



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 GURUPI

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

VOLUME I

TEXTO TÉCNICO

**2009
LASA ENGENHARIA E PROSPECÇÕES S/A.**

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

CASA CIVIL

Dilma Rousseff
Ministra-Chefe

GABINETE DE SEGURANÇA INSTITUCIONAL - GSI

Jorge Armando Félix
Ministro

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME

Edison Lobão
Ministro

Cláudio Scliar
Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

**CENTRO GESTOR E OPERACIONAL DO SISTEMA DE PROTEÇÃO DA AMAZÔNIA -
CENSIPAM**

Rogério Guedes Soares
Diretor-Geral

Bruno Morelli Faria
Diretor de Administração e Finanças

Wougran Soares Galvão
Diretor de Produtos

Cristiano da Cunha Duarte
Diretor Técnico

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

Agamenon Sérgio Lucas Dantas
Diretor-Presidente

Manoel Barretto da Rocha Neto
Diretor de Geologia e Recursos Minerais - DGM

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

José Ribeiro Mendes
Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial - DHT

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

Inácio de Medeiros Delgado
Departamento de Geologia – DEGEO

Maria Laura Vereza de Azevedo
Divisão de Geofísica – DIGEOF

Ludwig Zellner
Assistente - DIGEOF

João Batista Freitas de Andrade
Coordenador – DIGEOF

SUPERINTENDÊNCIA DE BELÉM

Manfredo Ximenes Ponte
Superintendente

Evandro Klein
Gerência de Geologia e Recursos Minerais

FISCALIZAÇÃO DA AQUISIÇÃO DE DADOS

Ludwig Zellner
Mauro Lisboa Souza
Regina Célia dos Santos Silva
Rubens Silva
Victor Hugo Rocha Lopes

REVISÃO E COMPATIBILIZAÇÃO GERAL DOS RESULTADOS OBTIDOS

Alexandre Lisboa Lago
Bruno Menchio Faria
Paulo Marques Abreu

APRESENTAÇÃO

Com o objetivo de levantar informações no chamado “vazio cartográfico” da Amazônia, o **governo do** Presidente Luiz Inácio Lula da Silva, 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 infra-estrutura a serem implantados na região. Serão geradas também informações estratégicas para o monitoramento regional, segurança e 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 na 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, ressalta-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 GURUPI**, 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 desenvolvimento deste produto abrangeu uma área de 35.881 km² nos Estados do Pará e do Maranhão. Os trabalhos nesta área foram desenvolvidos através do recobrimento de 76.754,18 km de perfis de alta resolução e foram realizados com os métodos magnetométrico e gamaespectrométrico, com linhas de vôo e controle espaçadas de 500 m e 10.000 m, respectivamente, orientadas nas direções N-S e E-W.

MANOEL BARRETTO
Diretor de Geologia e Recursos Minerais

RESUMO

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

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

De acordo com o *Programa de Atividades Técnicas 2006 (PAT 2006)*, a CPRM – Serviço Geológico do Brasil, em 17 de Julho de 2008, celebrou com a empresa LASA Engenharia e Prospecções S.A. o Contrato nº 031/PR/08 para executar os serviços de aquisição e processamento de dados aeromagnetométricos e aerogamaespectrométricos do *Projeto Aerogeofísico Gurupi*, o qual localiza-se na fronteira entre os estados do Pará e Maranhão, ao longo do Rio Gurupi, na Região Norte do Brasil.

Para a etapa de aquisição de dados foi utilizada a aeronave de propriedade da LASA Engenharia e Prospecções S.A., Reims 406 Caravan II, prefixo PR-FAG, a qual realizou o projeto no período de 22.10.2008 a 04.11.2009, totalizando 76.754,18 km de perfis.

Como base de operações para a etapa de aquisição de dados foi utilizada a cidade de Belém (PA). Foi usado magnetômetro de bombeamento ótico de vapor de césio da SCINTREX, modelo CS-2 e gamaespectrômetro da EXPLORANIUM, modelo GR-820, de 256 canais espectrais, bem como o sistema de navegação GPS com receptor de 12 canais da marca Trimble AgGPS-132.

Foram contratados 76.351,00 km de perfis geofísicos, abrangendo uma área de 35.881 km², para o recobrimento do projeto foram utilizadas cerca de 269,55 hs de voo, que resultaram no levantamento efetivo final de 76.754,18 km de perfis aprovados pela Fiscalização da CPRM - Serviço Geológico do Brasil. O processamento de dados e a elaboração do Relatório Final foram realizados entre os meses de novembro e dezembro de 2009.

Os produtos finais do Projeto Aerogeofísico Gurupi estão sendo apresentados sob a forma de Relatório Final (3 vias), que consiste em texto técnico (Volume I) e Anexos (Volumes II a XXV), 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:

- ❑ Escalas 1:100.000 e 1:250.000: Mapas de Contorno do Campo Magnético Total Reduzido do IGRF (Campo Total, Primeira Derivada Vertical e Sinal Analítico) e de Contorno Radiométrico em Concentração de Elementos (Contagem Total, Potássio, Urânio e Tório) e imagem 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, Tório, Razões eU/eTh, eU/K, eTh/K e Distribuição Ternária de Potássio, Urânio e Tório) e Mapa de Pseudo-Iluminação do Modelo Digital do Terreno.

Complementando os produtos finais, estão sendo também entregues 03 (três) coleções de 19 Mapas Digitais de Traço de Linhas de Voo (escala 1:100.000), bem como dos arquivos digitais referentes aos metadados, dos arquivos XYZ (perfis) e em malhas (*grids*), estes últimos no tamanho de 125 x 125m, ambos no formato *GEOSOFT*, como também arquivos digitais de todos os mapas do projeto nas citadas escalas e o arquivo do texto, figuras e tabelas do Volume I do Relatório Final do Projeto em formato PDF, todos os arquivos gravados em DVD-ROM.

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

PROJETO AEROGEOFÍSICO GURUPI

ÍNDICE DOS VOLUMES

VOLUME I	TEXTO TÉCNICO E ANEXOS
VOLUME II	ANEXOS – ESCALA: 1:100.000 <ul style="list-style-type: none">• MAPA DE CONTOURNO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF) (Folhas 1 a 10)
VOLUME III	ANEXOS – ESCALA: 1:100.000 <ul style="list-style-type: none">• MAPA DE CONTOURNO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF) (Folhas 11 a 19)
VOLUME IV	ANEXOS – ESCALA: 1:100.000 <ul style="list-style-type: none">• MAPA DE CONTOURNO DA 1ª DERIVADA VERTICAL DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF) (Folhas 1 a 10)
VOLUME V	ANEXOS – ESCALA: 1:100.000 <ul style="list-style-type: none">• MAPA DE CONTOURNO DA 1ª DERIVADA VERTICAL DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF) (Folhas 11 a 19)
VOLUME VI	ANEXOS – ESCALA: 1:100.000 <ul style="list-style-type: none">• MAPA DE CONTOURNO DO SINAL ANALÍTICO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF) (Folhas 1 a 10)
VOLUME VII	ANEXOS – ESCALA: 1:100.000 <ul style="list-style-type: none">• MAPA DE CONTOURNO DO SINAL ANALÍTICO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF) (Folhas 11 a 19)
VOLUME VIII	ANEXOS – ESCALA: 1:100.000 <ul style="list-style-type: none">• MAPA DE CONTOURNO RADIOMÉTRICO DA TAXA DE EXPOSIÇÃO DO CANAL DE CONTAGEM TOTAL (Folhas 1 a 10)
VOLUME IX	ANEXOS – ESCALA: 1:100.000 <ul style="list-style-type: none">• MAPA DE CONTOURNO RADIOMÉTRICO DA TAXA DE EXPOSIÇÃO DO CANAL DE CONTAGEM TOTAL (Folhas 11 a 19)
VOLUME X	ANEXOS – ESCALA: 1:100.000 <ul style="list-style-type: none">• MAPA DE CONTOURNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE POTÁSSIO (Folhas 1 a 10)
VOLUME XI	ANEXOS – ESCALA: 1:100.000 <ul style="list-style-type: none">• MAPA DE CONTOURNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE POTÁSSIO (Folhas 11 a 19)

