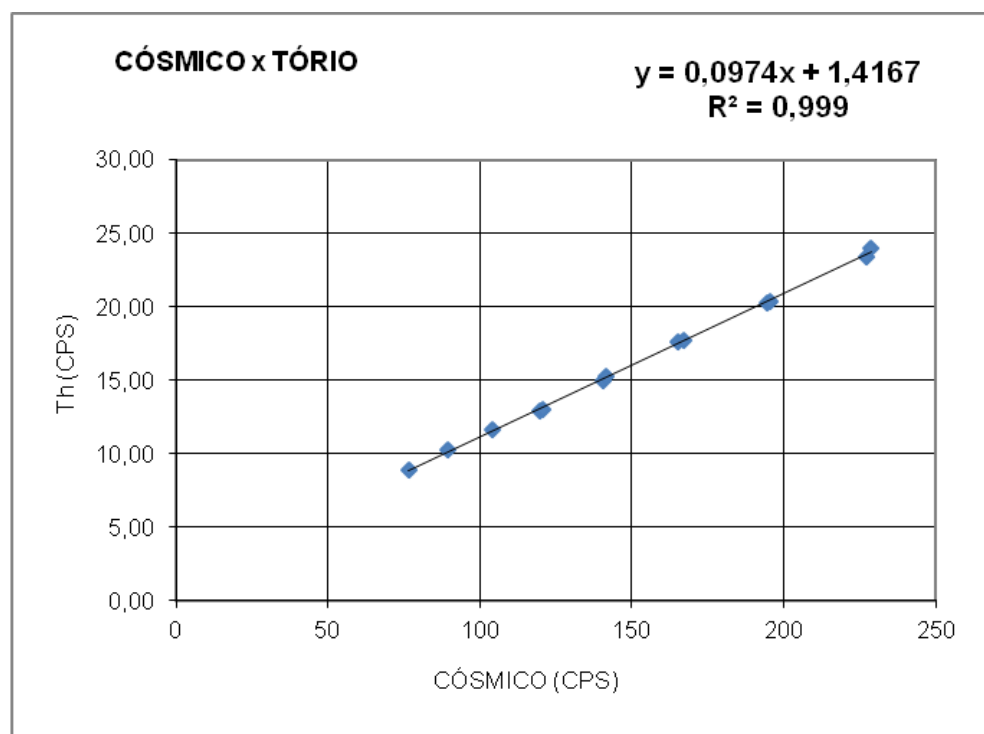
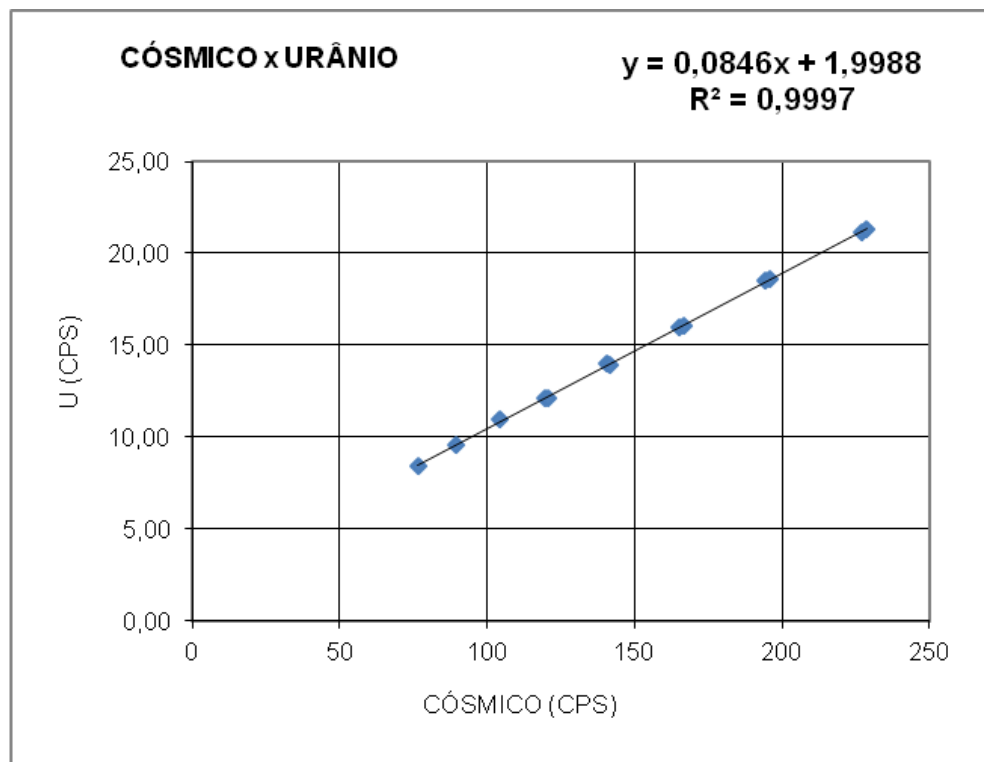
Caixa #3: Modelo GRS1024, S/N 023 (512)

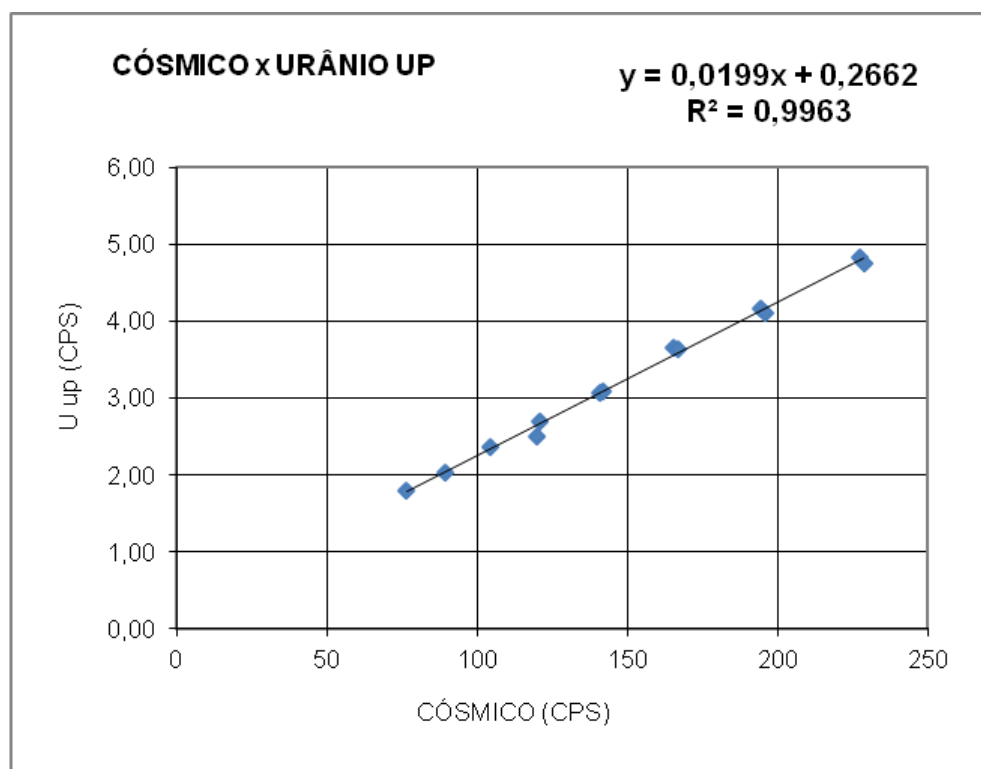
Realizado no litoral do município de Ubatuba-SP em 17 de Dezembro 2013

Linha	Cósmico (cps)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)	UUP (cps)	GPSHT (m)
12000	227,09	526,04	33,77	21,15	23,43	4,82	3795,64
11000	194,48	467,58	31,12	18,54	20,26	4,16	3476,85
10000	165,07	412,36	28,43	15,97	17,65	3,66	3159,95
9000	140,62	358,51	25,74	13,98	14,98	3,07	2840,47
8000	119,67	315,26	23,66	12,10	12,88	2,51	2521,90
12001	228,76	533,42	34,49	21,33	24,02	4,75	3799,59
11001	195,60	471,91	31,72	18,64	20,33	4,10	3477,48
10001	166,86	412,04	28,59	16,06	17,68	3,63	3158,12
9001	141,71	359,28	25,82	13,94	15,27	3,09	2837,61
8001	120,74	316,01	23,97	12,15	13,04	2,69	2516,05
7000	104,15	283,56	21,95	10,93	11,68	2,37	2196,59
6000	89,22	254,64	20,61	9,57	10,25	2,03	1879,43
5000	76,60	229,51	19,36	8,41	8,94	1,80	1564,96

Canal	Background da Aeronave	Espalhamento da Radiação Cósmica
CT	76,064	2,0052
K	11,839	0,0991
U	1,9988	0,0846
Th	1,4167	0,0974
Uup	0,2662	0,0199







PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO

PROJETO AEROGEOFÍSICO RIO IRIRI

CPRM CONTRATO N.º 068/PR/13

RESULTADO DA COMPILAÇÃO DO VOO CÓSMICO
PARA DETERMINAÇÃO DOS BACKGROUNDS
DA AERONAVE E CÓSMICO

AERONAVE
PP-AGP

UBATUBA-SP
27 DE JUNHO DE 2015

RESULTADO DO VOO CÓSMICO DA AERONAVE PP-AGP

(Vol. Pacote de Cristais: 2.560 pol³)

Gamaespectrômetro: PICO ENVIROTEC

Caixa #1: Modelo GRS410, S/N 308-02 (1024)

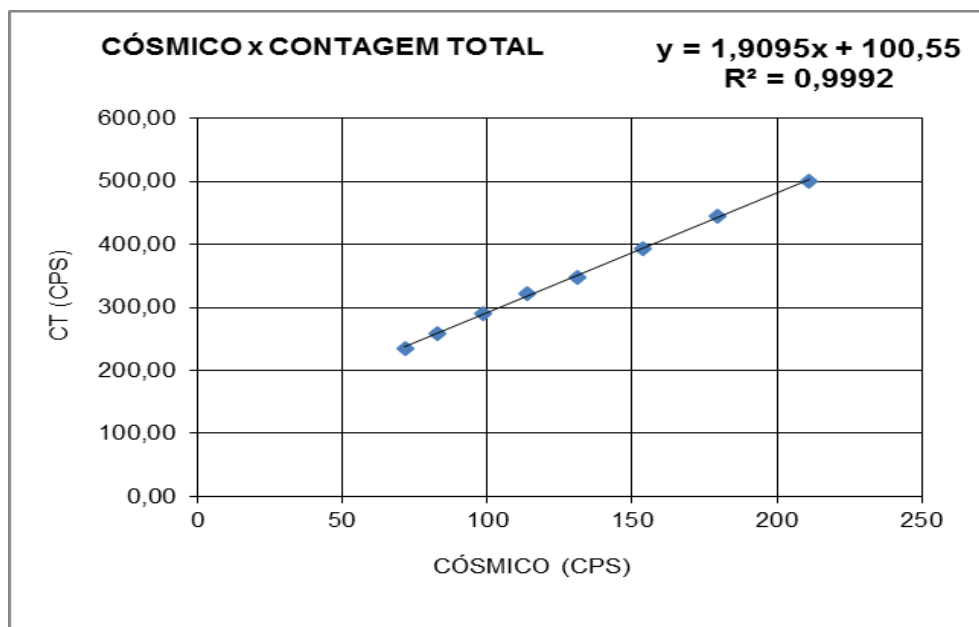
Caixa #2: Modelo GRS410, S/N 308-07 (1024)

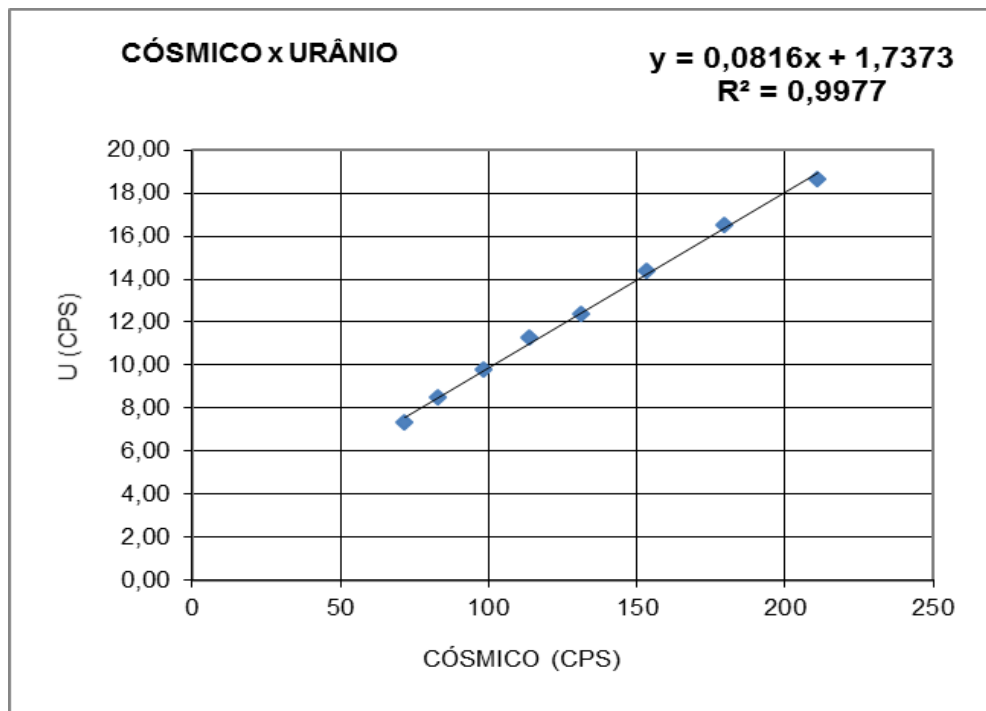
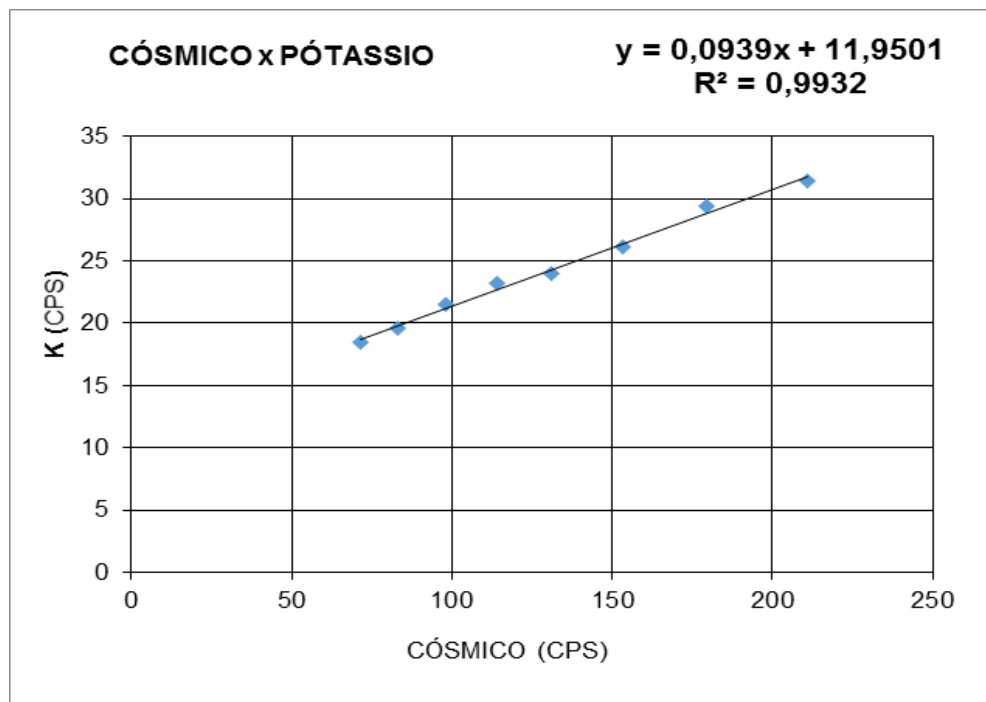
Caixa #3: Modelo GRS1024, S/N 023 (512)

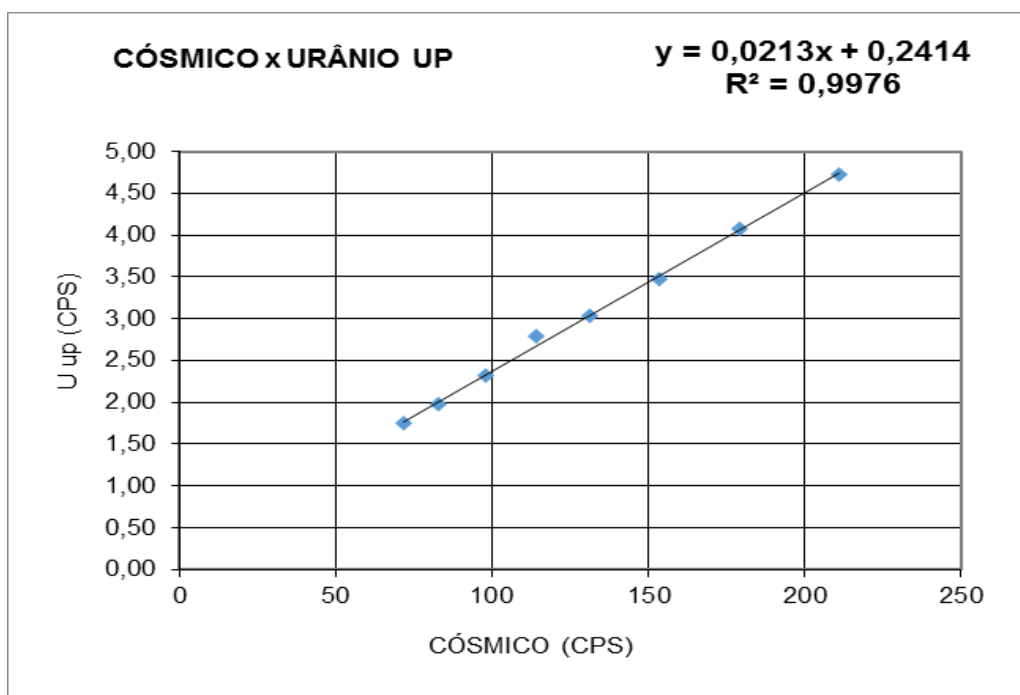
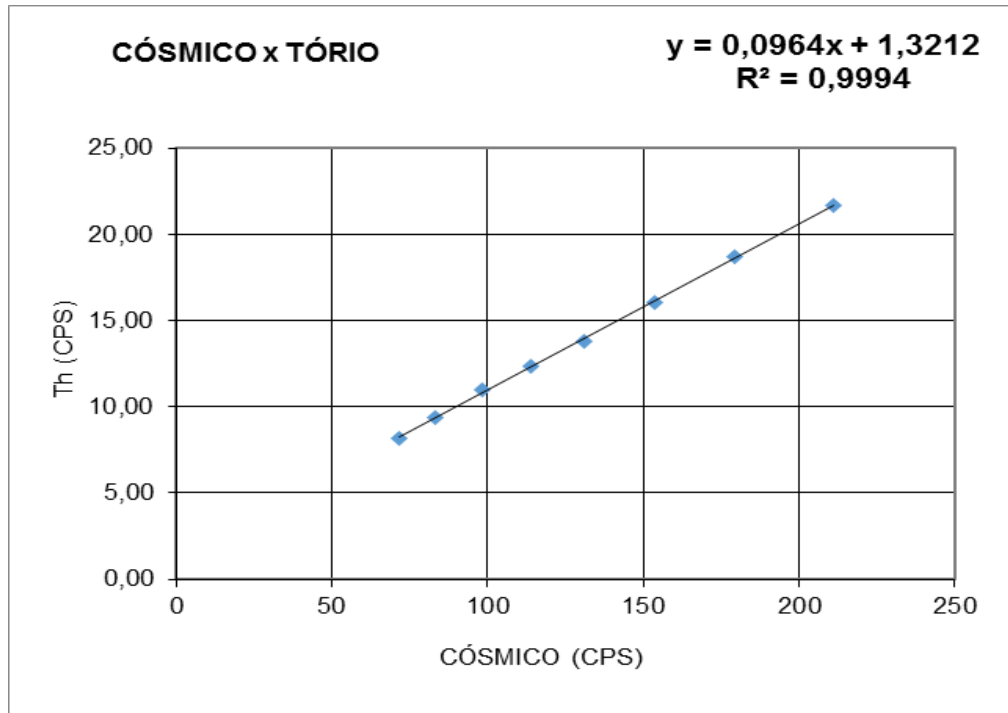
Realizado no litoral de Ubatuba – SP no dia 27/06/2015

Linha	Cósmico (cps)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)	UUP (cps)	GPSHT (m)
12000	211,05	501,02	31,43	18,68	21,70	4,73	3884,91
11000	179,30	445,45	29,33	16,54	18,67	4,08	3565,25
10000	153,50	393,82	26,08	14,40	16,01	3,47	3246,33
9000	131,25	348,67	24,03	12,36	13,78	3,03	2928,64
8000	113,97	322,28	23,16	11,27	12,31	2,79	2613,38
7000	98,27	290,55	21,46	9,81	10,97	2,32	2299,16
6000	83,02	257,70	19,54	8,48	9,36	1,98	1985,36
5000	71,65	234,69	18,42	7,34	8,17	1,75	1672,97

Canal	Background da Aeronave	Espalhamento da Radiação Cósmica
CT	100,55	1,9095
K	11,950	0,0939
U	1,7373	0,0816
Th	1,3212	0,0964
Uup	0,2414	0,0213







PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO

PROJETO AEROGEOFÍSICO RIO IRIRI

CPRM CONTRATO N.º 068/PR/13

RESULTADO DA COMPILAÇÃO DO VOO CÓSMICO
PARA DETERMINAÇÃO DOS BACKGROUNDS
DA AERONAVE E CÓSMICO

AERONAVE

PR-MCY

RIO DE JANEIRO-RJ
09 DE JANEIRO DE 2015

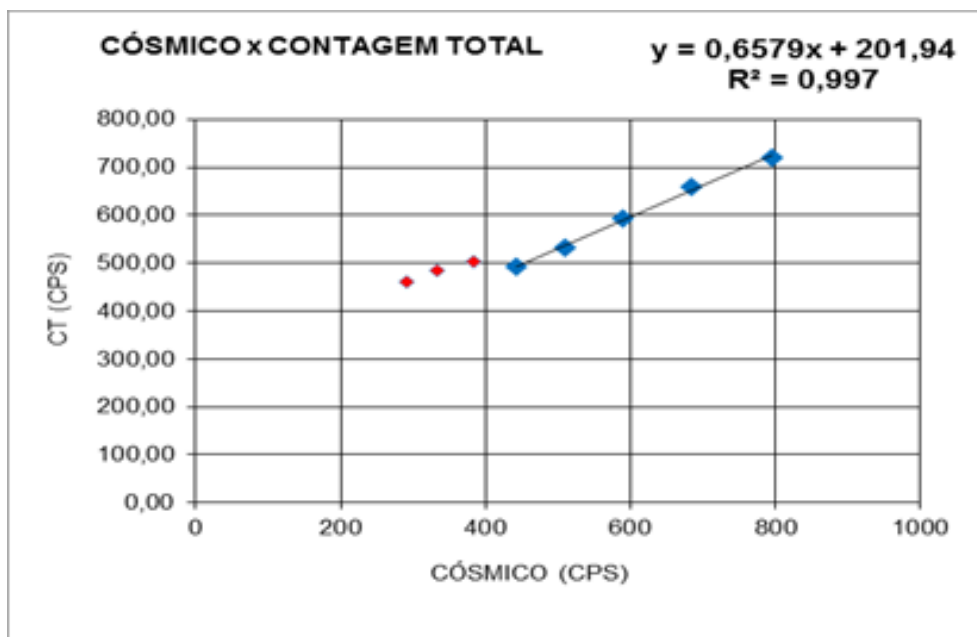
RESULTADO DO VOO CÓSMICO DA AERONAVE PR-MCY
(Vol. Pacote de Cristais: 2.560 pol3)

Gamaespectrômetro: EXPLORANIUM GR820

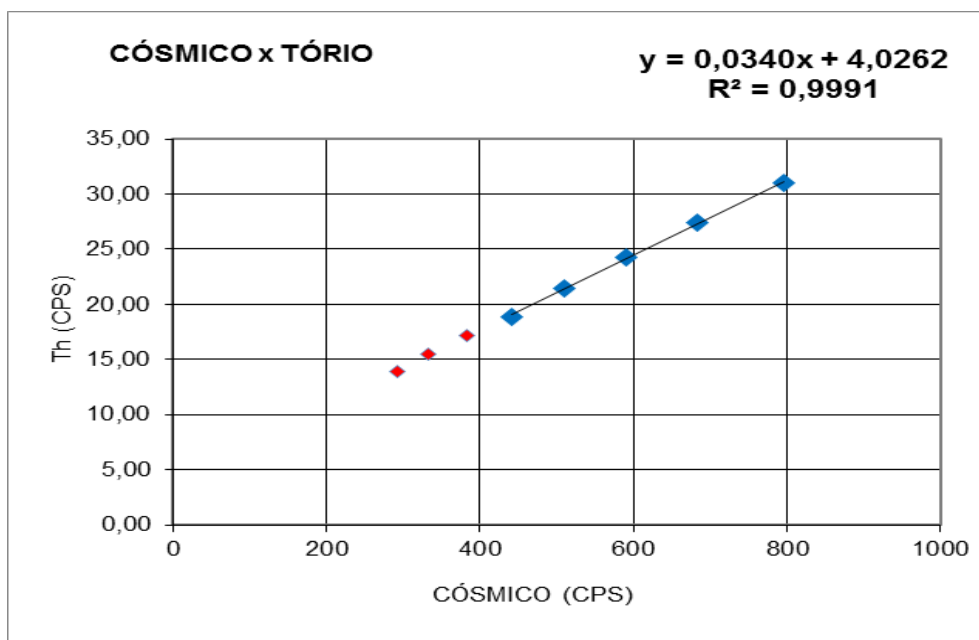
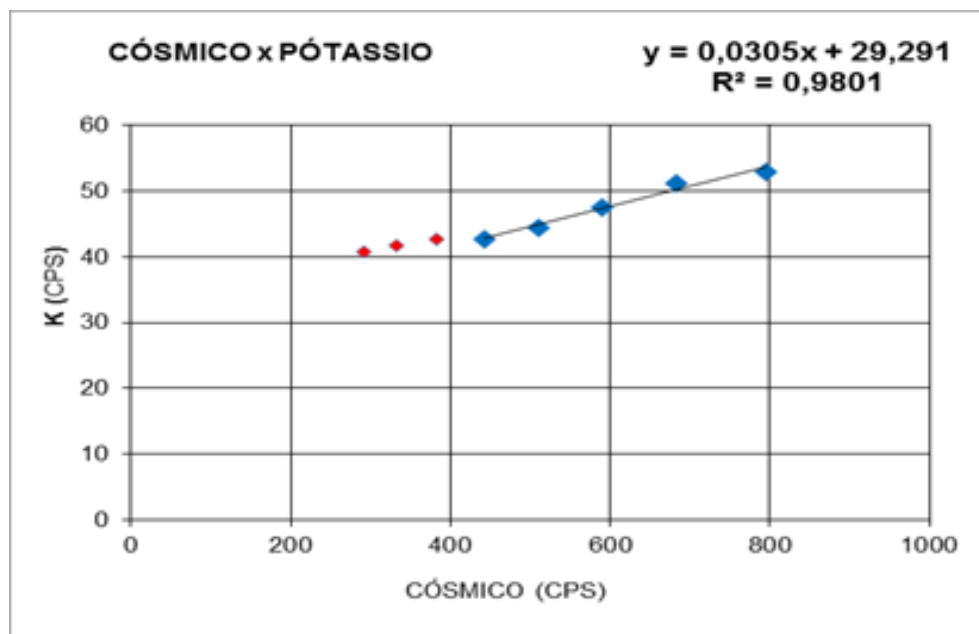
Realizado no litoral do município de Rio de Janeiro em 25 de Março de 2014

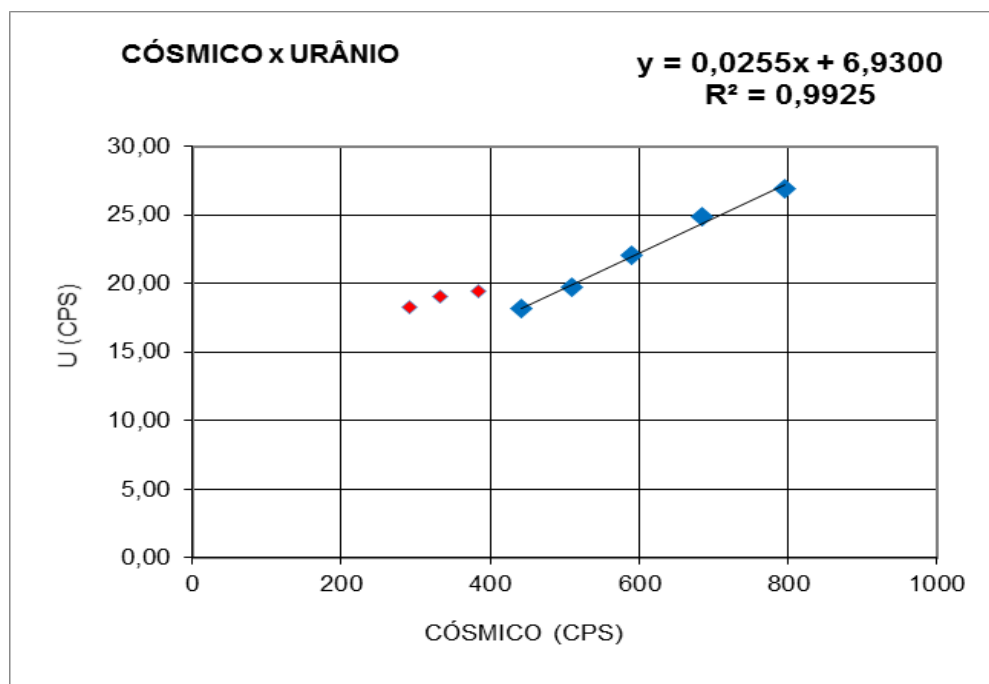
Linha	Cósmico (cps)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)	UUP (cps)	GPSHT (m)
12000	796,27	720,77	52,96	26,91	30,99	5,21	3892,87
11000	684,08	659,43	51,11	24,83	27,45	4,68	3566,09
10000	590,56	592,31	47,45	22,07	24,22	4,18	3242,11
9000	510,10	533,27	44,44	19,68	21,48	3,64	2918,46
8000	442,30	492,95	42,74	18,20	18,92	3,34	2592,13
7000	383,59	504,00	42,73	19,39	17,23	3,43	2265,27
6000	333,04	485,25	41,61	19,08	15,54	3,21	1941,38
5000	292,38	461,44	40,66	18,30	13,95	3,23	1619,72

Canal	Background da Aeronave	Espalhamento da Radiação Cósmica
CT	201,94	0,6579
K	29,291	0,0305
U	6,9300	0,0255
Th	4,0262	0,0340
Uup	0,9411	0,0054

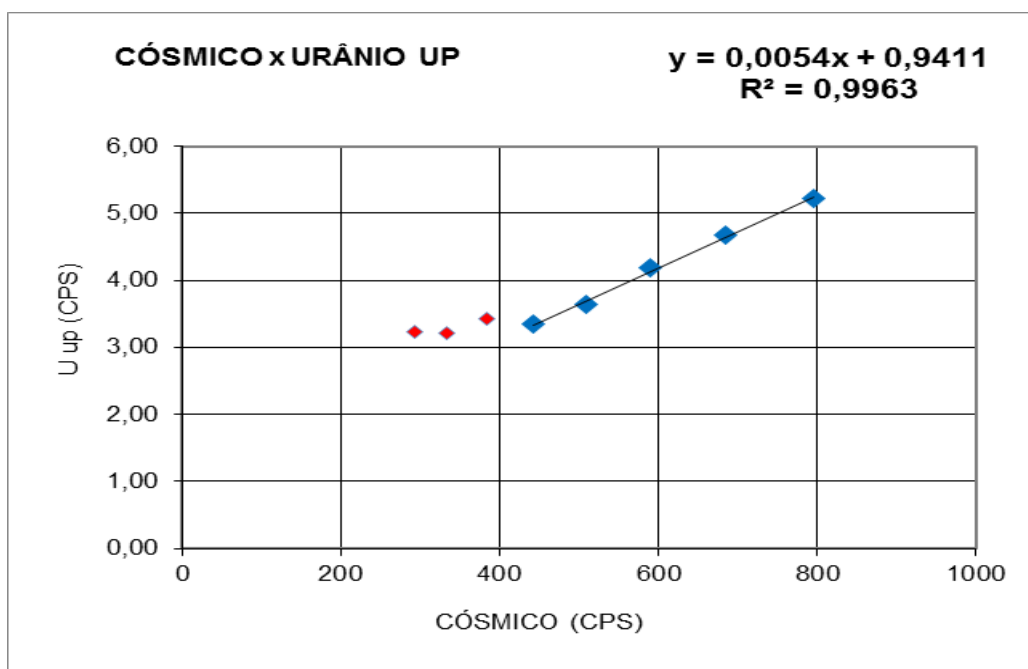


Dados excluídos para melhor ajuste dos coeficientes





■ Dados excluídos para melhor ajuste dos coeficientes



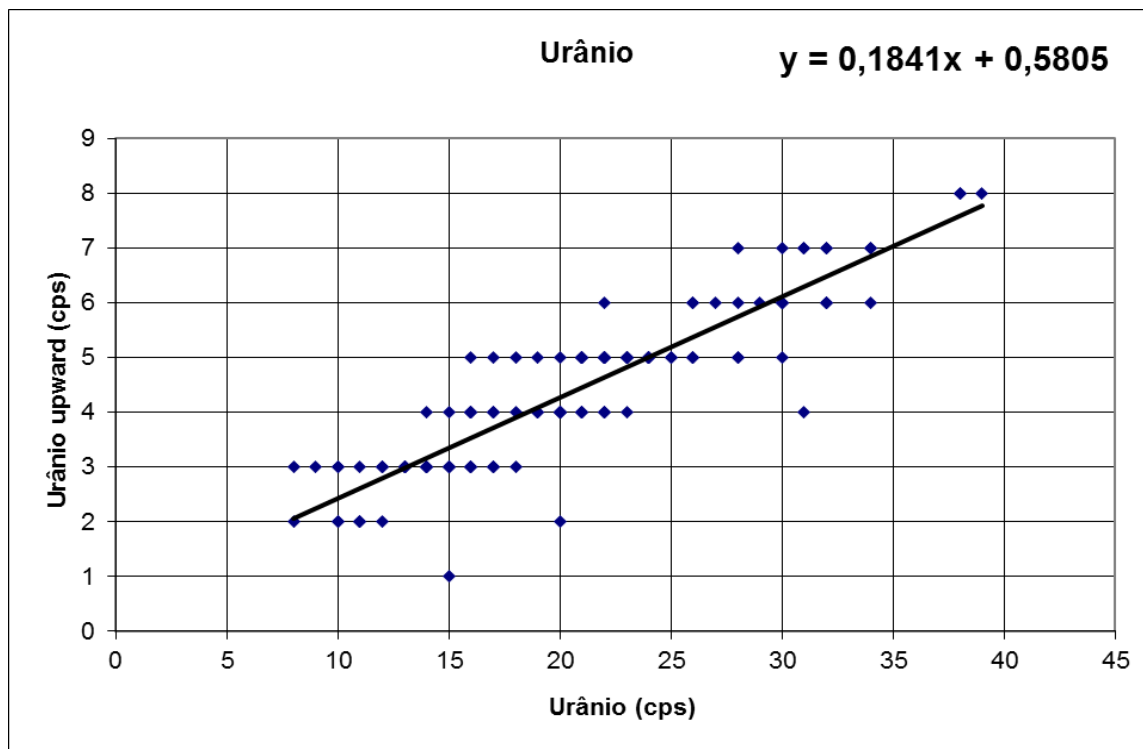
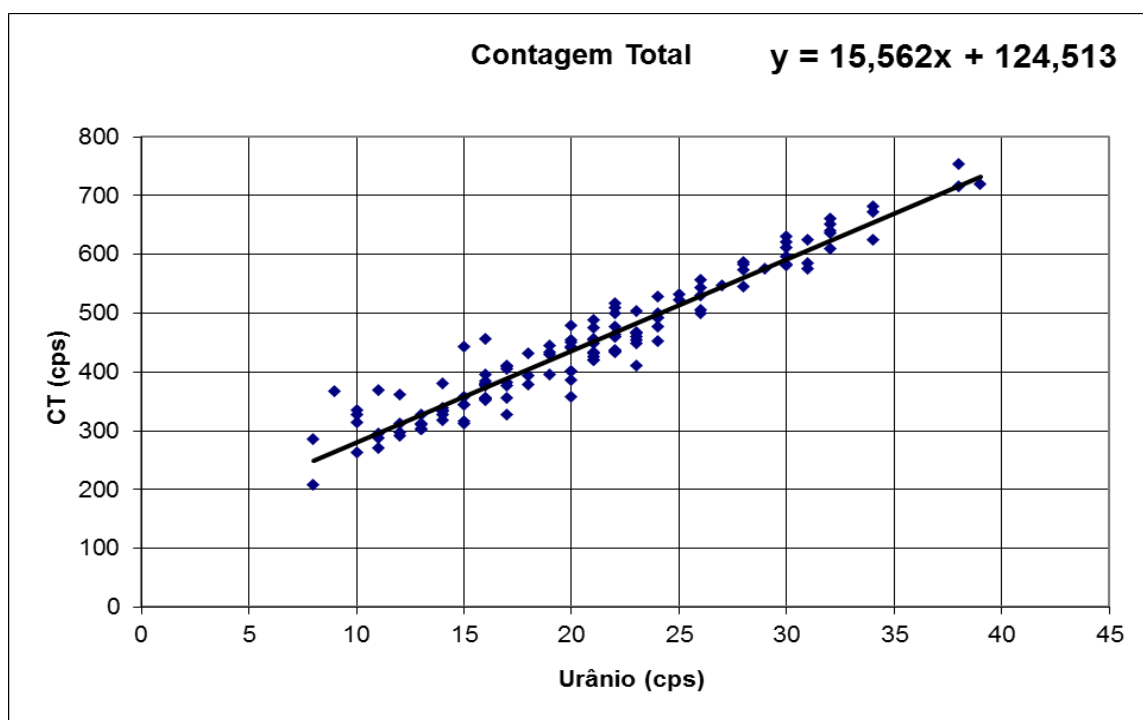
■ Dados excluídos para melhor ajuste dos coeficientes

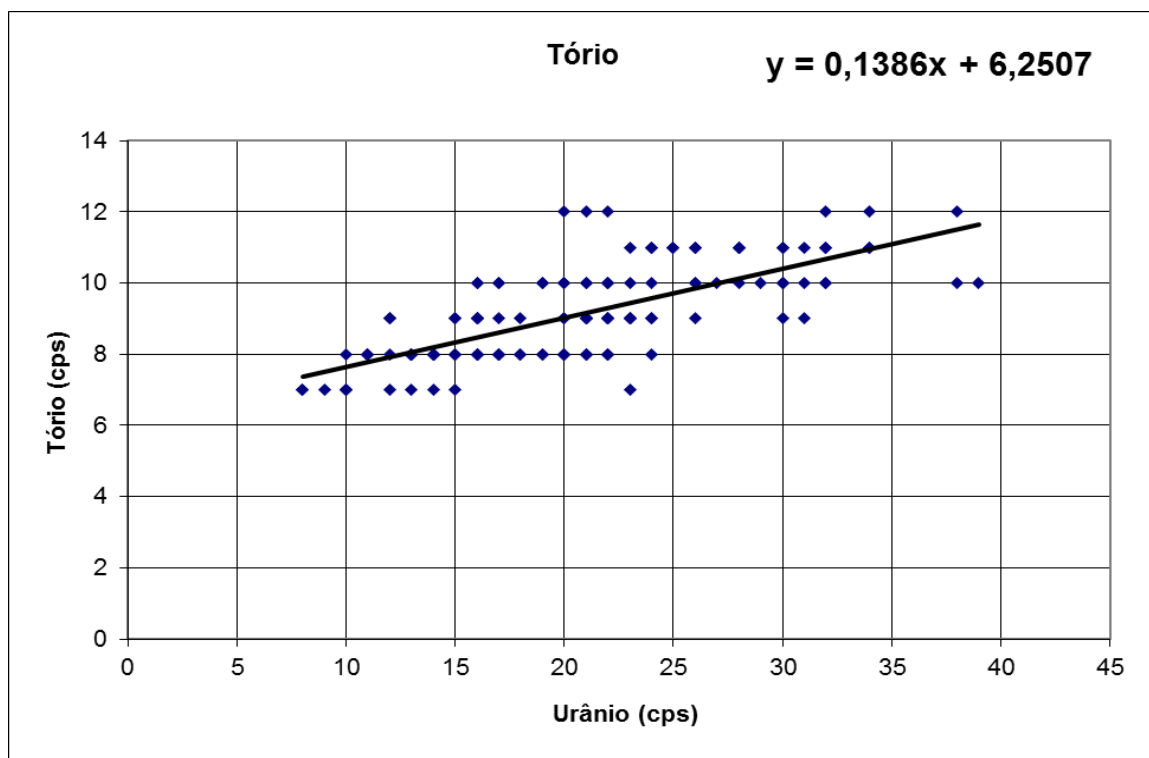
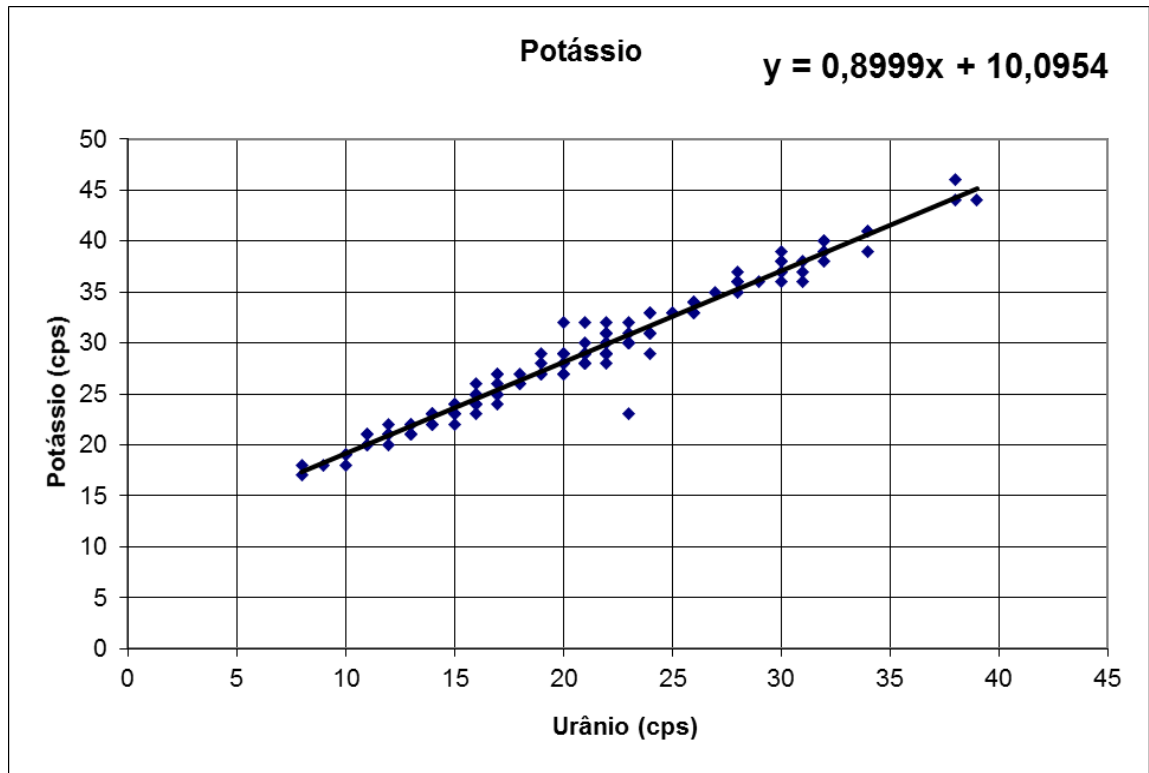
**ANEXO I-d - DETERMINAÇÃO DAS CONSTANTES DE CALIBRAÇÃO DO
RADÔNIO**