- VOLUME XII** **ANEXOS – ESCALA: 1:100.000**
• MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE URÂNIO
(Folhas 1 a 10)
- VOLUME XIII** **ANEXOS – ESCALA: 1:100.000**
• MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE URÂNIO
(Folhas 11 a 19)
- VOLUME XIV** **ANEXOS – ESCALA: 1:100.000**
• MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE TÓRIO
(Folhas 1 a 10)
- VOLUME XV** **ANEXOS – ESCALA: 1:100.000**
• MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE TÓRIO
(Folhas 11 a 19)
- VOLUME XVI** **ANEXOS – ESCALA: 1:100.000**
• MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/TÓRIO
(Folhas 1 a 10)
- VOLUME XVII** **ANEXOS – ESCALA: 1:100.000**
• MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/TÓRIO
(Folhas 11 a 19)
- VOLUME XVIII** **ANEXOS – ESCALA: 1:100.000**
• MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/POTÁSSIO
(Folhas 1 a 10)
- VOLUME XIX** **ANEXOS – ESCALA: 1:100.000**
• MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/POTÁSSIO
(Folhas 11 a 19)
- VOLUME XX** **ANEXOS – ESCALA: 1:100.000**
• MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA RAZÃO TÓRIO/POTÁSSIO
(Folhas 1 a 10)
- VOLUME XXI** **ANEXOS – ESCALA: 1:100.000**
• MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA RAZÃO TÓRIO/POTÁSSIO
(Folhas 11 a 19)
- VOLUME XXII** **ANEXOS – ESCALA: 1:250.000**
• MAPA DE CONTORNO DO CAMPO MAGNÉTICO TOTAL (REDUZIDO DO IGRF)
(Folhas I a IV)
• MAPA DE CONTORNO DA 1ª DERIVADA VERTICAL DO CAMPO MAGNÉTICO
TOTAL (REDUZIDO DO IGRF)
(Folhas I a IV)
• MAPA DE CONTORNO DO SINAL ANALÍTICO DO CAMPO MAGNÉTICO
TOTAL (REDUZIDO DO IGRF)
(Folhas I a IV)

VOLUME XXIII

ANEXOS – ESCALA: 1:250.000

- MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA TAXA DE EXPOSIÇÃO DO CANAL DE CONTAGEM TOTAL
(Folhas I a IV)
- MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE POTÁSSIO
(Folhas I a IV)
- MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE URÂNIO
(Folhas I a IV)
- MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA CONCENTRAÇÃO DE TÓRIO
(Folhas I a IV)

VOLUME XXIV

ANEXOS – ESCALA: 1:250.000

- MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/TÓRIO
(Folhas I a IV)
- MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA RAZÃO URÂNIO/POTÁSSIO
(Folhas I a IV)
- MAPA DE CONTORNO RADIOMÉTRICO DA RAZÃO TÓRIO/POTÁSSIO
(Folhas I a IV)

VOLUME XXV

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 RADIOMÉTRICO DA DISTRIBUIÇÃO TERNÁRIA DE POTÁSSIO, URÂNIO E TÓRIO
(Folha Única)
- MAPA DE PSEUDO-ILUMINAÇÃO DO MODELO DIGITAL DO TERRENO
(Folha Única)

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

PROJETO AEROGEOFÍSICO GURUPI

VOLUME I - TEXTO TÉCNICO

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	1
2.	AQUISIÇÃO DE DADOS	5
2.1	Características do Levantamento	5
2.2	Equipamentos Utilizados	5
2.2.1	Aeronave	6
2.2.2	Aeromagnetômetro	6
2.2.3	Aerogamaespectrômetro.....	6
2.2.4	Sistemas de Aquisição de Dados.....	7
2.2.5	Sistema de Vídeo.....	8
2.2.6	Altímetros.....	8
2.2.7	Sistema de Navegação e Posicionamento.....	8
2.2.8	Magnetômetro Terrestre	9
2.3	Planejamento e Mobilização	9
2.3.1	Elaboração do Plano de Vôo	9
2.3.2	Estatística das Operações	10
2.3.3	Mapa do Projeto de Vôo.....	11
2.3.4	Testes dos Equipamentos	12
2.3.5	Cálculo da Resolução dos Cristais Detectores (<i>downward</i> e <i>upward</i>).....	25
2.3.6	Calibração dos Detectores <i>Downward Looking</i>	26
2.3.7	Calibração do Detector <i>Upward Looking</i>	28
2.4	Compilação de Dados	29
2.5	Equipe Técnica na Base de Operações.....	30
3	PROCESSAMENTO DE DADOS.....	31
3.1	Fluxo de Processamento.....	31

3.1.1	Preparação do Banco de Dados do Levantamento	31
3.1.2	Processamento dos Dados Magnetométricos	31
3.1.2.1	Correção do Erro de Paralaxe	31
3.1.2.2	Remoção da Variação Magnética Diurna	32
3.1.2.3	Nivelamento dos Perfis	32
3.1.2.4	Micronivelamento dos Perfis	33
3.1.2.5	Remoção do IGRF	33
3.1.3	Processamento dos Dados Gamaespectrométricos	33
3.1.3.1	Correção do Tempo Morto	34
3.1.3.2	Aplicação de Filtragem	34
3.1.3.3	Correção do Erro de Paralaxe	34
3.1.3.4	Cálculo da Altura Efetiva (h_e) de Vôo	34
3.1.3.5	Remoção do Background da Aeronave e Cósmico	34
3.1.3.6	Remoção do <i>Background</i> do Radônio	35
3.1.3.7	Estimativa dos Coeficientes <i>Skyshine</i> (a_1 e a_2)	36
3.1.3.8	Correção do Efeito <i>Compton</i>	37
3.1.3.9	Correção Altimétrica (Coeficiente de Atenuação Atmosférica)	37
3.1.3.10	Conversão para Concentração de Elementos	38
3.1.3.11	Determinação das Razões eU/eTh, eU/K e eTh/K	39
3.2	Interpolação e Contorno	39
3.3	Arquivo Final de Dados	39
3.4	Equipe Envolvida no Processamento dos Dados	40
4.	CRONOGRAMA GERAL DAS OPERAÇÕES	42
5.	PRODUTOS FINAIS	43
5.1	Mapas de Contorno do Campo Magnético Total, da 1ª Derivada Vertical e do Sinal Analítico do Campo Magnético Total (reduzidos do IGRF)	46
5.2	Mapas Radiométricos das Concentrações de K, eU, eTh e Contagem Total	46
5.3	Mapa Radiométrico Ternário	46
5.4	Mapas das Razões Radiométricas eU/eTh, eU/K e eTh/K	46
5.5	Mapa de Pseudo-Iluminação do Modelo Digital do Terreno	47
5.6	Mapa de Traço de Linhas de Vôo	47