Aeronave PP-AGP - Médias por voo (cps)						
Voo	Urânio	Potássio	Contagem Total	Tório	Cósmico	Urânio Upward
007	8	18	209	7	56	2
	17	24	327	8	57	4
016	15	23	317	8	57	1
	34	39	624	11	58	6
018	17	25	355	8	58	3
	23	30	449	9	56	5
023	15	23	312	7	48	3
	20	28	387	8	48	4
031	17	26	406	9	58	4
	32	38	609	10	59	6
032	22	32	510	12	59	4
	34	41	672	11	59	7
033	20	29	441	9	55	4
	24	33	500	11	55	5
034	17	25	376	8	49	5
	30	36	581	9	50	6
035	16	25	381	9	56	4
	30	38	611	10	57	7
036	21	30	475	9	57	4
	34	41	682	12	57	7
037	22	30	478	9	58	4
	25	33	533	11	59	5
038	16	26	395	10	57	3
	32	39	641	10	56	6
039	17	27	411	10	57	3
	24	33	529	11	57	5
040	17	27	409	10	58	3
	28	36	574	11	58	5
041	20	29	450	10	58	2
	31	38	625	11	58	4
042	26	34	544	11	59	5
	28	36	587	11	58	7
043	22	31	499	10	59	4
	32	39	636	11	58	7
044	30	38	621	11	58	6
	32	40	651	11	58	7
045	30	39	631	11	59	6
	38	46	754	12	58	8
046	28	37	583	11	60	5
	24	31	492	9	58	5
047	32	40	661	12	57	6
050	15	23	345	9	58	3
	26	34	531	10	59	5
051	19	29	433	10	59	4
	30	37	597	10	58	6

Voo	Urânio	Potássio	Contagem Total	Tório	Cósmico	Urânio Upward
052	20	32	480	12	58	4
	30	37	584	10	55	5
057	15	24	357	8	58	3
	27	35	547	10	58	6
058	21	32	489	12	58	4
	28	35	545	10	59	6
059	21	29	455	10	69	4
	24	31	492	10	71	5
060	19	28	429	10	58	4
	29	36	575	10	58	6
061	21	29	449	10	67	4
	22	30	460	10	73	5
062	18	27	394	9	59	3
	38	44	715	10	58	8
063	20	28	443	10	80	4
	25	33	523	11	71	5
064	21	29	456	9	58	5
	39	44	719	10	58	8
065	23	32	504	11	81	5
	26	34	556	11	70	6
066	16	25	376	10	82	4
	23	30	466	10	75	5
070	16	25	456	8	50	4
	19	27	445	8	50	5
071	12	21	361	9	74	3
	18	26	432	8	62	5
072	10	19	336	7	50	2
	14	22	380	8	51	4
073	11	21	369	8	51	3
	20	27	454	8	52	5
074	9	18	367	7	57	3
	15	22	444	8	56	4
075	8	17	286	7	55	3
	16	23	385	8	54	5
076	10	18	327	7	54	3
	23	23	410	7	55	4
078	10	19	315	7	54	3
	22	28	516	8	55	6
081	20	29	357	9	54	4
	16	25	354	9	73	4
082	16	25	378	9	58	3
	23	31	468	9	54	5
083	13	22	327	8	58	3
	18	26	379	8	58	4
084	16	24	355	8	62	4
	22	31	464	10	54	5
085	11	20	288	8	57	2
	22	29	434	9	59	5

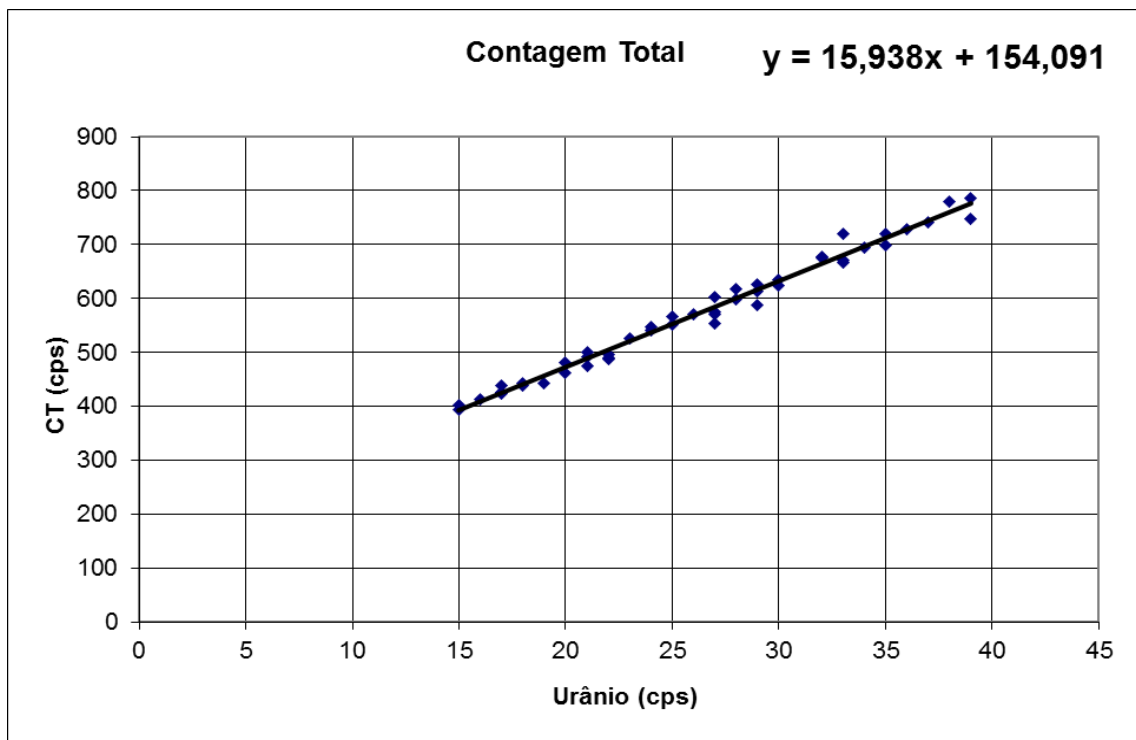
Voo	Urânio	Potássio	Contagem Total	Tório	Cósmico	Urânio Upward
086	11	20	271	8	58	2
	21	28	426	8	54	5
087	14	22	327	8	60	3
	21	29	434	9	58	5
088	16	24	355	9	60	3
	26	33	500	9	60	6
089	12	20	292	8	57	2
	22	29	436	9	60	5
090	15	24	344	9	57	3
	24	31	478	9	59	5
091	14	23	338	7	56	3
	20	27	402	8	59	4
092	10	19	263	8	59	2
	24	29	453	8	59	5
093	12	21	297	7	60	3
	22	31	461	8	55	5
094	13	21	303	7	59	3
	21	28	420	8	59	5
095	12	22	312	9	59	3
	19	27	395	8	60	4
096	13	21	303	8	62	3
	21	29	432	8	59	5
097	14	23	336	8	63	3
	21	28	421	9	60	5
098	16	24	352	8	61	3
	22	29	435	8	58	5
099	11	21	296	8	61	2
	23	30	455	9	62	5
100	13	22	310	8	62	3
	23	30	461	9	60	5
101	14	23	318	8	60	3
	26	33	506	10	59	5
102	14	23	334	8	62	3
	31	36	586	9	57	7
103	17	25	383	8	61	4
	31	37	576	10	60	7
104	13	21	303	8	61	3
	22	29	438	9	57	5
105	13	22	312	8	62	3
	20	28	402	8	60	4

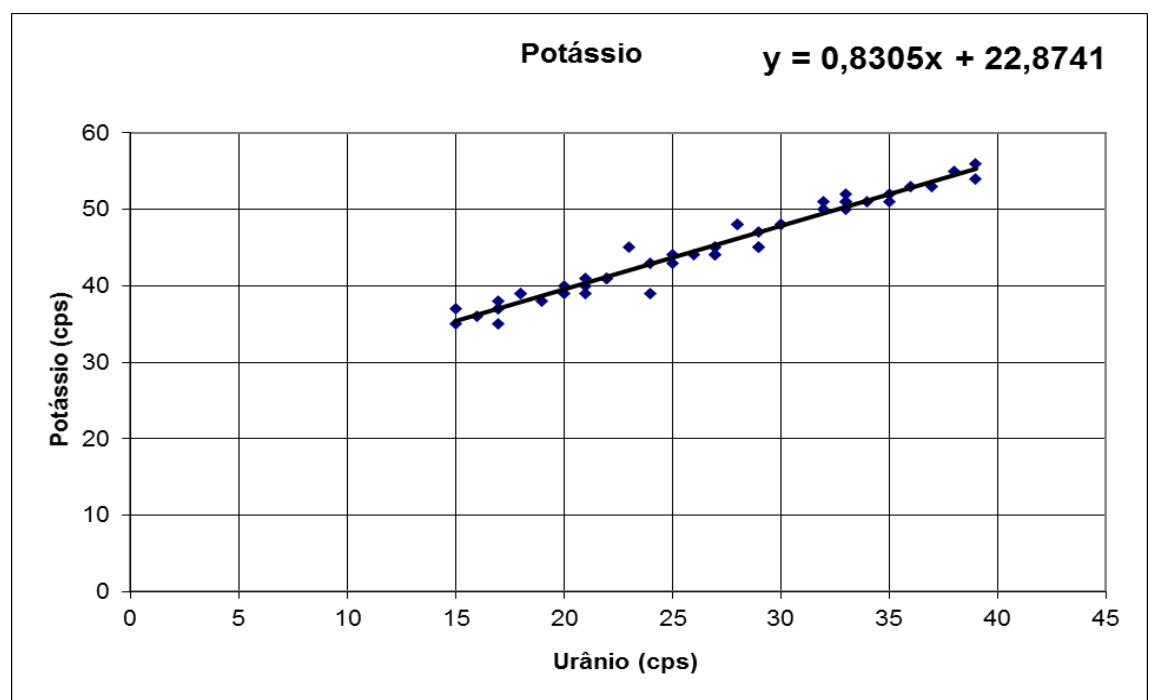
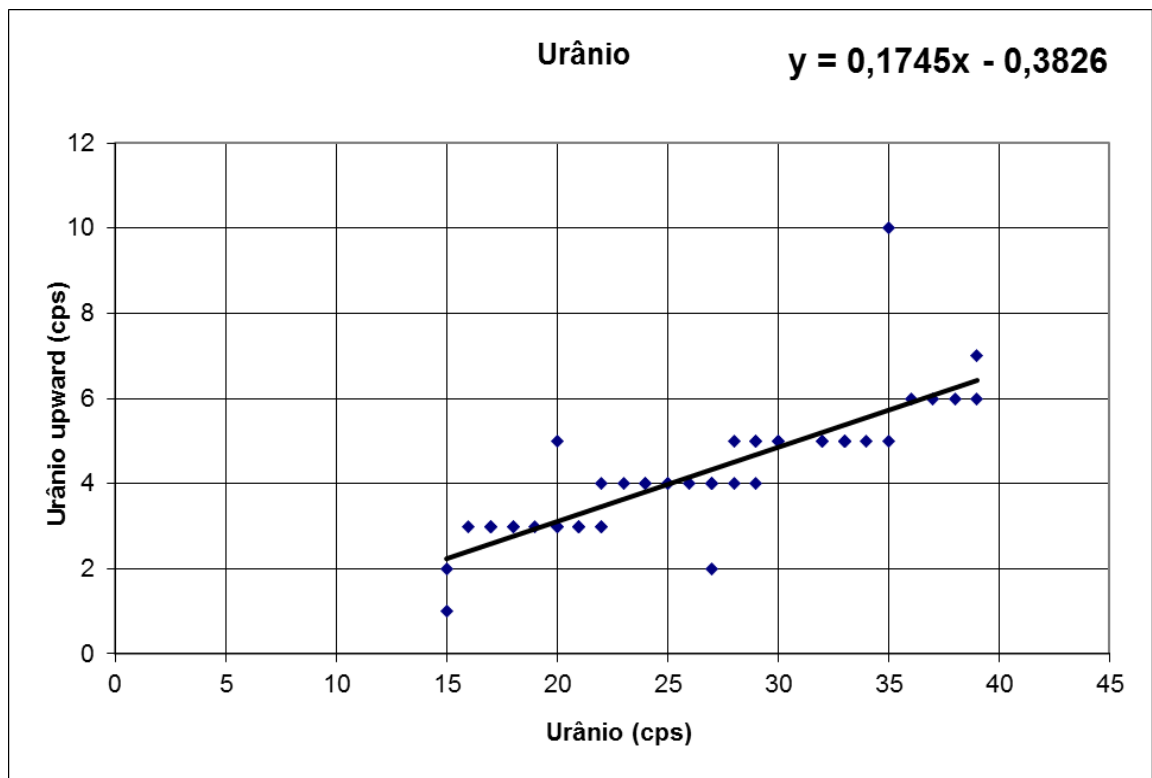


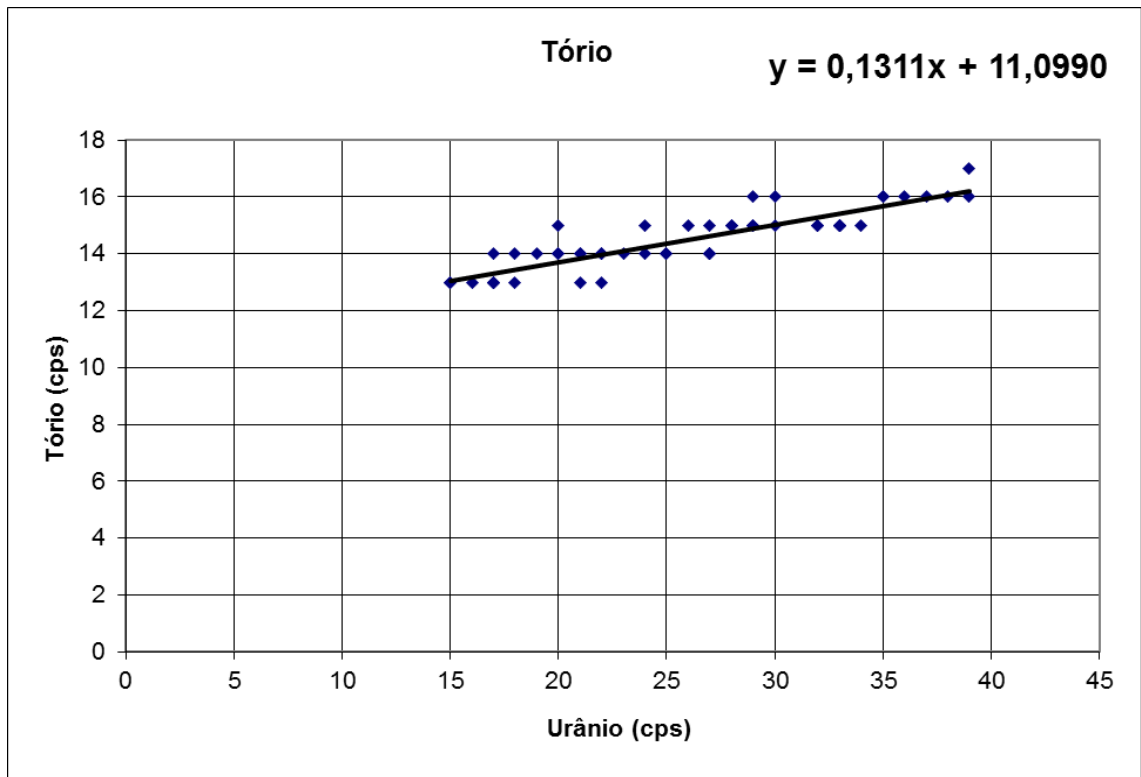


Aeronave PR-MCY - Médias por voo (cps)						
Voo	Urânio	Potássio	Contagem Total	Tório	Cósmico	Urânio Upward
202	21	41	501	13	243	3
	39	56	786	17	250	6
203	33	51	720	15	244	5
	29	45	626	16	244	4
204	20	40	480	14	240	3
	33	50		15	243	5
205	17	37	425	14	250	3
	29	47	613	15	242	5
206	15	35	395	13	239	1
	27	45	603	14	232	2
207	18	39	444	14	240	3
	27	45	575	15	243	4
208	17	35	427	13	227	3
	24	39	540	14	219	4
209	25	43	551	14	241	4
	34	51	694	15	216	5
210	16	36	413	13	240	3
	30	48	625	15	244	5
211	25	44	567	14	242	4
	29	45	589	15	242	5
212	22	41	489	13	239	4
	39	54	747	16	243	7
213	15	37	403	13	236	2
	32	51	675	15	240	5
216	17	38	440	13	239	3
	27	44	554	14	242	4
217	22	41	495	14	238	3
	30	48	636	16	242	5
218	21	40	492	14	239	3
	27	44	571	14	242	4
219	24	43	547	15	241	4
	36	53	728	16	242	6
220	17	37	426	13	240	
	35	51	700	16	243	10
221	19	38	444	14	241	3
	20			15	242	5
222	20	39	461	14	242	3
	35	52	719	16	243	5
223	22	41	487	14	240	3
	38	55	779	16	245	6
224	26	44	571	15	242	4
	37	53	742	16	246	6
225	21	39	474	14	241	3
	32	50	677	15	242	5
226	18	39	439	13	239	3
	28	48	618	15	240	5

Voo	Urânio	Potássio	Contagem Total	Tório	Cósmico	Urânio Upward
227	23	45	525	14	242	4
	33	51	672	15	243	5
228	28	48	598	15	242	4
	33	52	667	15	243	5







ANEXO I-e - CALIBRAÇÃO DINÂMICA – RESULTADOS DOS TESTES

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO

PROJETO AEROGEOFÍSICO RIO IRIRI

CPRM CONTRATO N.º 068/PR/13

RESUMO DOS RESULTADOS DOS TESTES DE CALIBRAÇÃO
DINÂMICA - SENSIBILIDADE

AERONAVE

PP-AGP

MARICÁ - RJ
16 DE DEZEMBRO DE 2013

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 Exploranium GR-320
Figura 2 - Coleta de Dados Terrestres na Pista de Calibração Dinâmica
Figura 3 - Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Contagem Total
Figura 4 - Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Potássio
Figura 5 - Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Urânio
Figura 6 - Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Tório

- Quadro 1 - Resultado Estatístico do Levantamento Terrestre na Pista de Calibração
Quadro 2 - Resultado Estatístico do Levantamento Terrestre na Lagoa de Maricá
Quadro 3 - Resultado Estatístico do Levantamento Aéreo sobre a Pista de Calibração
Quadro 4 - Resultado Estatístico do Levantamento Terrestre na Pista de Calibração 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 16 de Dezembro de 2013 a Prospectors Aerolevantamentos e Sistemas Ltda. efetuou os testes sobre a “pista de calibração dinâmica” no distrito de Inoã, município de Maricá (RJ).

2. Levantamento Terrestre

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



Figura 1 – Gamaespectrômetro Portátil EXPLORANIUM GR-320.

Foram registradas 75 estações, sendo 69 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	CT(*)	K	eU	eTh	CT	K	U	Th
	($\mu\text{R/h}$)	(%)	(ppm)	(ppm)	(cpm)	(cpm)	(cpm)	(cpm)
MÉDIA	25,36	2,31	3,69	41,80	3829,84	835,32	343,97	345,32
DESVIO PADRÃO	5,07	0,64	0,92	12,84	765,09	167,88	76,68	97,38
ERRO NA MÉDIA(1)	0,61	0,08	0,11	1,55	92,11	20,21	9,23	11,72
INCERTEZA (%) (2)	2,40%	3,32%	3,01%	3,70%	2,40%	2,42%	2,68%	3,40%

- (*) Valor obtido através da expressão:

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

E = Taxa de Exposição ($\mu\text{R/h}$)

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

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

ESTATÍSTICA	CT(*)	K	eU	eTh	CT	K	U	Th
	(μR/h)	(%)	(ppm)	(ppm)	(cpm)	(cpm)	(cpm)	(cpm)
MÉDIA	1,45	0,02	0,23	2,63	217,50	21,83	20,83	21,33
DESVIO PADRÃO	0,47	0,04	0,12	1,07	70,93	15,89	8,04	8,62
ERRO NA MÉDIA(1)	0,19	0,02	0,05	0,44	28,96	6,49	3,28	3,52
INCERTEZA (%) (2)	13,18%	100,00%	21,19%	16,57%	13,31%	29,72%	15,75%	16,49%

3. Levantamento Aéreo

Foi utilizada a aeronave PP-AGP equipada com gamaespectrômetro PICO ENVIROTEC, com cristais detectores de NaI com 2560 pol³ down e 512 pol³ up. Foram realizadas 9 passagens sobre a pista de calibração e mar, nas seguintes altitudes: 330 (três vezes), 400, 500, 600, 700, 800 e 900 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 PP-AGP 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(*)	K	eU	eTh
	(μR/h)	(%)	(ppm)	(ppm)
MÉDIA	2137,38	119,11	24,84	95,89
DESVIO PADRÃO	152,13	12,42	3,87	10,46
ERRO NA MÉDIA(1)	0,73	0,06	0,02	0,05
INCERTEZA (%) (2)	0,03%	0,05%	0,08%	0,05%

* tempo morto, background, stripping e atenuação corrigidos

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

ESTATÍSTICA	CT(*)	K	eU	eTh	CT	K	U	Th
	(μR/h)	(%)	(ppm)	(ppm)	(cpm)	(cpm)	(cpm)	(cpm)
MÉDIA	23,91	2,30	3,46	39,17	3612,34	813,49	323,14	323,99
DESVIO PADRÃO	5,07	0,64	0,92	12,84	765,09	167,88	76,68	97,38
ERRO NA MÉDIA(1)	0,61	0,08	0,11	1,55	92,11	20,21	9,23	11,72
INCERTEZA (%) (2)	2,55%	3,34%	3,21%	3,95%	2,55%	2,48%	2,86%	3,62%

cpm = contagens por minuto

Quadro 5 - Coeficientes de Sensibilidade.

	CT(*)	K	eU	eTh
	(cps / μR/h)	(cps / %)	(cps / ppm)	(cps / ppm)
Sensibilidade (S)	89,40	51,84	7,19	2,45

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

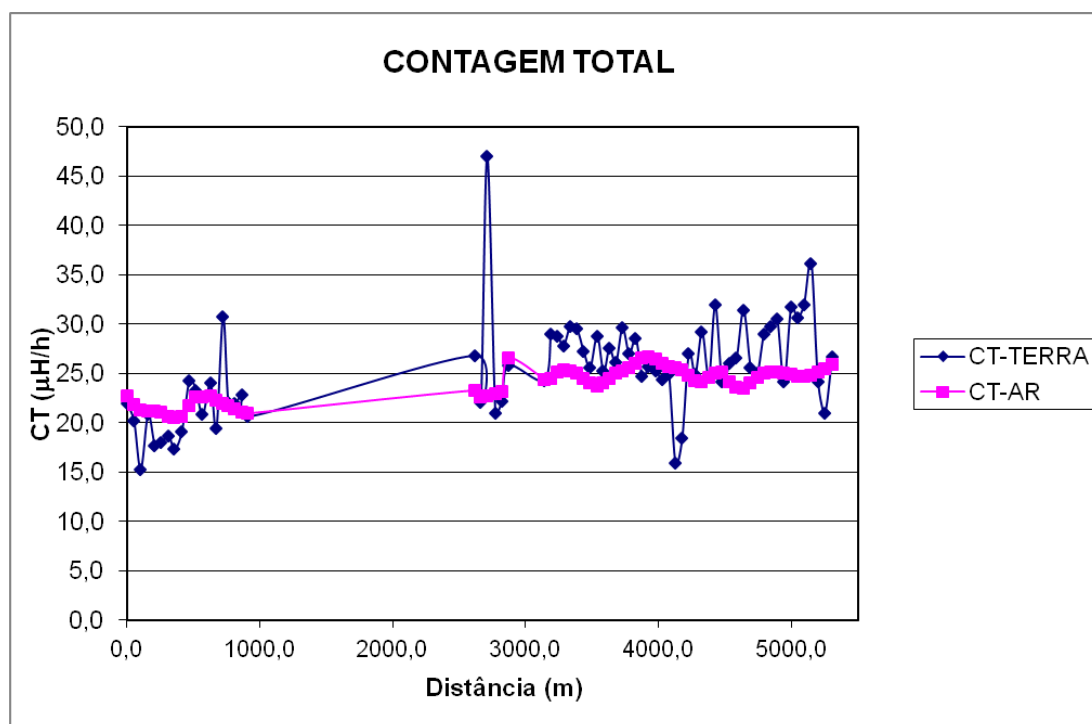


Figura 3 - Calibração dinâmica - Perfil comparativo - Contagem Total.

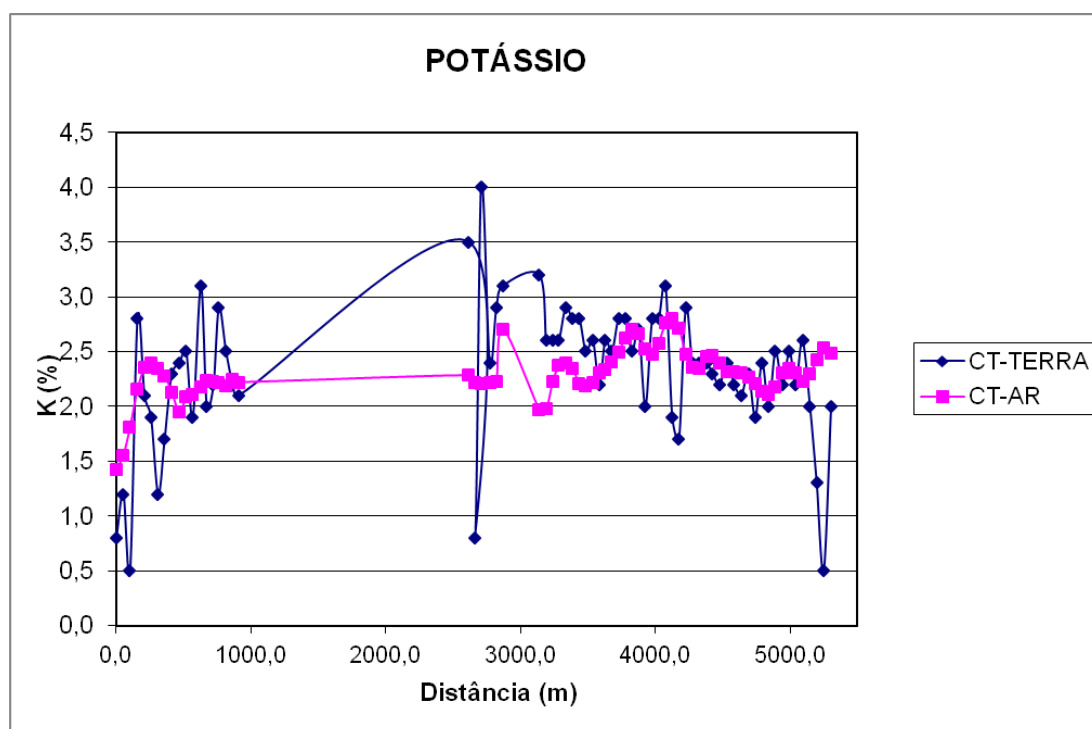


Figura 4 - Calibração dinâmica - Perfil comparativo – Potássio.

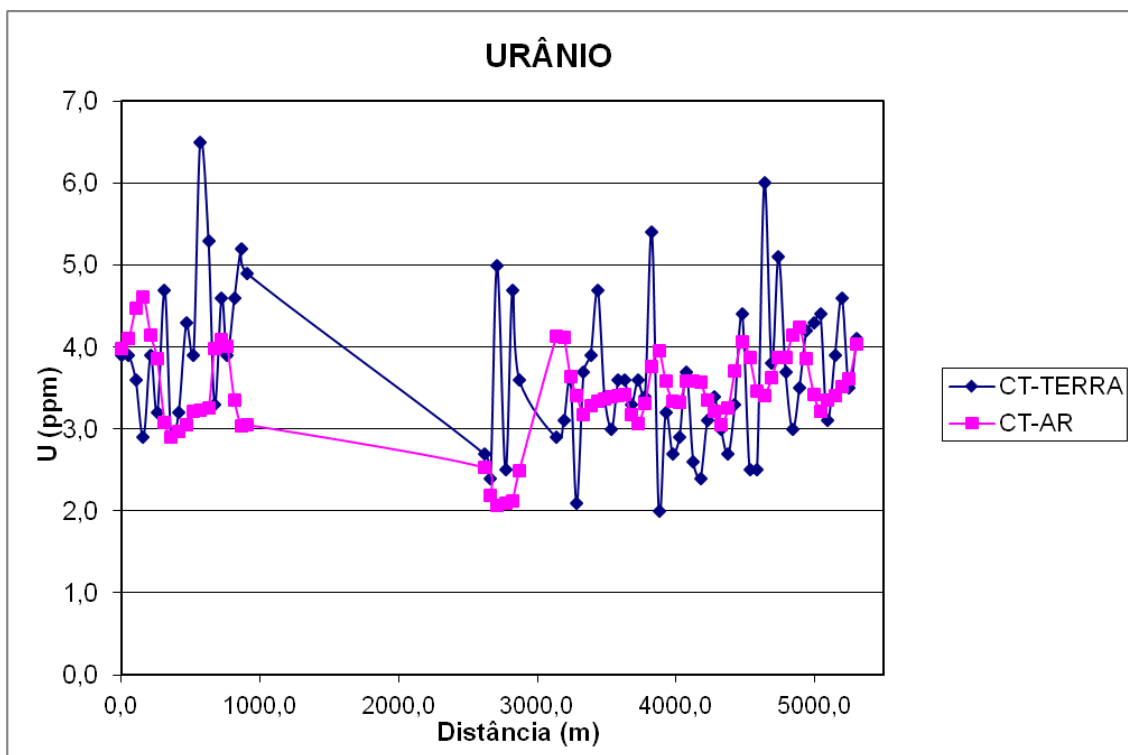


Figura 5 - Calibração dinâmica - Perfil comparativo – Urânio.

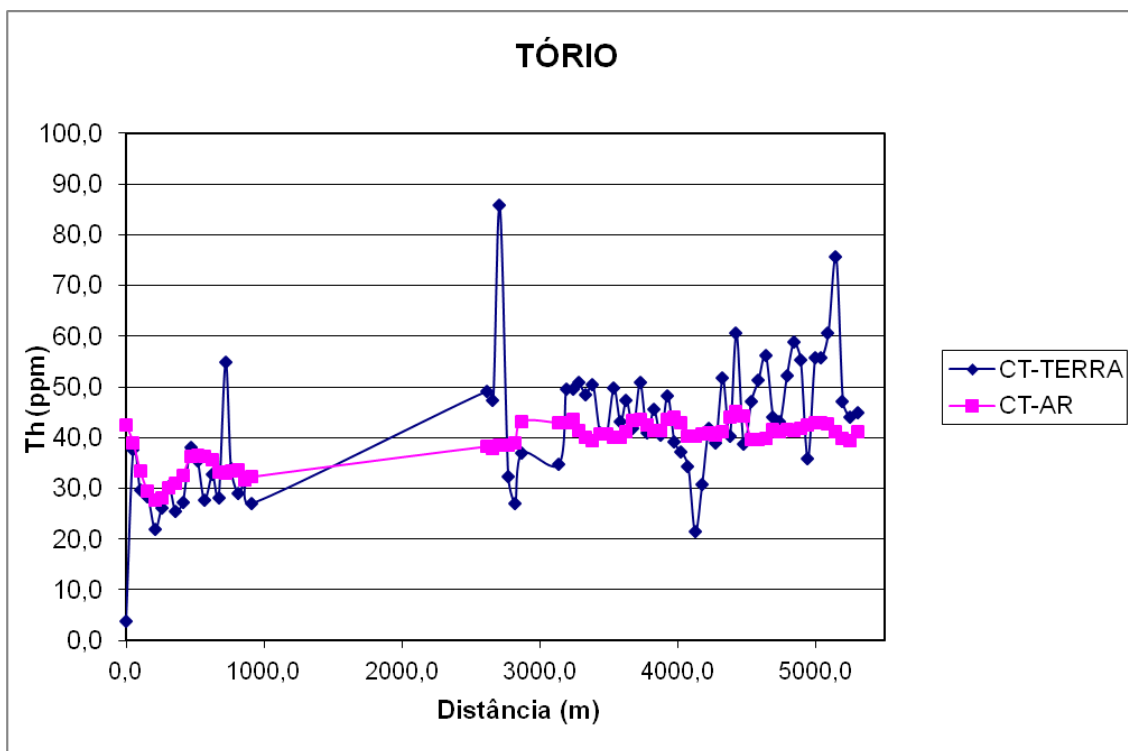


Figura 6 - Calibração dinâmica - Perfil comparativo – Tório.

TABELA 1 - LISTAGEM DAS LEITURAS DO LEVANTAMENTO TERRESTRE
 PISTA DE CALIBRAÇÃO DINÂMICA – 16/12/2013 DADOS BRUTOS – PP-AGP.

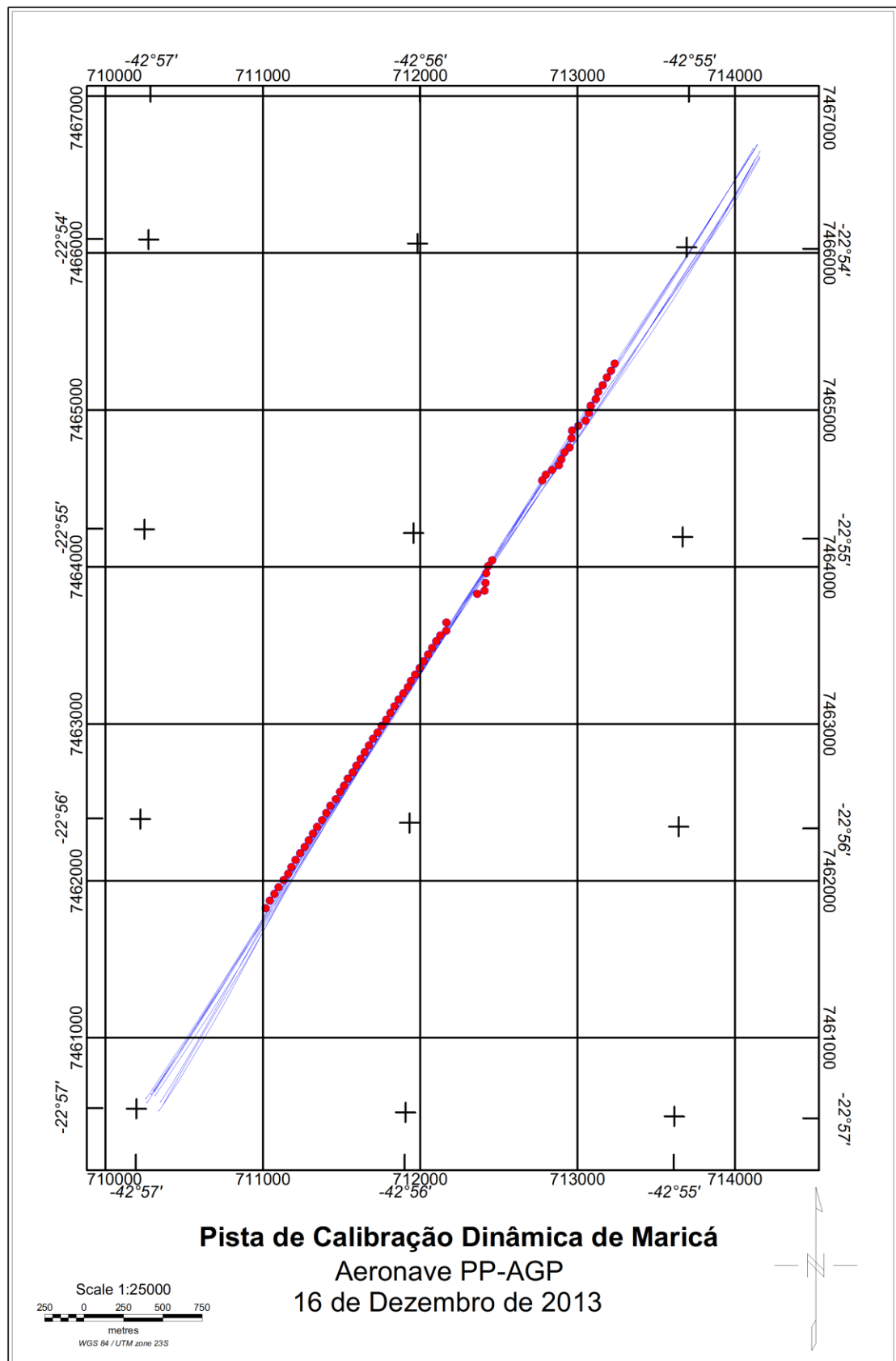
Estação	LAT S	LONG W	CT	K	eU	eTh	CT	K	U	Th
			(μR/h)	(%)	(ppm)	(ppm)	(cps)	(cps)	(cps)	(cps)
7	22°54'24.3"	42°55'15.7"	21,9	0,8	3,9	3,8	3309	533	365	366
8	22°54'25.8"	42°55'16.5"	20,2	1,2	3,9	37,7	3056	577	322	308
9	22°54'27.2"	42°55'17.4"	15,3	0,5	3,6	29,7	2313	359	268	243
10	22°54'28.8"	42°55'18.3"	20,8	2,8	2,9	28,4	3136	854	241	230
11	22°54'30.2"	42°55'19.3"	17,7	2,1	3,9	22,0	2675	670	229	179
12	22°54'31.7"	42°55'19.8"	18,0	1,9	3,2	26,1	2713	643	236	213
13	22°54'33.1"	42°55'20.9"	18,7	1,2	4,7	30,3	2818	542	299	248
14	22°54'34.6"	42°55'21.3"	17,3	1,7	2,9	25,5	2615	594	224	208
15	22°54'36.2"	42°55'22.0"	19,1	2,3	3,2	27,2	2882	736	241	222
16	22°54'37.3"	42°55'23.6"	24,3	2,4	4,3	38,1	3672	836	334	311
17	22°54'38.3"	42°55'25.0"	23,3	2,5	3,9	35,5	3511	835	309	289
18	22°54'39.9"	42°55'25.1"	20,8	1,9	6,5	27,7	3146	725	329	228
19	22°54'41.8"	42°55'25.5"	24,0	3,1	5,3	32,8	3622	973	304	267
20	22°54'42.8"	42°55'26.6"	19,4	2,0	3,3	28,2	2925	672	250	230
21	22°54'44.3"	42°55'27.3"	30,7	2,2	4,6	54,9	4629	923	442	447
22	22°54'45.5"	42°55'27.8"	22,1	2,9	3,9	33,8	3332	698	229	276
23	22°54'46.5"	42°55'29.3"	21,9	2,5	4,6	29,0	3306	816	289	237
24	22°54'47.5"	42°55'30.7"	22,8	2,2	5,2	31,5	3443	790	318	257
25	22°54'48.7"	42°55'31.5"	20,6	2,1	4,9	27,0	3113	785	285	221
26	22°55'05.4"	42°55'42.4"	26,8	3,5	2,7	49,2	4053	776	381	401
27	22°55'06.6"	42°55'43.3"	22,1	0,8	2,4	47,4	3344	521	343	386
28	22°55'08.1"	42°55'43.7"	47,0	4,0	5,0	85,8	7099	1503	636	698
29	22°55'10.1"	42°55'43.8"	21,0	2,4	2,5	32,3	3164	769	254	262
30	22°55'11.7"	42°55'44.0"	22,2	2,9	4,7	27,0	3348	893	280	220
31	22°55'12.4"	42°55'45.6"	25,8	3,1	3,6	37,0	3896	987	310	300
32	22°55'18.4"	42°55'52.4"	24,3	3,2	2,9	34,8	3671	970	281	283
33	22°55'20.1"	42°55'52.4"	29,0	2,6	3,1	49,6	4385	942	373	403
34	22°55'21.1"	42°55'53.7"	28,8	2,6	3,6	49,5	4352	942	385	403
35	22°55'22.3"	42°55'54.6"	27,8	2,6	2,1	50,8	4202	933	356	413
36	22°55'23.7"	42°55'55.5"	29,8	2,9	3,7	48,4	4493	998	380	394
37	22°55'25.1"	42°55'56.4"	29,5	2,8	3,9	50,5	4455	994	400	411
38	22°55'26.5"	42°55'57.4"	27,2	2,8	4,7	41,0	4112	960	362	334
39	22°55'27.9"	42°55'58.2"	25,6	2,5	3,4	40,8	3961	873	327	332
40	22°55'29.3"	42°55'59.2"	28,8	2,6	3,0	49,7	4356	929	371	405
41	22°55'30.6"	42°56'00.1"	25,2	2,2	3,6	43,2	3802	824	348	352
42	22°55'31.9"	42°56'00.8"	27,5	2,6	3,6	47,3	4153	933	373	385
43	22°55'33.2"	42°56'01.8"	26,1	2,5	3,3	41,9	3934	866	332	341
44	22°55'34.5"	42°56'02.8"	29,6	2,8	3,6	50,8	4465	993	392	413

Estação	LAT S	LONG W	CT	K	eU	eTh	CT	K	U	Th
			(µR/h)	(%)	(ppm)	(ppm)	(cps)	(cps)	(cps)	(cps)
45	22°55'35.9"	42°56'03.7"	27,0	2,8	3,4	40,9	4071	939	329	333
46	22°55'37.3"	42°56'04.6"	28,5	2,5	5,4	45,6	4297	942	407	372
47	22°55'38.7"	42°56'05.5"	24,7	2,7	2,0	40,4	3725	880	291	328
48	22°55'40.0"	42°56'06.5"	25,7	2,0	3,2	48,3	3877	797	367	393
49	22°55'41.4"	42°56'07.4"	25,3	2,8	2,7	39,1	3819	917	301	318
50	22°55'42.7"	42°56'08.4"	24,4	2,8	2,9	37,2	3686	901	295	302
51	22°55'44.1"	42°56'09.3"	24,9	3,1	3,7	34,4	3759	971	298	280
52	22°55'45.5"	42°56'10.2"	15,9	1,9	2,6	21,4	2394	596	192	174
53	22°55'46.9"	42°56'11.1"	18,4	1,7	2,4	30,7	2785	616	244	250
54	22°55'48.3"	42°56'12.0"	27,0	2,9	3,1	41,8	4076	956	327	339
55	22°55'49.7"	42°56'12.8"	24,9	2,4	3,4	39,0	3754	839	317	317
56	22°55'51.0"	42°56'13.9"	29,2	2,4	3,0	51,7	4403	907	382	420
57	22°55'52.5"	42°56'14.7"	24,6	2,4	2,7	40,3	3716	825	307	327
58	22°55'53.8"	42°56'15.6"	31,9	2,3	3,3	60,6	4810	944	444	493
59	22°55'55.3"	42°56'16.5"	24,1	2,2	4,4	38,8	3636	810	342	316
60	22°55'56.7"	42°56'17.7"	26,0	2,4	2,5	47,1	3932	857	343	383
61	22°55'58.2"	42°56'18.6"	26,6	2,2	2,5	51,4	4013	861	369	418
62	22°55'59.7"	42°56'19.5"	31,4	2,1	6,0	56,2	4745	921	485	459
63	22°56'01.1"	42°56'20.6"	25,6	2,3	3,8	44,1	3868	842	359	360
64	22°56'02.5"	42°56'21.5"	25,0	1,9	5,1	43,1	3775	792	385	352
65	22°56'03.9"	42°56'22.4"	29,0	2,4	3,7	52,2	4380	926	403	425
66	22°56'05.3"	42°56'23.3"	29,7	2,0	3,0	58,8	4478	852	425	478
67	22°56'06.6"	42°56'24.3"	30,5	2,5	3,5	55,4	4610	949	417	451
68	22°56'08.0"	42°56'25.3"	24,2	2,2	4,2	35,9	3658	798	319	293
69	22°56'09.5"	42°56'26.2"	31,7	2,5	4,3	55,7	4782	977	441	454
70	22°56'10.9"	42°56'26.9"	30,6	2,2	4,4	55,7	4627	932	443	454
71	22°56'12.2"	42°56'27.9"	31,9	2,6	3,1	60,7	4814	1012	438	494
72	22°56'13.7"	42°56'29.0"	36,1	2,0	3,9	75,6	5451	978	549	616
73	22°56'15.1"	42°56'29.9"	24,2	1,3	4,6	47,1	3657	674	397	385
74	22°56'16.5"	42°56'30.9"	21,0	0,5	3,5	44,0	3167	451	349	360
75	22°56'18.1"	42°56'31.8"	26,7	2,0	4,1	45,0	4033	808	371	367
1*	22°56'26.7"	42°49'34.0"	1,0	0,0	0,3	1,6	158	10	18	13
2*	22°56'26.5"	42°49'33.9"	1,0	0,0	0,2	1,5	146	10	13	12
3*	22°56'26.3"	42°49'34.4"	2,1	0,1	0,1	3,7	319	49	25	30
4*	22°56'26.6"	42°49'33.9"	1,9	0,0	0,3	4,1	285	33	33	33
5*	22°56'26.2"	42°49'34.2"	1,5	0,0	0,4	2,4	220	17	24	20
6*	22°56'26.4"	42°49'34.2"	1,2	0,0	0,1	2,5	177	12	12	20

* 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 AEROGEOFÍSICO RIO IRIRI

CPRM CONTRATO N.º 068/PR/13

RESUMO DOS RESULTADOS DOS TESTES DE CALIBRAÇÃO
DINÂMICA - SENSIBILIDADE

AERONAVE

PP-AGP

MARICÁ - RJ
27 DE JUNHO DE 2015

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 Exploranium GR-320
- Figura 2 - Coleta de Dados Terrestres na Pista de Calibração Dinâmica
- Figura 3 - Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Contagem Total
- Figura 4 - Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Potássio
- Figura 5 - Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Urânio
- Figura 6 - Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Tório

- Quadro 1 - Resultado Estatístico do Levantamento Terrestre na Pista de Calibração
- Quadro 2 - Resultado Estatístico do Levantamento Terrestre na Lagoa de Maricá
- Quadro 3 - Resultado Estatístico do Levantamento Aéreo sobre a Pista de Calibração
- Quadro 4 - Resultado Estatístico do Levantamento Terrestre na Pista de Calibração 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 27 de Junho de 2015 a Prospectors Aerolevantamentos e Sistemas Ltda. efetuou os testes sobre a “pista de calibração dinâmica” no distrito de Inoã, município de Maricá (RJ).