5.7	Relatório Final.....	47
5.8	Arquivos Digitais Finais	47
5.9	Arquivos de Poligonais	50
5.10	Produtos Originais.....	50
6.	PARTICIPAÇÃO DA CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL.....	54
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
	ANEXO I - RESUMO DO PROCESSO DE CALIBRAÇÃO DO GAMAESPECTRÔMETRO.....	56
	ANEXO I-a - Resultado dos Testes da Resolução dos Cristais Detectores (<i>Downward</i> e <i>Upward</i>)....	57
	Aeronave: PR-FAG	58
	ANEXO I-b – Resultado do Teste dos Coeficientes de Espalhamento <i>COMPTON</i>	60
	Aeronave: PR-FAG	61
	ANEXO I-c – Determinação dos <i>Backgrounds</i> da Aeronave e Cósmico	71
	Aeronave: PR-FAG	72
	ANEXO I-d – Determinação das Constantes de Calibração do Radônio	75
	Aeronave: PR-FAG	76
	ANEXO I-e – Calibração Dinâmica – Resultado dos Testes	83
	Aeronave: PR-FAG	89
	ANEXO I-f – Atenuação Atmosférica – Resultado dos Testes	94
	Aeronave: PR-FAG	96
	ANEXO II – TESTES CONTRATUAIS.....	100
	Anexo II-a – Teste de Altimetros	101
	Teste de Altimetro – PR-FAG.....	102
	Anexo II-b – Compensação Magnética.....	105
	Compensação Magnética – PR-FAG.....	106
	Anexo II-c – Teste de Paralaxe	120
	Paralaxe – PR-FAG	121
	ANEXO III – QUADROS SINÓPTICOS DAS OPERAÇÕES DE CAMPO.....	122
	ANEXO IV – CONTEÚDO DOS DVD-ROMs	123
	ANEXO V – FORMATO DE GRAVAÇÃO DOS DADOS DO PROJETO.....	127
	ANEXO VI – LISTAGEM DAS LINHAS APROVADAS E UTILIZADAS NO PROCESSAMENTO	133

ÍNDICE DAS FIGURAS

Figura 1 - Localização da Área do Projeto Aerogeofísico.	1
Figura 2 – Vértices do Projeto.....	2
Figura 3 - Aeronave Reims 406 Caravan II – PR-FAG.	3
Figura 4 – Mapa das Linhas de Vôo.....	10
Figura 5 - Gráfico da Estatística das Operações – PR-FAG.....	11
Figura 6 – Movimentos de Roll, Pitch e Yaw.	12
Figura 7 - Fluxograma do Processamento de Dados.	41
Figura 8 – Cronograma Geral das Operações.....	42
Figura 9 – Articulação das Folhas na Escala 1:100.000.....	45
Figura 10 – Articulação das Folhas na Escala 1:250.000.....	45
Figura 11 - Mapa Pseudo-Iluminado do Campo Magnético Total (reduzido do IGRF) (Azimute da Fonte Luminosa: 45°; Inclinação: 45°).	51
Figura 12 – Mapa do Sinal Analítico do Campo Magnético Total (reduzido do IGRF) (Azimute da Fonte Luminosa: 45°; Inclinação: 45°).	51
Figura 13 – Mapa Radiométrico da Taxa de Exposição do Canal de Contagem Total.....	52
Figura 14 – Mapa Radiométrico Ternário (K-U-Th) – (CMY <i>Inverted</i>).	52
Figura 15 – Mapa Radiométrico da Razão Tório / Potássio.....	53
Figura 16 – Mapa Pseudo-Iluminado do Modelo Digital do Terreno (Azimute da Fonte Luminosa: 45°; Inclinação: 45°).	53

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 - Estatística das Operações.	11
Tabela 5 – Testes de Manobras.	14
Tabela 6 – Testes Diários com Amostras Radioativas no Solo.....	16
Tabela 7 – Testes Diários de Repetibilidades Radioativas.....	21
Tabela 8 - Concentração dos Tanques de Calibração Transportáveis.....	26
Tabela 9 - Coeficientes de Espalhamento Compton.....	27
Tabela 10 - <i>Background</i> da Aeronave e <i>Cosmic Stripping Ratios</i>	28
Tabela 11 - Constantes de Calibração do Radônio.....	36
Tabela 12 – Coeficientes <i>Skyshine</i>	36
Tabela 13 - Coeficientes de Atenuação Atmosférica.	38
Tabela 14 - Coeficientes de Sensibilidade.....	38
Tabela 15 - Valores Mínimos para Cálculo das Razões Radiométricas.....	39
Tabela 16 – Características da Apresentação dos Mapas Aerogeofísicos.....	43
Tabela 17 – Características dos Intervalos de Contorno dos Mapas Aerogeofísicos.....	44
Tabela 18 – Banco de Dados Geosoft (GDB) – Magnetometria.	48
Tabela 19 – Banco de Dados Geosoft (GDB) – Gamaespectrometria.	49
Tabela 20 – Banco de Dados Geosoft (GDB) – Gamaespectrometria 256 Canais.	50
Tabela 21 – Arquivo de Cruzamentos XYZ – Magnetometria.	50

1. INTRODUÇÃO

A área do levantamento aerogeofísico abrange a porção sudoeste do Estado do Pará e a parte noroeste do Estado do Maranhão, localizados na região norte do Brasil. A Figura 1 apresenta a área em relação a América do Sul, bem como o detalhe da mesma.



Figura 1 - Localização da Área do Projeto Aerogeofísico.

O levantamento aerogeofísico constou do recobrimento de 76.754,18 km de perfis aeromagnetométricos e aerogamaespectrométricos de alta resolução, com linhas de voo e controle espaçadas de 500 m e 10 km, respectivamente, orientadas nas direções N-S e E-W. A Tabela 1 apresenta as coordenadas geográficas que definem o polígono que envolve a área pesquisada apresentada na Figura 2. A altura de voo foi fixada em 100 m sobre o terreno.

A aeronave Reims 406 Caravan II, prefixo PR-FAG foi responsável pela aquisição dos dados, realizando seu trabalho no período entre 22/10/2008 e 04/11/2009 adquirindo 73.088,79 km de linhas de voo e 3.665,39 km de linhas de controle. A equipe utilizou como base de operações a cidade de Belém (PA).

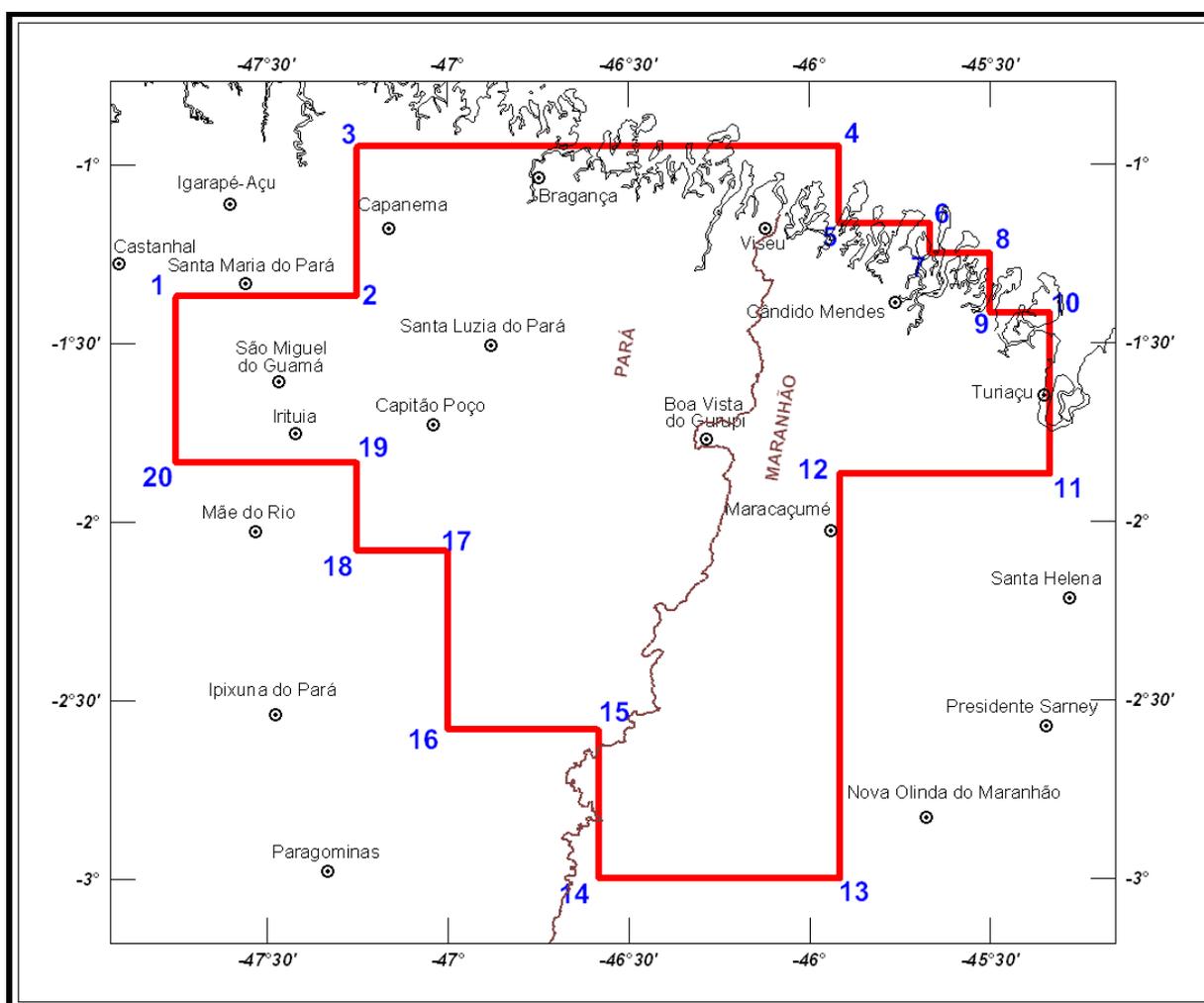


Figura 2 – Vértices do Projeto.

Tabela 1 - Coordenadas Geográficas do Projeto.

Vértice	Longitude	Latitude
1	-47°45'00"	-1°22'00"
2	-47°15'00"	-1°22'00"
3	-47°15'00"	-0°57'00"
4	-45°55'00"	-0°57'00"
5	-45°55'00"	-1°10'00"
6	-45°40'00"	-1°10'00"
7	-45°40'00"	-1°15'00"
8	-45°30'00"	-1°15'00"
9	-45°30'00"	-1°25'00"
10	-45°20'00"	-1°25'00"
11	-45°20'00"	-1°52'00"
12	-45°55'00"	-1°52'00"
13	-45°55'00"	-3°00'00"
14	-46°35'00"	-3°00'00"
15	-46°35'00"	-2°35'00"
16	-47°00'00"	-2°35'00"
17	-47°00'00"	-2°05'00"
18	-47°15'00"	-2°05'00"
19	-47°15'00"	-1°50'00"
20	-47°45'00"	-1°50'00"

Foi utilizada a seguinte aeronave para a execução deste projeto: Reims 406 Caravan II prefixo PR-FAG (Figura 3), de propriedade da LASA Engenharia e Prospecções S/A.



Figura 3 - Aeronave Reims 406 Caravan II – PR-FAG.

A metodologia para a aquisição dos dados seguiu a sistemática descrita adiante. Ao longo dos perfis foram realizadas dez leituras do aeromagnetômetro e uma leitura do gamaespectrômetro por segundo, posicionadas com sistema de observação de satélite GPS, de precisão melhor do que 10 m. Duas estações fixas para controle da variação diurna do campo magnético terrestre foram instaladas nas bases de operações utilizadas durante o levantamento.

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

O processamento dos dados foi desenvolvido no escritório sede da LASA Engenharia e Prospecções S.A., no Rio de Janeiro, e envolveu a aplicação das rotinas do sistema *Oasis Montaj*, versão 5.1.8 (*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 vôo: N-S
- Espaçamento entre as linhas de vôo: 500 m
- 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 (espectrômetro)
- Altura média de vôo: 100 m
- Velocidade aproximada de vôo: 284 km/h

2.2 Equipamentos Utilizados

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

Tabela 2 - Equipamentos Utilizados.

Prefixo da Aeronave	PR-FAG
Modelo da Aeronave	Reims 406 Caravan II
Fabricante da Aeronave	Reims
Aeromagnetômetro	Scintrex CS-2
Gamaespectrômetro	Exploranium GR-820
Volume dos Cristais Detectores de Iodeto de Sódio	2.560 pol ³ <i>down</i> e 512 pol ³ <i>up</i>
Sistema de Navegação	FASDAS
Sistema de Aquisição GPS	Trimble AgGPS 132 DGPS “ <i>Realtime</i> ”
Câmera de Vídeo	Panasonic WV-CP474
Radar Altímetro	King 405
Altímetro Barométrico	Fugro/Enviro
Magnetômetro Terrestre de Prótons <i>Overhauser</i>	GEM Systems GSM-19
Sistema de Aquisição	FASDAS

2.2.1 Aeronave

O Reims, modelo 406 Caravan II, prefixo PR-FAG, é uma aeronave construída na França sob licença da Cessna. É uma aeronave de asa baixa, trem de pouso retrátil e está equipada com duas turbinas PT6 A112 de 500 HP, a hélice, opera a velocidade de 284 km/h e possui autonomia de 6,5 horas.

2.2.2 Aeromagnetômetro

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

Sensor: Scintrex CS-2
 Resolução: 0,001 nT
 Faixa: 20.000 - 95.000 nT
 Montagem: *Stinger*

As leituras do magnetômetro são realizadas a cada 0,1 segundo, o que equivale, para a velocidade de 284 km/h da aeronave, a aproximadamente 7,9 m no terreno.

2.2.3 Aerogamaespectrômetro

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

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

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

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

As leituras do gamaespectrômetro são realizadas a cada segundo, representando medições a intervalos de amostragem de aproximadamente 79 metros no terreno.

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

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

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

2.2.4 Sistemas de Aquisição de Dados

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

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	Campo magnético compensado	nT
10	Campo magnético 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 de vôo	ft
10	Altitude barométrica	ft
1	Horário UTC (GPS)	s
1	Latitude (GPS)	Graus decimais
1	Longitude (GPS)	Graus decimais
1	Qualidade da correção GPS	-
1	Número de satélites	-
1	<i>Horizontal Dilution of Precision</i>	-
1	Altitude (GPS)	m
1	Código de erro do gamaespectrômetro	-
1	Número de detectores <i>Down</i>	-
1	Número de detectores <i>Up</i>	-
1	<i>Sample Time</i>	ms
1	<i>Live Time</i>	ms
1	Radiação cósmica	cps
1	Resolução do sistema	-

Taxa de Amostragem (Hz)	Parâmetro	Unidade
1	Contagem Total	cps
1	Potássio	cps
1	Urânio	cps
1	Tório	cps
1	Urânio <i>Up</i>	cps
1	256 canais <i>Down</i>	cps
1	256 canais <i>Up</i>	cps

2.2.5 Sistema de Vídeo

A aeronave PR-FAG utiliza-se de sistema de vídeo, constituídos por câmeras de alta definição acoplada a gravador. Um monitor de 5" está disponível na cabine para visualização do trajeto em tempo real. A câmera é instalada em janela especialmente projetadas no piso da aeronave para permitir completa visibilidade do terreno, através de lentes de grande angular.

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

2.2.6 Altímetros

A altura de vôo da aeronave foi monitorada através do altímetro de radar e do barômetro de precisão incluídos no sistema aerogeofísico. O radar altímetro utilizado pela aeronave foi o modelo King 405. Este equipamento apresenta precisão de 5 pés e alcance de 2.500 pés. O barômetro é um transdutor de pressão que registra a altitude de vôo em relação ao nível do mar. O modelo utilizado foi o Fugro/Enviro, que apresenta precisão e alcance equivalente ao do radar altímetro.