2. Levantamento Terrestre

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



Figura 1 – Gamaespectrômetro Portátil EXPLORANIUM GR-320.

Foram registradas 71 estações, sendo 66 sobre a pista de calibração e 5 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	CT(*)	K	eU	eTh	CT	K	U	Th
	($\mu\text{R/h}$)	(%)	(ppm)	(ppm)	(cpm)	(cpm)	(cpm)	(cpm)
MÉDIA	10,95	2,16	2,25	21,71	4572,55	519,92	89,15	188,57
DESVIO PADRÃO	3,31	0,74	0,75	8,40	1324,59	162,32	26,83	72,80
ERRO NA MÉDIA(1)	0,42	0,09	0,09	1,06	166,88	20,45	3,38	9,17
INCERTEZA (%) (2)	3,8%	4,3%	4,2%	4,9%	3,6%	3,9%	3,8%	4,9%

- (*) Valor obtido através da expressão:

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

E = Taxa de Exposição ($\mu\text{R/h}$)

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

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

ESTATÍSTICA	CT(*)	K	eU	eTh	CT	K	U	Th
	(μR/h)	(%)	(ppm)	(ppm)	(cpm)	(cpm)	(cpm)	(cpm)
MÉDIA	0,20	0,03	0,04	0,49	24,89	5,68	0,98	4,25
DESVIO PADRÃO	0,10	0,05	0,07	0,34	17,55	5,70	1,57	2,93
ERRO NA MÉDIA(1)	0,03	0,02	0,03	0,12	6,21	2,02	0,55	1,03
INCERTEZA (%) (2)	17,0%	65,5%	70,1%	24,3%	24,9%	35,5%	56,8%	24,3%

3. Levantamento Aéreo

Foi utilizada a aeronave PP-AGP equipada com gamaespectrômetro PICO ENVIROTEC, com cristais detectores de NaI com 2560 pol³ down e 512 pol³ up. Foram realizadas 10 passagens sobre a pista de calibração e mar, nas seguintes altitudes: 220, 330 (três vezes), 400, 500, 600, 700, 800 e 900 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 PP-AGP 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(*)	K	eU	eTh
	(μR/h)	(%)	(ppm)	(ppm)
MÉDIA	2134,78	109,55	30,56	93,57
DESVIO PADRÃO	157,82	20,67	4,54	11,38
ERRO NA MÉDIA(1)	0,84	0,11	0,02	0,06
INCERTEZA (%) (2)	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%

* tempo morto, background, stripping e atenuação corrigidos

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

ESTATÍSTICA	CT(*)	K	eU	eTh	CT	K	U	Th
	(μR/h)	(%)	(ppm)	(ppm)	(cpm)	(cpm)	(cpm)	(cpm)
MÉDIA	10,74	2,13	2,21	21,22	4547,66	514,25	88,18	184,32
DESVIO PADRÃO	3,31	0,74	0,75	8,40	1324,59	162,32	26,83	72,80
ERRO NA MÉDIA(1)	0,42	0,09	0,09	1,06	166,88	20,45	3,38	9,17
INCERTEZA (%) (2)	3,9%	4,4%	4,3%	5,0%	3,7%	4,0%	3,8%	5,0%

cpm = contagens por minuto

Quadro 5 - Coeficientes de Sensibilidade.

	CT(*)	K	eU	eTh
	(cps / μR/h)	(cps / %)	(cps / ppm)	(cps / ppm)
Sensibilidade (S)	198,70	51,38	13,81	4,41

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

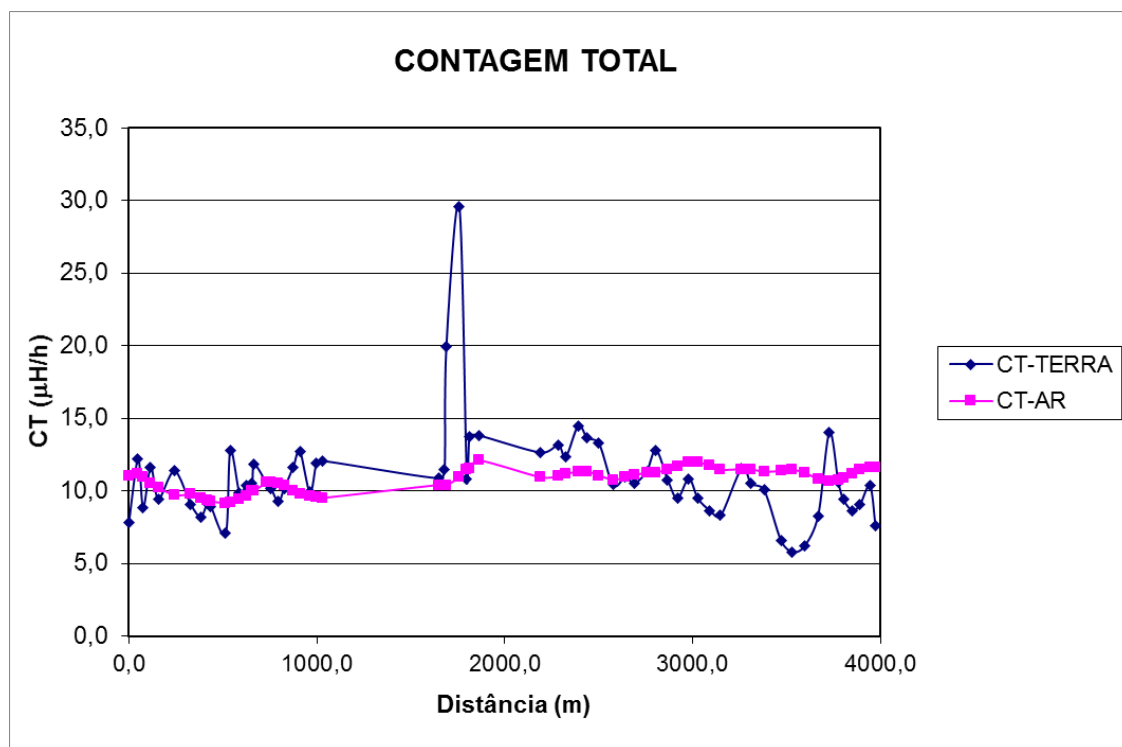


Figura 3 - Calibração dinâmica - Perfil comparativo - Contagem Total.

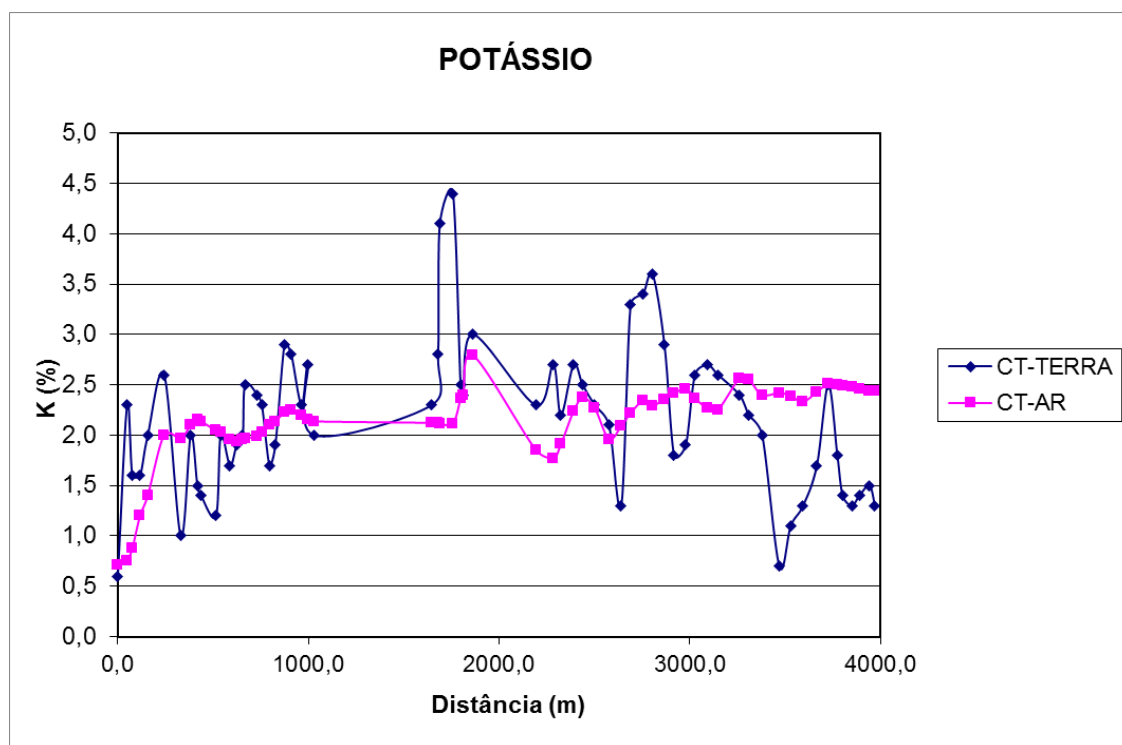


Figura 4 - Calibração dinâmica - Perfil comparativo – Potássio.

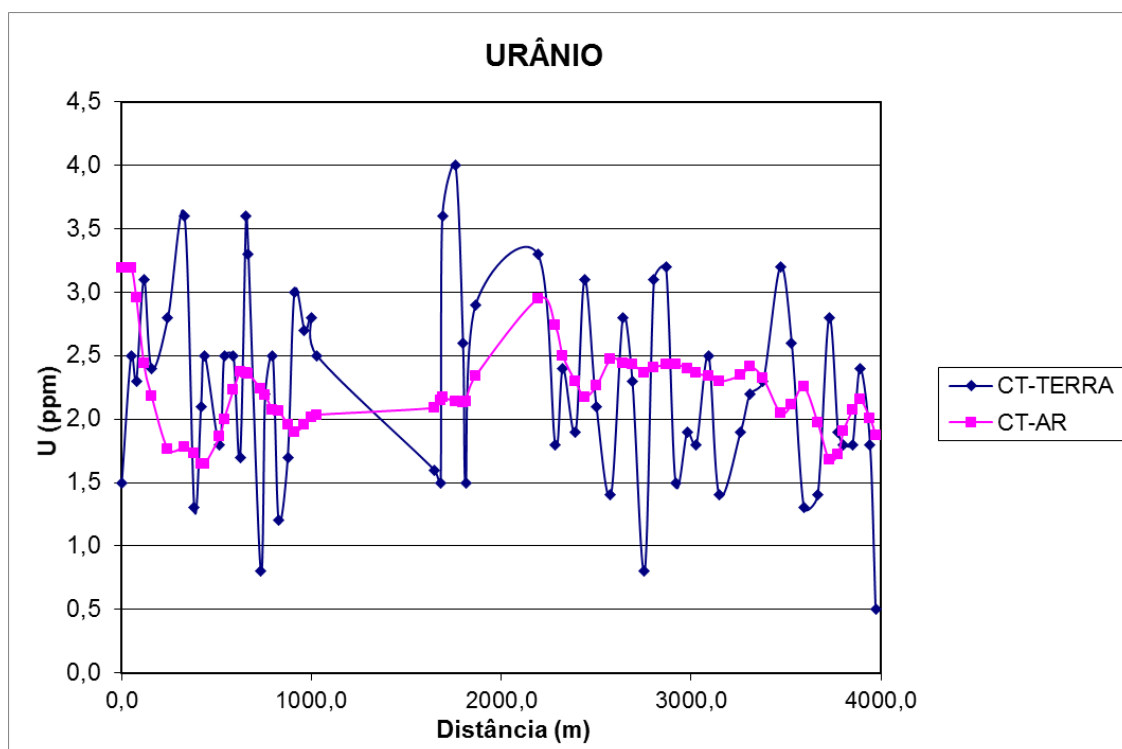


Figura 5 - Calibração dinâmica - Perfil comparativo – Urânio.

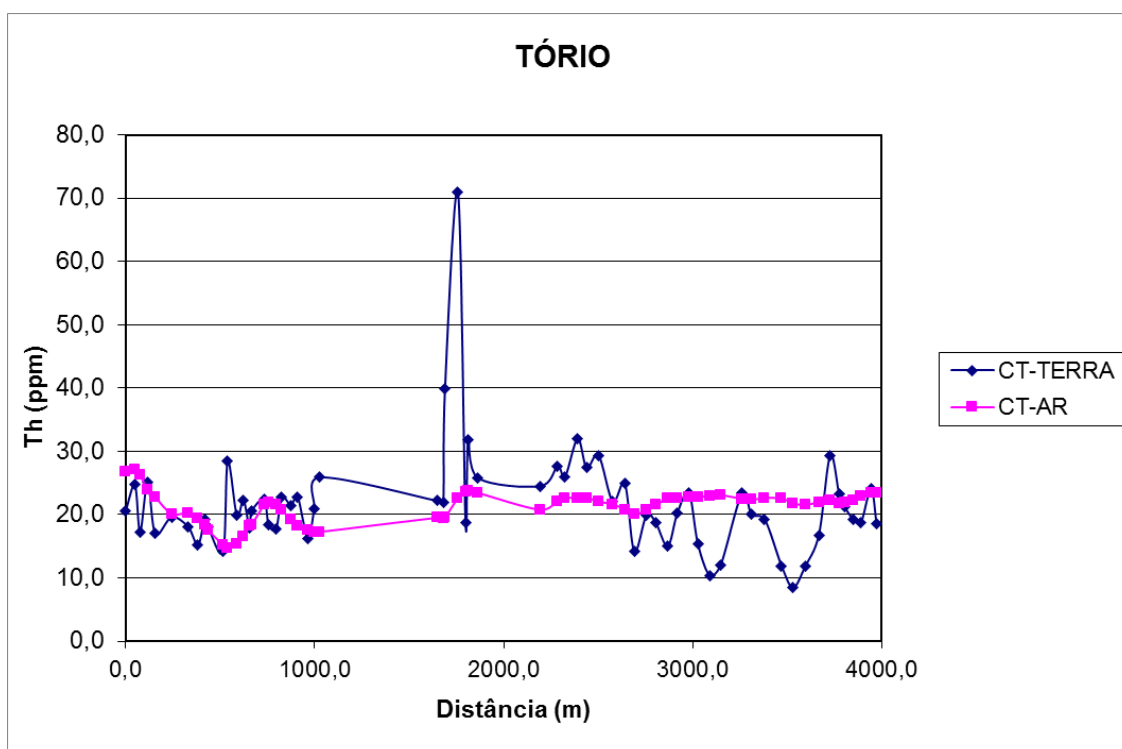


Figura 6 - Calibração dinâmica - Perfil comparativo – Tório.

TABELA 1 - LISTAGEM DAS LEITURAS DO LEVANTAMENTO TERRESTRE
 PISTA DE CALIBRAÇÃO DINÂMICA – 27/06/2015 DADOS BRUTOS – PP-AGP.

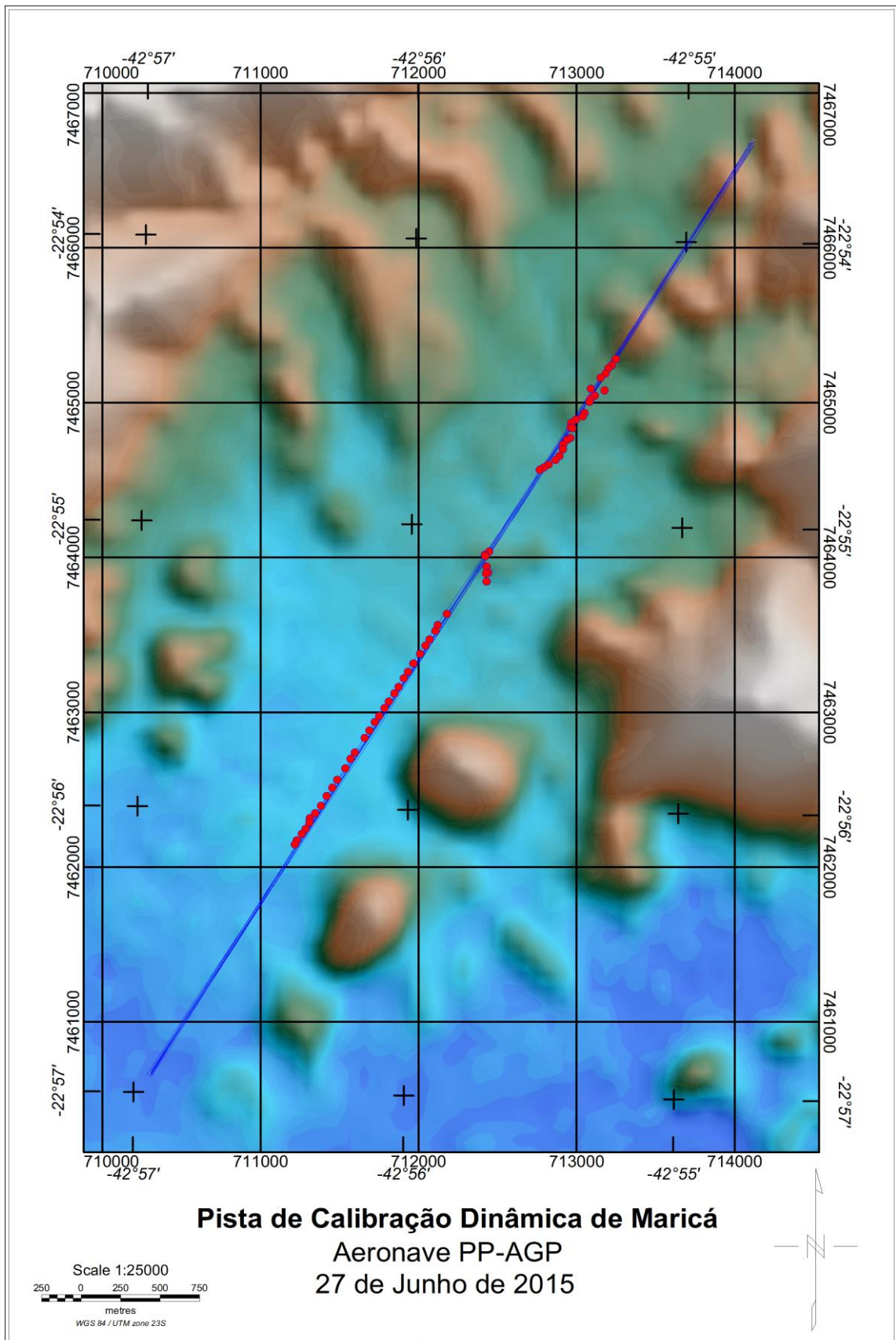
Estação	LAT S	LONG W	CT	K	eU	eTh	CT	K	U	Th
			(μ R/h)	(%)	(ppm)	(ppm)	(cps)	(cps)	(cps)	(cps)
1	-22,908298	-42,921885	9,3	1,7	2,5	17,7	3892	427	84	155
2	-22,906772	-42,921027	9,9	1,7	2,5	19,9	3911	418	89	173
3	-22,907162	-42,921255	7,8	0,6	1,5	20,6	3230	207	76	180
4	-22,907597	-42,921513	12,2	2,3	2,5	24,7	5065	566	100	214
5	-22,907933	-42,921693	8,9	1,6	2,3	17,3	3806	404	80	150
6	-22,908268	-42,921885	11,6	1,6	3,1	25,1	4436	424	113	219
7	-22,908525	-42,922153	9,5	2,0	2,4	17,0	4014	472	81	148
8	-22,908862	-42,922097	11,4	2,6	2,8	19,6	4494	608	92	170
9	-22,909207	-42,922417	9,1	1,0	3,6	18,1	3586	291	106	159
10	-22,909582	-42,922575	8,2	2,0	1,3	15,2	3855	457	58	132
11	-22,909945	-42,922787	9,1	1,5	2,1	19,2	3663	389	81	167
12	-22,910317	-42,923040	8,9	1,4	2,5	18,0	3604	363	85	157
13	-22,910662	-42,923563	7,1	1,2	1,8	14,2	3109	310	65	124
14	-22,910992	-42,923632	12,8	2,0	2,5	28,4	5495	523	109	247
15	-22,911467	-42,923637	9,9	1,7	2,5	19,9	3911	418	89	173
16	-22,911873	-42,923965	10,4	1,9	1,7	22,3	4461	463	82	193
17	-22,912320	-42,924233	10,5	2,0	3,6	17,9	4201	486	103	157
18	-22,912895	-42,924637	11,8	2,5	3,3	20,6	4794	589	104	180
19	-22,912917	-42,924632	10,6	2,4	0,8	22,4	4329	556	65	193
20	-22,912867	-42,924732	10,2	2,3	2,2	18,4	4299	530	80	160
21	-22,913157	-42,925127	9,3	1,7	2,5	17,7	3892	427	84	155
22	-22,918197	-42,928575	10,2	1,9	1,2	22,7	4353	452	74	197
23	-22,918768	-42,928903	11,6	2,9	1,7	21,5	4526	655	79	186
24	-22,918895	-42,928825	12,7	2,8	3,0	22,8	5209	663	105	199
25	-22,919178	-42,928777	9,9	2,3	2,7	16,3	4170	534	84	142
26	-22,919458	-42,928735	11,9	2,7	2,8	20,9	5238	628	96	182
27	-22,919475	-42,928688	12,1	2,0	2,5	25,9	5004	506	104	225
28	-22,921885	-42,931315	10,9	2,3	1,6	22,2	4640	536	79	192
29	-22,921818	-42,931158	11,5	2,8	1,5	21,9	5486	635	77	189
30	-22,922393	-42,931460	20,0	4,1	3,6	39,9	8185	966	154	346
31	-22,923192	-42,932023	29,6	4,4	4,0	71,0	11955	1135	237	616
32	-22,923578	-42,932233	10,8	2,5	2,6	18,7	4367	575	88	163
33	-22,924222	-42,932692	13,7	2,4	1,5	31,9	5505	598	101	276
34	-22,924212	-42,932752	13,8	3,0	2,9	25,8	5419	701	109	224
35	-22,924545	-42,933092	12,6	2,3	3,3	24,5	5558	578	114	213
36	-22,925457	-42,933587	13,2	2,7	1,8	27,6	5334	647	94	240
37	-22,925758	-42,933737	12,3	2,2	2,4	26,0	4977	553	103	226
38	-22,926455	-42,934172	14,5	2,7	1,9	32,0	6206	662	108	277

Estação	LAT S	LONG W	CT	K	eU	eTh	CT	K	U	Th
			(μR/h)	(%)	(ppm)	(ppm)	(cps)	(cps)	(cps)	(cps)
39	-22,926440	-42,934253	13,7	2,5	3,1	27,4	5527	617	116	239
40	-22,927188	-42,934633	13,3	2,3	2,1	29,4	5431	574	105	255
41	-22,927563	-42,935143	10,4	2,1	1,4	22,1	4289	508	76	191
42	-22,928178	-42,935468	10,9	1,3	2,8	24,9	4649	379	108	217
43	-22,928822	-42,935692	10,5	3,3	2,3	14,2	4592	715	71	123
44	-22,928757	-42,935668	11,4	3,4	0,8	19,9	4804	739	59	171
45	-22,929670	-42,936482	9,5	1,8	1,5	20,2	4110	428	73	176
46	-22,930157	-42,936797	10,8	1,9	1,9	23,5	4808	475	88	204
47	-22,930602	-42,936967	9,5	2,6	1,8	15,3	4181	584	65	133
48	-22,930762	-42,937078	8,7	2,7	2,5	10,3	3825	590	65	90
49	-22,931768	-42,937843	8,3	2,6	1,4	12,1	3407	557	51	104
50	-22,931902	-42,937898	11,6	2,4	1,9	23,4	4931	565	86	203
51	-22,932415	-42,938262	10,5	2,2	2,2	20,0	4301	515	84	173
52	-22,932873	-42,938502	10,1	2,0	2,3	19,3	4348	481	84	168
53	-22,933357	-42,938720	6,6	0,7	3,2	11,9	2437	208	84	105
54	-22,933633	-42,939018	5,8	1,1	2,6	8,5	2335	275	64	75
55	-22,934185	-42,939453	6,2	1,3	1,3	11,8	2699	302	49	102
56	-22,934593	-42,939670	8,3	1,7	1,4	16,8	3403	406	63	146
57	-22,935017	-42,940028	14,0	2,5	2,8	29,4	5627	627	118	255
58	-22,935292	-42,940145	10,6	1,8	1,9	23,2	4532	446	87	202
59	-22,935738	-42,940560	9,4	1,4	1,8	21,3	3940	371	81	185
60	-22,936157	-42,940892	8,6	1,3	1,8	19,2	4067	345	77	167
61	-22,936682	-42,941208	9,1	1,4	2,4	18,8	3950	371	85	164
62	-22,936923	-42,941307	10,3	1,5	1,8	24,1	4490	396	88	209
63	-22,937265	-42,941482	7,6	1,3	0,5	18,6	3445	325	52	161
64	-22,937558	-42,941748	0,2	0,0	0,0	0,7	44	0	0	6
65	-22,937657	-42,941795	0,2	0,0	0,0	0,6	54	0	1	5
66	-22,938318	-42,942285	0,2	0,1	0,0	0,0	8	12	0	0
67*	-22,925623	-42,828167	0,1	0,0	0,0	0,3	1	3	0	3
68*	-22,925595	-42,828235	0,2	0,0	0,2	0,2	24	7	4	2
69*	-22,925675	-42,828223	0,4	0,1	0,0	0,9	15	15	0	8
70*	-22,925737	-42,828167	0,3	0,0	0,0	0,9	27	6	0	8
71*	-22,925760	-42,828145	0,2	0,0	0,1	0,3	26	2	2	3

* 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 AEROGEOFÍSICO RIO IRIRI

CPRM CONTRATO N.º 068/PR/13

RESUMO DOS RESULTADOS DOS TESTES DE CALIBRAÇÃO
DINÂMICA - SENSIBILIDADE

AERONAVE

PR-MCY

MARICÁ - RJ
10 DE JANEIRO DE 2015

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 Exploranium GR-320
Figura 2 - Coleta de Dados Terrestres na Pista de Calibração Dinâmica
Figura 3 - Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Contagem Total
Figura 4 - Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Potássio
Figura 5 - Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Urânio
Figura 6 - Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Tório

- Quadro 1 - Resultado Estatístico do Levantamento Terrestre na Pista de Calibração
Quadro 2 - Resultado Estatístico do Levantamento Terrestre na Lagoa de Maricá
Quadro 3 - Resultado Estatístico do Levantamento Aéreo sobre a Pista de Calibração
Quadro 4 - Resultado Estatístico do Levantamento Terrestre na Pista de Calibração 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 10 de Janeiro de 2015 a Prospectors Aerolevantamentos e Sistemas Ltda. efetuou os testes sobre a “pista de calibração dinâmica” no distrito de Inoã, município de Maricá (RJ).

2. Levantamento Terrestre

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



Figura 1 – Gamaespectrômetro Portátil EXPLORANIUM GR-320.

Foram registradas 74 estações, sendo 69 sobre a pista de calibração e 5 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	CT(*)	K	eU	eTh	CT	K	U	Th
	($\mu\text{R/h}$)	(%)	(ppm)	(ppm)	(cpm)	(cpm)	(cpm)	(cpm)
MÉDIA	11,62	2,09	2,60	23,63	4963,67	516,92	99,47	205,49
DESVIO PADRÃO	4,24	0,88	0,79	11,67	1651,85	190,40	37,22	101,29
ERRO NA MÉDIA(1)	0,49	0,10	0,09	1,36	192,02	22,13	4,33	11,78
INCERTEZA (%) (2)	4,24%	4,91%	3,52%	5,74%	3,87%	4,28%	4,35%	5,73%

- (*) Valor obtido através da expressão:

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

E = Taxa de Exposição ($\mu\text{R/h}$)

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

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

ESTATÍSTICA	CT(*)	K	eU	eTh	CT	K	U	Th
	(μR/h)	(%)	(ppm)	(ppm)	(cpm)	(cpm)	(cpm)	(cpm)
MÉDIA	0,25	0,05	0,02	0,58	41,65	11,07	0,60	5,18
DESVIO PADRÃO	0,16	0,05	0,04	0,45	26,52	5,81	0,91	3,81
ERRO NA MÉDIA(1)	0,06	0,02	0,02	0,18	10,83	2,37	0,37	1,55
INCERTEZA (%) (2)	25,51%	44,72%	100,00%	31,43%	25,99%	21,45%	61,91%	29,98%

3. Levantamento Aéreo

Foi utilizada a aeronave PR-MCY equipada com gamaespectrômetro EXPLORANIUM GR820, 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 (três vezes), 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-MCY 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):

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

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(*)	K	eU	eTh
	(μR/h)	(%)	(ppm)	(ppm)
MÉDIA	3434,12	160,18	47,96	150,60
DESVIO PADRÃO	270,57	15,65	5,90	13,98
ERRO NA MÉDIA(1)	1,22	0,07	0,03	0,06
INCERTEZA (%) (2)	0,04%	0,04%	0,06%	0,04%

* tempo morto, background, stripping e atenuação corrigidos

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

ESTATÍSTICA	CT(*)	K	eU	eTh	CT	K	U	Th
	(μR/h)	(%)	(ppm)	(ppm)	(cpm)	(cpm)	(cpm)	(cpm)
MÉDIA	11,37	2,04	2,59	23,04	4922,02	505,85	98,87	200,30
DESVIO PADRÃO	4,24	0,88	0,79	11,67	1651,8	190,4	37,2	101,3
ERRO NA MÉDIA(1)	0,49	0,10	0,09	1,36	192,02	22,13	4,33	11,78
INCERTEZA (%) (2)	4,33%	5,03%	3,54%	5,89%	3,90%	4,38%	4,38%	5,88%

cpm = contagens por minuto

Quadro 5 - Coeficientes de Sensibilidade.

	CT(*)	K	eU	eTh
	(cps / μR/h)	(cps / %)	(cps / ppm)	(cps / ppm)
Sensibilidade (S)	302,00	78,55	18,55	6,54

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

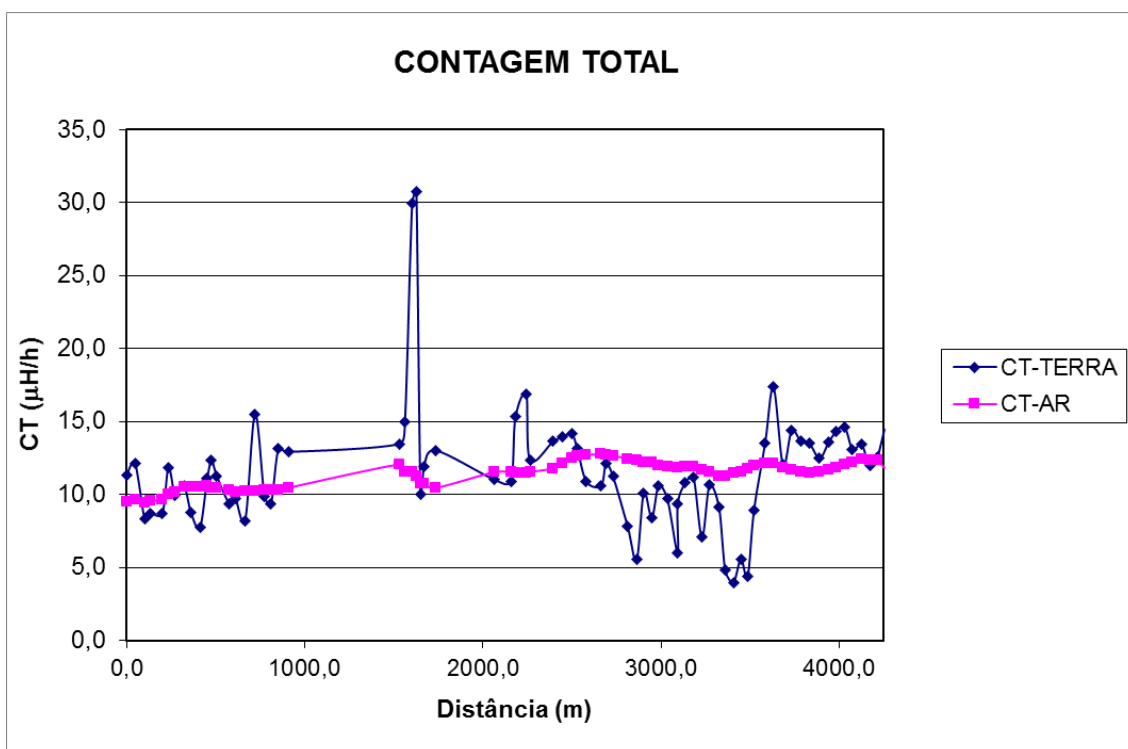


Figura 3 - Calibração dinâmica - Perfil comparativo - Contagem Total.

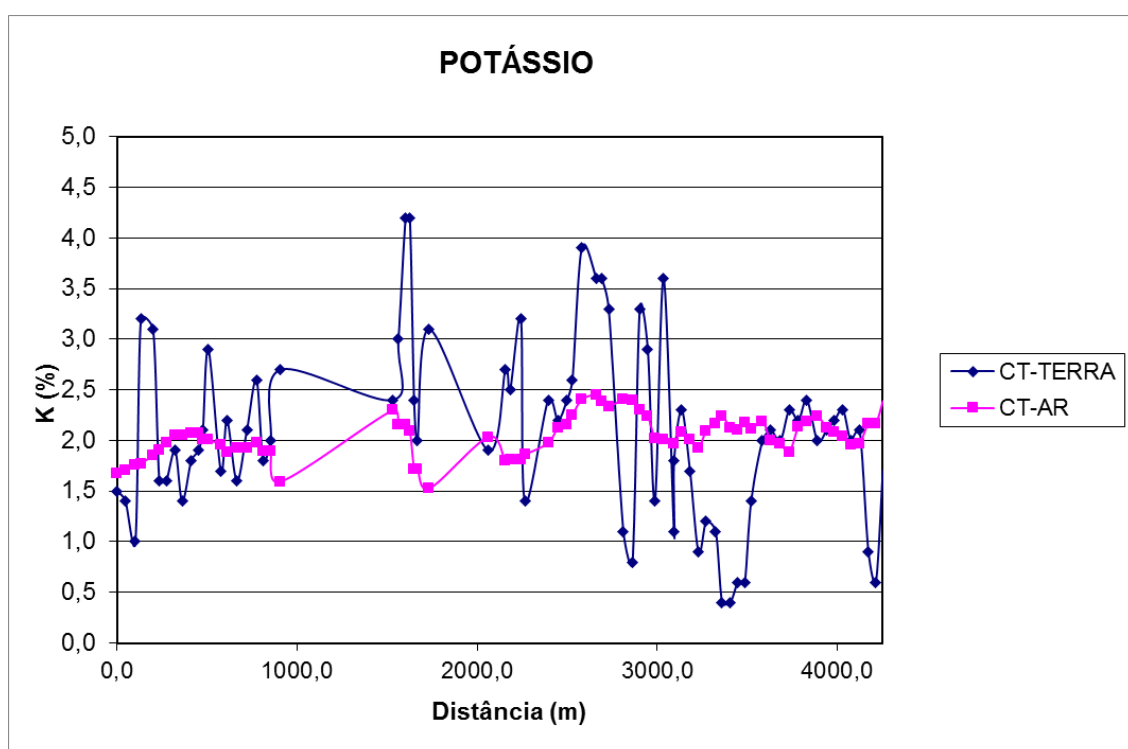


Figura 4 - Calibração dinâmica - Perfil comparativo – Potássio.

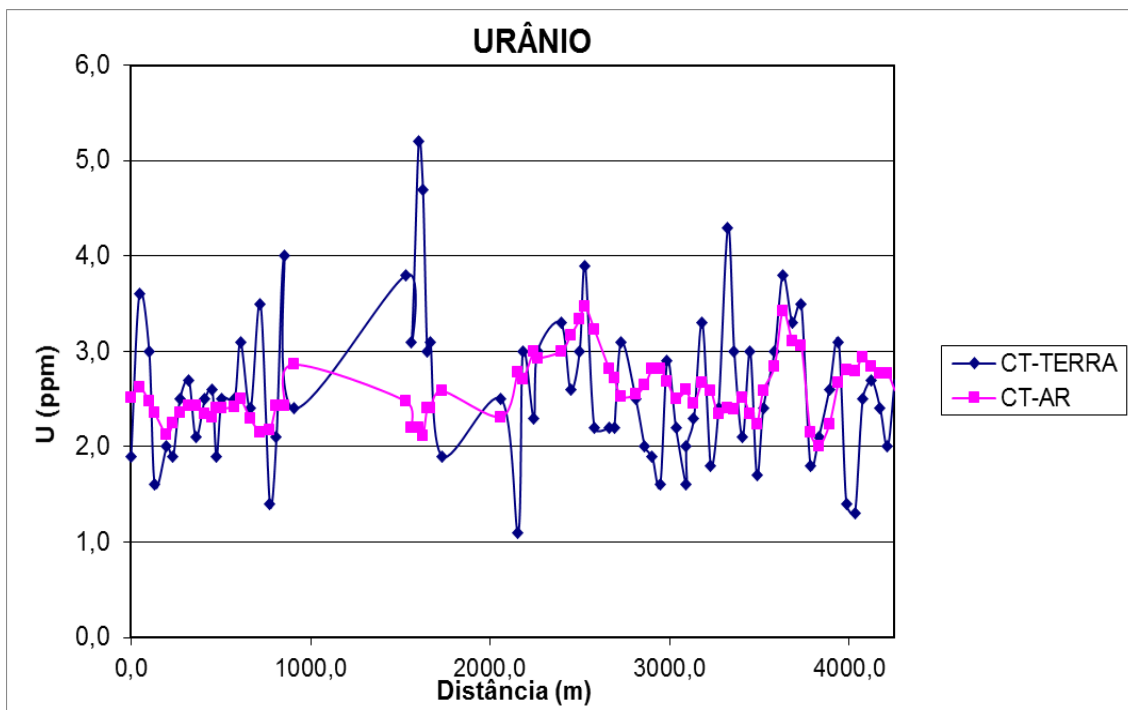


Figura 5 - Calibração dinâmica - Perfil comparativo – Urânio.

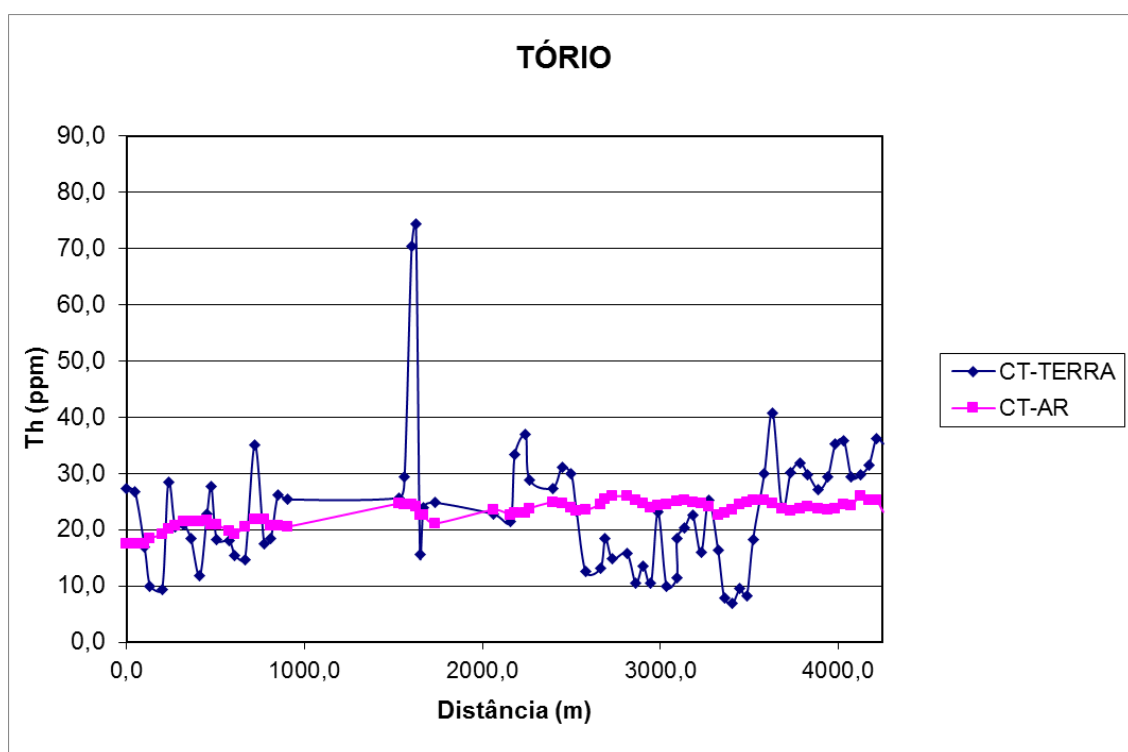


Figura 6 - Calibração dinâmica - Perfil comparativo – Tório.