2.2.7 Sistema de Navegação e Posicionamento

A navegação da aeronave foi efetuada por sistema GPS de 12 canais, com receptor Trimble AgGPS 132. As informações de posicionamento são processadas pelos respectivos sistemas de aquisição de dados e enviadas aos computadores de navegação, ficando disponíveis aos pilotos através de indicadores analógicos e das telas dos computadores.

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

A aeronave está equipada com sistema de correção em tempo real (DGPS *real time*), cujas coordenadas são transferidas ao escritório de campo já corrigidas.

2.2.8 Magnetômetro Terrestre

Para controle diário das variações do campo magnético terrestre foram utilizados dois magnetômetros portáteis GEM, modelo GSM-19 de resolução de 0,1 nT com envoltória de ruídos equivalente. As leituras do campo magnético total foram realizadas a intervalos de 3 segundos e armazenadas na memória do próprio equipamento.

Os magnetômetros foram instalados no Hotel Vila Rica e no aeroporto Val de Cans em Belém (PA), em locais de gradiente magnético suave, livre de objetos móveis e de interferência cultural.

Ao término de cada jornada de produção, os arquivos contendo os dados da variação diurna eram transferidos aos computadores instalados nas bases de campo para uso no pré-processamento.

2.3 Planejamento e Mobilização

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

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

O levantamento recebeu do Ministério da Defesa a autorização nº 126/2008, de 31.07.2008.

2.3.1 Elaboração do Plano de Vôo

Para a cobertura completa da área relativa ao Projeto Aerogeofísico Gurupi foram programadas 539 linhas de vôo e 23 linhas de controle, totalizando 76.351,00 km de perfis geofísicos. A Figura 4 apresenta o arranjo das linhas distribuídas sobre a poligonal envoltória da área.

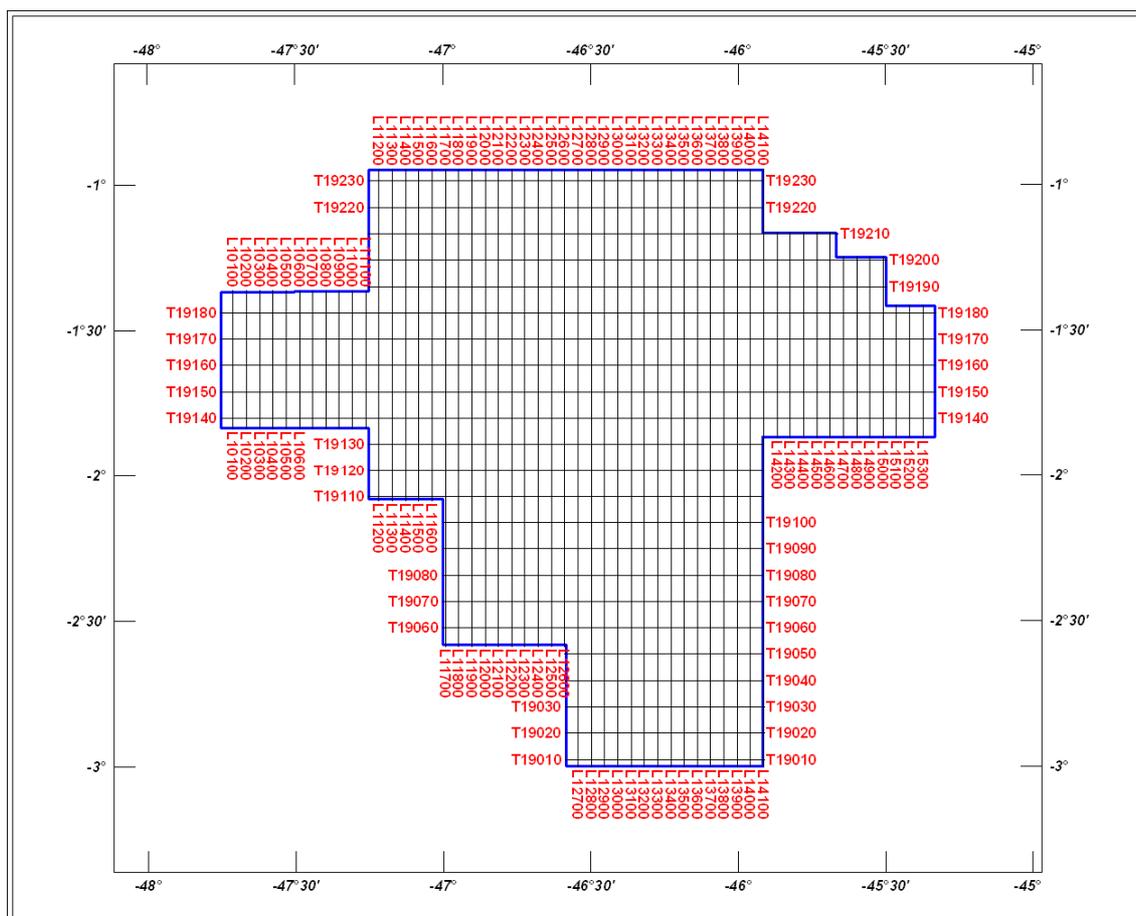


Figura 4 – Mapa das Linhas de Vôo.

2.3.2 Estatística das Operações

O Projeto Aerogeofísico Gurupi foi executado entre 22/10/2008 e 04/11/2009. O projeto sofreu duas interrupções, a primeira entre 06/02/2009 e 31/07/2009 em função das condições adversas de meteorologia encontradas na região e a segunda entre 17/08/2009 e 15/09/2009 quando a aeronave PR-FAG deixou o Projeto Aerogeofísico Gurupi para terminar o Projeto Aerogeofísico Itaituba, em substituição a aeronave PT-WOT acidentada no mesmo.

Desta maneira a aeronave PR-FAG efetuou seus trabalhos em 173 dias. Foram gastas cerca de 269,55 horas de vôo produtivo para a aquisição dos dados e testes. A Tabela 4 e o gráfico da Figura 5, a seguir, mostram as estatísticas obtidas durante a fase de aquisição dos dados.

Tabela 4 - Estatística das Operações.

Item	Indicadores do Levantamento	Nº Dias	%
1	Produção	80	46.24%
2	Meteorologia	17	9.82%
3	Manutenção de Aeronave	43	24.86%
4	Tempestade Magnética	0	0.00%
5	Falha de Equipamento	1	0.58%
6	Testes Contratuais	11	6.36%
7	Outros	21	12.14%
	Total	173*	100.00%

* Número de dias despendido pela aeronave.

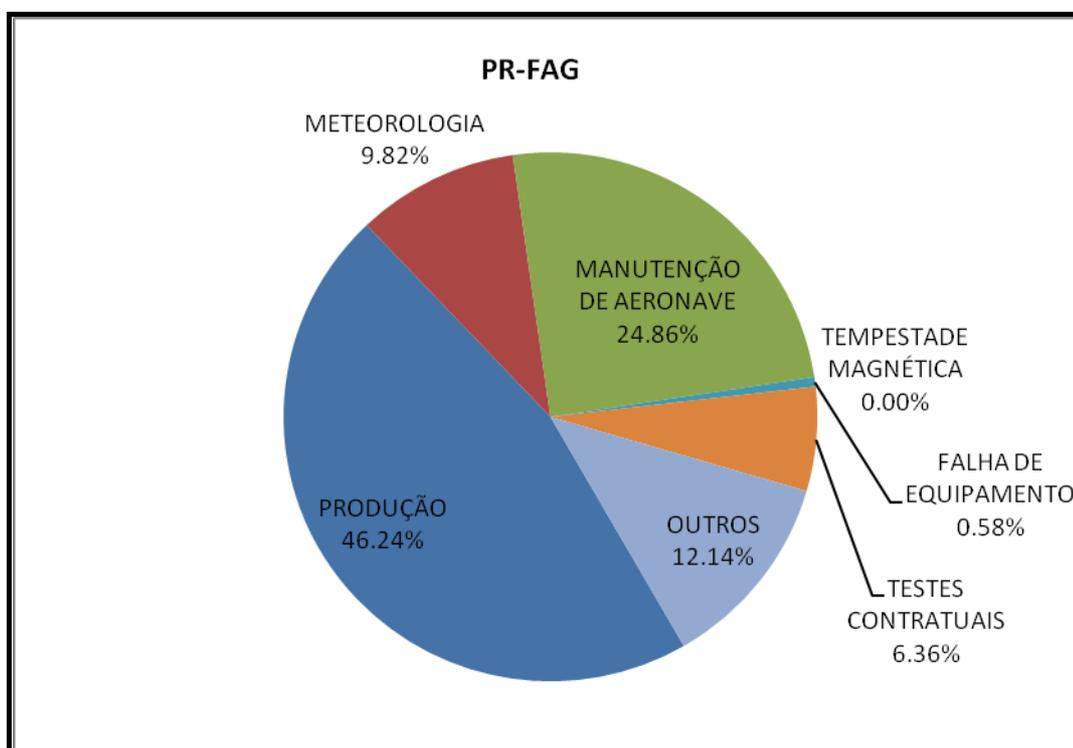


Figura 5 - Gráfico da Estatística das Operações – PR-FAG.

2.3.3 Mapa do Projeto de Vôo

O mapa do projeto de vôo foi obtido analiticamente, sendo determinadas, por cálculo, as coordenadas UTM do início e fim de cada linha de vôo e de controle, considerando-se os espaçamentos de 500 m para as linhas de vôo e 10.000 m para as linhas de controle. As coordenadas dos limites da área, assim como dos extremos dos perfis, foram projetados no sistema WGS-84.

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, altitude 100 m voando em alturas entre 300 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 realizadas 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 vôo no levantamento.

Os efeitos produzidos em cada uma das direções de vôo 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 6) são conduzidas para cada uma das direções de vôo 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.

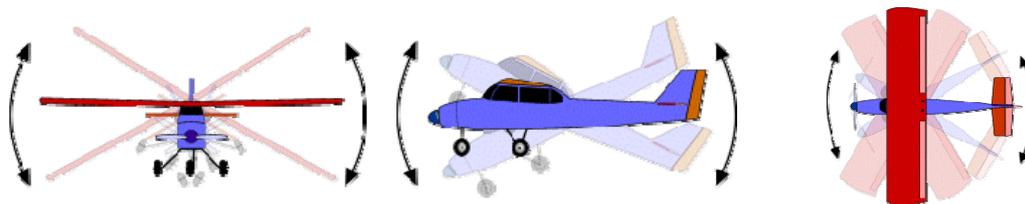


Figura 6 – Movimentos de Roll, Pitch e Yaw.

O sistema FASDAS possui em sua programação *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 a 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 às diferentes direções dos perfis do projeto, assim como ângulos intermediários da ordem de 15 graus 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 os 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 registros, não poderá exceder a 2 nT após a correção da variação diurna. Os resultados obtidos estão resumidos na Tabela 5 a seguir e os resultados completos podem ser consultados no Anexo II-b.

Tabela 5 – Testes de Manobras.

DATA	AZIMUTE	ROLL(nT)	PITCH (nT)	YAW (nT)	TOTAL (nT)
22/10/2008	90°	0,07	0,05	0,10	0,22
	180°	0,16	0,15	0,07	0,38
	270°	0,12	0,02	0,10	0,24
	360°	0,27	0,05	0,08	0,40
Somatório					1,24
DATA	AZIMUTE	ROLL(nT)	PITCH (nT)	YAW (nT)	TOTAL (nT)
18/11/2008	90°	0,04	0,04	0,10	0,18
	180°	0,03	0,04	0,08	0,15
	270°	0,09	0,02	0,08	0,19
	360°	0,07	0,03	0,06	0,16
Somatório					0,68
DATA	AZIMUTE	ROLL(nT)	PITCH (nT)	YAW (nT)	TOTAL (nT)
08/01/2009	90°	0,11	0,07	0,08	0,26
	180°	0,10	0,05	0,15	0,30
	270°	0,10	0,09	0,08	0,27
	360°	0,08	0,05	0,07	0,20
Somatório					1,03
DATA	AZIMUTE	ROLL(nT)	PITCH (nT)	YAW (nT)	TOTAL (nT)
06/08/2009	90°	0,07	0,06	0,09	0,22
	180°	0,12	0,04	0,08	0,24
	270°	0,08	0,05	0,10	0,23
	360°	0,07	0,06	0,07	0,20
Somatório					0,89
DATA	AZIMUTE	ROLL(nT)	PITCH (nT)	YAW (nT)	TOTAL (nT)
15/10/2009	90°	-	-	-	-
	180°	0,21	0,13	0,15	0,49
	270°	-	-	-	-
	360°	0,11	0,13	0,25	0,49
Somatório					0,98

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 0,3 segundo. O teste é apresentado no Anexo II-c.

e) Teste com Amostras Radioativas no Solo

Com vistas a controlar o comportamento do desempenho do sistema gamaespectrométrico dos cristais voltados para baixo, testes com amostras de mão de urânio e tório são realizados antes do início e após os vôos operacionais. As amostras são colocadas sobre o mesmo local, próximo aos cristais detectores, com a aeronave estacionada no mesmo local. A Tabela 6 apresenta os resultados desses testes.

Tabela 6 – Testes Diários com Amostras Radioativas no Solo.

DATA	HORÁRIO	VÔO	TÓRIO	URÂNIO
23/out/08	INÍCIO	4	179,28	56,56
	FIM		178,72	58,61
24/out/08	INÍCIO	5	189,67	58,48
	FIM		176,82	58,00
25/out/08	INÍCIO	6	177,76	54,50
	FIM		175,67	57,55
18/nov/08	INÍCIO	17	177,06	58,02
	FIM		180,33	56,64
19/nov/08	INÍCIO	18	178,40	55,81
	FIM		180,71	57,24
20/nov/08	INÍCIO	19	174,52	53,17
	FIM		178,68	54,45
21/nov/08	INÍCIO	21	174,92	55,21
	FIM		180,52	54,05
22/nov/08	INÍCIO	22	174,63	53,11
	FIM		177,93	53,73
23/nov/08	INÍCIO	23	172,67	56,02
	FIM		177,39	55,47
24/nov/08	INÍCIO	24	179,15	54,70
	FIM		175,32	56,53
25/nov/08	INÍCIO	25	178,64	54,70
	FIM		177,60	51,99
27/nov/08	INÍCIO	27	174,40	54,09
	FIM		177,46	54,43
28/nov/08	INÍCIO	28	174,47	53,99
	FIM		179,81	54,90
29/nov/08	INÍCIO	29	176,83	52,09
	FIM		176,84	54,63
30/nov/08	INÍCIO	30	173,88	54,28
	FIM		174,14	55,03
01/dez/08	INÍCIO	31	178,49	53,95
	FIM		159,33	48,50
02/dez/08	INÍCIO	32	173,24	50,85
	FIM		173,25	53,13
04/dez/08	INÍCIO	35	175,71	53,84
	FIM		178,92	54,90
08/dez/08	INÍCIO	37	171,00	53,45
	FIM		176,06	52,82
12/dez/08	INÍCIO	40	170,28	53,05
	FIM		-	-
12/dez/08	INÍCIO	41	-	-
	FIM		176,18	54,22
13/dez/08	INÍCIO	42	180,26	53,69
	FIM		172,79	54,63