TABELA 1 - LISTAGEM DAS LEITURAS DO LEVANTAMENTO TERRESTRE
 PISTA DE CALIBRAÇÃO DINÂMICA – 10/01/2015 DADOS BRUTOS – PR-MCY.

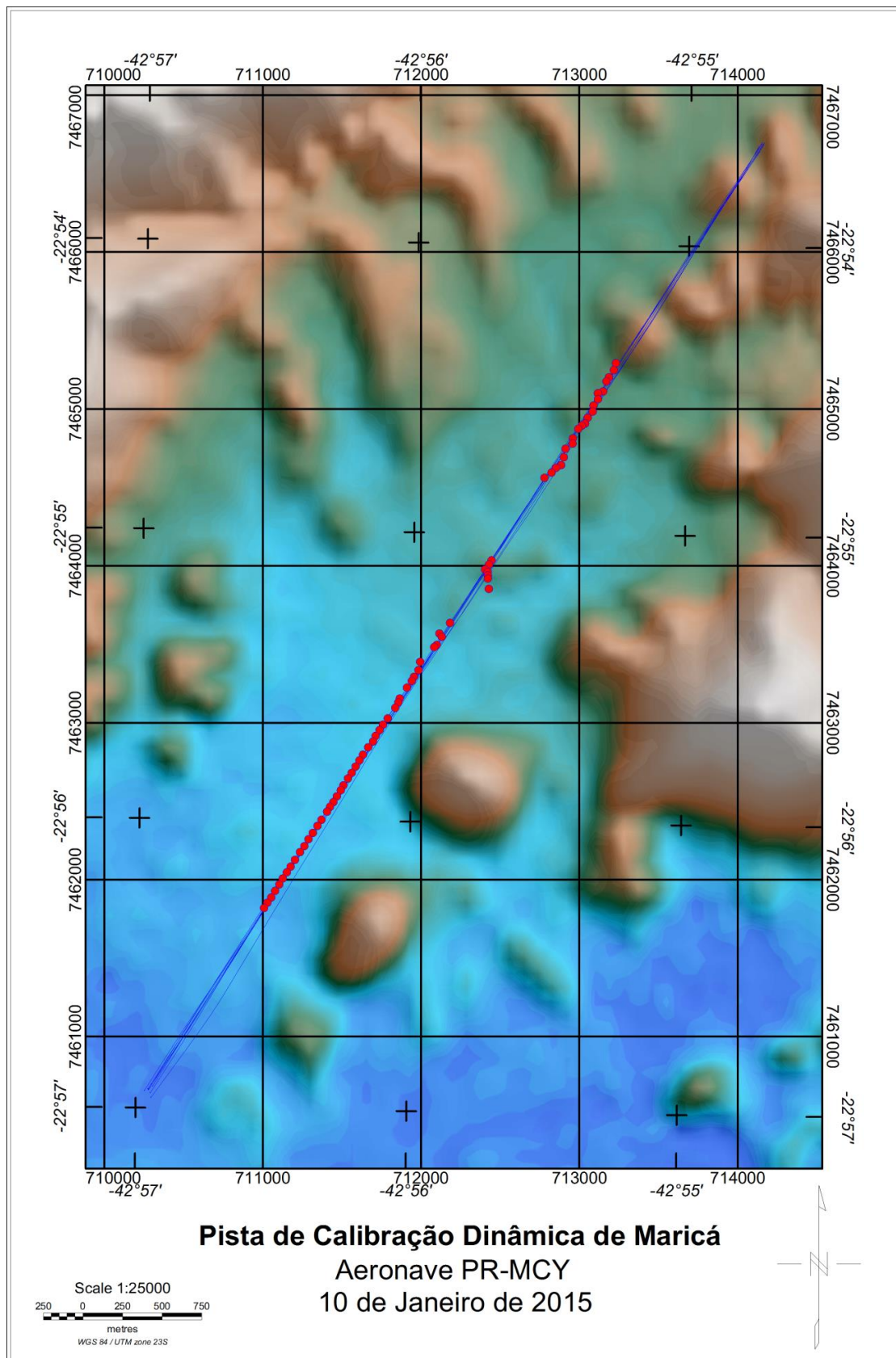
Estação	LAT S	LONG W	CT	K	eU	eTh	CT	K	U	Th
			(μ R/h)	(%)	(ppm)	(ppm)	(cps)	(cps)	(cps)	(cps)
1	22°54'24.4"	42°55'15"9"	11,4	1,5	1,9	27,4	4839	406	98	238
2	22°54'25.9"	42°55'16"3"	12,1	1,4	3,6	26,8	5007	404	126	234
3	22°54'27.3"	42°55'17"4"	8,3	1,0	3,0	16,9	3838	292	91	148
4	22°54'28.2"	42°55'17"9"	8,7	3,2	1,6	10,0	3949	670	49	87
5	22°54'30.3"	42°55'18"6"	8,7	3,1	2,0	9,4	3645	664	54	81
6	22°54'30.7"	42°55'19"8"	11,8	1,6	1,9	28,5	5392	429	100	248
7	22°54'31.9"	42°55'19"7"	10,0	1,6	2,5	20,6	4213	402	91	180
8	22°54'33.3"	42°55'20"7"	10,6	1,9	2,7	20,8	4435	481	94	181
9	22°54'34.5"	42°55'20"9"	8,8	1,4	2,1	18,4	3798	356	79	160
10	22°54'35.8"	42°55'22"0"	7,7	1,8	2,5	11,8	3593	412	70	103
11	22°54'37.0"	42°55'22"5"	11,1	1,9	2,6	22,8	5029	473	99	199
12	22°54'37.4"	42°55'23"2"	12,3	2,1	1,9	27,6	5217	533	98	240
13	22°54'38.1"	42°55'24"0"	11,2	2,9	2,5	18,3	5289	648	85	159
14	22°54'40.1"	42°55'25"2"	9,4	1,7	2,5	18,1	4192	426	86	158
15	22°54'41.2"	42°55'25"2"	9,8	2,2	3,1	15,4	4493	516	88	135
16	22°54'42.3"	42°55'26"8"	8,2	1,6	2,4	14,7	3961	391	76	128
17	22°54'44.1"	42°55'27"1"	15,5	2,1	3,5	35,1	6556	567	143	306
18	22°54'45.7"	42°55'27"7"	9,8	2,6	1,4	17,5	4269	580	64	151
19	22°54'46.3"	42°55'28"8"	9,4	1,8	2,1	18,4	4278	437	79	160
20	22°54'47.3"	42°55'29"8"	13,1	2,0	4,0	26,2	5385	525	130	229
21	22°54'48.4"	42°55'31"4"	12,9	2,7	2,4	25,4	5758	647	101	221
22	22°55'05.6"	42°55'42"8"	13,5	2,4	3,8	25,7	5289	596	126	224
23	22°55'06.5"	42°55'43"4"	15,0	3,0	3,1	29,4	5480	718	121	255
24	22°55'07.5"	42°55'44"2"	29,9	4,2	5,2	70,4	12065	1121	256	612
25	22°55'08.1"	42°55'43"6"	30,7	4,2	4,7	74,3	12042	1129	256	646
26	22°55'08.8"	42°55'43"6"	10,0	2,4	3,0	15,6	4370	549	87	136
27	22°55'09.4"	42°55'43"6"	11,9	2,0	3,1	23,9	5019	497	109	208
28	22°55'11.5"	42°55'43"3"	13,0	3,1	1,9	24,8	5645	706	90	214
29	22°55'18.7"	42°55'51"8"	11,0	1,9	2,5	22,8	5243	471	97	199
30	22°55'20.9"	42°55'54"1"	10,9	2,7	1,1	21,4	4720	604	68	185
31	22°55'21.6"	42°55'53"6"	15,3	2,5	3,0	33,4	6595	644	130	290
32	22°55'23.3"	42°55'54"7"	16,9	3,2	2,3	36,9	7047	777	125	319
33	22°55'23.8"	42°55'55"3"	12,4	1,4	3,0	28,9	5146	398	120	252
34	22°55'26.9"	42°55'58"3"	13,6	2,4	3,3	27,4	5683	600	121	239
35	22°55'28.6"	42°55'58"7"	13,9	2,2	2,6	31,1	5655	567	119	270
36	22°55'30.0"	42°55'59"6"	14,2	2,4	3,0	29,9	6019	602	121	260
37	22°55'30.8"	42°56'00"1"	13,2	2,6	3,9	23,4	5445	627	122	204
38	22°55'32.2"	42°56'01"2"	10,9	3,9	2,2	12,5	4459	821	64	108

Estação	LAT S	LONG W	CT	K	eU	eTh	CT	K	U	Th
			(μR/h)	(%)	(ppm)	(ppm)	(cps)	(cps)	(cps)	(cps)
39	22°55'34.5"	42°56'02"7"	10,6	3,6	2,2	13,1	4450	759	65	113
40	22°55'35.3"	42°56'03"1"	12,2	3,6	2,2	18,5	5033	782	80	160
41	22°55'36.5"	42°56'03"7"	11,2	3,3	3,1	14,8	4729	720	86	128
42	22°55'38.6"	42°56'05"3"	7,8	1,1	2,5	15,8	3525	305	81	138
43	22°55'40.0"	42°56'06"4"	5,5	0,8	2,0	10,5	2157	190	25	91
44	22°55'41.1"	42°56'07"1"	10,1	3,3	1,9	13,6	4042	707	63	118
45	22°55'42.3"	42°56'08"0"	8,4	2,9	1,6	10,5	3557	623	49	91
46	22°55'43.5"	42°56'08"5"	10,6	1,4	2,9	23,1	4373	379	104	202
47	22°55'44.7"	42°56'09"6"	9,7	3,6	2,2	9,9	3792	759	58	85
48	22°55'46.3"	42°56'10"7"	6,0	1,1	1,6	11,4	3047	277	54	99
49	22°55'46.3"	42°56'10"7"	9,3	1,8	2,0	18,5	3997	441	77	161
50	22°55'47.4"	42°56'11"5"	10,8	2,3	2,3	20,3	4734	542	87	177
51	22°55'48.7"	42°56'12"3"	11,2	1,7	3,3	22,5	4798	452	109	197
52	22°55'50.1"	42°56'13"2"	7,1	0,9	1,8	15,9	3110	246	68	139
53	22°55'51.2"	42°56'14"0"	10,6	1,2	2,4	25,3	4390	353	102	221
54	22°55'52.7"	42°56'14"9"	9,1	1,1	4,3	16,3	3799	315	113	144
55	22°55'53.7"	42°56'15"5"	4,8	0,4	3,0	7,8	2213	135	70	70
56	22°55'54.9"	42°56'16"4"	4,0	0,4	2,1	6,9	1835	130	54	61
57	22°55'56.1"	42°56'17"1"	5,6	0,6	3,0	9,5	2423	177	74	84
58	22°55'57.2"	42°56'17"9"	4,4	0,6	1,7	8,2	2077	173	48	72
59	22°55'58.2"	42°56'18"5"	8,9	1,4	2,4	18,3	3947	367	85	160
60	22°55'59.9"	42°56'19"7"	13,6	2,0	3,0	29,9	5555	523	123	261
61	22°56'01.1"	42°56'20"6"	17,4	2,1	3,8	40,8	7093	593	163	355
62	22°56'02.6"	42°56'21"6"	12,0	2,0	3,3	23,9	5233	513	113	208
63	22°56'03.9"	42°56'22"5"	14,4	2,3	3,5	30,1	6065	599	131	262
64	22°56'05.4"	42°56'23"4"	13,6	2,2	1,8	31,9	6030	563	105	276
65	22°56'06.6"	42°56'24"4"	13,5	2,4	2,1	29,8	5936	596	105	259
66	22°56'08.2"	42°56'25"5"	12,5	2,0	2,6	27,1	5436	510	109	235
67	22°56'09.6"	42°56'26"4"	13,6	2,1	3,1	29,3	5688	545	122	255
68	22°56'10.8"	42°56'27"2"	14,3	2,2	1,4	35,2	5823	562	107	305
69	22°56'12.1"	42°56'28"1"	14,6	2,3	1,3	35,9	6313	590	106	311
70*	22°56'17.6"	42°48'57.9"	0,6	0,1	0,0	1,4	54	20	1	12
71*	22°56'18.1"	42°48'59.3"	0,2	0,0	0,1	0,4	24	7	2	4
72*	22°56'18.7"	42°49'00.0"	0,2	0,1	0,0	0,2	46	12	0	2
73*	22°56'19.0"	42°49'01.3"	0,3	0,1	0,0	0,4	16	15	0	4
74*	22°56'19.4"	42°49'02.0"	0,1	0,0	0,0	0,3	23	8	0	3

* 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 AEROGEOFÍSICO RIO IRIRI

CPRM CONTRATO N.º 068/PR/13

RESUMO DO RESULTADO DOS TESTES DE CALIBRAÇÃO DINÂMICA
ATENUAÇÃO ATMOSFÉRICA

AERONAVE

PP-AGP

MARICÁ - RJ
16 DE DEZEMBRO DE 2013

SUMÁRIO

1 - Cálculo das constantes de atenuação atmosférica para a aeronave PP-AGP

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 PP-AGP

Durante os voos sobre a pista de calibração dinâmica (dynamic calibration range - DCR) realizados em 16/12/2013 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 300 a 900 pés com intervalo de 100 pés, com três passagens a 300 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):

$N_H = N_0 \cdot e^{-\mu H}$ (1), 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, 330, 330, 400, 500, 600, 700, 800 e 900 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 *				
Linha	ALTURA (m)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
L900	233,22	941,98	70,12	26,94	44,33
L800	202,12	1132,79	83,06	30,72	53,02
L700	176,93	1313,77	97,14	35,56	62,30
L600	149,24	1561,62	114,74	42,06	73,63
L500	122,75	1858,62	140,15	49,20	87,26
L400	98,12	2233,38	171,29	57,01	104,31
L330	79,41	2536,49	193,83	63,56	118,28
L331	79,89	2534,75	196,77	64,35	120,89
L332	81,00	2514,78	191,52	64,51	117,72
	MÉDIAS SOBRE A ÁGUA*				
Linha	ALTURA (m)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
S900	230,86	160,11	16,70	5,28	5,86
S800	206,22	156,80	16,82	5,23	5,55
S700	181,38	157,46	16,40	5,58	6,15
S600	155,75	157,94	16,65	4,99	5,42
S500	133,14	156,92	16,36	4,96	5,61
S400	104,92	161,47	17,80	5,66	5,99
S330	89,16	160,81	17,25	4,98	5,41
S331	88,05	159,31	18,22	4,95	5,66
S332	90,03	158,05	17,23	5,00	5,15
	MÉDIAS TERRA-ÁGUA*				
Linha	ALTURA (m)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
L900	233,22	781,87	53,42	21,66	38,47
L800	202,12	975,99	66,24	25,49	47,47
L700	176,93	1156,31	80,74	29,98	56,15
L600	149,24	1403,68	98,09	37,07	68,21
L500	122,75	1701,70	123,79	44,24	81,65
L400	98,12	2071,91	153,49	51,35	98,32
L330	79,41	2375,68	176,58	58,58	112,87
L331	79,89	2375,44	178,55	59,40	115,23
L332	81,00	2356,73	174,29	59,51	112,57

* 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*

Linha	ALTURA (m)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
L900	233,22	781,87	53,42	21,66	38,47
L800	202,12	975,99	66,24	25,49	47,47
L700	176,93	1156,31	80,74	29,98	56,15
L600	149,24	1403,68	98,09	37,07	68,21
L500	122,75	1701,70	123,79	44,24	81,65
L400	98,12	2071,91	153,49	51,35	98,32
L330	79,41	2375,68	176,58	58,58	112,87
L331	79,89	2375,44	178,55	59,40	115,23
L332	81,00	2356,73	174,29	59,51	112,57

Tabela 1b – Cálculo dos Coeficientes de Atenuação Atmosférica.

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

Linha	ALTURA (m)	ln CT (cps)	ln K (cps)	ln U (cps)	ln Th (cps)
L900	233,22	6,66	3,98	3,08	3,65
L800	202,12	6,88	4,19	3,24	3,86
L700	176,93	7,05	4,39	3,40	4,03
L600	149,24	7,25	4,59	3,61	4,22
L500	122,75	7,44	4,82	3,79	4,40
L400	98,12	7,64	5,03	3,94	4,59
L330	79,41	7,77	5,17	4,07	4,73
L331	79,89	7,77	5,18	4,08	4,75
L332	81,00	7,77	5,16	4,09	4,72

Tabela 1c – Cálculo dos Coeficientes de Atenuação Atmosférica.

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}
ContagemTotal	-0,0073
Potássio	-0,0079
Urânio	-0,0067
Tório	-0,0071

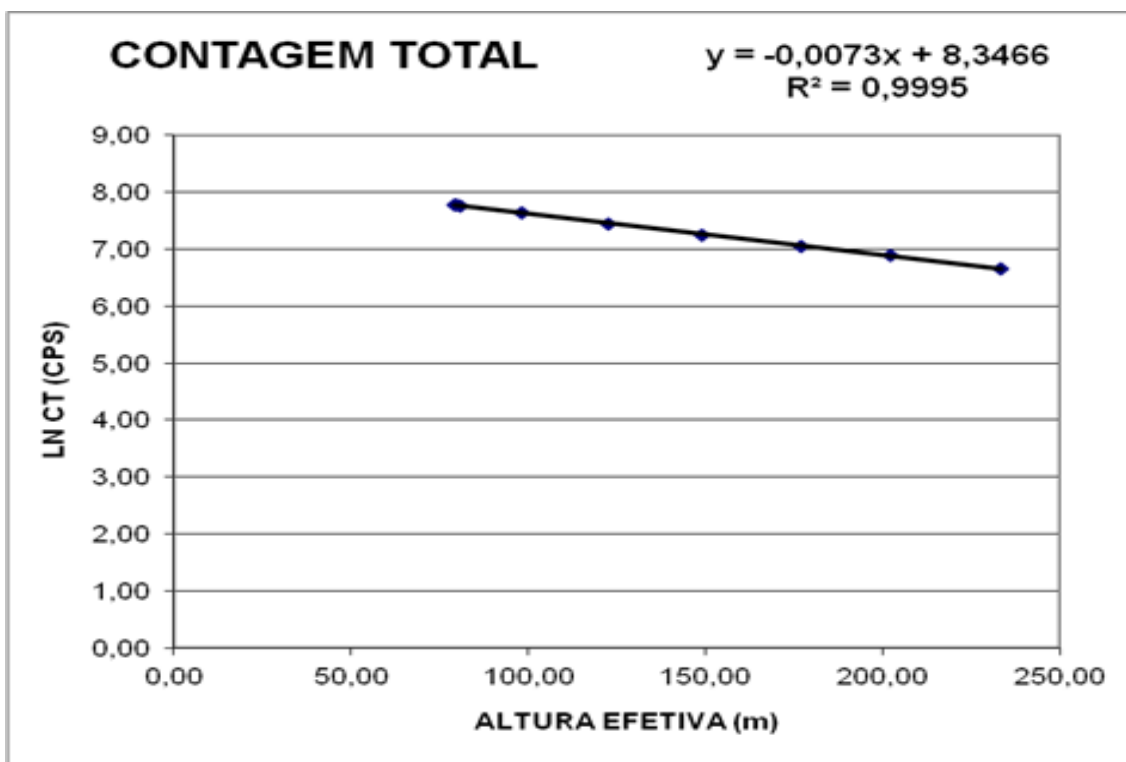


Figura 1a - Coeficiente de Atenuação - Contagem Total.

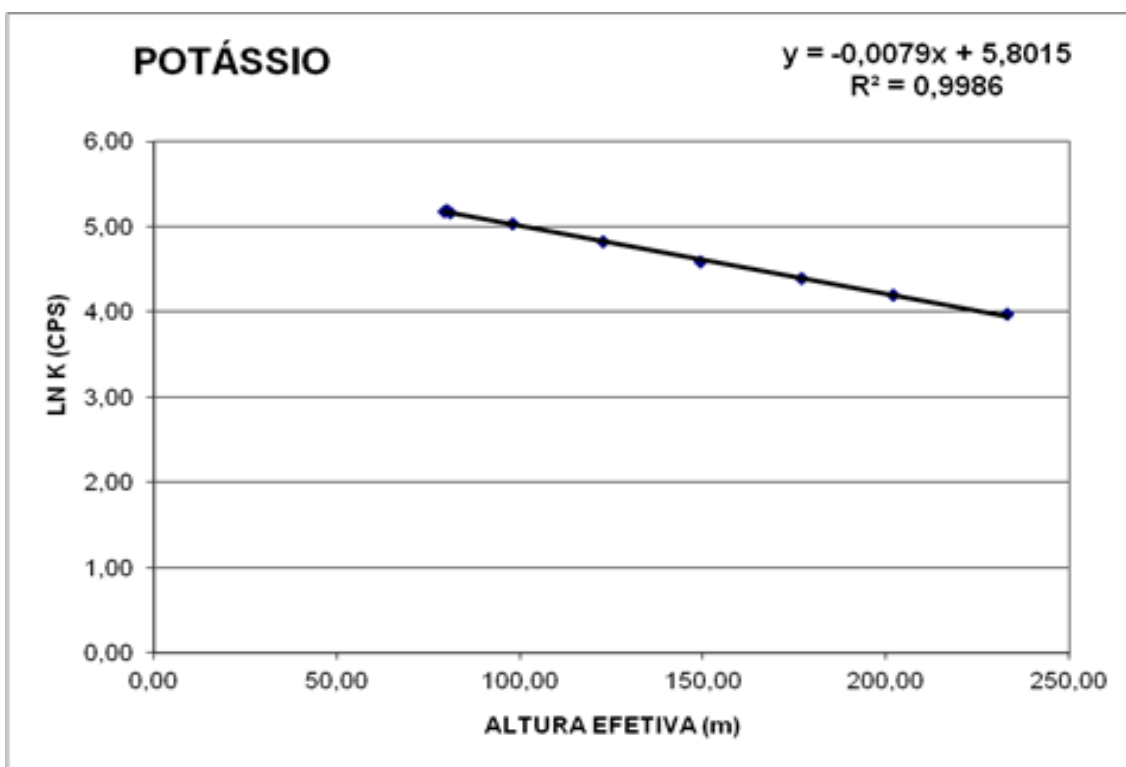


Figura 1b - Coeficiente de Atenuação – Potássio.

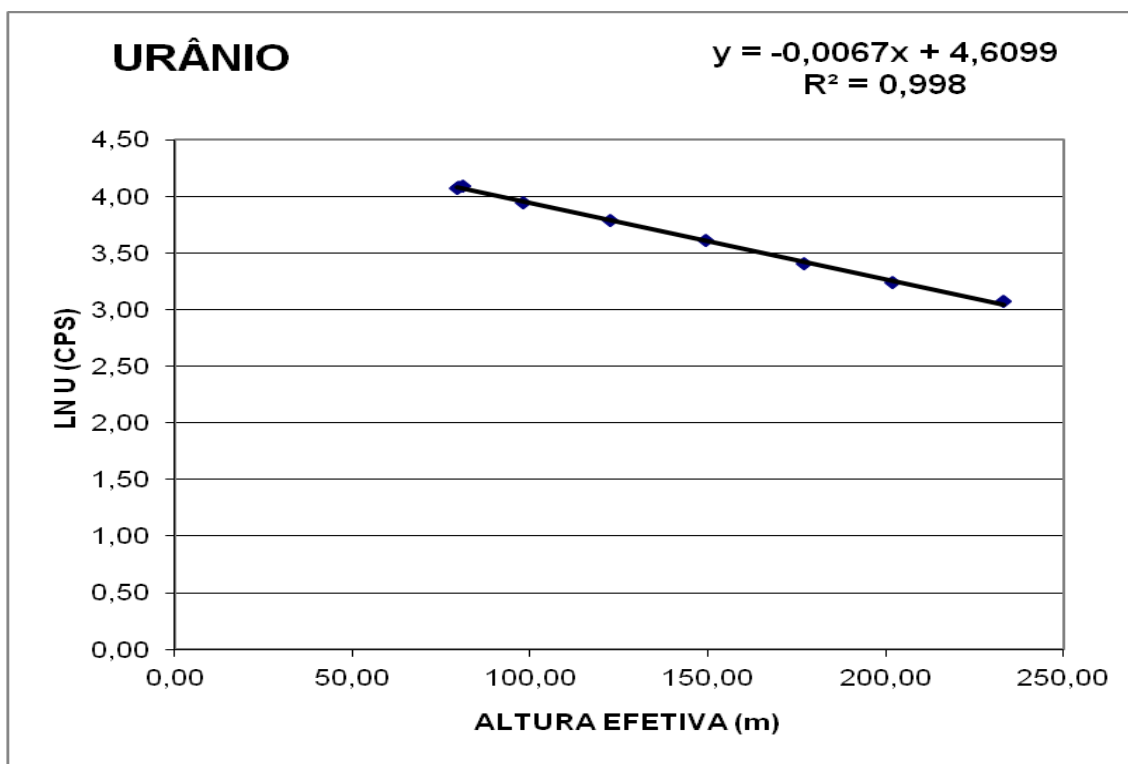


Figura 1c - Coeficiente de Atenuação – Urânio.

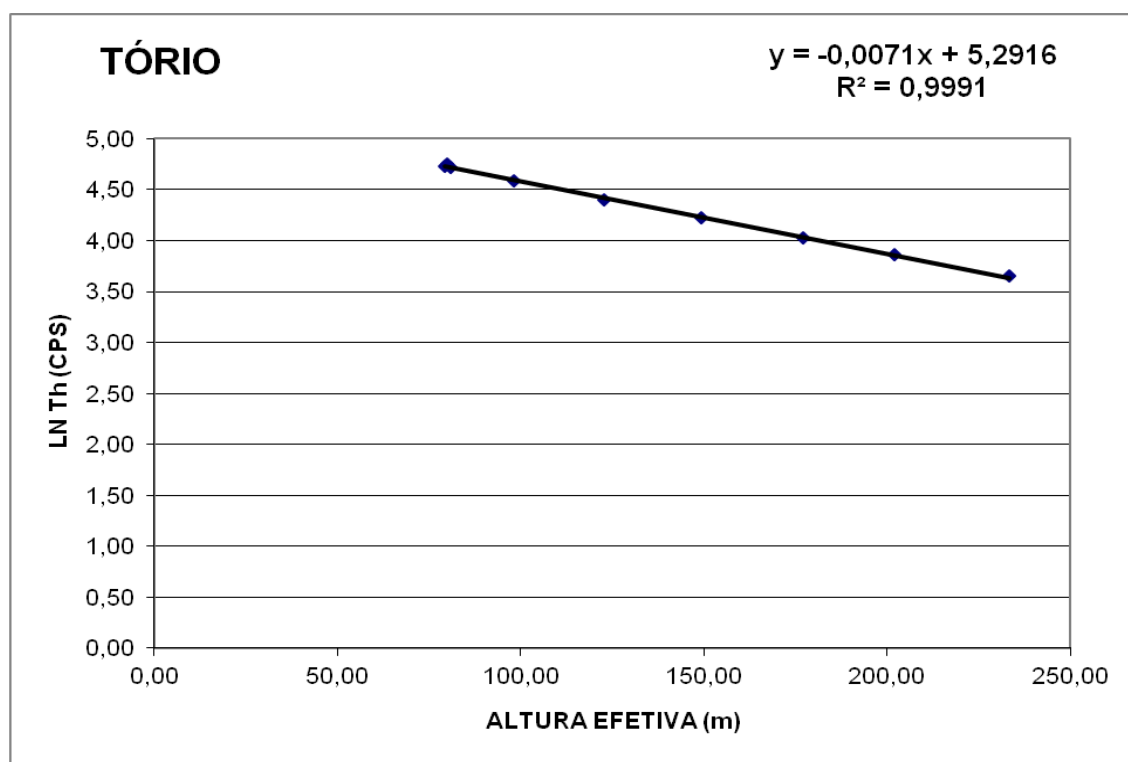


Figura 1d - Coeficiente de Atenuação – Tório.

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO

PROJETO AEROGEOFÍSICO RIO IRIRI

CPRM CONTRATO N.º 068/PR/13

RESUMO DO RESULTADO DOS TESTES DE CALIBRAÇÃO DINÂMICA
ATENUAÇÃO ATMOSFÉRICA

AERONAVE

PP-AGP

MARICÁ - RJ
27 DE JUNHO DE 2015

SUMÁRIO

1 - Cálculo das constantes de atenuação atmosférica para a aeronave PP-AGP

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 PP-AGP

Durante os voos sobre a pista de calibração dinâmica (dynamic calibration range - DCR) realizados em 27/06/2015 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 300 a 900 pés com intervalo de 100 pés, com três passagens a 300 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):

$N_H = N_0 \cdot e^{-\mu H}$ (1), 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 220, 330, 330, 330, 400, 500, 600, 700, 800 e 900 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 *					
Linha	ALTURA (m)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
L900	245,64	969,69	69,54	29,03	40,45
L800	211,28	1160,47	84,87	33,21	51,16
L700	190,02	1314,34	95,14	37,53	56,53
L600	159,39	1555,46	114,98	43,24	66,90
L500	139,96	1731,87	126,50	46,84	78,39
L400	109,48	2114,26	159,38	57,16	95,60
L330	94,58	2307,00	177,47	60,36	106,03
L331	90,31	2384,61	181,50	61,22	106,51
L332	88,70	2421,86	184,81	63,17	111,15
L200	66,26	2802,85	219,16	72,35	128,57
MÉDIAS SOBRE A ÁGUA*					
Linha	ALTURA (m)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
S900	241,10	217,19	18,22	7,34	5,30
S800	211,31	218,55	17,95	7,54	5,16
S700	188,57	217,74	18,13	7,96	5,39
S600	140,67	218,63	18,45	7,44	5,09
S500	136,04	218,24	18,09	7,53	5,08
S400	112,49	219,32	18,93	7,86	5,16
S330	94,83	224,06	19,87	7,66	5,47
S331	102,04	221,59	19,00	7,78	5,41
S332	113,40	220,81	19,86	7,76	5,12
S200	59,05	222,38	21,21	7,51	5,18
MÉDIAS TERRA-ÁGUA*					
Linha	ALTURA (m)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
L900	245,64	752,50	51,32	21,69	35,15
L800	211,28	941,92	66,92	25,67	46,00
L700	190,02	1096,60	77,01	29,57	51,14
L600	159,39	1336,83	96,53	35,80	61,81
L500	139,96	1513,63	108,41	39,31	73,31
L400	109,48	1894,94	140,45	49,30	90,44
L330	94,58	2082,94	157,60	52,70	100,56
L331	90,31	2163,02	162,50	53,44	101,10
L332	88,70	2201,05	164,95	55,41	106,03
L200	66,26	2580,47	197,95	64,84	123,39

** 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*

Linha	ALTURA (m)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
L900	245,64	752,50	51,32	21,69	35,15
L800	211,28	941,92	66,92	25,67	46,00
L700	190,02	1096,60	77,01	29,57	51,14
L600	159,39	1336,83	96,53	35,80	61,81
L500	139,96	1513,63	108,41	39,31	73,31
L400	109,48	1894,94	140,45	49,30	90,44
L330	94,58	2082,94	157,60	52,70	100,56
L331	90,31	2163,02	162,50	53,44	101,10
L332	88,70	2201,05	164,95	55,41	106,03
L200	66,26	2580,47	197,95	64,84	123,39

Tabela 1b – Cálculo dos Coeficientes de Atenuação Atmosférica.

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

Linha	ALTURA (m)	ln CT (cps)	ln K (cps)	ln U (cps)	ln Th (cps)
L900	245,64	6,62	3,94	3,08	3,56
L800	211,28	6,85	4,20	3,25	3,83
L700	190,02	7,00	4,34	3,39	3,93
L600	159,39	7,20	4,57	3,58	4,12
L500	139,96	7,32	4,69	3,67	4,29
L400	109,48	7,55	4,94	3,90	4,50
L330	94,58	7,64	5,06	3,96	4,61
L331	90,31	7,68	5,09	3,98	4,62
L332	88,70	7,70	5,11	4,01	4,66
L200	66,26	7,86	5,29	4,17	4,82

Tabela 1c – Cálculo dos Coeficientes de Atenuação Atmosférica.

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}
ContagemTotal	-0,0069
Potássio	-0,0075
Urânio	-0,0061
Tório	-0,0069

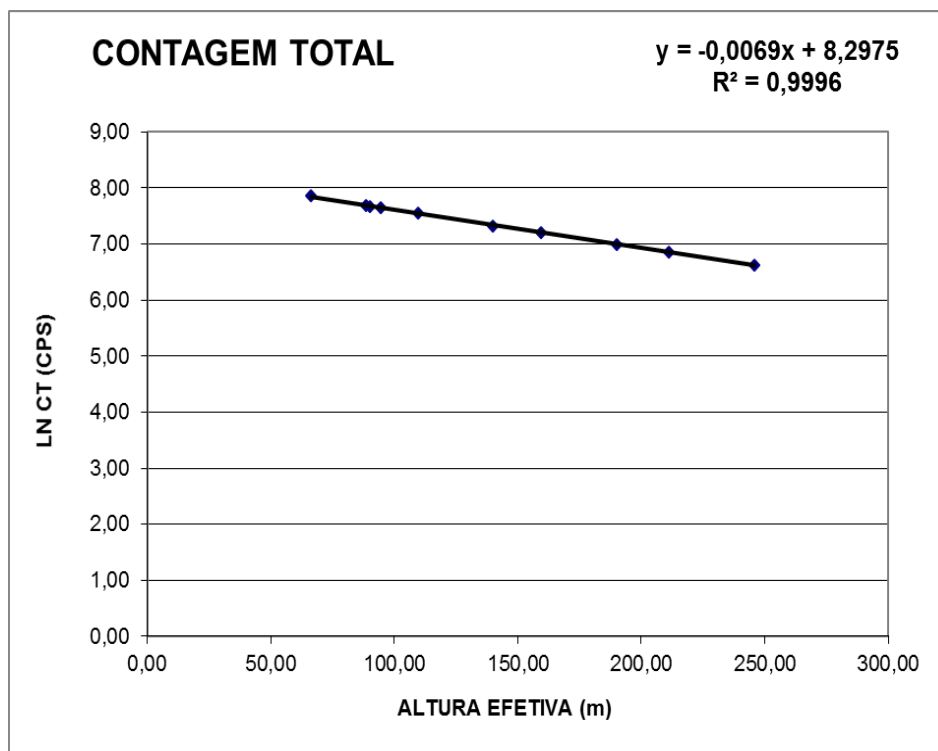


Figura 1a - Coeficiente de Atenuação - Contagem Total.

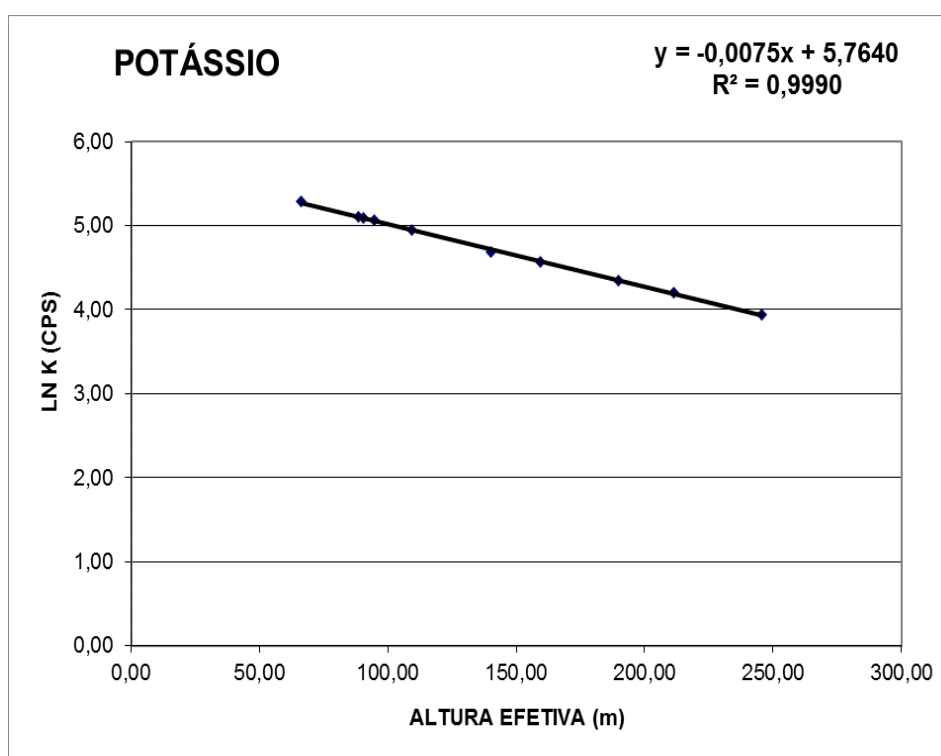


Figura 1b - Coeficiente de Atenuação – Potássio.

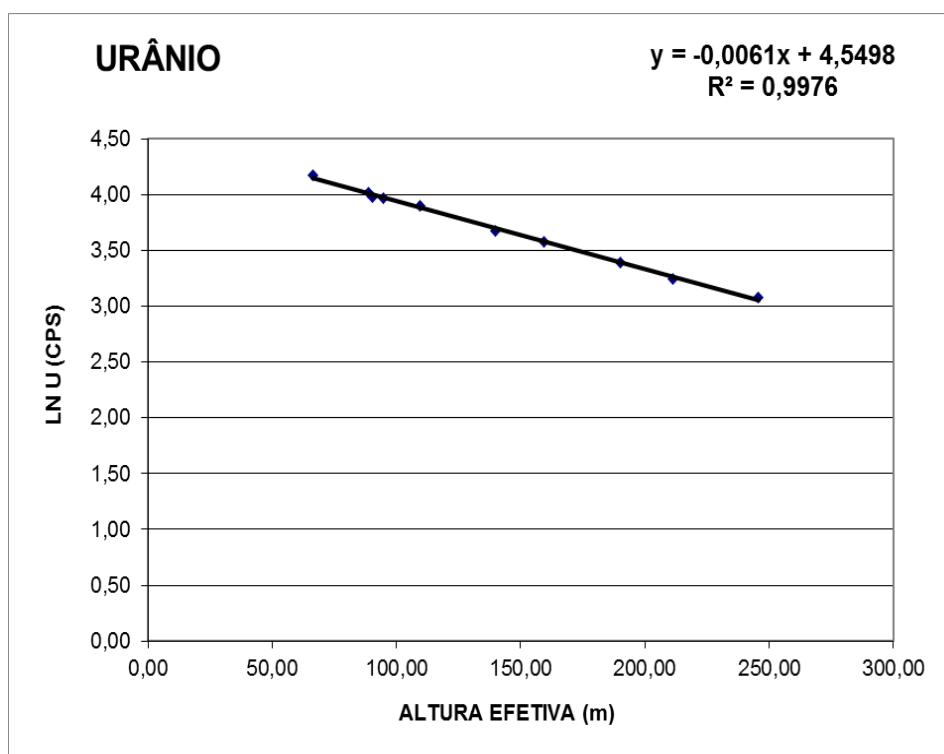


Figura 1c - Coeficiente de Atenuação – Urânio.

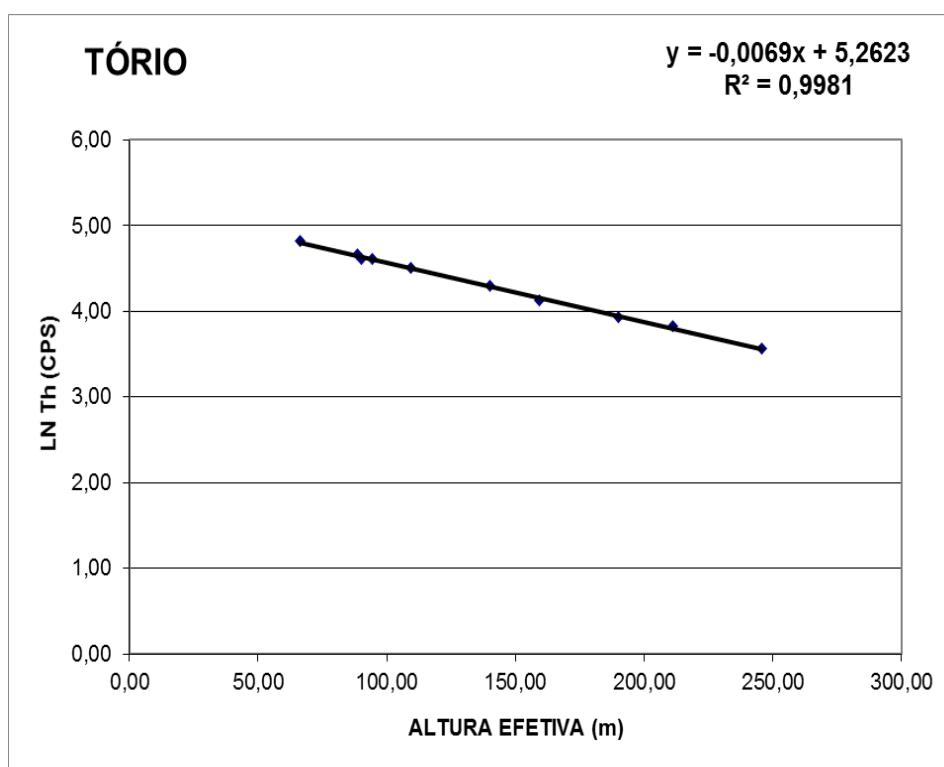


Figura 1d - Coeficiente de Atenuação – Tório.

PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO

PROJETO AEROGEOFÍSICO RIO IRIRI

CPRM CONTRATO N.º 068/PR/13

RESUMO DO RESULTADO DOS TESTES DE CALIBRAÇÃO DINÂMICA
ATENUAÇÃO ATMOSFÉRICA

AERONAVE

PR-MCY

MARICÁ - RJ
10 DE JANEIRO DE 2015

SUMÁRIO

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

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-MCY

Durante os voos sobre a pista de calibração dinâmica (dynamic calibration range - DCR) realizados em 10/01/2015 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 300 a 800 pés com intervalo de 100 pés, com três passagens a 300 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 300, 330, 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 *				
Linha	ALTURA (m)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
L800	199,43	1954,27	138,81	58,57	81,21
L700	173,52	2261,83	162,41	63,18	95,15
L600	148,63	2619,69	189,26	74,20	108,75
L500	127,44	2983,88	215,88	81,68	126,35
L400	101,40	3497,94	252,88	94,58	152,53
L330	88,64	3813,82	281,29	104,47	162,04
L331	86,42	3885,29	282,42	104,20	167,37
L332	84,92	3940,89	285,74	105,05	171,75
	MÉDIAS SOBRE A ÁGUA*				
Linha	ALTURA (m)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
S800	214,63	400,35	38,50	15,91	10,64
S700	188,63	399,10	38,51	16,02	10,31
S600	160,06	402,23	39,53	15,64	10,22
S500	136,04	400,09	38,67	15,62	10,77
S400	109,10	398,25	38,47	16,21	10,38
S330	91,01	399,31	39,85	15,79	10,49
S331	93,54	396,90	39,29	15,88	10,19
S332	93,73	404,32	40,24	15,60	10,21
	MÉDIAS TERRA-ÁGUA*				
Linha	ALTURA (m)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
L800	199,43	1553,92	100,31	42,66	70,57
L700	173,52	1862,73	123,90	47,16	84,84
L600	148,63	2217,46	149,73	58,56	98,53
L500	127,44	2583,79	177,21	66,06	115,58
L400	101,40	3099,69	214,41	78,37	142,15
L330	88,64	3414,51	241,44	88,68	151,55
L331	86,42	3488,39	243,13	88,32	157,18
L332	84,92	3536,57	245,50	89,45	161,54

** 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*

Linha	ALTURA (m)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
L800	199,43	1553,92	100,31	42,66	70,57
L700	173,52	1862,73	123,90	47,16	84,84
L600	148,63	2217,46	149,73	58,56	98,53
L500	127,44	2583,79	177,21	66,06	115,58
L400	101,40	3099,69	214,41	78,37	142,15
L330	88,64	3414,51	241,44	88,68	151,55
L331	86,42	3488,39	243,13	88,32	157,18
L332	84,92	3536,57	245,50	89,45	161,54

Tabela 1b – Cálculo dos Coeficientes de Atenuação Atmosférica.

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

Linha	ALTURA (m)	ln CT (cps)	ln K (cps)	ln U (cps)	ln Th (cps)
L800	199,43	7,35	4,61	3,75	4,26
L700	173,52	7,53	4,82	3,85	4,44
L600	148,63	7,70	5,01	4,07	4,59
L500	127,44	7,86	5,18	4,19	4,75
L400	101,40	8,04	5,37	4,36	4,96
L330	88,64	8,14	5,49	4,49	5,02
L331	86,42	8,16	5,49	4,48	5,06
L332	84,92	8,17	5,50	4,49	5,08

Tabela 1c – Cálculo dos Coeficientes de Atenuação Atmosférica.

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}
ContagemTotal	-0,0072
Potássio	-0,0078
Urânio	-0,0067
Tório	-0,0071

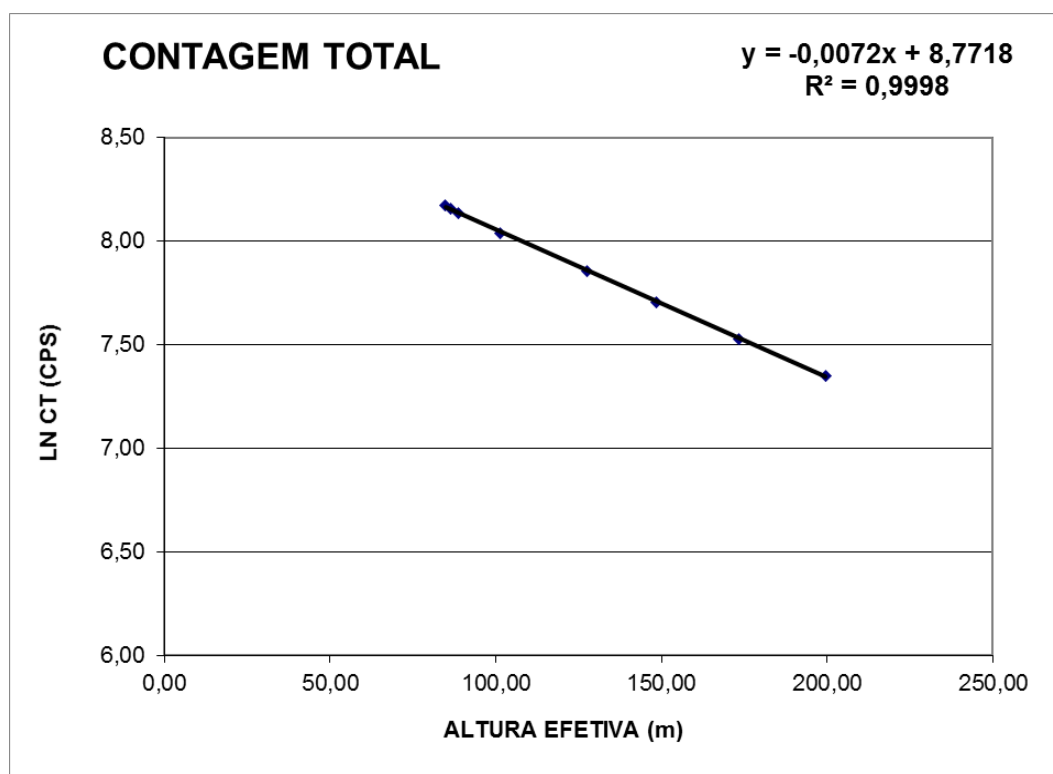


Figura 1a - Coeficiente de Atenuação - Contagem Total.

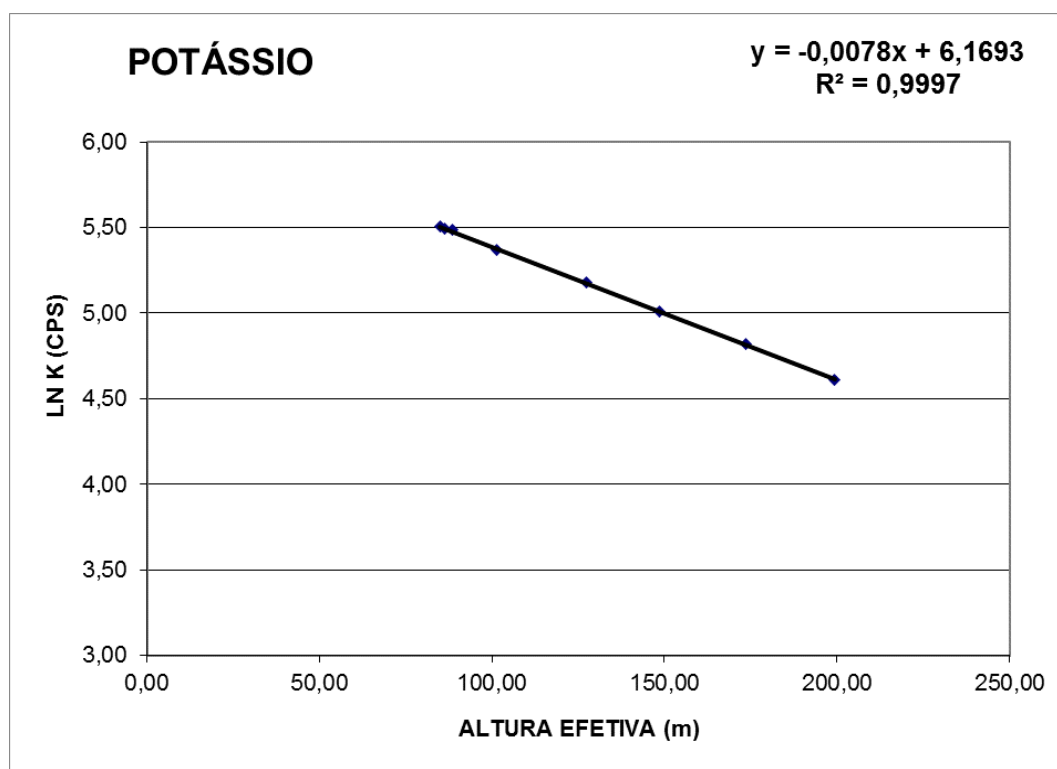


Figura 1b - Coeficiente de Atenuação – Potássio.

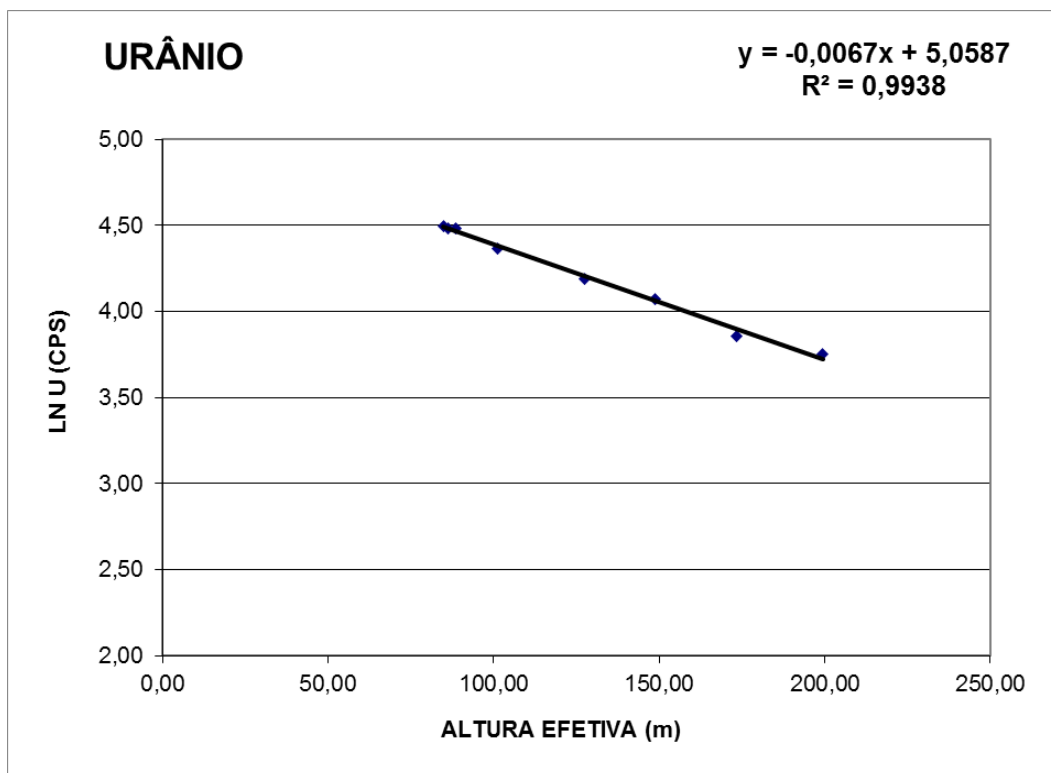


Figura 1c - Coeficiente de Atenuação – Urânio.

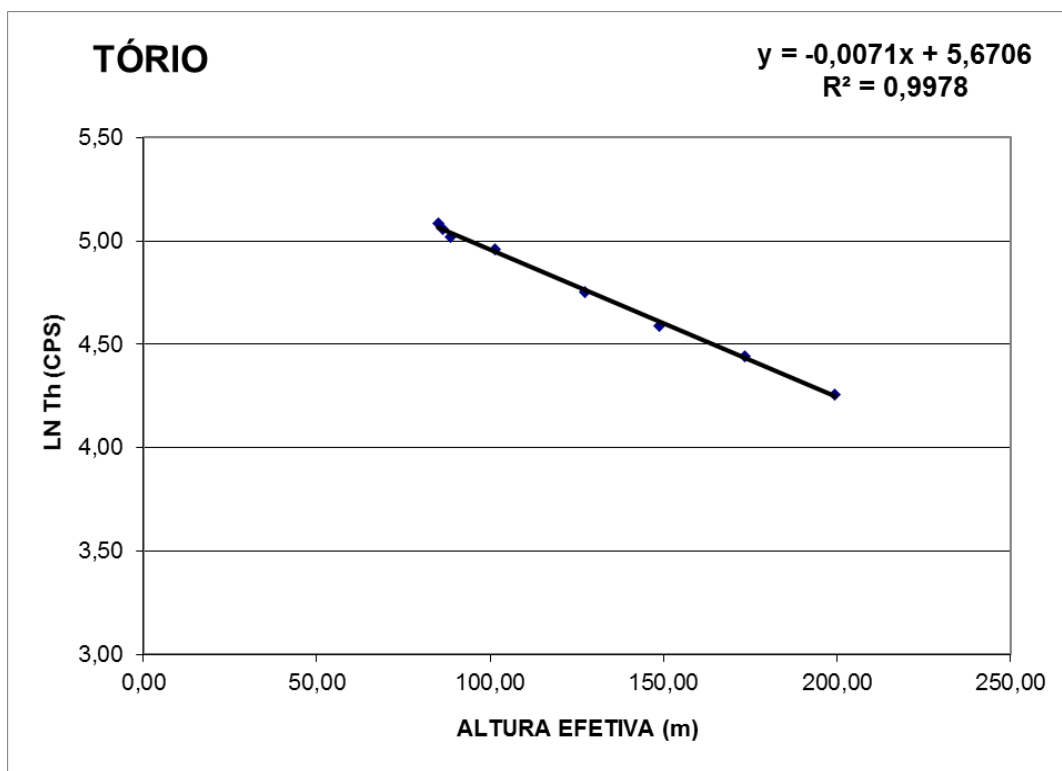


Figura 1d - Coeficiente de Atenuação – Tório.

ANEXO II – TESTES CONTRATUAIS

Anexo II-a – Teste de Altímetros

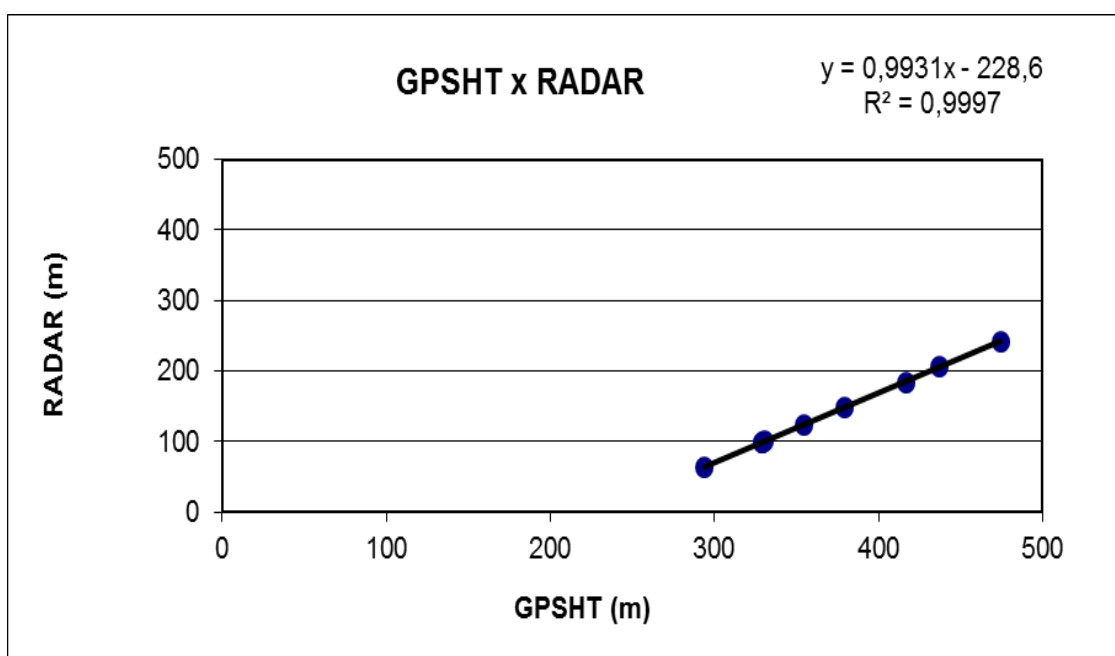
Nº Projeto	AGFW69-2013
Base	São Félix do Xingu-PA
Aeronave	PR-MCY
Data	18/04/2015
Nº Voo	201

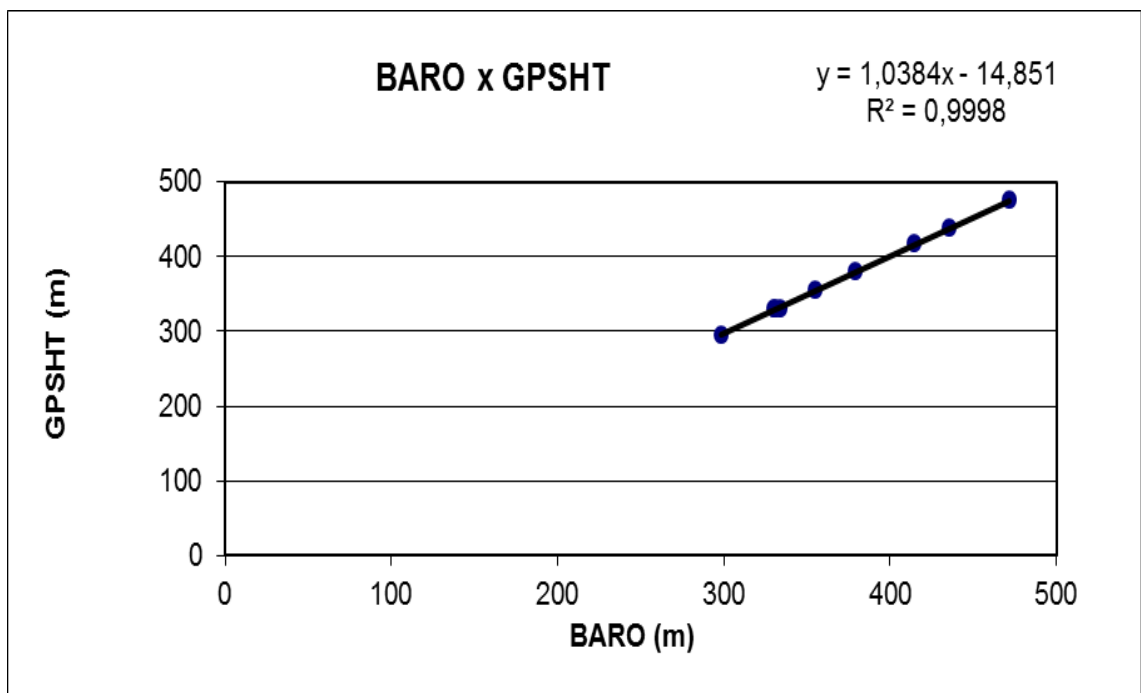
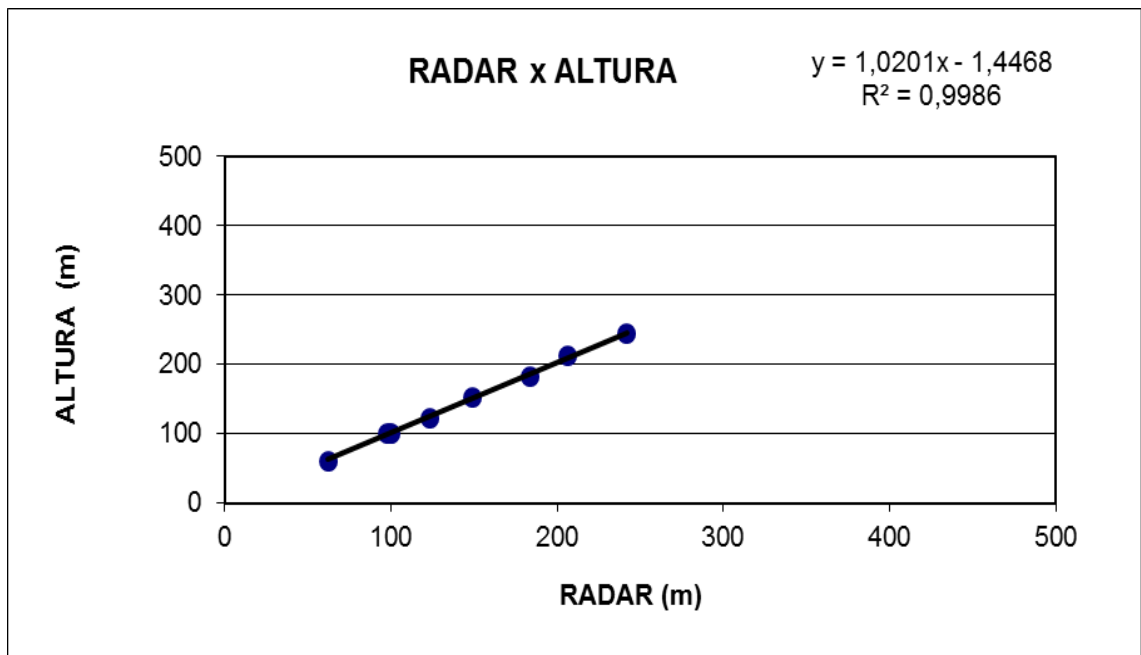
Altitude da Pista: 182 metros

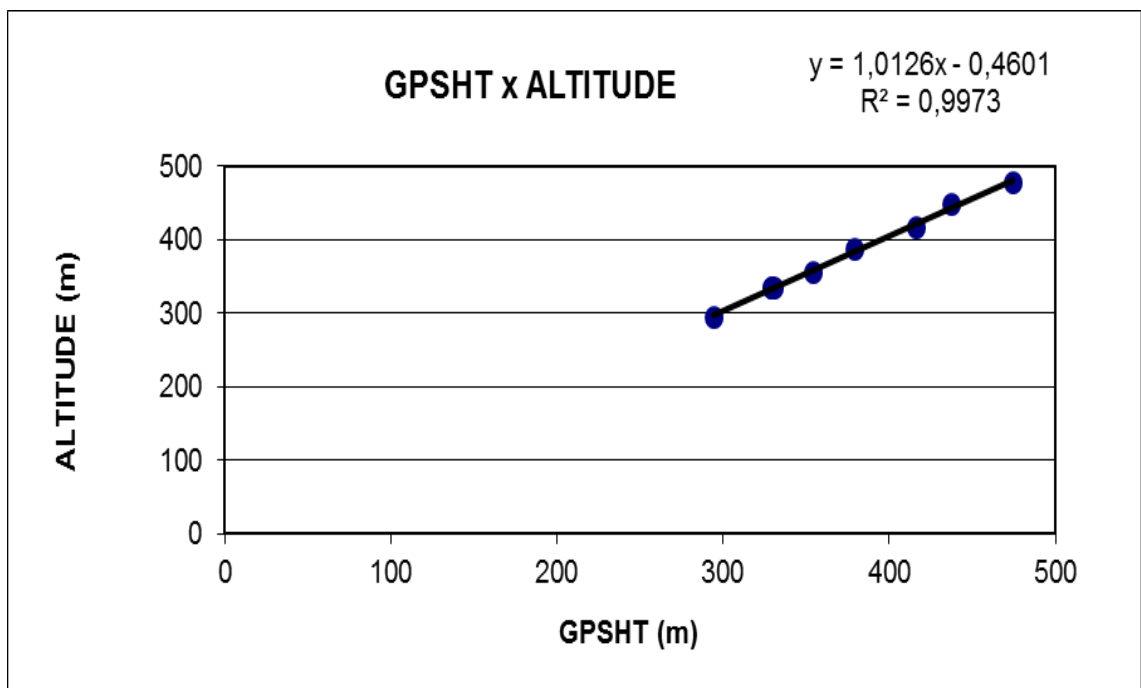
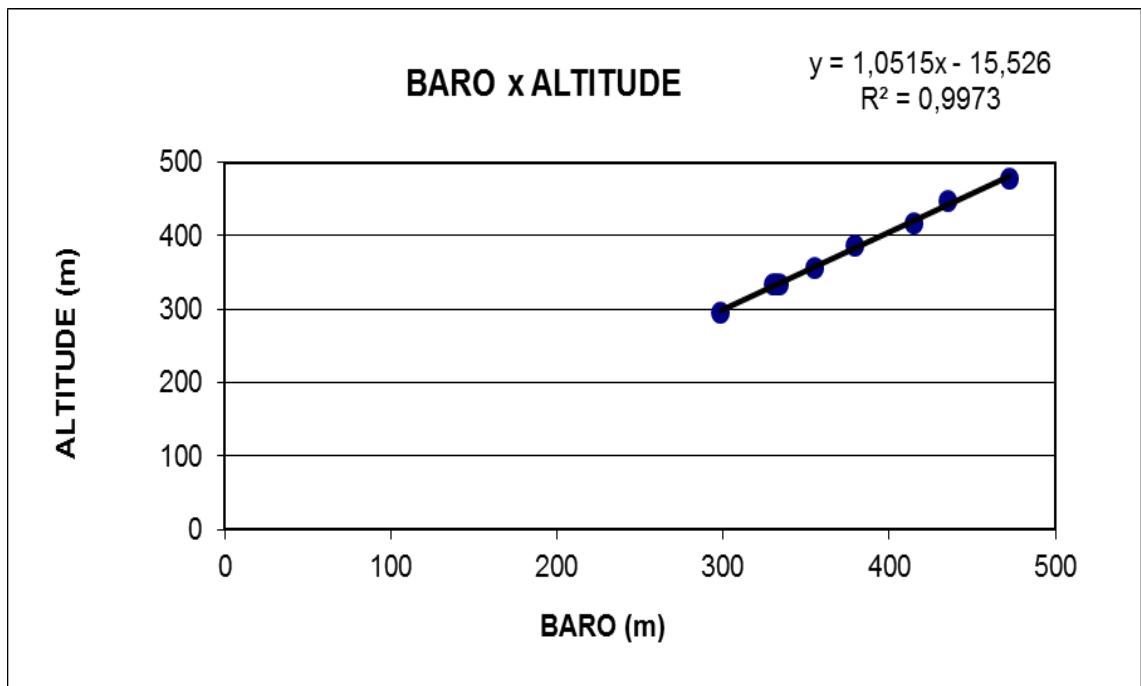
Altura: Altura teórica

Altitude: Altitude corrigida com a pista

LINHA	ALTURA (m)	ALTITUDE (m)	GPSHT (m)	RADAR ALTÍMETRO (m)	BARÔMETRO (m)
200	60,96	60,56	271,38	59,32	272,34
330	100,58	96,34	308,94	96,88	307,81
331	100,58	92,41	303,07	91,01	305,06
332	100,58	96,24	310,53	98,47	307,39
400	121,92	117,92	327,32	115,26	329,54
500	152,40	144,57	359,78	147,72	358,76
600	182,88	183,78	390,30	178,24	389,55
700	213,36	192,55	406,23	194,17	404,55
800	243,84	232,48	444,34	232,28	446,85







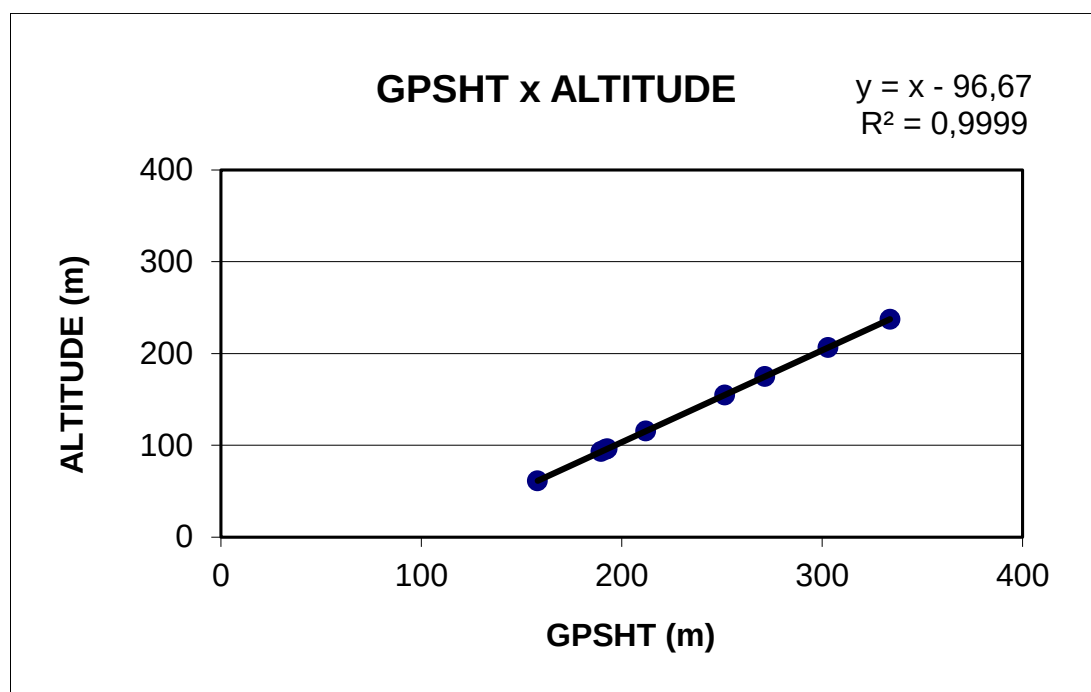
Nº Projeto	AGFW69
Base	Altamira- PA
Aeronave	PP-AGP
Data	11/02/2014
Nº Voo	006

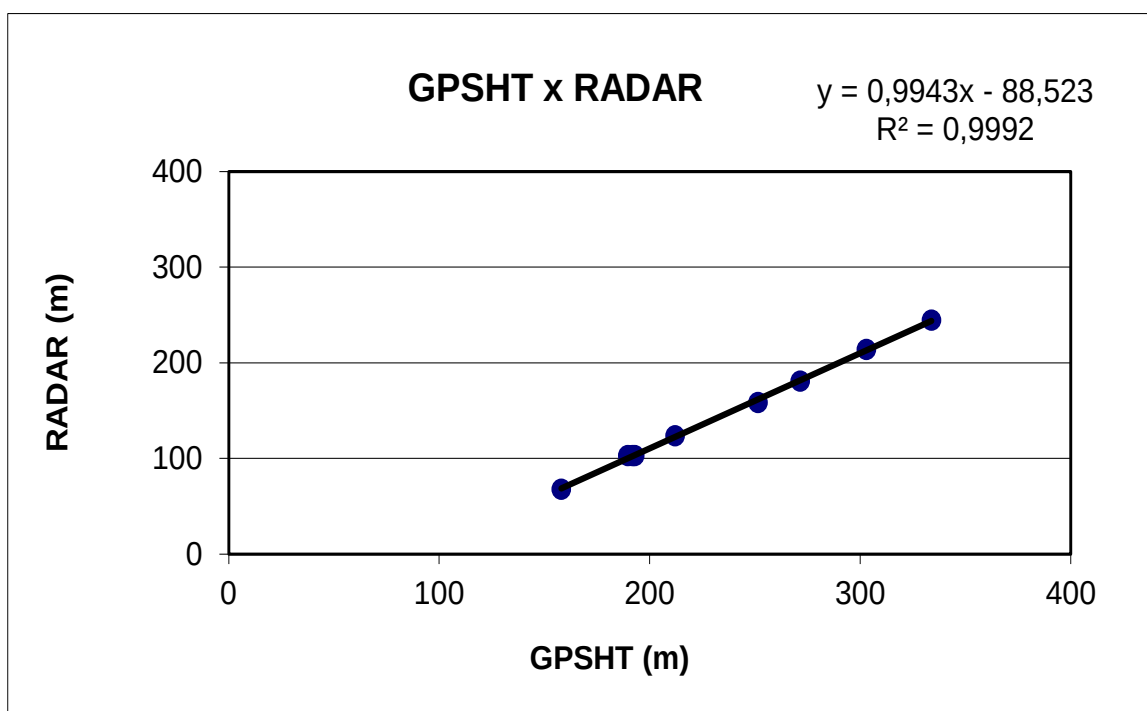
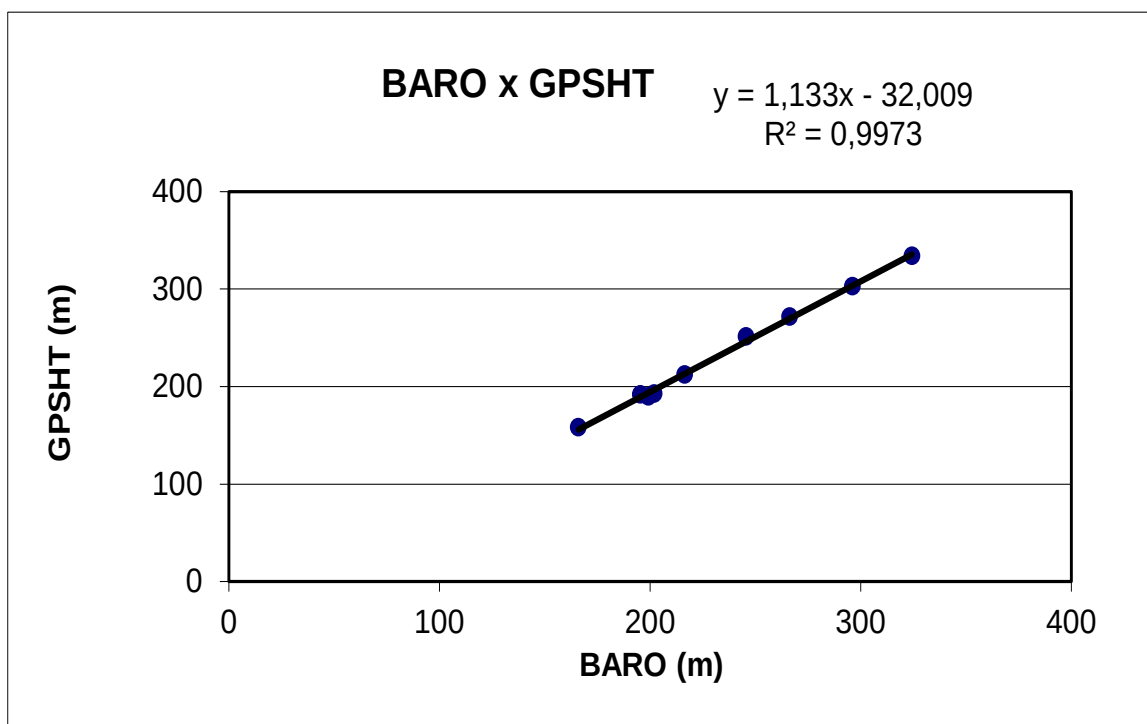
Altitude da Pista: 97 metros

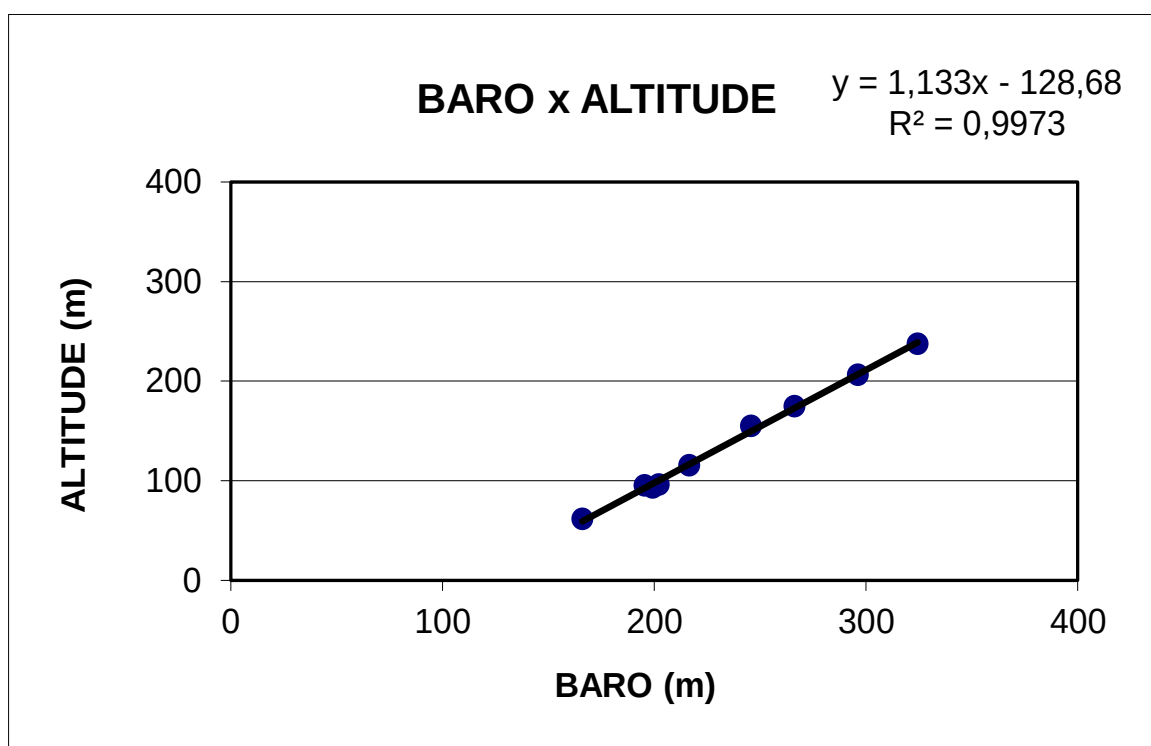
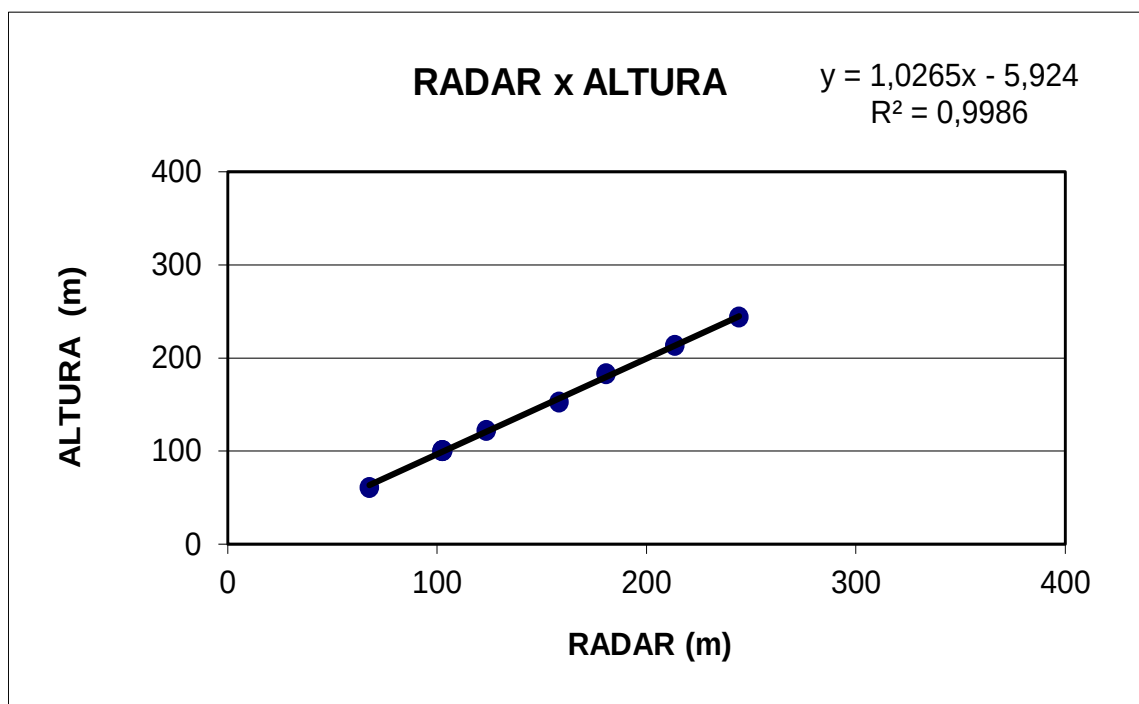
Altura: Altura teórica

Altitude: Altitude corrigida com a pista

LINHA	ALTURA (m)	ALTITUDE (m)	GPSHT (m)	RADAR ALTÍMETRO (m)	BARÔMETRO (m)
200	60,96	157,63	158,06	67,69	166,01
330	100,58	197,25	191,98	102,84	195,53
331	100,58	197,25	189,75	102,56	199,22
332	100,58	197,25	192,89	102,56	202,09
400	121,92	218,59	212,08	123,55	216,51
500	152,40	249,07	251,47	158,22	245,64
600	182,88	279,55	271,50	180,70	266,36
700	213,36	310,03	303,00	213,67	296,11
800	243,84	340,51	333,92	244,24	324,40







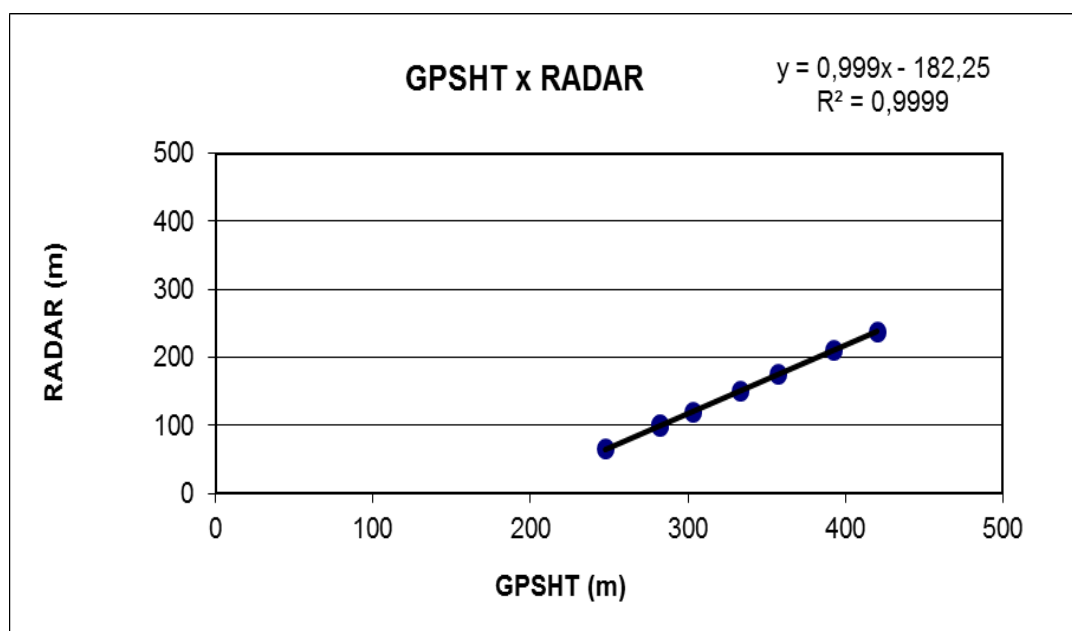
Nº Projeto	AGFW69-2013
Base	São Felix do Xingu-PA
Aeronave	PP-AGP
Data	21/05/2014
Nº Voo	012