14/dez/08	INÍCIO	43	176,88	53,81
	FIM		-	-
14/dez/08	INÍCIO	44	-	-
	FIM		170,78	52,38
15/dez/08	INÍCIO	45	172,80	54,30
	FIM		-	-
15/dez/08	INÍCIO	46	-	-
	FIM		171,27	55,21
16/dez/08	INÍCIO	47	176,24	54,77
	FIM		-	-
16/dez/08	INÍCIO	48	-	-
	FIM		175,78	53,41
17/dez/08	INÍCIO	49	175,77	55,24
	FIM		-	-
17/dez/08	INÍCIO	50	-	-
	FIM		171,15	57,16
18/dez/08	INÍCIO	51	173,64	53,06
	FIM		-	-
19/dez/08	INÍCIO	52	-	-
	FIM		173,42	53,09
20/dez/08	INÍCIO	53	173,89	53,43
	FIM		-	-
21/dez/08	INÍCIO	54	-	-
	FIM		174,05	54,84
22/dez/08	INÍCIO	55	179,42	54,67
	FIM		-	-
23/dez/08	INÍCIO	56	175,77	58,66
	FIM		-	-
03/jan/09	INÍCIO	57	-	-
	FIM		175,62	53,08
04/jan/09	INÍCIO	58	176,72	54,39
	FIM		-	-
05/jan/09	INÍCIO	59	-	-
	FIM		-	-
06/jan/09	INÍCIO	62	179,81	55,63
	FIM		177,37	57,11
07/jan/09	INÍCIO	63	158,21	52,65
	FIM		-	-
08/jan/09	INÍCIO	64	157,94	53,58
	FIM		156,26	58,84
09/jan/09	INÍCIO	65	152,57	56,06
	FIM		157,52	58,17
10/jan/09	INÍCIO	66	157,49	55,30
	FIM		153,14	53,24
11/jan/09	INÍCIO	67	153,24	54,08
	FIM		-	-

12/jan/09	INÍCIO	68	-	-
	FIM		157,52	55,41
13/jan/09	INÍCIO	69	153,95	56,14
	FIM		-	-
14/jan/09	INÍCIO	70	161,34	53,89
	FIM		-	-
15/jan/09	INÍCIO	71	-	-
	FIM		-	-
16/jan/09	INÍCIO	72	158,81	56,98
	FIM		162,33	56,27
17/jan/09	INÍCIO	73	159,64	56,25
	FIM		156,41	52,73
18/jan/09	INÍCIO	75	181,02	57,38
	FIM		-	-
19/jan/09	INÍCIO	76	-	-
	FIM		157,72	51,21
20/jan/09	INÍCIO	77	179,09	55,91
	FIM		175,17	56,45
21/jan/09	INÍCIO	78	177,65	53,87
	FIM		-	-
22/jan/09	INÍCIO	79	184,42	54,67
	FIM		175,18	57,21
23/jan/09	INÍCIO	80	183,33	58,04
	FIM		175,46	56,45
02/fev/09	INÍCIO	81	180,79	55,49
	FIM		169,50	53,37
03/fev/09	INÍCIO	84	177,62	56,46
	FIM		-	-
04/fev/09	INÍCIO	85	177,73	55,01
	FIM		173,86	55,50
05/fev/09	INÍCIO	86	178,03	56,21
	FIM		184,33	52,41
07/ago/09	INÍCIO	92	177,12	59,03
	FIM		189,13	49,86
09/ago/09	INÍCIO	96	187,05	51,23
	FIM		187,44	53,37
10/ago/09	INÍCIO	97	191,15	52,79
	FIM		-	-
10/ago/09	INÍCIO	98	-	-
	FIM		189,74	50,53
11/ago/09	INÍCIO	99	201,04	53,14
	FIM		210,07	49,34
12/ago/09	INÍCIO	100-101	205,20	50,14
	FIM		211,09	49,99
13/ago/09	INÍCIO	102-103	213,17	53,94
	FIM		202,61	53,75

14/ago/09	INÍCIO	104	211,82	52,41
	FIM		209,14	52,32
18/set/09	INÍCIO	108	209,33	56,29
	FIM		207,91	51,42
19/set/09	INÍCIO	109	207,89	50,33
	FIM		215,41	57,46
20/set/09	INÍCIO	110	216,47	55,14
	FIM		202,84	48,41
21/set/09	INÍCIO	111-112	209,40	56,10
	FIM		212,21	53,13
22/set/09	INÍCIO	113-114	213,08	56,80
	FIM		205,19	55,79
23/set/09	INÍCIO	115	205,39	53,93
	FIM		207,19	58,08
24/set/09	INÍCIO	116	208,94	56,14
	FIM		210,24	52,41
16/out/09	INÍCIO	131	210,65	51,99
	FIM		208,09	50,86
17/out/09	INÍCIO	132	208,14	52,03
	FIM		208,04	52,12
18/out/09	INÍCIO	133	215,97	50,70
	FIM		211,53	53,02
19/out/09	INÍCIO	134	205,83	51,82
	FIM		206,96	51,40
20/out/09	INÍCIO	135	215,61	50,76
	FIM		212,87	54,17
21/out/09	INÍCIO	136	208,75	51,88
	FIM		211,35	52,69
22/out/09	INÍCIO	137	206,96	54,76
	FIM		206,54	51,24
23/out/09	INÍCIO	138	209,17	49,58
	FIM		200,79	52,29
24/out/09	INÍCIO	139	208,01	51,60
	FIM		211,01	52,60
25/out/09	INÍCIO	140	207,27	52,21
	FIM		210,03	51,04
26/out/09	INÍCIO	141	205,33	50,58
	FIM		212,64	51,84
27/out/09	INÍCIO	142	203,70	51,05
	FIM		204,09	51,06
28/out/09	INÍCIO	143	216,39	52,59
	FIM		209,11	49,84
29/out/09	INÍCIO	144	209,34	54,10
	FIM		216,64	52,56
30/out/09	INÍCIO	145	210,89	49,64
	FIM		213,14	49,21

31/out/09	INÍCIO	146	204,98	52,95
	FIM		212,94	54,47
01/nov/09	INÍCIO	147	211,05	51,37
	FIM		218,65	51,33
03/nov/09	INÍCIO	148	209,50	54,14
	FIM		212,52	53,62
04/nov/09	INÍCIO	149	211,15	53,20
	FIM		211,01	49,78

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 registrados na forma digital.

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

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

Os valores médios em cps, obtidos em cada canal radiométrico, estão relacionados na Tabela 7, a seguir.

Tabela 7 – Testes Diários de Repetibilidades Radioativas.

TESTE DE REPETIBILIDADE RADIOATIVA (LOW LEVEL = 100m)				
Base: Belém (PA)				
DATA	HORÁRIO	VÔO	TÓRIO	URÂNIO
23/out/08	INICIO	4	21,73	16,24
	FIM		20,66	14,03
24/out/08	INICIO	5	18,42	13,91
	FIM		19,41	13,81
25/out/08	INICIO	6	24,11	17,41
	FIM		18,35	10,97
18/nov/08	INICIO	17	21,15	14,75
	FIM		20,23	11,70
19/nov/08	INICIO	18	23,73	15,63
	FIM		19,53	14,41
20/nov/08	INICIO	19	23,52	18,00
	FIM		22,76	14,29
21/nov/08	INICIO	21	25,33	18,28
	FIM		23,47	16,59
22/nov/08	INICIO	22	21,70	15,65
	FIM		24,33	18,49
23/nov/08	INICIO	23	25,65	19,13
	FIM		23,44	16,47
24/nov/08	INICIO	24	24,45	17,98
	FIM		23,89	16,39
25/nov/08	INICIO	25	23,06	18,46
	FIM		-	-
27/nov/08	INICIO	27	24,24	17,64
	FIM		21,20	16,01
28/nov/08	INICIO	28	22,88	17,30
	FIM		21,75	15,70
29/nov/08	INICIO	29	23,39	16,01
	FIM		20,43	14,36
30/nov/08	INICIO	30	24,05	16,40
	FIM		21,87	14,10
01/dez/08	INICIO	31	23,12	18,46
	FIM		23,97	16,29
02/dez/08	INICIO	32	20,82	12,46
	FIM		21,73	18,18
04/dez/08	INICIO	35	23,46	18,04
	FIM		22,94	15,74
08/dez/08	INICIO	37	24,39	19,59
	FIM		22,43	18,93
12/dez/08	INICIO	40	22,90	16,19
	FIM		21,22	14,92
12/dez/08	INICIO	41	-	-
	FIM		22,74	16,78