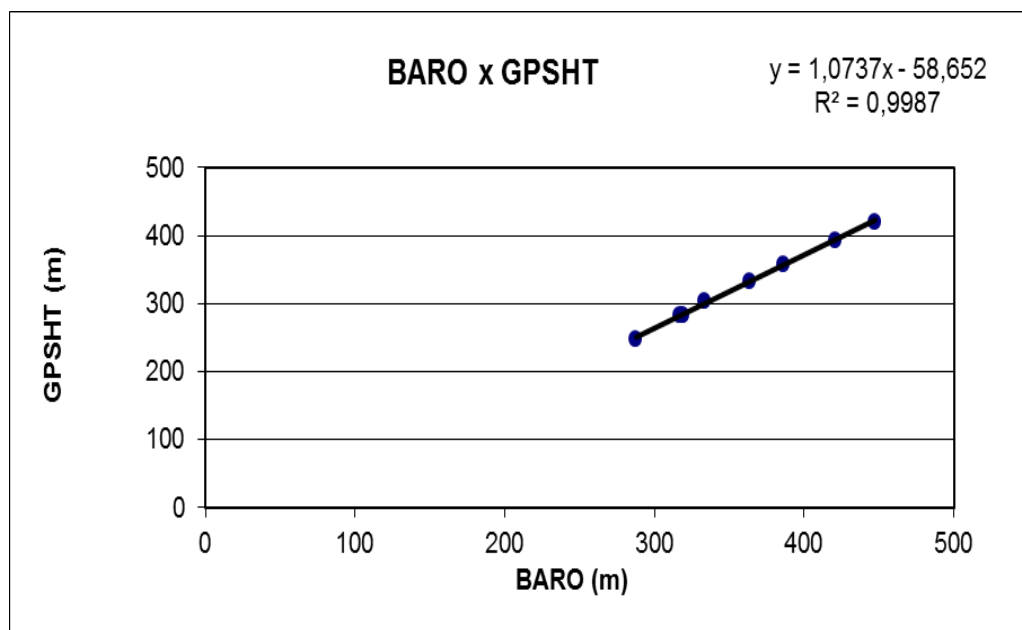
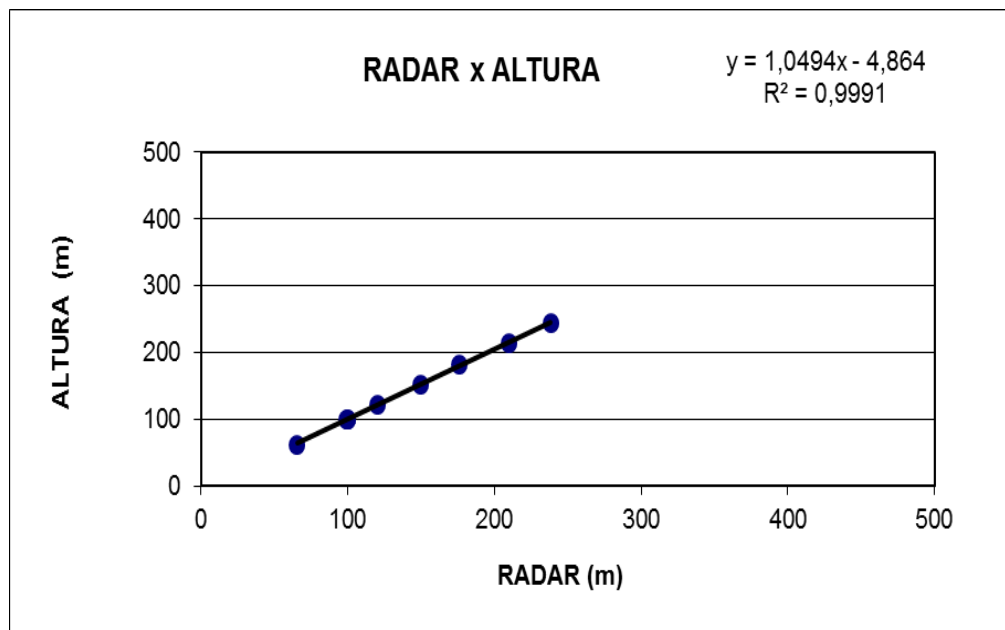
Altitude da Pista: 182 metros

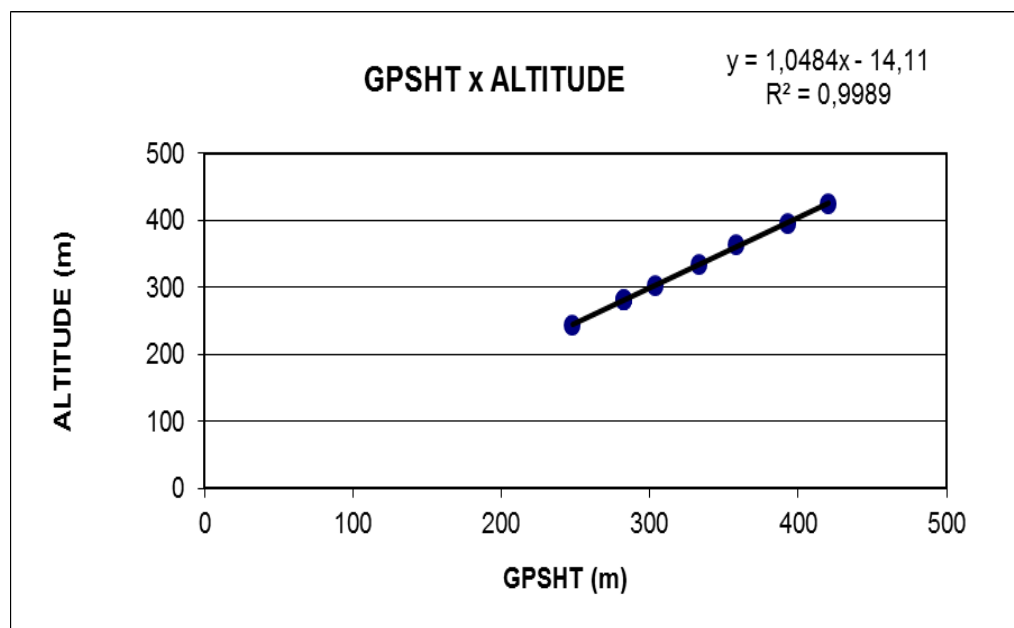
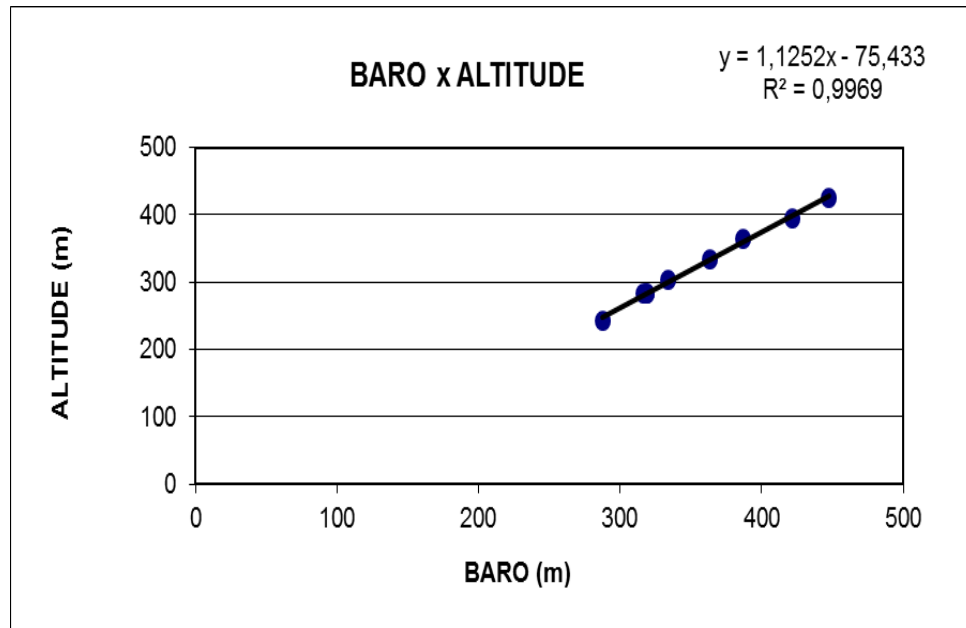
Altura: Altura teórica

Altitude: Altitude corrigida com a pista

LINHA	ALTURA (m)	ALTITUDE (m)	GPSHT (m)	RADAR ALTÍMETRO (m)	BARÔMETRO (m)
200	60,96	242,96	247,68	65,61	287,58
330	100,58	282,58	282,04	99,37	319,01
331	100,58	282,58	282,60	100,31	318,48
332	100,58	282,58	282,01	99,26	316,77
400	121,92	303,92	303,59	120,34	333,56
500	152,40	334,40	333,01	149,54	363,53
600	182,88	364,88	357,69	175,72	386,49
700	213,36	395,36	392,70	209,72	421,20
800	243,84	425,84	420,40	238,24	447,61







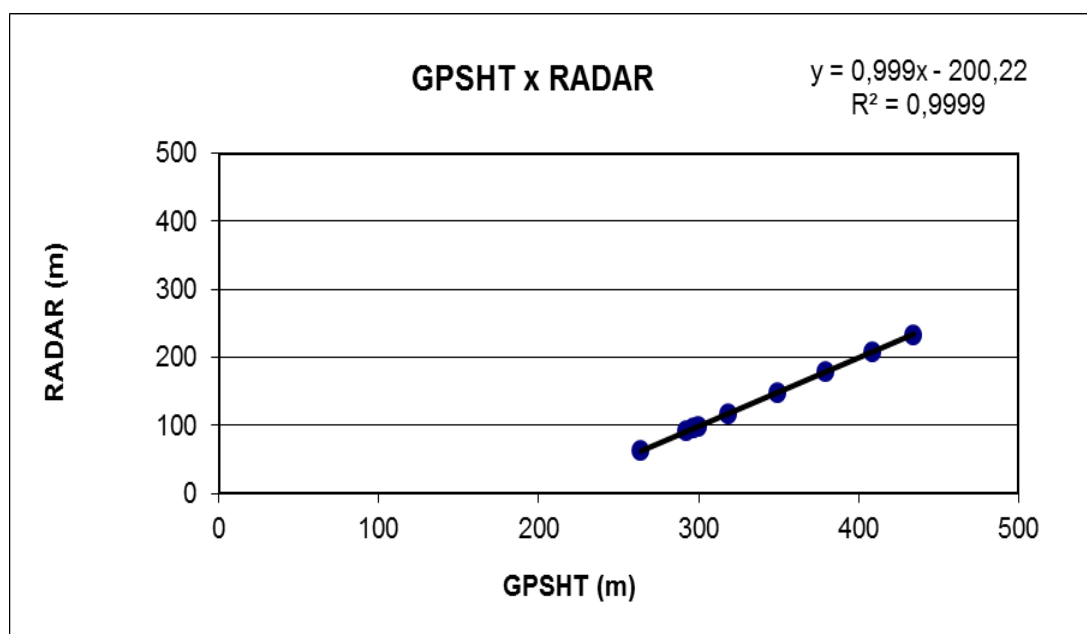
Nº Projeto	AGFW69-2013
Base	São Felix do Xingu-PA
Aeronave	PP-AGP
Data	15/06/2014
Nº Voo	030

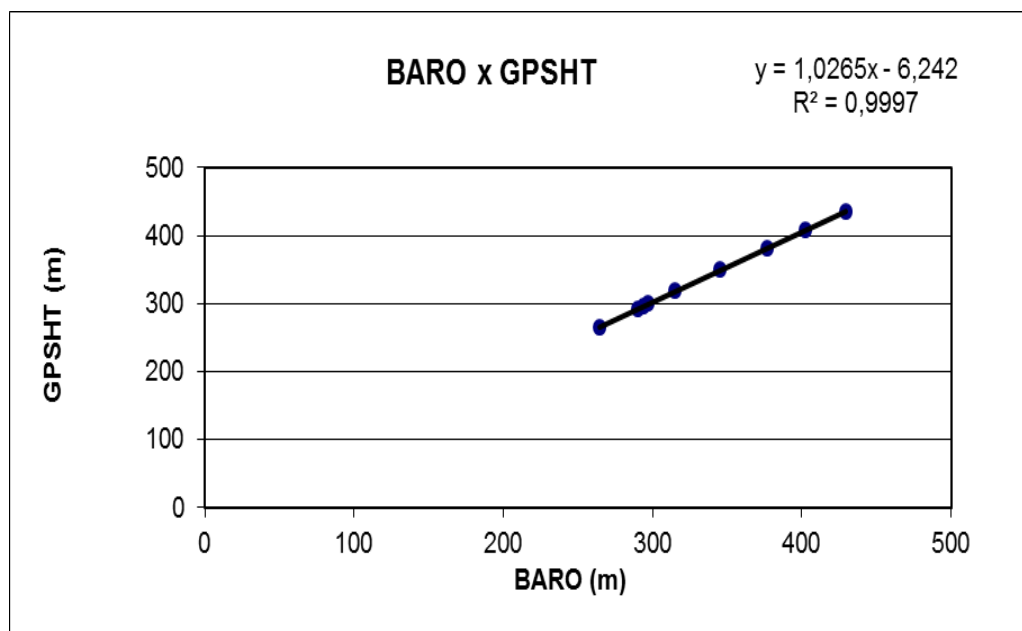
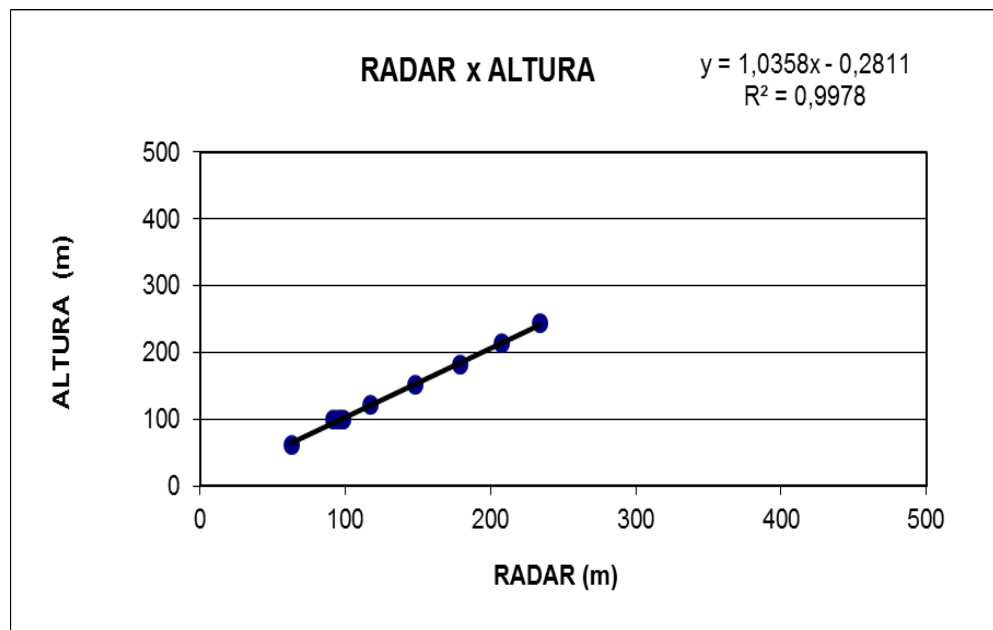
Altitude da Pista: 182 metros

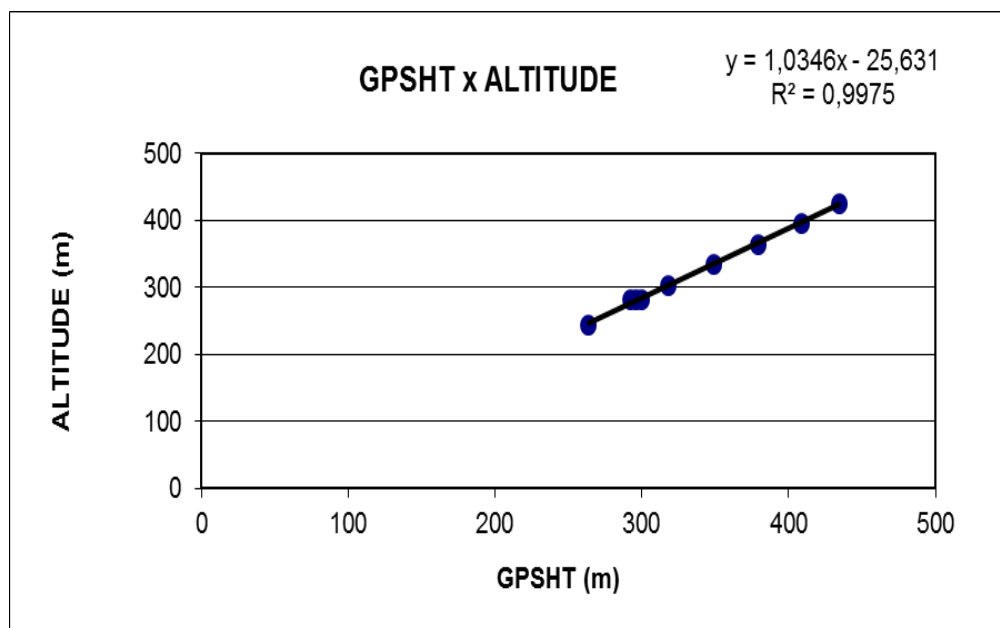
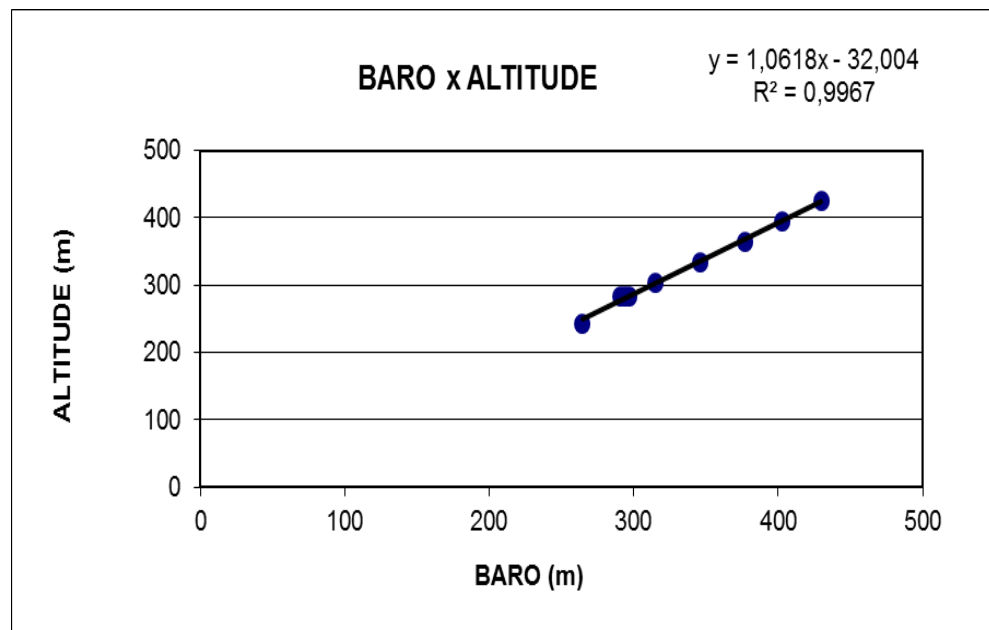
Altura: Altura teórica

Altitude: Altitude corrigida com a pista

LINHA	ALTURA (m)	ALTITUDE (m)	GPSHT (m)	RADAR ALTÍMETRO (m)	BARÔMETRO (m)
200	60,96	242,96	263,54	62,98	264,53
330	100,58	282,58	299,42	98,60	296,97
331	100,58	282,58	292,00	91,99	290,66
332	100,58	282,58	296,20	95,84	293,94
400	121,92	303,92	318,06	117,04	315,01
500	152,40	334,40	349,21	148,54	345,66
600	182,88	364,88	379,45	179,30	377,25
700	213,36	395,36	408,36	207,36	403,01
800	243,84	425,84	434,30	233,75	429,71







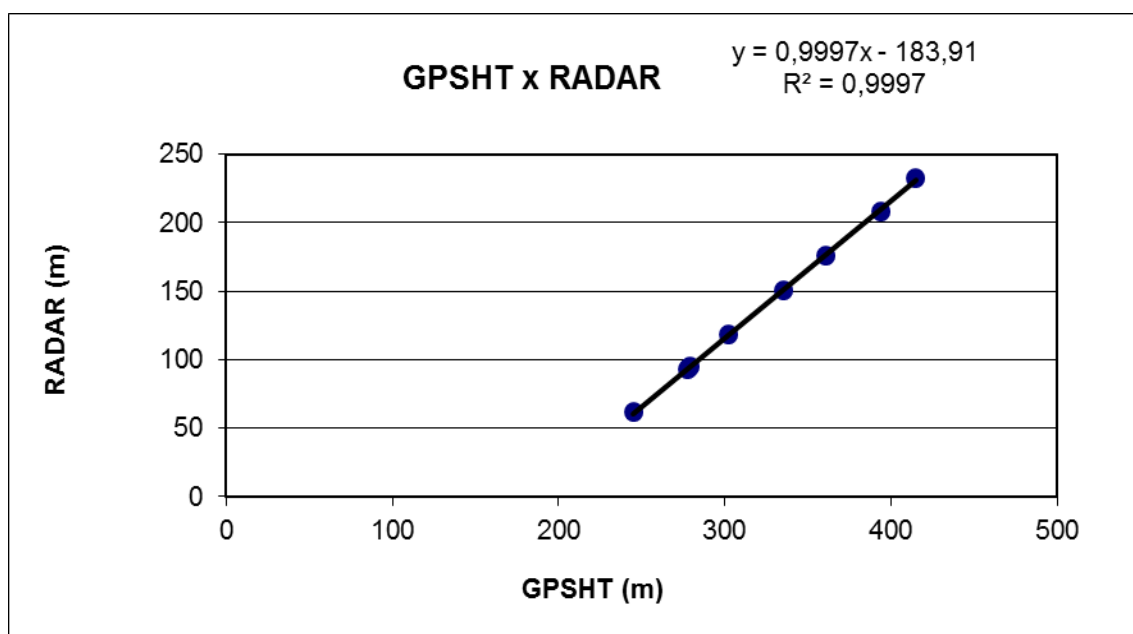
Nº Projeto	AGFW69-2013
Base	São Félix do Xingu-PA
Aeronave	PP-AGP
Data	20/04/2015
Nº Voo	080

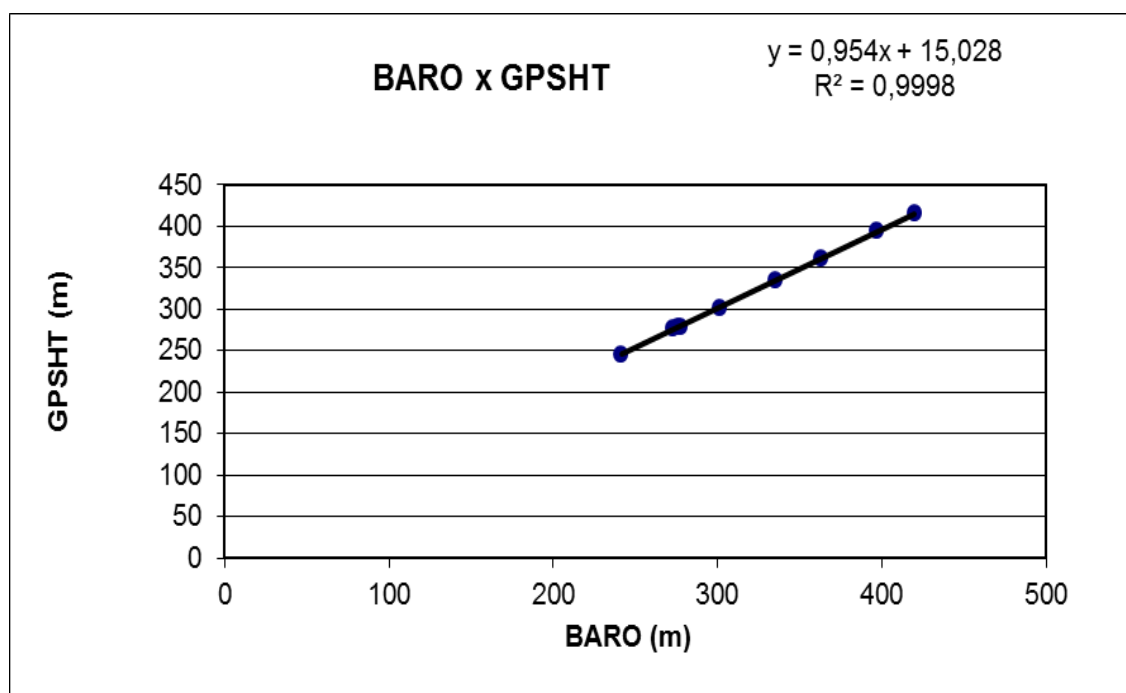
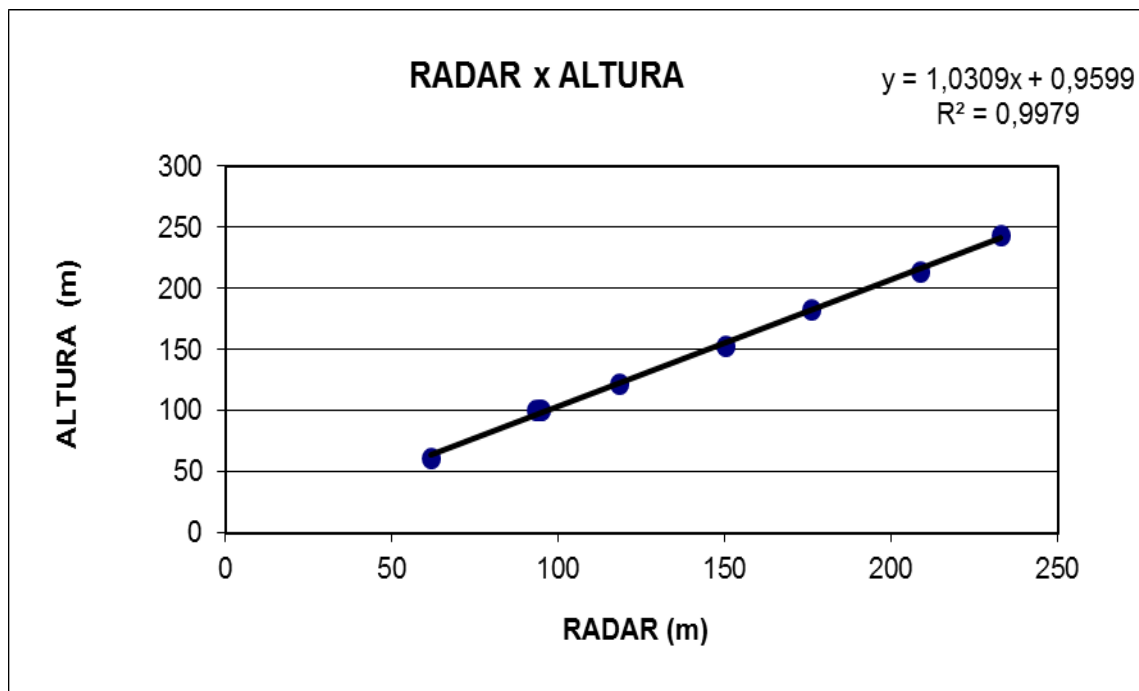
Altitude da Pista: 182 metros

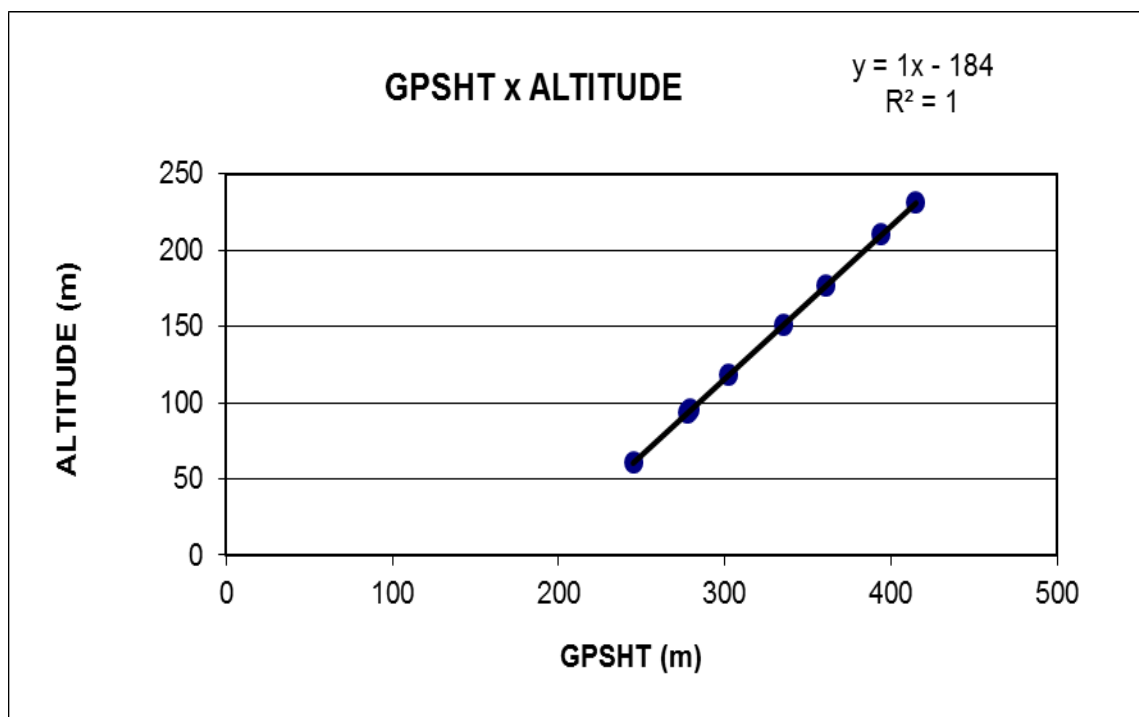
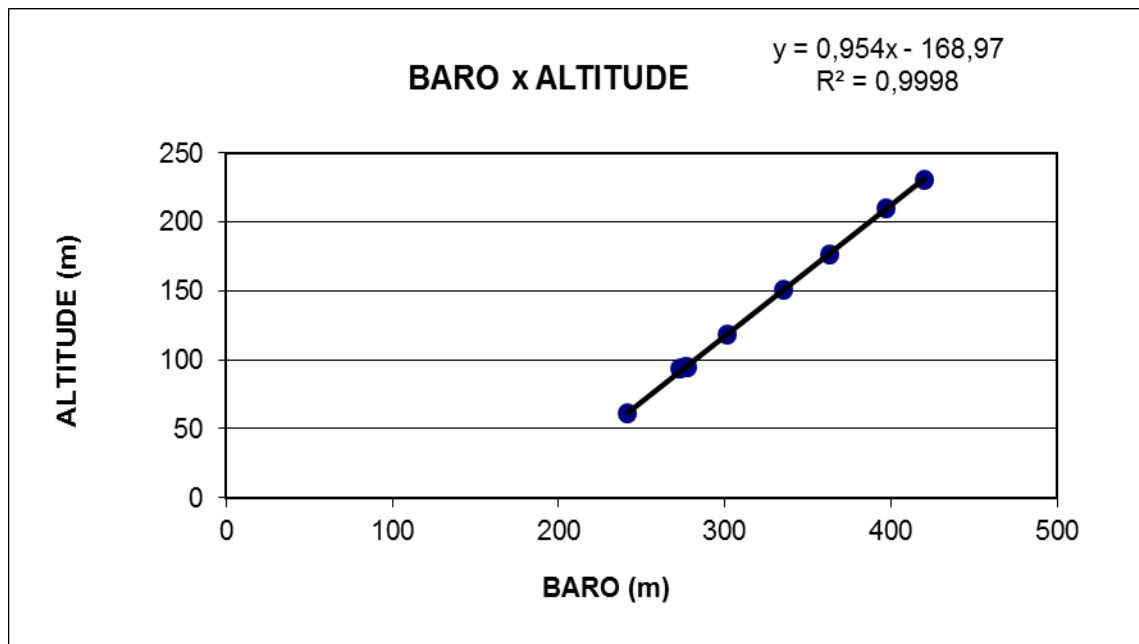
Altura: Altura teórica

Altitude: Altitude corrigida com a pista

LINHA	ALTURA (m)	ALTITUDE (m)	GPSHT (m)	RADAR ALTÍMETRO (m)	BARÔMETRO (m)
200	60,96	60,84	244,84	61,58	241,47
330	100,58	95,14	279,13	94,68	277,69
331	100,58	94,29	278,28	94,40	276,15
332	100,58	93,45	277,45	93,51	273,01
400	121,92	117,94	301,93	118,26	301,47
500	152,40	150,89	334,89	150,44	335,03
600	182,88	176,91	360,91	175,95	362,58
700	213,36	210,09	394,09	208,68	396,95
800	243,84	230,87	414,87	232,91	419,52



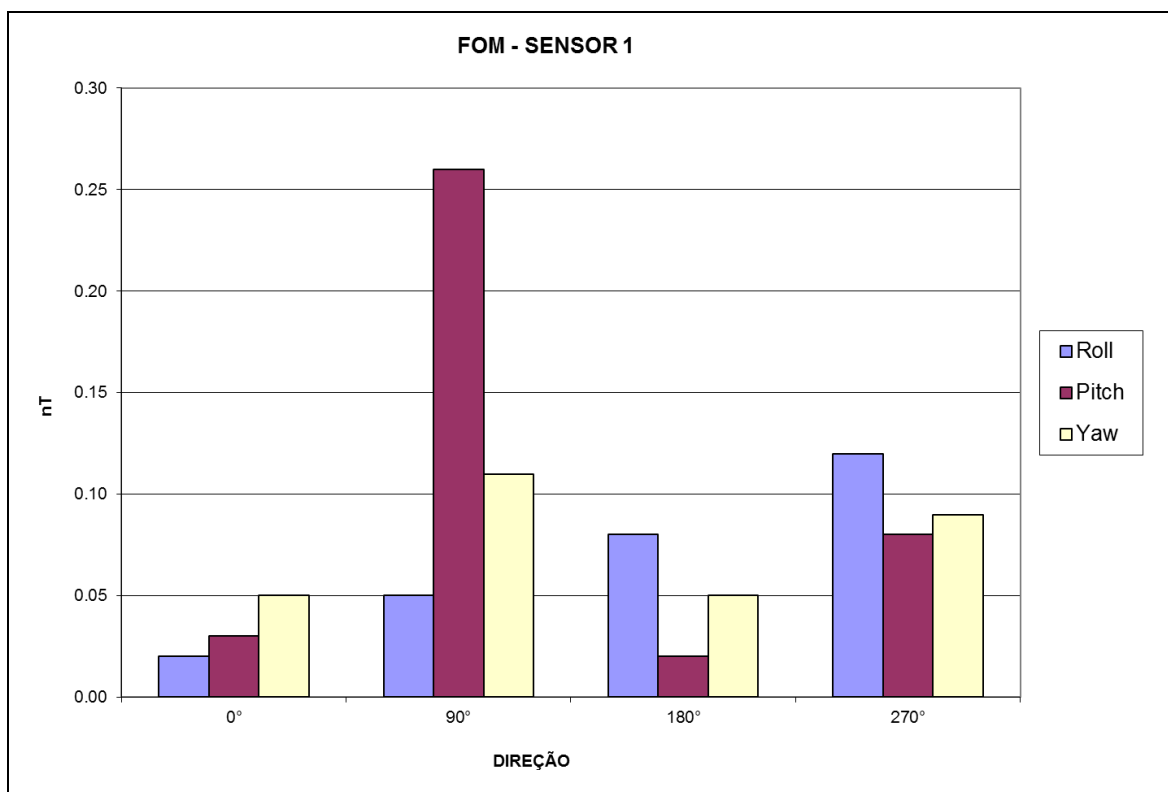




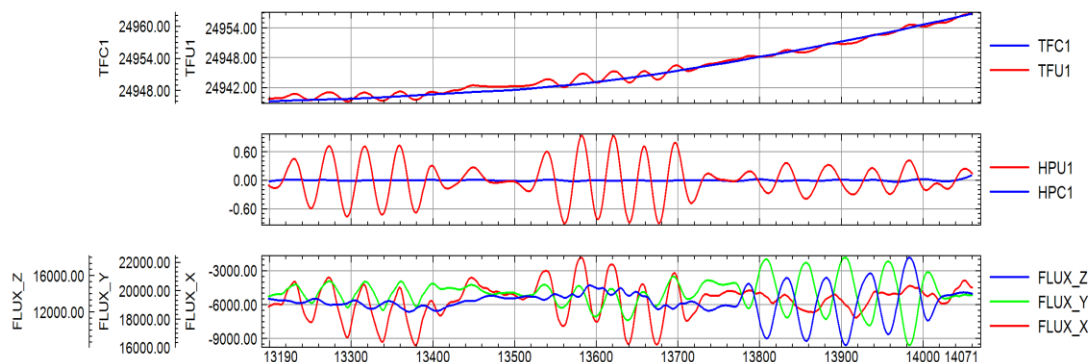
Anexo II-b – Compensação Magnética

Número do Projeto	AGFW69-2013
Base	São Felix do Xingu - PA
Aeronave	PR-MCY
Data	20/04/2015
Voo	202

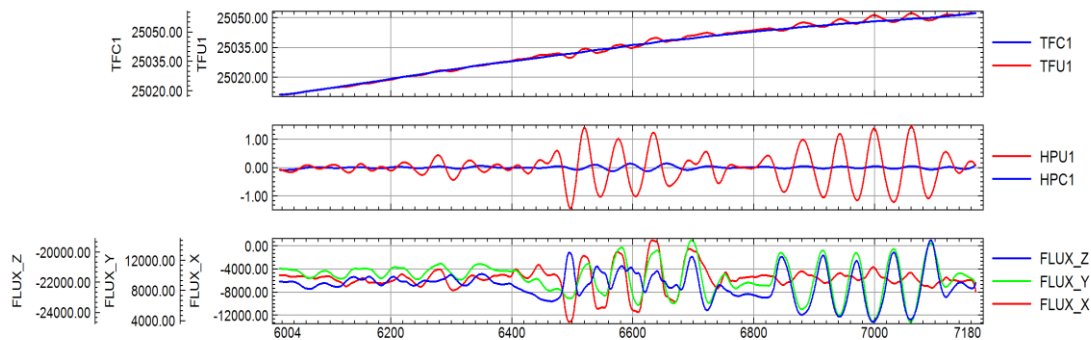
SENSOR 1					
Linha	Azimute	PITCH (nT)	ROLL (nT)	YAW (nT)	FOM (nT)
1	90°	0,02	0,03	0,05	0,10
2	180°	0,05	0,26	0,11	0,42
3	270°	0,08	0,02	0,05	0,15
4	360°	0,12	0,08	0,09	0,29
TOTAL					0,96



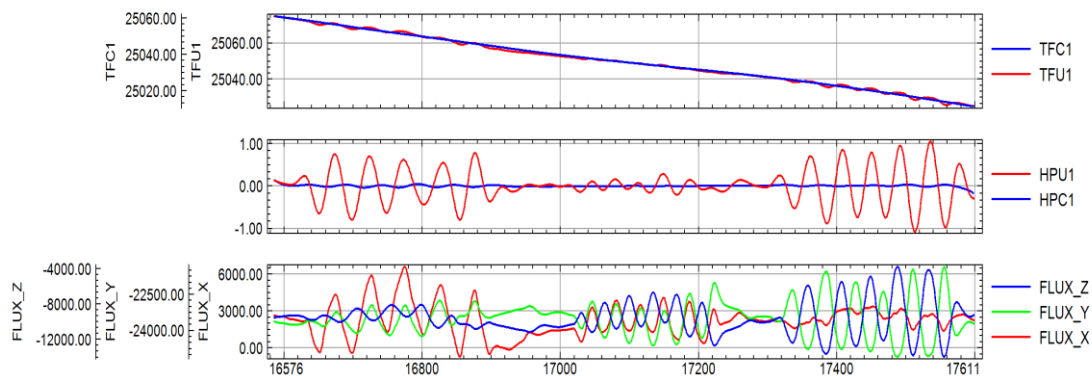
FOM - PR-MCY - V202 - AZIMUTE 0°



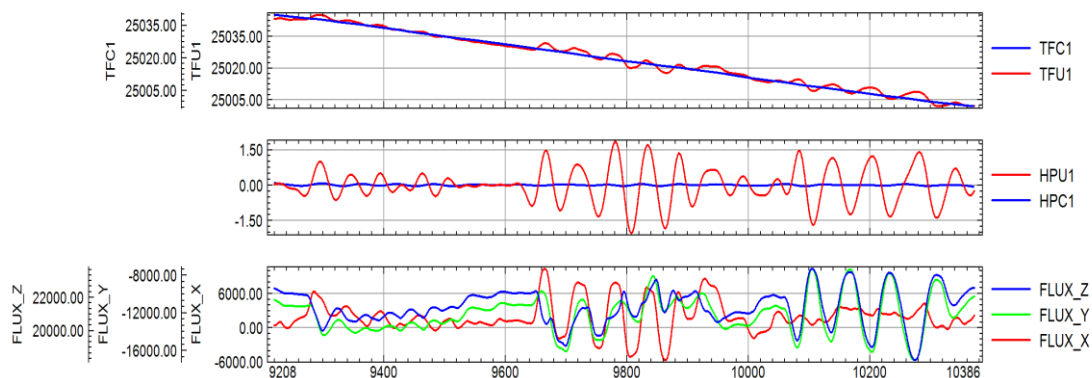
FOM - PR-MCY - V202 - AZIMUTE 90°



FOM - PR-MCY - V202 - AZIMUTE 180°

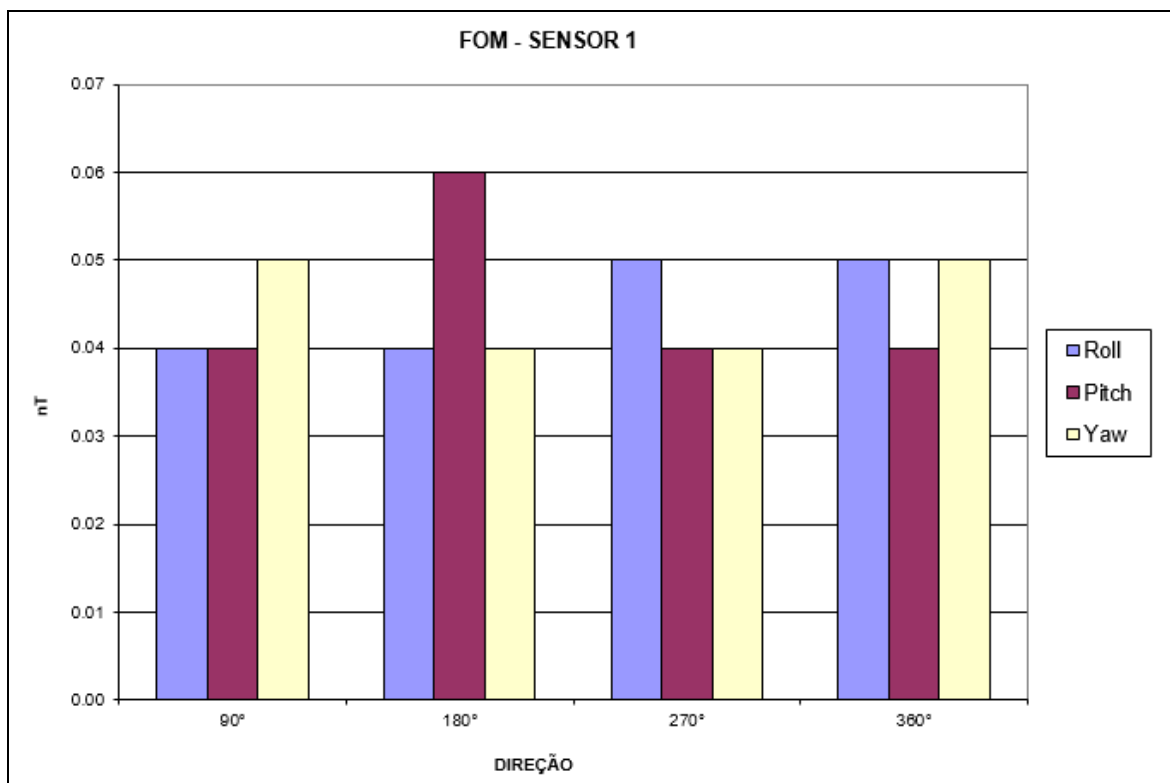


FOM - PR-MCY - V202 - AZIMUTE 270°

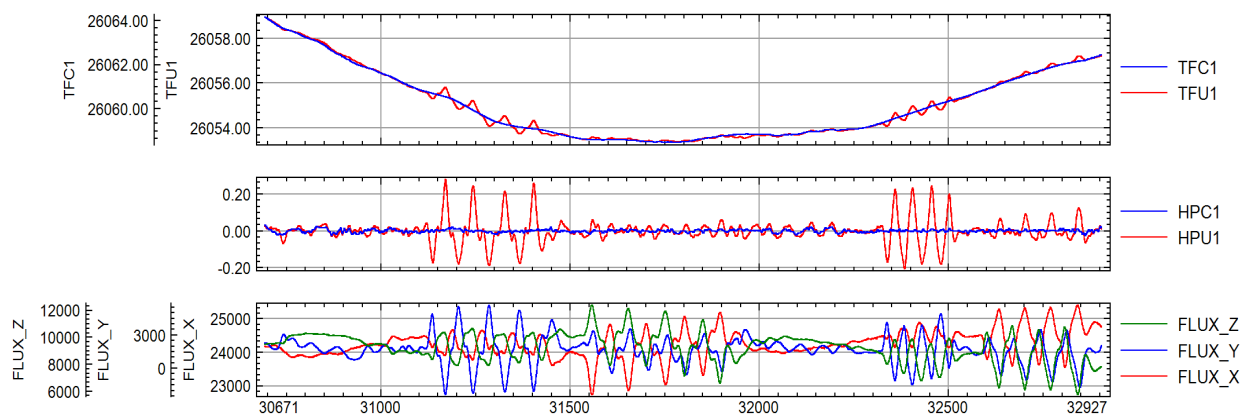


Número do Projeto	AGFW69-2013
Base	Altamira - PA
Aeronave	PP-AGP
Data	09/02/14
Voo	005

SENSOR 1					
Linha	Azimute	PITCH (nT)	ROLL (nT)	YAW (nT)	FOM (nT)
1	90°	0,04	0,04	0,05	0,13
2	180°	0,04	0,06	0,04	0,14
3	270°	0,05	0,04	0,04	0,13
4	360°	0,05	0,04	0,05	0,14
TOTAL					0,54



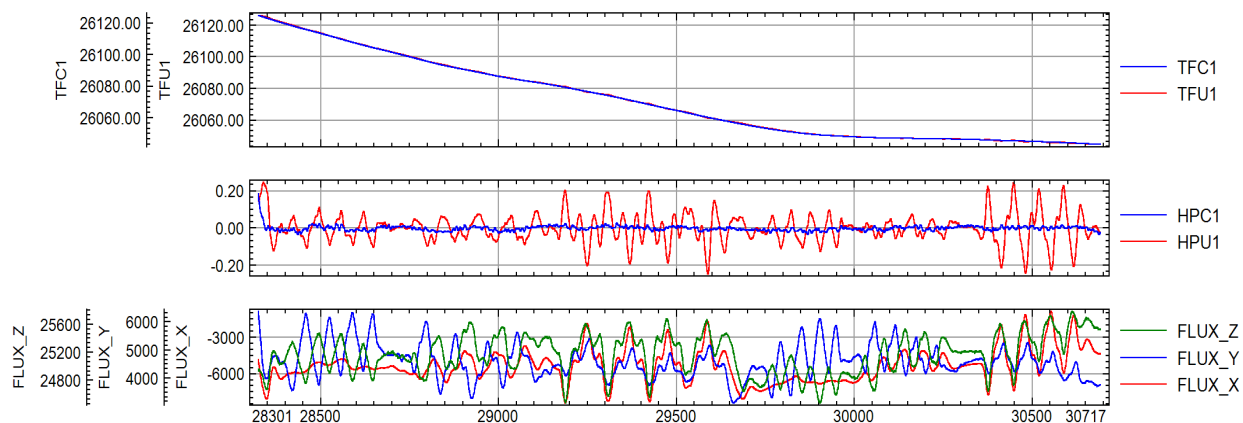
FOM PP-AGP - V005 - AZIMUTE 90°



database: g:\PROJETOS\pr-mcy_pp-agp\rio maria\PP-AGP_V005_090214.gdb line/group: L90

2014/02/10

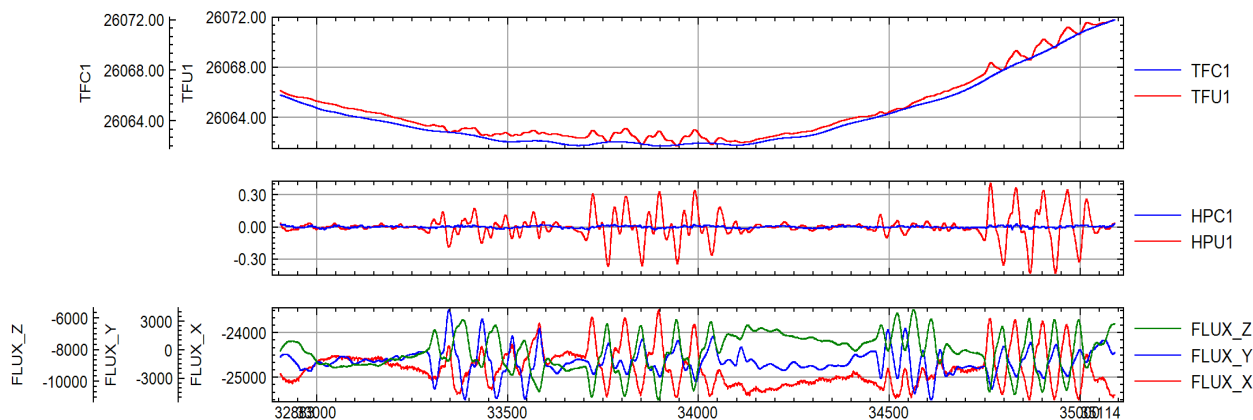
FOM PP-AGP - V005 - AZIMUTE 180°



database: g:\PROJETOS\pr-mcy_pp-agp\rio maria\PP-AGP_V005_090214.gdb line/group: L180

2014/02/10

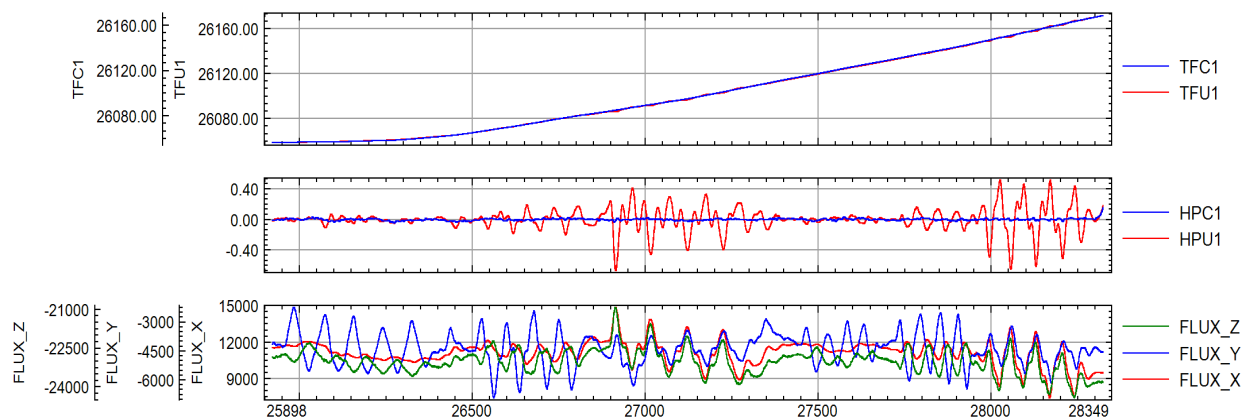
FOM PP-AGP - V005 - AZIMUTE 270°



database: g:\PROJETOS\pr-mcy_pp-agp\rio maria\PP-AGP_V005_090214.gdb line/group: L270

2014/02/10

FOM PP-AGP - V005 - AZIMUTE 360°

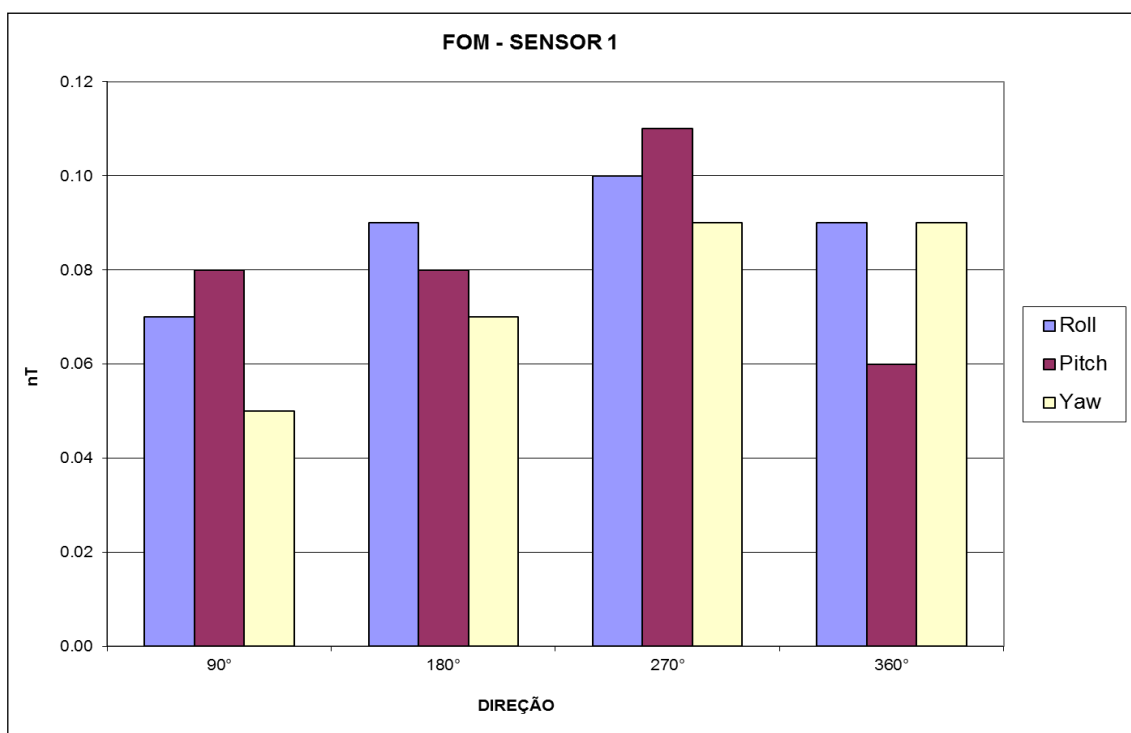


database: g:\PROJETOS\pr-mcy_pp-agp\rio maria\PP-AGP_V005_090214.gdb line/group: L0

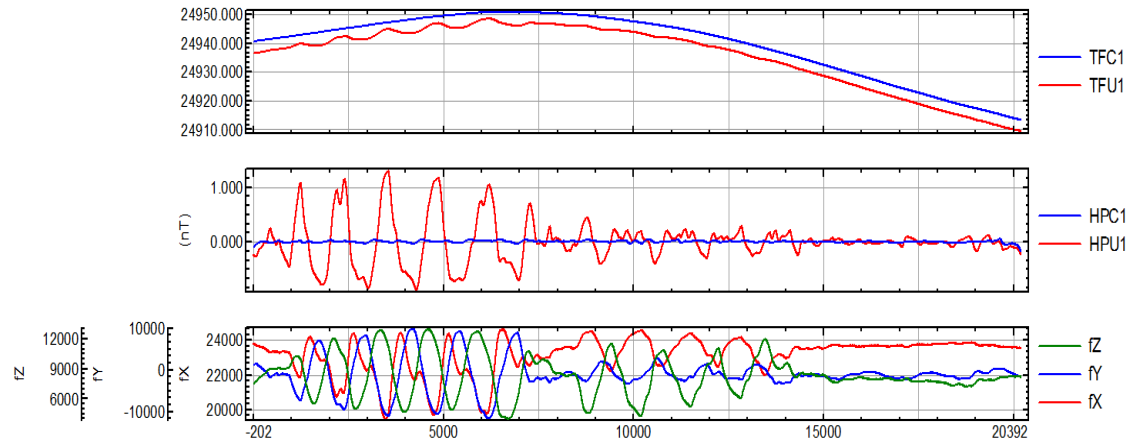
2014/02/10

Número do Projeto	AGFW69-2013
Base	São Felix do Xingu - PA
Aeronave	PP-AGP
Data	22/05/2014
Voo	013

SENSOR 1					
Linha	Azimute	PITCH (nT)	ROLL (nT)	YAW (nT)	FOM (nT)
1	90°	0,07	0,08	0,05	0,20
2	180°	0,09	0,08	0,07	0,24
3	270°	0,10	0,11	0,09	0,30
4	360°	0,09	0,06	0,09	0,24
TOTAL					0,98

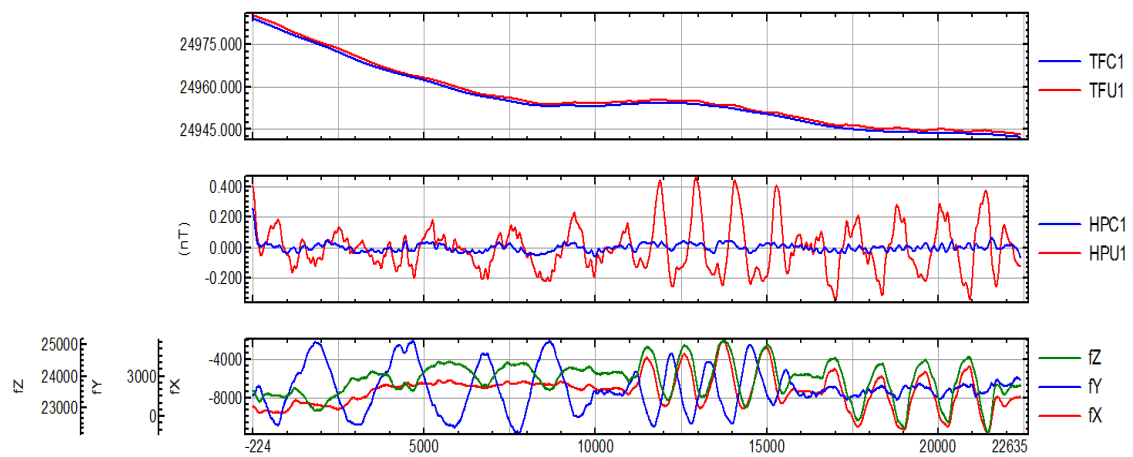


FOM PP-AGP - V013 - AZIMUTE 90°



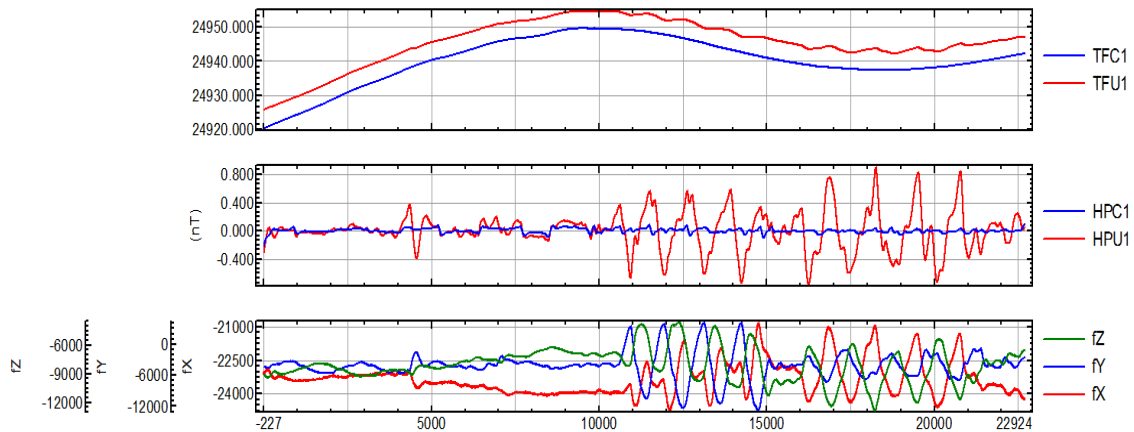
2014/05/23

FOM PP-AGP - V013 - AZIMUTE 180°



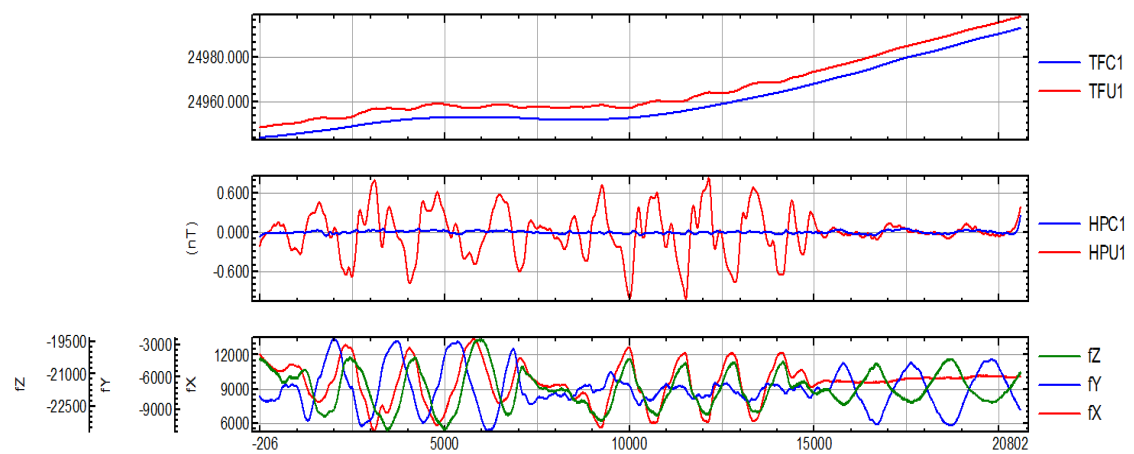
2014/05/23

FOM PP-AGP - V013 - AZIMUTE 270°



2014/05/23

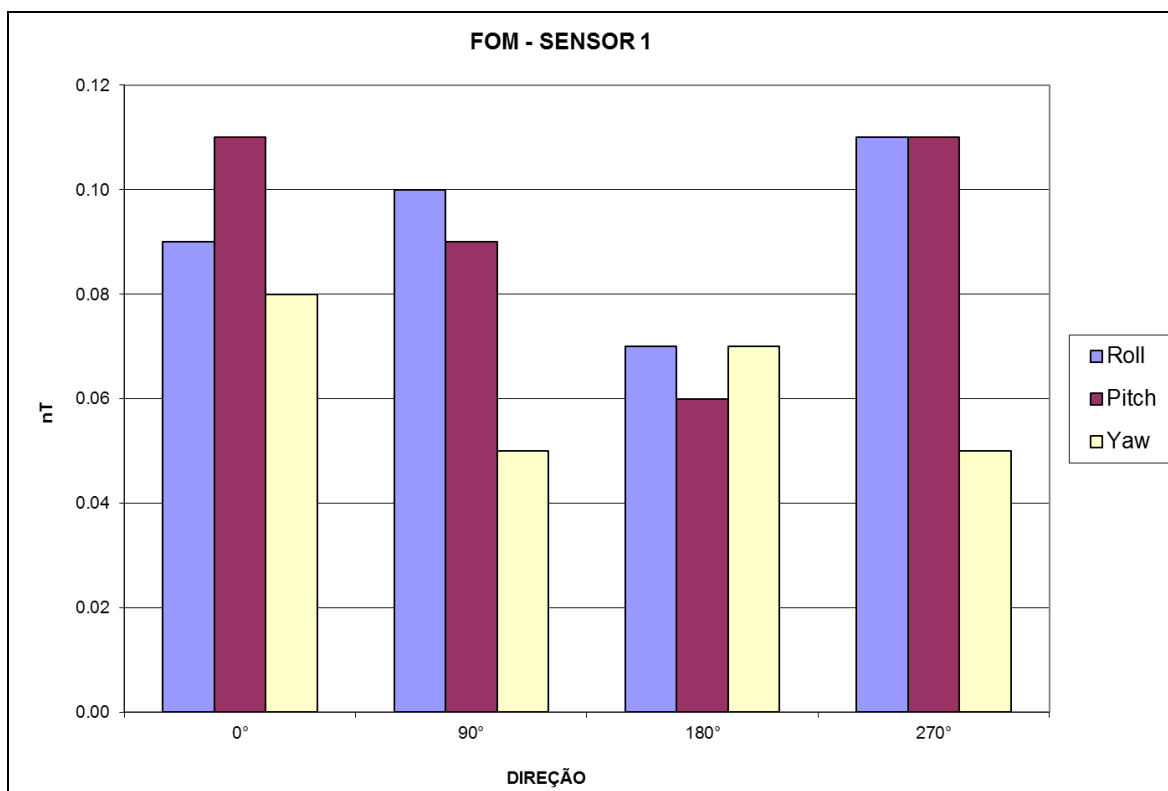
FOM PP-AGP - V013 - AZIMUTE 360°



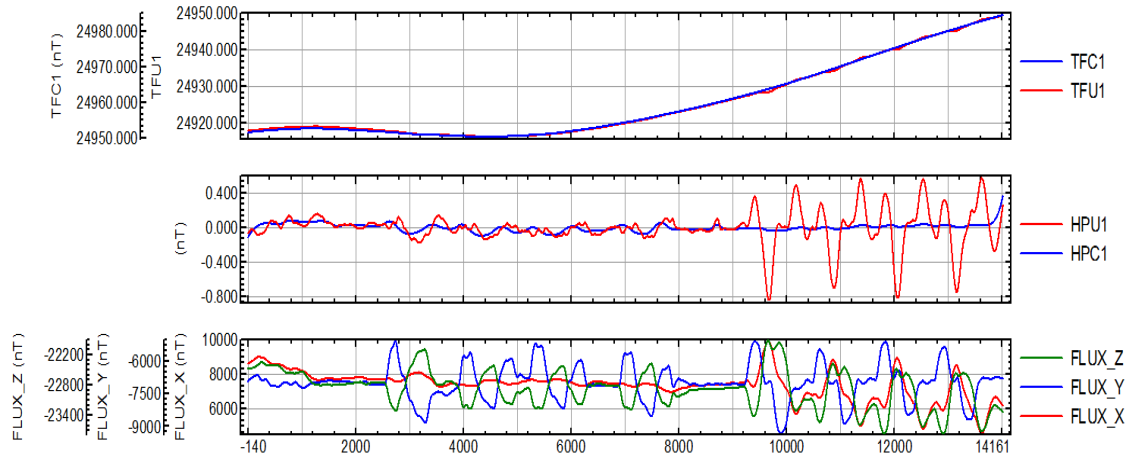
2014/05/23

Número do Projeto	AGFW69-2013
Base	São Felix do Xingu - PA
Aeronave	PP-AGP
Data	14/06/2014
Voo	029

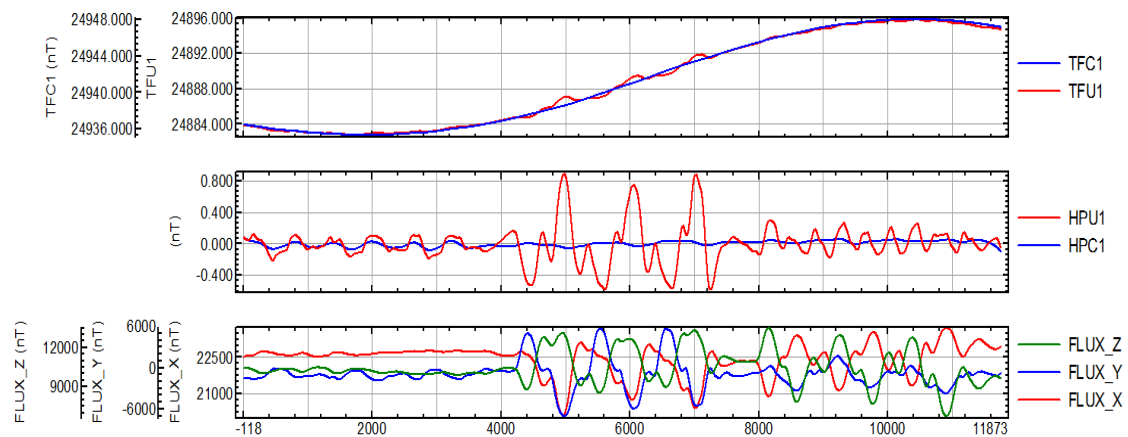
SENSOR 1					
Linha	Azimute	PITCH (nT)	ROLL (nT)	YAW (nT)	FOM (nT)
1	90°	0,09	0,11	0,08	0,28
2	180°	0,10	0,09	0,05	0,24
3	270°	0,07	0,06	0,07	0,20
4	360°	0,11	0,11	0,05	0,27
TOTAL					0,99



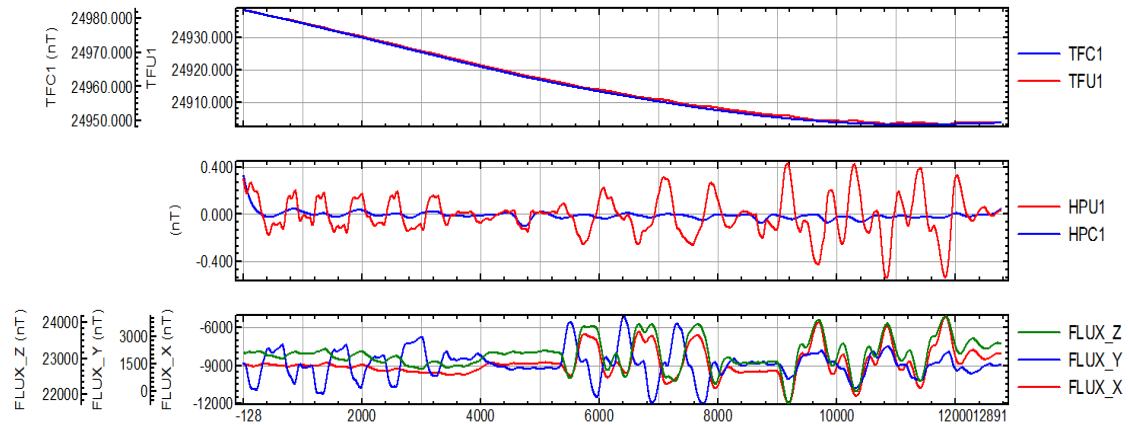
FOM PP-AGP - V029 - AZIMUTE 0°



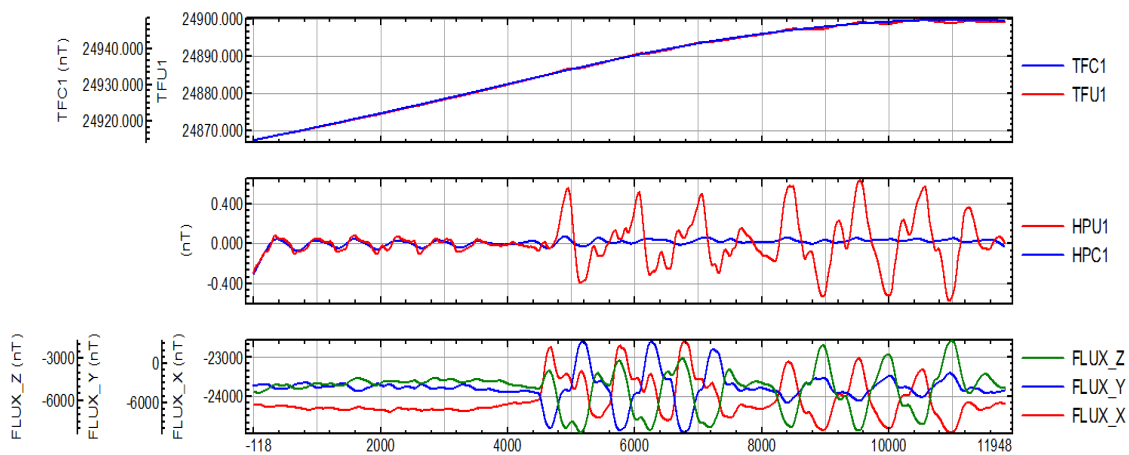
FOM PP-AGP - V029 - AZIMUTE 90°



FOM PP-AGP - V029 - AZIMUTE 180°

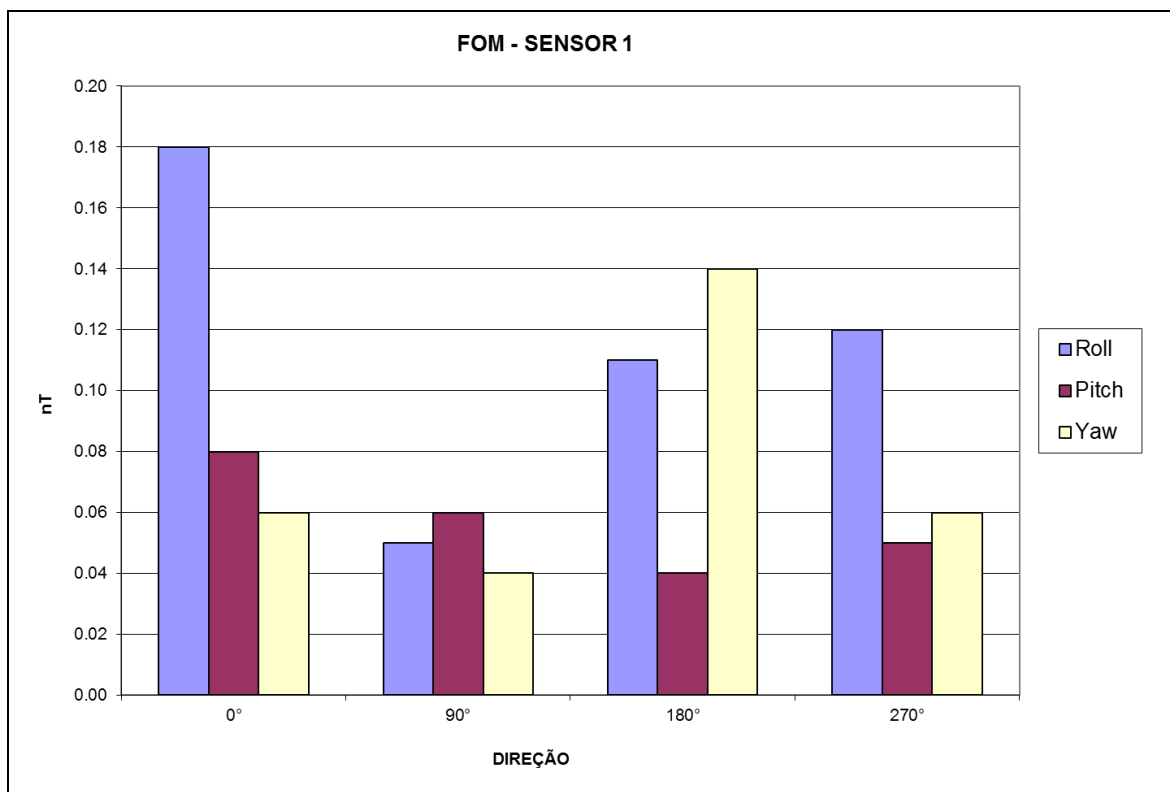


FOM PP-AGP - V029 - AZIMUTE 270°

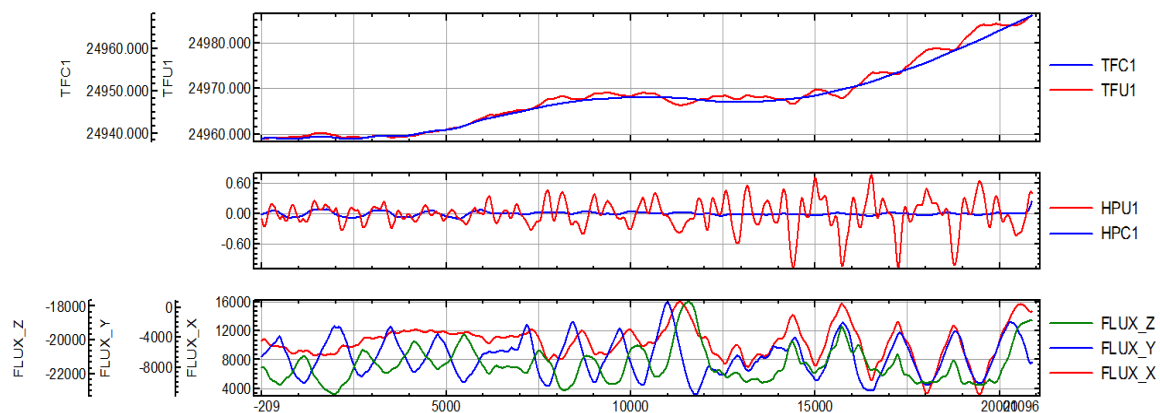


Número do Projeto	AGFW69-2013
Base	São Felix do Xingu - PA
Aeronave	PP-AGP
Data	22/07/2014
Voo	056

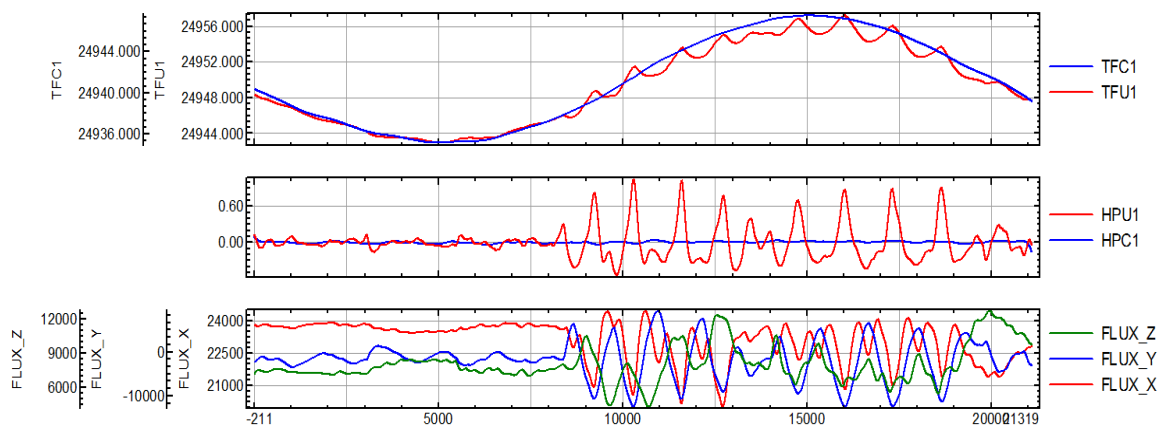
SENSOR 1					
Linha	Azimute	PITCH (nT)	ROLL (nT)	YAW (nT)	FOM (nT)
0	0°	0,18	0,08	0,06	0,32
90	90°	0,05	0,06	0,04	0,15
180	180°	0,11	0,04	0,14	0,29
270	270°	0,12	0,05	0,06	0,23
TOTAL					0,99



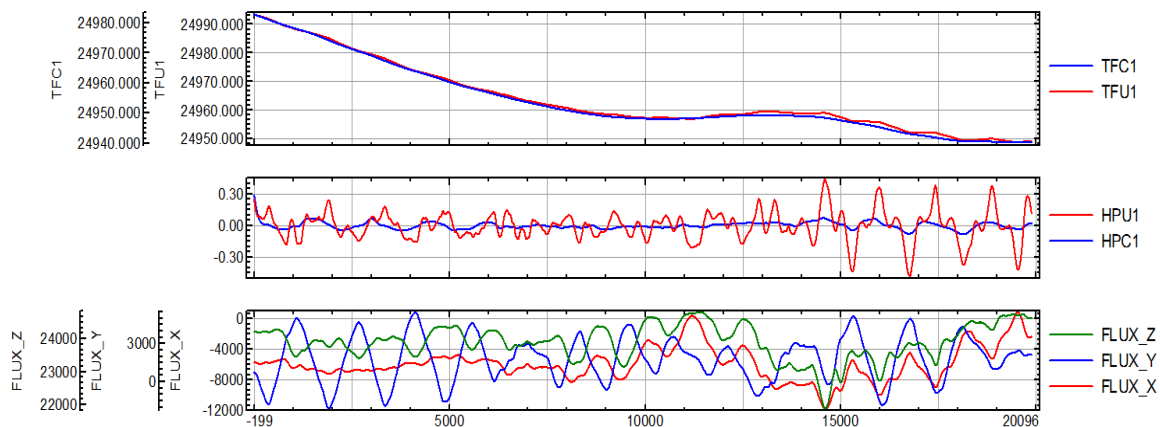
FOM PP-AGP - V056 - AZIMUTE 0°



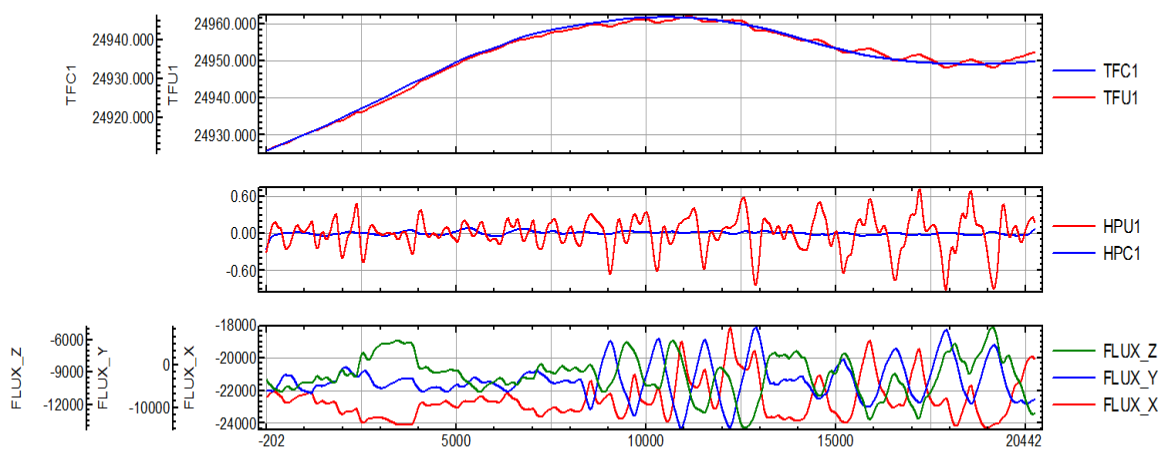
FOM PP-AGP - V056 - AZIMUTE 90°



FOM PP-AGP - V056 - AZIMUTE 180°

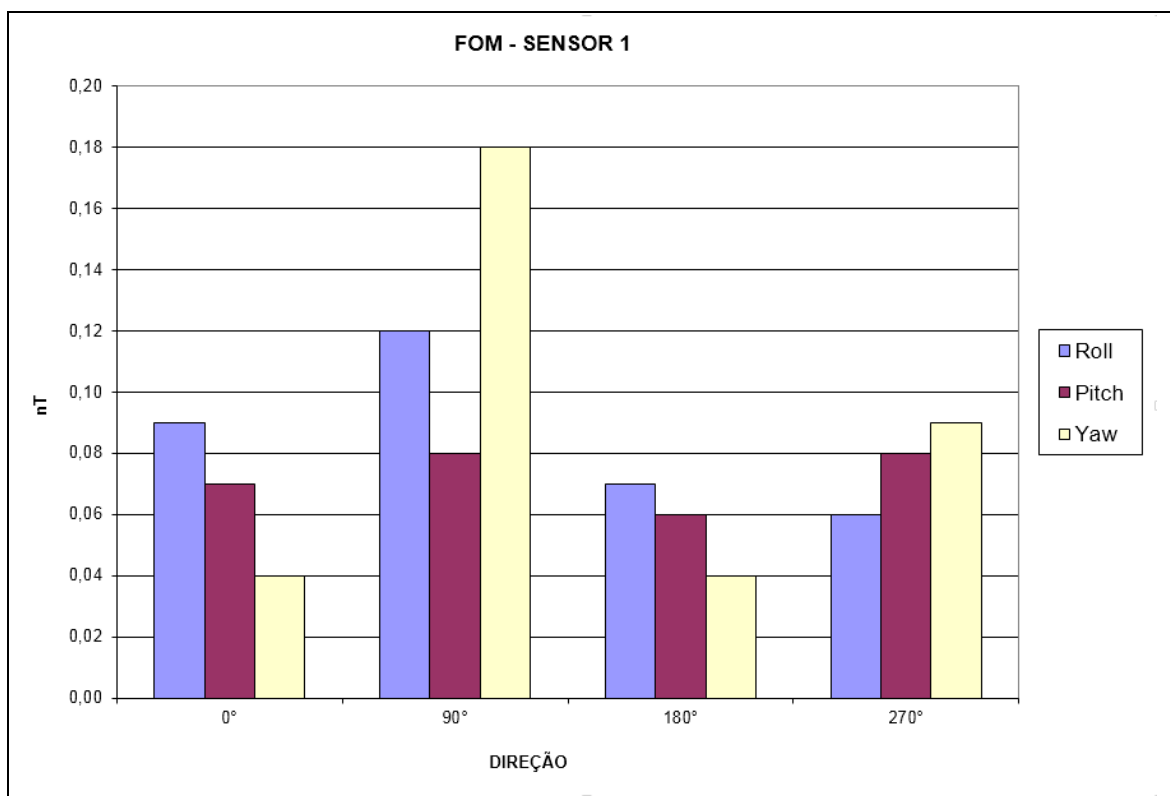


FOM PP-AGP - V056 - AZIMUTE 270°

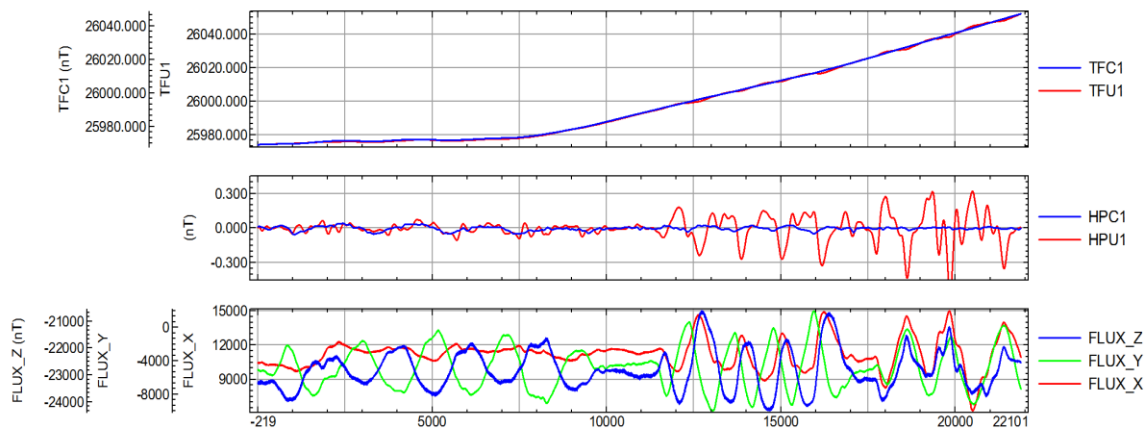


Número do Projeto	AGFW69-2013
Base	Altamira - PA
Aeronave	PP-AGP
Data	15/11/2014
Voo	069

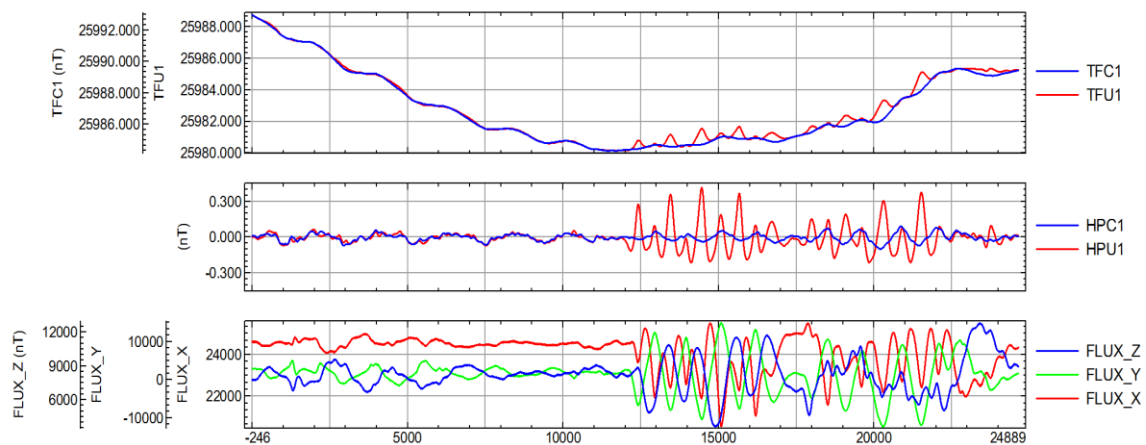
SENSOR 1					
Linha	Azimuth	PITCH (nT)	ROLL (nT)	YAW (nT)	FOM (nT)
0	0°	0,09	0,07	0,04	0,20
90	90°	0,12	0,08	0,18	0,38
180	180°	0,07	0,06	0,04	0,17
270	270°	0,06	0,08	0,09	0,23
TOTAL					0,98



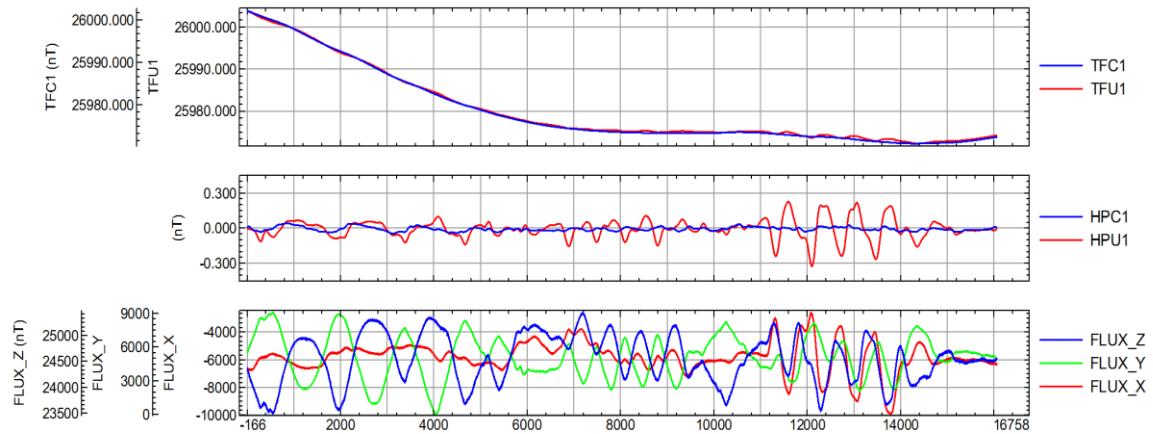
FOM PP-AGP - V069 - AZIMUTE 0°



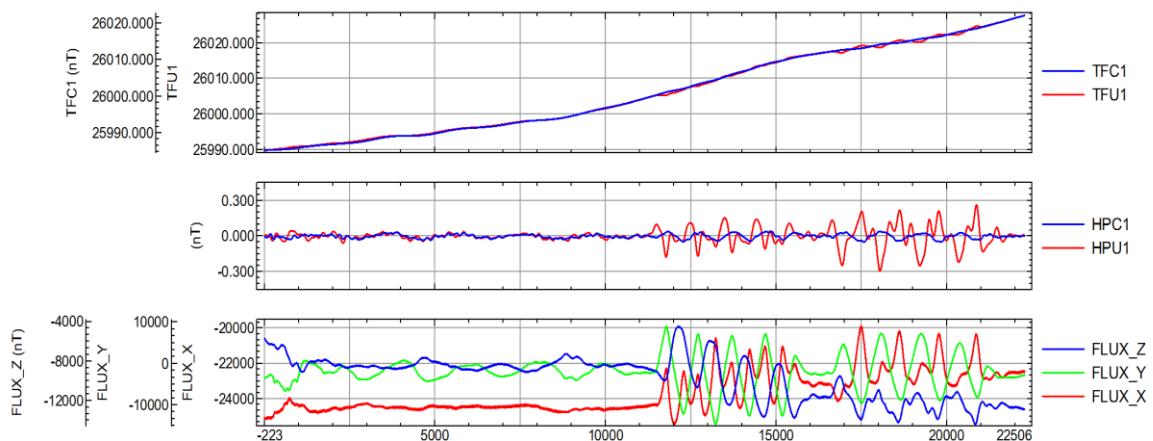
FOM PP-AGP - V069 - AZIMUTE 90°



FOM PP-AGP - V069 - AZIMUTE 180°

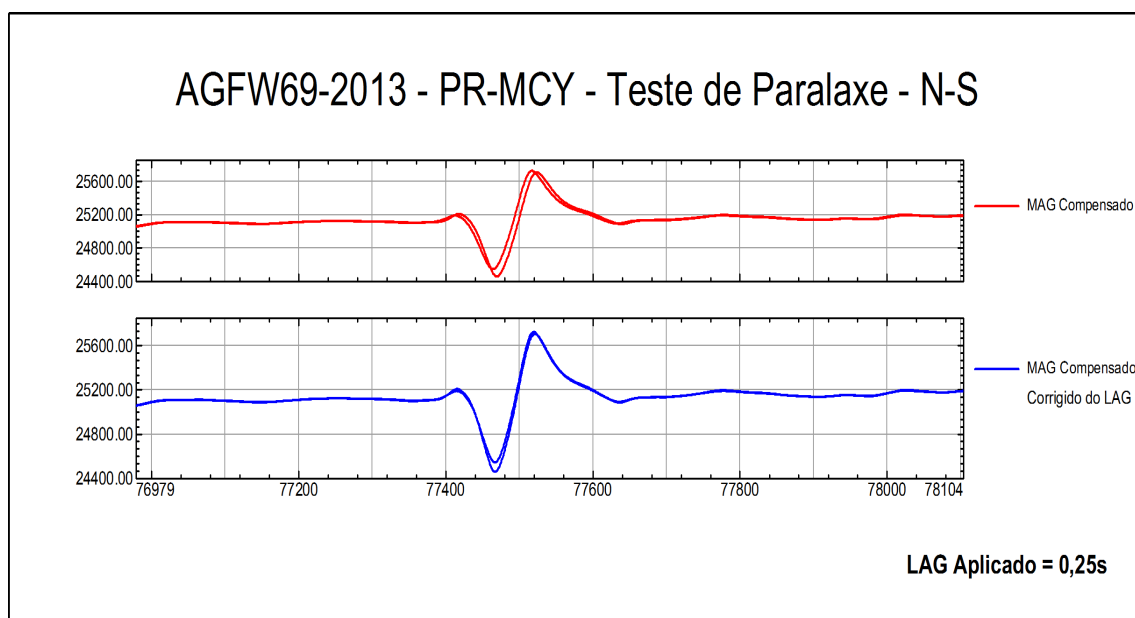


FOM PP-AGP - V069 - AZIMUTE 270°



Anexo II-c – Teste de Paralaxe

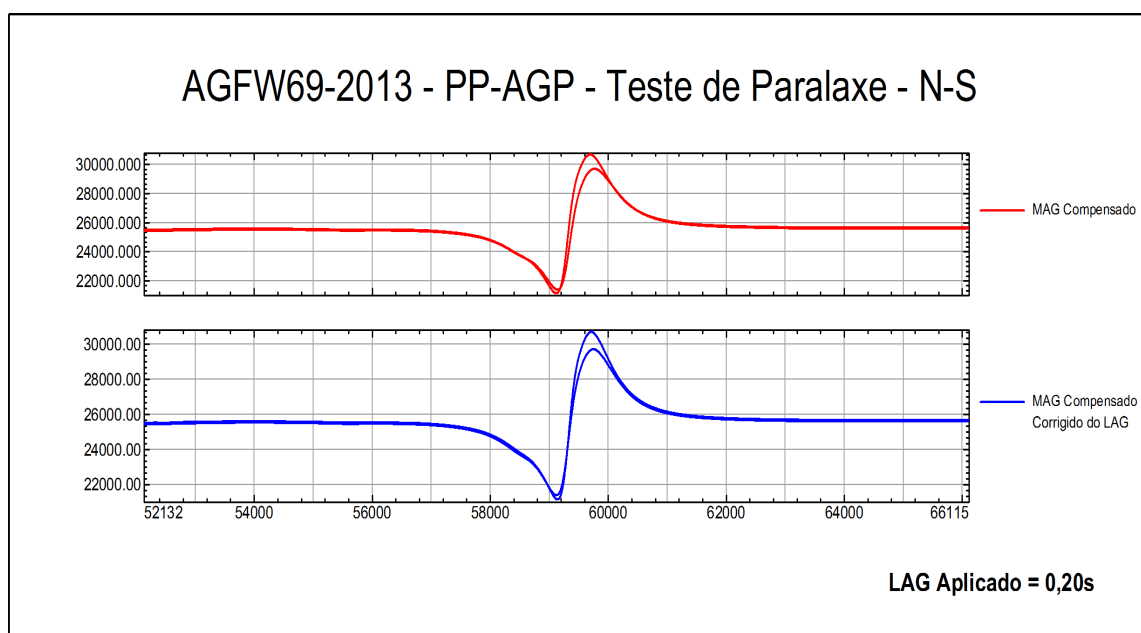
Nº Projeto	AGFW69-2013
Base	São Felix do Xingu - PA
Aeronave	PR-MCY
Data	11/05/2015
Nº Voo	211



MAG Compensado = Campo Magnético Total Compensado

MAG Compensado corrigido de LAG = Campo Magnético Total Compensado Corrigido Paralaxe (0,16 segundos)

Nº Projeto	AGFW69-2013
Base	São Felix do Xingu - PA
Aeronave	PP-AGP
Data	17/11/2014
Nº Voo	070



MAG Compensado = Campo Magnético Total Compensado

MAG Compensado corrigido de LAG = Campo Magnético Total Compensado Corrigido Paralaxe (0,20 segundos)

Anexo II-d – Teste de Repetibilidade Radioativa

TESTE DE REPETIBILIDADE RADIOATIVA PP-AGP (LOW LEVEL = 100m) Base: São Félix do Xingu				
DATA	HORÁRIO	VOO	TÓRIO	URÂNIO
15-feb-14	INÍCIO	007	25,00	20,00
	FIM		29,00	30,00
24-may-14	INÍCIO	016	50,00	59,00
	FIM		54,00	68,00
25-may-14	INÍCIO	018	48,00	57,00
	FIM		57,00	72,00
28-may-14	INÍCIO	023	54,00	59,00
	FIM		53,00	56,00
17-jun-14	INÍCIO	031	52,00	69,00
	FIM		54,00	57,00
18-jun-14	INÍCIO	032	83,00	110,00
	FIM		61,00	64,00
18-jun-14	INÍCIO	033		
	FIM		55,00	54,00
19-jun-14	INÍCIO	034	59,00	84,00
	FIM		55,00	57,00
20-jun-14	INÍCIO	035	55,00	76,00
	FIM		50,00	53,00
21-jun-14	INÍCIO	036	67,00	109,00
	FIM		60,00	57,00
22-jun-14	INÍCIO	037	54,00	57,00
	FIM		49,00	48,00
23-jun-14	INÍCIO	038	58,00	69,00
	FIM		56,00	56,00
24-jun-14	INÍCIO	039	55,00	66,00
	FIM		54,00	51,00
25-jun-14	INÍCIO	040	61,00	80,00
	FIM		54,00	54,00
26-jun-14	INÍCIO	041	56,00	79,00
	FIM		49,00	52,00
27-jun-14	INÍCIO	042	60,00	56,00
	FIM		50,00	52,00
28-jun-14	INÍCIO	043	54,00	72,00
	FIM		53,00	56,00
29-jun-14	INÍCIO	044	58,00	60,00
	FIM		60,00	64,00
30-jun-14	INÍCIO	045	56,00	77,00
	FIM		56,00	61,00

DATA	HORÁRIO	VOO	TÓRIO	URÂNIO
02-jul-14	INÍCIO	046	63,00	66,00
	FIM		70,00	92,00
05-jul-14	INÍCIO	047	71,00	85,00
	FIM			
08-jul-14	INÍCIO	050	68,00	84,00
	FIM		68,00	66,00
09-jul-14	INÍCIO	051	74,00	118,00
	FIM		73,00	77,00
10-jul-14	INÍCIO	052	73,00	129,00
	FIM		68,00	77,00
23-jul-14	INÍCIO	057		
	FIM		73,00	69,00
24-jul-14	INÍCIO	058	73,00	136,00
	FIM		68,00	85,00
24-jul-14	INÍCIO	059		
	FIM		70,00	67,00
25-jul-14	INÍCIO	060	76,00	139,00
	FIM		77,00	84,00
25-jul-14	INÍCIO	061		
	FIM		70,00	66,00
26-jul-14	INÍCIO	062	70,00	123,00
	FIM		75,00	77,00
26-jul-14	INÍCIO	063		
	FIM		72,00	69,00
27-jul-14	INÍCIO	064	83,00	138,00
	FIM		73,00	83,00
27-jul-14	INÍCIO	065		
	FIM		72,00	76,00
28-jul-14	INÍCIO	066		
	FIM		76,00	80,00
17-nov-14	INÍCIO	070	69,00	66,00
	FIM		70,00	59,00
17-nov-14	INÍCIO	071	-	-
	FIM		-	-
19-nov-14	INÍCIO	072	73,00	51,00
	FIM		80,00	61,00
20-nov-14	INÍCIO	073	77,00	54,00
	FIM		96,00	75,00
26-nov-14	INÍCIO	074	62,00	48,00
	FIM		81,00	59,00
28-nov-14	INÍCIO	075	72,00	50,00
	FIM		91,00	67,00

DATA	HORÁRIO	VOO	TÓRIO	URÂNIO
29-nov-14	INÍCIO	076	76,00	60,00
	FIM		96,00	70,00
03-dic-14	INÍCIO	078	80,00	56,00
	FIM		90,00	66,00
20-abr-15	INÍCIO	081	53,00	58,00
	FIM		66,00	60,00
21-abr-15	INÍCIO	082	64,00	63,00
	FIM		70,00	65,00
22-abr-15	INÍCIO	083	82,00	82,00
	FIM		-	-
23-abr-15	INÍCIO	084	73,00	68,00
	FIM		55,00	56,00
25-abr-15	INÍCIO	085	71,00	66,00
	FIM		63,00	60,00
26-abr-15	INÍCIO	086	87,00	72,00
	FIM		86,00	77,00
27-abr-15	INÍCIO	087	72,00	60,00
	FIM		80,00	70,00
29-abr-15	INÍCIO	088	78,00	78,00
	FIM		87,00	80,00
02-may-15	INÍCIO	089	61,00	55,00
	FIM		69,00	63,00
04-may-15	INÍCIO	090	69,00	63,00
	FIM		69,00	69,00
05-may-15	INÍCIO	091	66,00	63,00
	FIM		74,00	74,00
06-may-15	INÍCIO	092	64,00	54,00
	FIM		73,00	59,00
07-may-15	INÍCIO	093	66,00	56,00
	FIM		80,00	76,00
09-may-15	INÍCIO	094	70,00	63,00
	FIM		71,00	74,00
11-may-15	INÍCIO	095	64,00	66,00
	FIM		61,00	62,00
12-may-15	INÍCIO	096	73,00	74,00
	FIM		74,00	73,00
13-may-15	INÍCIO	097	71,00	64,00
	FIM		78,00	72,00
14-may-15	INÍCIO	098	75,00	90,00
	FIM		75,00	73,00
16-may-15	INÍCIO	099	69,00	76,00
	FIM		69,00	68,00

DATA	HORÁRIO	VOO	TÓRIO	URÂNIO
17-may-15	INÍCIO	100	65,00	77,00
	FIM		66,00	63,00
18-may-15	INÍCIO	101	76,00	92,00
	FIM		82,00	78,00
19-may-15	INÍCIO	102	83,00	110,00
	FIM		82,00	81,00
20-may-15	INÍCIO	103	89,00	114,00
	FIM		85,00	89,00
21-may-15	INÍCIO	104	68,00	74,00
	FIM		76,00	69,00
23-may-15	INÍCIO	105	64,00	65,00
	FIM		76,00	68,00

TESTE DE REPETIBILIDADE RADIOATIVA PR-MCY (LOW LEVEL = 100m) Base: São Felix do Xingu				
DATA	HORÁRIO	VOO	TÓRIO	URÂNIO
20-abr-15	INÍCIO	202	125,00	112,00
	FIM		123,00	111,00
21-abr-15	INÍCIO	203	115,00	105,00
	FIM		123,00	106,00
22-abr-15	INÍCIO	204	122,00	126,00
	FIM		-	-
23-abr-15	INÍCIO	205	136,00	115,00
	FIM		129,00	118,00
25-abr-15	INÍCIO	206	117,00	106,00
	FIM		108,00	99,00
26-abr-15	INÍCIO	207	126,00	107,00
	FIM		146,00	124,00
27-abr-15	INÍCIO	208	101,00	98,00
	FIM		112,00	90,00
29-abr-15	INÍCIO	209	115,00	113,00
	FIM		122,00	112,00
02-mai-15	INÍCIO	210	126,00	107,00
	FIM		129,00	115,00
04-mai-15	INÍCIO	211	105,00	91,00
	FIM			
05-may-15	INÍCIO	212	106,00	99,00
	FIM		114,00	118,00

DATA	HORÁRIO	VOO	TÓRIO	URÂNIO
06-mai-15	INICIO	213	107,00	88,00
	FIM		111,00	102,00
11-mai-15	INICIO	216	118,00	107,00
	FIM		134,00	118,00
12-mai-15	INICIO	217	111,00	108,00
	FIM		116,00	110,00
13-mai-15	INICIO	218	106,00	101,00
	FIM		110,00	109,00
14-mai-15	INICIO	219	130,00	142,00
	FIM		118,00	115,00
16-mai-15	INICIO	220	110,00	120,00
	FIM		113,00	114,00
17-mai-15	INICIO	221	109,00	125,00
	FIM		103,00	102,00
18-mai-15	INICIO	222	120,00	130,00
	FIM		124,00	113,00
19-mai-15	INICIO	223	133,00	159,00
	FIM		113,00	116,00
20-mai-15	INICIO	224	140,00	148,00
	FIM		-	-
21-mai-15	INICIO	225	122,00	124,00
	FIM		120,00	110,00
23-mai-15	INICIO	226	122,00	114,00
	FIM		125,00	112,00
25-mai-15	INICIO	227	123,00	137,00
	FIM		135,00	125,00
27-mai-15	INICIO	228	118,00	138,00
	FIM		111,00	115,00

**ANEXO III – QUADROS SINÓPTICOS DAS OPERAÇÕES DE
CAMPO – Anexo em MídiaDigital**

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 IRIRI.

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, Articulações das Folhas (1:100.000, 1:250.000) e ArcGis Engine
DVD#01	Grids
	Arquivos de Mapas <i>Geosoft</i>
	Arquivos de Poligonais das Folhas 1:100.000, 1:250.000 e 1:500.000 <i>Geosoft</i> PLY
	GeoTIFF
DVD#02	Banco de Dados <i>Geosoft</i>
	Arquivos XYZ – Magnetometria e Gamaespectrometria
DVD#03	Arquivos de Plotagem HPGL
DVD#04	Arquivos PDF

Estrutura dos Arquivos de Mapas:

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

1131_*_1DV = 1º Derivada Vertical do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)

1131_*_SA = Sinal Analítico do Campo Magnético Total

1131_*_MDT = Modelo digital do Terreno

1131_*_CTexp = Contagem Total ($\mu\text{R/h}$)

1131_*_Kperc = Potássio (%)

1131_*_eU = Urânio (ppm)

1131_*_eTh = Tório (ppm)

1131_*_ThKrazao = Razão Tório/Potássio

1131_*_ UThrazao = Razão Urânio/Tório

1131_*_ ThKrazao = Razão Tório/Potássio

1131_*_ UKrazao = Razão Urânio/Potássio

1131_TERNÁRIO = Ternário (K-U-Th)

Exemplos:

1131_SB-22-V-A-IV_MAG.map = Geosoft MAP da Folha SB-22-V-A-IV Escala 1:100.000 do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)

1131_SB-22-V-A_SA.map = Geosoft MAP da Folha SB-22-V-A Escala 1:250.000 do Sinal Analítico do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)

1131_ThKrazao.map = Geosoft MAP da Folha Única na Escala 1:500.000 da Razão Tório/Potássio

Observações:

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

A sigla HPGL significa: Hewlett-Packard Language.

O prefixo 1131 em todos os arquivos corresponde ao nº do projeto na Base Aero da CPRM.

Relação dos Arquivos: georeferenciados a UTM 22S (Meridiano Central -51°W Gr).

Arquivos de GRIDS:

Arquivo	Conteúdo	Unidade
1131_MAG.grd	Campo Magnético Total (Reduzido IGRF)	nT
1131_1DV.grd	1ª. Derivada Vertical do Campo Magnético Total	nT/m
1131_SA.grd	Sinal Analítico do Campo Magnético Total	nT/m
1131_CTexp.grd	Taxa de Exposição da Contagem Total	µR/h
1131_Kperc.grd	Concentração de Potássio	%
1131_eU.grd	Concentração de Urânio	ppm
1131_eTh.grd	Concentração de Tório	ppm
1131_ThKrazao.grd	Concentração de Tório/Potássio	
1131_UKrazao.grd	Concentração de Urânio/Potássio	
1131_UThrazao.grd	Concentração de Urânio/ Tório	
1131_MDT.grd	Modelo Digital do Terreno	m

Arquivos de banco de Dados GDB:

Arquivo	Conteúdo
1131_GamaLine.gdb	Banco de Dados de gamaespectrometria com as linhas de voo
1131_GamaTie.gdb	Banco de Dados de gamaespectrometria com as linhas de controle
1131_MagLine.gdb	Banco de Dados de magnetometria com as linhas de voo
1131_MagTie.gdb	Banco de Dados de magnetometria com as linhas de controle
1131_Gama256.gdb	Banco de Dados de gamaespectrometria com os 256 canais up e down

Arquivos de Bancos de Dados XYZ:

Arquivo	Conteúdo
1131_GamaLine.XYZ	Gamaespectrometria Linhas de Voo
1131_GamaTie.XYZ	Gamaespectrometria Linhas de Controle
1131_MagLine.XYZ	Magnetometria Linhas de Voo
1131_MagTie.XYZ	Magnetometria Linhas de Controle

Arquivos de Cruzamentos:

Arquivo	Conteúdo
1131_Cruzamentos.XYZ	Cruzamentos do Nivelamento Magnetométrico

Arquivos de Poligonais:

Arquivo	Conteúdo
1131_SB-22-V-A-IV	Polígono Referente à Folha SB-22-V-A-IV
1131_SB-22-V-A-V	Polígono Referente à Folha SB-22-V-A-V
1131_SB-22-V-A	Polígono Referente à Folha SB-22-V-A
1131_SB-22-V-C-I	Polígono Referente à Folha SB-22-V-C-I
1131_SB-22-V-C-II	Polígono Referente à Folha SB-22-V-C-II
1131_SB-22-V-C-IV	Polígono Referente à Folha SB-22-V-C-IV
1131_SB-22-V-C-V	Polígono Referente à Folha SB-22-V-CIV
1131_SB-22-V-C	Polígono Referente à Folha SB-22-V-C
1131_SB-22-Y-A-I	Polígono Referente à Folha SB-22-Y-A-I
1131_SB-22-Y-A-II	Polígono Referente à Folha SB-22-Y-A-II
1131_SB-22-Y-A-IV	Polígono Referente à Folha SB-22-Y-A-IV
1131_SB-22-Y-A-V	Polígono Referente à Folha SB-22-Y-A-V
1131_SB-22-Y-A	Polígono Referente à Folha SB-22-Y-A
1131_AreaTotal	Polígono Referente à Folha Única

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

Arquivos XYZ (FORMATO GEOSOFT) PARA DADOS MAGNETOMÉTRICOS (LINHAS DE VOO - LINES)

REGISTRO MESTRE DAS LINHAS DE VOO

NÚMERO DA LINHA

LINE

5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95

REGISTRO DE DETALHE MAGNÉTICO

X

COORDENADA UTM LESTE

(m)

F10.3

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

MAGBASE

(nT)

(F10.3)

Z7

MAGBRU (BRUTO)

(nT)

(F10.3)

Z8

MAGCOM (COMPENSADO)

(nT)

(F10.3)

Z9

MAGCOR (CORRIGIDO)

(nT)

(F10.3)

5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95

Z10

MAGNIV (NIVELADO)

(nT)

(F10.3)

Z11

MAGMIC (MICRONIVELADO)

(nT)

(F10.3)

Z12

MAGIGRF (IGRF)

(nT)

(F10.3)

Z13

IGRF

(nT)

(F10.3)

Z14

LONGITUDE

(GRAUS DECIMAIS)

(F11.6)

Z15

LATITUDE

(GRAUS DECIMAIS)

(F11.6)

Z16

DATA

(AA/MM/DD)

(A10)

Z17

HORA

(HH:MM:SS.S)

(A10)

5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95

5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95

5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95

5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95

5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95

5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95

5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95

5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95

PROJETO AEROGEOFÍSICO RIO IRIRI

FORMATO DIGITAL DOS DADOS MAGNÉTICOS PARA AS LINHAS DE VOO - LINES

FOLHA 1 de 1

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

FOLHA 1 de 1

[illegible]

Arquivos XYZ (FORMATO GEOSOFT) PARA DADOS MAGNETOMÉTRICOS DE CRUZAMENTO ENTRE LINHAS DE VOO E LINHAS DE CONTROLE

PROJETO AEROGEOFÍSICO RIO IRIRI
FORMATO DIGITAL DOS DADOS DE CRUZAMENTO MAGNETOMÉTRICOS ENTRE LINHAS DE VOO
E LINHAS DE CONTROLE

REGISTRO MESTRE DAS LINHAS DE VOO	TIE ou LINE	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	X	COORDENADA UTM LESTE (m) F10.0	Y	COORDENADA UTM NORTE (m) F10.0	Z1 FIDUCIAL (F8.2)	Z2 GPSALT (ALTITUDE GPS) (m) (F8.2)	Z3 ALTURA (RADAR/ALTIMETRO) (m) (F8.2)	Z4 MAGCOR (CORREGIDO) (mT) (F10.3)	Z5 MAGNIV (INCLUADO) (mT) (F10.3)	Z6 RESIDUO (Z5-Z4) (mT) (F8.3)	Z7 VOO (Nº) (44)												

FORMATO DIGITAL DOS DADOS RADIOMÉTRICOS PARA AS LINHAS DE VOO - LINES

FOLHA 1 de 1

[illegible]

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

REGISTRO MESTRE DAS LINHAS DE VOO		TIE		NUMERO DA LINHA																								
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95								
REGISTRO DE DETALHE RADIOMETRICO	X	COORDENADA UTM LESTE	Y	COORDENADA UTM NORTE	Z1	FIDUCIAL	Z2	GPSALT (ALTITUDE GPS)	Z3	BARO (ALTITUDE BAROMETRICA)	Z4	ALTURA (RADAR ALTIMETRO)	Z5	MDT	Z6	CTB	Z7	KB	Z8	UB	Z9	THB	Z10	UIJP	Z11	LIVE_TIME	Z12	COSMICO (RAD COSM)
	(m)	(m)	(m)	(m)	(F8.1)		(m)	(m)	(m)	(F8.2)	(m)	(F8.2)	(m)	(F8.2)	(CPS)	(F6.0)	(CPS)	(F6.0)	(CPS)	(F6.0)	(CPS)	(F6.0)	(CPS)	(F6.0)	(ms)	(F6.0)	(CPS)	(F6.0)
	F10.0	F10.0																										
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95								
REGISTRO DE DETALHE RADIOMETRICO	Z13	TEMP	Z14	CTCOR (CONT. TOTAL CORREGIDO)	Z15	KCOR (POTASSIO CORREGIDO)	Z16	LCOR (LUBANIO CORREGIDO)	Z17	THCOR (TORIO CORREGIDO)	Z18	CTEXP (TAXA DE EXPOSICAO CT)	Z19	KPERC (CONCENTRACAO DE K)	Z20	8U (CONCENTRACAO DE U)	Z21	9TH (CONCENTRACAO DE TH)	Z22	THKRAZAO	Z23	UNKRAZAO						
	eC	(CPS)	(CPS)	(CPS)	(CPS)	(CPS)	(CPS)	(CPS)	(CPS)	(F9.3)	(F9.3)	(F9.3)	(F9.3)	(F9.3)	(F9.3)	(F9.3)	(PPM)	(PPM)	(F9.3)	(F9.3)	(F9.3)	(F9.3)						
	(F8.2)	(F9.3)	(F9.3)	(F9.3)	(F9.3)	(F9.3)	(F9.3)	(F9.3)	(F9.3)	(F9.3)	(F9.3)	(F9.3)	(F9.3)	(F9.3)	(F9.3)	(F9.3)	(F9.3)	(F9.3)	(F9.3)	(F9.3)	(F9.3)	(F9.3)						
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95								
	Z24	UTHRAZAO	Z25	LONGITUDE	Z26	LATITUDE	Z27	DATA	Z28	HORA																		
	(F9.3)	(GRAUS DECIMAIS)	(F11.6)	(GRAUS DECIMAIS)	(AA/MM/DD)	(HH/MM/SS.S)																						
							(A10)	(A10)																				
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95								

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

Linha	Voo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
10010	209	59416.3	60598.6
10020	209	54276.4	56556.3
10030	209	50333.1	54174.7
10040	216	57535.2	60454.5
10041	216	61338.5	62161.3
10050	202	56492.8	60196.0
10060	202	60446.1	64004.0
10070	203	53558.0	56994.5
10071	216	57043.5	57441.8
10080	203	57519.8	58559.0
10081	203	58810.2	59350.6
10082	204	53445.9	55284.0
10083	209	57373.9	57523.4
10084	209	58828.1	59106.4
10090	203	59531.3	61387.3
10091	204	51494.3	53278.4
10092	209	57047.2	57211.9
10100	203	61510.3	65253.0
10110	205	53712.2	57566.1
10120	205	57695.4	61380.9
10130	206	47292.3	51156.9
10140	206	51307.9	55141.1
10150	206	55269.8	57192.6
10151	208	61046.6	62949.1
10160	206	57352.1	59272.6
10161	208	59038.8	60892.0
10170	207	52184.5	56015.7
10180	207	56284.3	57053.7
10181	209	61525.6	62371.4
10182	210	54002.0	56190.0
10190	208	55068.0	58929.4
10200	208	63062.0	66780.0
10210	210	56257.8	60061.3
10220	210	60163.9	60808.1
10221	211	57818.4	60964.6
10230	210	60977.0	61624.4
10231	211	54394.5	57631.6
10240	211	61084.9	64956.5
10250	211	65082.3	67102.1
10251	212	50635.7	51594.0

Linha	Voo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
10252	213	62592.8	63428.5
10260	213	63553.7	67309.4
10270	213	67425.7	71245.6
10280	216	52435.2	56257.8
10290	220	51811.8	54269.0
10291	225	54657.4	56144.8
10300	225	50598.0	54539.5
10310	223	45411.8	49272.4
10320	222	53684.0	57517.4
10331	222	57613.0	61080.7
10332	225	50012.6	50460.4
10340	219	55921.0	58512.0
10341	223	50985.0	52328.5
10350	218	57234.0	60131.5
10351	219	53708.4	54704.9
10360	218	54044.9	57003.2
10361	219	54865.0	55870.3
10370	218	50011.6	53912.9
10380	217	57124.8	61134.9
10390	217	53056.3	56997.7
10400	217	49049.0	52934.6
10410	216	62684.4	64234.0
10411	217	46599.5	48932.2
10420	218	60332.8	62193.3
10421	219	51481.3	53617.8
10430	218	62426.5	64262.7
10431	219	49192.0	51297.0
10440	219	61311.4	62578.0
10441	220	48605.1	50399.5
10442	225	56987.5	57810.4
10450	219	58724.7	61215.7
10451	223	49435.7	50818.2
10460	222	49575.6	53527.2
10470	221	57846.3	61183.7
10471	223	44621.9	45205.3
10480	221	53932.3	57741.6
10490	221	49900.2	53822.9
10500	220	54465.0	54897.0
10501	221	46390.3	49803.6
10510	223	52511.8	56483.2

Linha	Voo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
10520	223	56594.6	58028.4
10521	224	56453.0	58915.7
10530	223	58210.2	59749.2
10531	224	53786.5	56265.1
10540	224	49739.0	53635.0
10550	225	57956.4	61814.8
10560	225	61907.9	62765.9
10561	226	51473.3	54550.1
10570	226	54664.8	58544.9
10580	226	58690.5	60072.3
10581	227	49776.5	52213.2
10590	227	52365.4	53566.6
10591	227	53717.1	56339.2
10592	228	48634.8	48791.7
10600	224	59030.8	62915.8
10610	227	56471.2	59006.3
10611	228	48944.0	50340.9
10620	105	57212.3	60760.8
10630	105	53481.3	57039.6
10640	104	59581.9	63135.3
10650	104	55823.8	59405.8
10660	103	55876.3	59516.9
10670	103	51955.5	55578.5
10680	103	48110.8	51766.2
10690	102	49819.3	53513.4
10700	101	56383.1	59546.1
10701	102	54322.1	54877.9
10710	101	52653.8	56256.9
10720	101	48764.2	52482.0
10730	101	44990.3	48603.6
10740	100	57530.4	60325.2
10741	102	56152.1	57084.3
10750	100	53793.2	57382.2
10760	100	49910.2	53637.8
10770	100	46212.8	49766.9
10780	99	55027.8	55424.7
10781	102	43524.7	46711.8
10790	210	66033.8	66731.3
10791	222	46146.4	49278.1
10800	210	62104.3	65909.1
10810	86	52148.8	53409.7

Linha	Voo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
10811	94	65099.7	67457.0
10820	86	50690.3	51993.5
10821	94	62549.7	64917.8
10830	99	51801.9	54697.1
10831	102	46929.1	47719.0
10840	99	48812.6	51613.5
10841	102	48822.5	49573.8
10850	98	48624.5	50608.4
10851	105	51586.4	53235.4
10860	97	61027.4	63637.6
10861	104	54451.3	55484.2
10870	97	57301.2	60903.6
10880	97	53468.1	57141.2
10890	97	49645.9	53284.6
10900	96	56175.9	59794.7
10910	96	52398.8	56005.4
10920	96	48410.0	52026.1
10930	95	65263.1	67540.0
10931	96	46843.0	48254.2
10940	95	61521.7	65104.7
10950	95	53945.1	57613.7
10960	92	67740.6	70040.9
10961	93	60626.8	61972.9
10970	92	64000.6	67577.5
10980	91	61790.2	63546.5
10981	92	61979.9	63834.6
10990	91	58020.1	61665.1
11000	89	59651.0	62349.5
11001	90	57038.0	57924.6
11010	91	54187.5	57835.2
11020	87	60204.3	62629.1
11021	87	62877.7	63897.3
11022	98	52629.5	52901.9
11030	87	56424.5	60005.8
11040	87	54351.3	56207.4
11041	89	52464.9	54323.2
11050	90	59253.3	62841.0
11060	90	53144.2	56837.8
11070	89	56600.8	59345.2
11071	90	58129.1	59045.3
11080	88	60715.6	62620.9

Linha	Voo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
11081	89	54643.0	56344.9
11090	71	70719.6	74243.4
11100	71	74390.7	77914.3
11110	88	56916.0	60563.2
11120	88	53196.8	56766.2
11130	88	49357.2	53038.7
11140	87	64243.2	65233.8
11141	87	65336.5	67826.0
11142	102	48360.6	48507.8
11150	86	49842.3	50250.8
11151	95	59832.0	61252.4
11152	98	59343.3	61193.7
11160	75	57137.3	60886.7
11170	75	61228.5	63047.1
11171	90	65139.0	66960.5
11180	75	63193.7	65020.8
11181	90	63038.2	64940.5
11190	85	50858.5	54524.0
11200	85	46970.2	50684.6
11210	84	62444.8	65323.4
11211	85	58563.6	59320.1
11220	84	59372.4	62269.2
11221	85	59458.0	60218.6
11230	84	55519.8	59105.9
11240	83	16.0	15816.0
11241	84	53228.0	55312.9
11250	82	65170.0	66850.5
11251	83	1316.0	21259.0
11260	82	61243.4	64910.4
11270	82	57377.1	58535.3
11271	82	58909.7	61022.2
11272	98	51755.9	52168.9
11280	82	53515.6	57076.2
11281	95	57967.0	58077.5
11290	95	58229.5	59482.3
11291	104	50816.8	53128.4
11300	98	54698.4	56076.1
11301	98	57127.8	59077.0
11302	99	48294.6	48450.3
11303	104	50063.6	50209.5
11310	81	65257.2	68831.0

Linha	Voo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
11320	81	61379.8	64964.8
11330	81	57550.1	61136.8
11340	78	58203.6	61887.7
11350	78	49788.8	53439.7
11360	76	54124.7	55948.4
11361	78	56140.3	57975.7
11370	75	53161.6	56878.4
11380	76	56201.8	58030.4
11381	78	53997.5	55873.3
11390	76	46209.1	49955.4
11400	76	50105.4	53794.5
11410	74	43290.8	47180.4
11420	74	47405.8	51347.7
11430	72	52906.0	54209.9
11431	91	50366.5	52706.9
11440	72	49209.6	51232.6
11441	72	51487.9	52778.0
11442	91	49921.4	50208.6
11450	66	50122.6	51939.5
11451	73	65292.9	67048.2
11460	66	48213.4	49997.8
11461	73	67267.2	68191.2
11462	73	68447.1	69053.7
11463	98	53295.3	53578.4
11470	66	46283.1	48075.8
11471	73	69158.8	70901.9
11480	66	44358.9	46149.0
11481	73	71055.6	72827.2
11490	66	42417.2	44225.5
11491	74	51509.3	52968.3
11492	74	53080.4	53367.5
11493	98	56508.8	56656.3
11500	66	40454.6	42237.1
11501	74	53525.9	54807.1
11503	74	55357.7	55474.5
11504	98	53879.9	54429.4
11510	65	69592.8	73131.2
11520	65	63164.0	66676.9
11530	64	49105.7	52609.3
11540	62	49568.0	53048.5
11550	62	45914.8	49438.9

Linha	Voo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
11560	62	42188.5	45695.1
11570	61	69623.5	73176.1
11580	61	65992.7	69479.4
11590	60	49008.4	52533.4
11600	60	45347.2	48864.8
11610	59	68612.5	72112.7
11620	59	61708.0	65245.2
11630	58	51213.6	52756.4
11631	64	41064.9	43040.8
11640	58	47572.8	51068.6
11650	58	39903.5	43411.5
11660	52	52659.8	54601.8
11661	60	41861.3	43465.2
11670	52	50538.3	52470.0
11671	60	43616.2	45223.4
11680	52	46764.2	50352.5
11690	52	42992.0	46574.6
11700	51	51955.3	54029.5
11701	59	65350.4	66848.8
11710	51	49608.1	51647.4
11711	59	67002.7	68505.2
11720	51	45886.7	49437.3
11730	51	42081.6	42749.3
11731	51	42860.1	45655.3
11732	102	58327.2	58476.2
11740	50	58849.4	60540.1
11741	66	43535.7	45391.1
11750	50	56753.4	58456.7
11751	58	45562.0	47431.5
11760	50	52842.9	56430.8
11770	50	48928.1	52542.7
11780	47	57808.5	59338.6
11781	61	63628.0	65807.3
11790	47	53502.0	57639.7
11800	46	55876.8	57870.9
11801	63	66809.9	68561.0
11810	46	53998.0	55720.5
11811	63	68694.6	70689.8
11820	45	60489.3	63133.5
11821	64	46236.8	47466.8
11830	45	57700.0	60277.5

Linha	Voo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
11831	64	47637.4	48872.9
11840	45	55003.2	57516.1
11841	64	43224.2	44579.5
11850	45	52346.3	54852.1
11851	64	44740.0	46102.3
11860	45	50070.7	52173.1
11861	63	64949.0	66683.6
11870	45	47544.7	49694.6
11871	63	63203.5	64811.7
11880	44	65385.0	68173.5
11881	65	66958.7	68091.2
11890	44	62142.3	65032.0
11891	65	68320.4	69296.4
11900	44	57891.6	61979.1
11910	44	53631.6	57683.5
11920	43	56483.5	60484.8
11930	43	52361.1	56346.4
11940	42	70230.3	74094.5
11950	42	66010.8	70057.2
11960	41	54651.3	58775.8
11970	41	46142.6	50016.8
11980	40	54561.8	58632.3
11990	40	52136.3	54291.0
11991	46	51491.5	53211.2
12000	40	49372.0	51727.5
12001	63	70923.5	72473.3
12010	40	45173.6	49204.1
12020	39	55573.8	59557.4
12030	39	53400.7	55409.2
12031	43	47970.5	49945.5
12040	39	51026.1	53004.9
12041	43	50142.4	52174.3
12050	39	46903.5	50830.0
12060	38	57849.3	59867.7
12061	41	50275.9	52341.8
12070	38	55445.8	57459.0
12071	41	52537.1	54457.1
12080	38	51095.6	55184.6
12090	38	46872.4	50924.1
12100	37	68256.4	72281.4
12110	37	63970.8	68074.8

Linha	Voo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
12120	37	59763.3	63813.8
12130	37	55519.1	59546.4
12140	36	57357.9	61292.6
12150	36	53015.6	57187.8
12160	36	49102.0	52636.3
12161	57	52655.8	53019.7
12170	36	44859.5	48879.8
12171	57	53276.9	53521.0
12180	35	51102.1	52573.2
12181	57	56587.2	58890.6
12190	35	46699.9	50639.2
12191	35	50759.8	50885.0
12192	57	54090.3	54243.5
12200	34	56429.5	58798.0
12201	57	54492.3	55985.7
12210	34	42989.8	44804.2
12211	57	50371.3	52436.6
12220	33	71255.8	73510.1
12221	60	52990.8	54620.4
12230	33	68796.5	70984.3
12231	62	40064.6	41690.4
12240	23	56618.3	58419.9
12241	60	39722.6	41461.2
12250	23	52644.6	56254.6
12260	23	48903.3	51838.2
12261	23	51942.9	52437.8
12262	31	54453.3	54606.3
12270	31	51525.8	53508.6
19010	16	50869.1	52337.7
19020	16	52606.5	54058.6
19030	16	54325.0	55760.7
19040	16	55989.0	57446.1
19050	16	57957.6	59386.2
19060	16	59627.6	61060.9

Linha	Voo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
19070	18	52997.1	54413.3
19080	18	54638.0	56068.5
19090	18	56277.1	57713.7
19100	18	57940.9	59385.3
19110	18	59602.0	61038.6
19120	18	61244.6	62705.4
19130	18	62905.8	63462.7
19131	34	45563.9	46591.4
19140	18	63824.1	64287.2
19141	34	46864.7	48043.6
19150	34	48729.6	50279.4
19160	34	50522.4	52303.1
19170	34	52500.0	54104.5
19180	34	54342.8	56002.4
19190	35	52852.3	54421.0
19200	35	54667.6	56382.4
19210	35	56574.7	58210.8
19220	32	52446.1	54215.6
19230	32	50461.7	52197.8
19240	32	48436.9	50181.8
19250	32	46395.1	48166.8
19260	7	50861.9	52397.3
19270	7	49141.5	50582.3
19280	7	47346.1	48082.9
19281	7	48290.0	48879.1
19282	31	55782.6	56000.4
19290	7	45604.0	47044.0