TESTE DE REPETIBILIDADE RADIOATIVA (LOW LEVEL = 100m)				
Base: Belém (PA)				
DATA	HORÁRIO	VÔO	TÓRIO	URÂNIO
13/dez/08	INICIO	42	22,68	16,80
	FIM		20,28	14,72
14/dez/08	INICIO	43	21,95	16,80
	FIM		22,02	14,72
14/dez/08	INICIO	44	-	-
	FIM		24,38	19,86
15/dez/08	INICIO	45	23,77	17,26
	FIM		20,65	13,63
15/dez/08	INICIO	46	-	-
	FIM		23,58	15,91
16/dez/08	INICIO	47	24,69	17,77
	FIM		19,91	14,50
16/dez/08	INICIO	48	-	-
	FIM		22,49	20,89
17/dez/08	INICIO	49	22,30	14,73
	FIM		23,69	16,65
17/dez/08	INICIO	50		
	FIM			
18/dez/08	INICIO	51	22,13	17,10
	FIM		23,69	18,80
19/dez/08	INICIO	52	-	-
	FIM		24,80	15,62
20/dez/08	INICIO	53	23,64	17,69
	FIM		24,13	16,17
21/dez/08	INICIO	54	-	-
	FIM		20,35	14,16
22/dez/08	INICIO	55	22,08	16,84
	FIM		22,13	15,24
23/dez/08	INICIO	56	24,82	20,35
	FIM		23,63	17,57
03/jan/09	INICIO	57	-	-
	FIM		23,19	18,65
04/jan/09	INICIO	58	20,05	15,59
	FIM		22,93	15,76
05/jan/09	INICIO	59	-	-
	FIM		23,52	16,35
06/jan/09	INICIO	62	21,99	19,23
	FIM		20,76	13,19
07/jan/09	INICIO	63	19,68	16,82
	FIM		22,23	15,10
08/jan/09	INICIO	64	23,81	17,10
	FIM		19,46	13,01
09/jan/09	INICIO	65	23,44	15,93
	FIM		20,46	14,61

TESTE DE REPETIBILIDADE RADIOATIVA (LOW LEVEL = 100m)				
Base: Belém (PA)				
DATA	HORÁRIO	VÔO	TÓRIO	URÂNIO
10/jan/09	INICIO	66	23,28	16,21
	FIM		19,83	13,52
11/jan/09	INICIO	67	21,59	14,03
	FIM		17,97	11,30
12/jan/09	INICIO	68	-	-
	FIM		21,05	15,79
13/jan/09	INICIO	69	22,12	15,50
	FIM		19,83	15,55
14/jan/09	INICIO	70	22,12	14,55
	FIM		19,38	13,35
15/jan/09	INICIO	71	-	-
	FIM		19,41	16,53
16/jan/09	INICIO	72	22,55	18,47
	FIM		23,81	17,13
17/jan/09	INICIO	73	22,99	16,89
	FIM		23,45	16,75
18/jan/09	INICIO	75	22,93	17,88
	FIM		21,81	16,09
19/jan/09	INICIO	76	-	-
	FIM		18,27	11,75
20/jan/09	INICIO	77	22,12	17,36
	FIM		20,86	15,25
21/jan/09	INICIO	78	22,93	15,93
	FIM		-	
22/jan/09	INICIO	79	21,39	15,93
	FIM		19,70	13,87
23/jan/09	INICIO	80	23,54	16,23
	FIM		18,91	11,96
02/fev/09	INICIO	81	23,41	17,65
	FIM		18,32	13,65
03/fev/09	INICIO	84	22,73	18,78
	FIM		19,19	14,13
04/fev/09	INICIO	85	22,96	15,32
	FIM		20,64	14,37
05/fev/09	INICIO	86	18,93	14,82
	FIM		19,57	13,84
07/ago/09	INICIO	92	19,22	13,34
	FIM		20,42	15,35
09/ago/09	INICIO	96	20,36	13,98
	FIM		19,65	17,34
10/ago/09	INICIO	97	20,80	12,82
	FIM		19,89	15,17
10/ago/09	INICIO	98	-	-
	FIM		21,50	13,79

TESTE DE REPETIBILIDADE RADIOATIVA (LOW LEVEL = 100m)				
Base: Belém (PA)				
DATA	HORÁRIO	VÔO	TÓRIO	URÂNIO
11/ago/09	INICIO	99	19,41	14,56
	FIM		21,71	13,57
12/ago/09	INICIO	100	23,61	16,32
	FIM		21,45	15,58
12/ago/09	INICIO	101	-	-
	FIM		19,91	13,16
13/ago/09	INICIO	102	22,48	13,71
	FIM		17,62	9,23
13/ago/09	INICIO	103	-	-
	FIM		22,68	17,08
14/ago/09	INICIO	104	21,44	12,40
	FIM		18,96	12,80
18/set/09	INICIO	108	20,84	13,95
	FIM		21,60	14,10
19/set/09	INICIO	109	21,19	14,57
	FIM		19,52	12,59
20/set/09	INICIO	110	22,50	13,30
	FIM		19,43	13,30
21/set/09	INICIO	111	23,50	18,34
	FIM		22,49	14,93
21/set/09	INICIO	112	-	-
	FIM		23,88	16,30
22/set/09	INICIO	113	23,39	15,88
	FIM		23,23	19,07
22/set/09	INICIO	114	-	-
	FIM		23,20	16,69
23/set/09	INICIO	115	24,49	18,08
	FIM		21,99	15,30
24/set/09	INICIO	116	24,91	19,18
	FIM		19,66	12,85
16/out/09	INICIO	131	22,35	17,31
	FIM		23,35	16,19
17/out/09	INICIO	132	20,87	15,07
	FIM		23,50	15,32
18/out/09	INICIO	133	22,05	16,29
	FIM		20,15	13,80
19/out/09	INICIO	134	23,00	15,03
	FIM		19,97	12,93
20/out/09	INICIO	135	22,51	17,29
	FIM		20,74	12,78
21/out/09	INICIO	136	22,22	16,84
	FIM		20,73	14,28
22/out/09	INICIO	137	23,94	16,83
	FIM		22,52	14,77

TESTE DE REPETIBILIDADE RADIOATIVA (LOW LEVEL = 100m)				
Base: Belém (PA)				
DATA	HORÁRIO	VÔO	TÓRIO	URÂNIO
23/out/09	INICIO	138	23,26	16,81
	FIM		21,75	16,29
24/out/09	INICIO	139	23,64	18,10
	FIM		21,37	16,05
25/out/09	INICIO	140	23,12	14,83
	FIM		20,90	15,46
26/out/09	INICIO	141	24,08	18,67
	FIM		21,10	15,83
27/out/09	INICIO	142	23,51	17,91
	FIM		21,10	16,69
28/out/09	INICIO	143	23,61	18,00
	FIM		22,87	17,04
29/out/09	INICIO	144	22,95	16,78
	FIM		-	-
30/out/09	INICIO	145	21,37	16,69
	FIM		23,12	15,25
31/out/09	INICIO	146	23,31	18,42
	FIM		23,41	16,42
01/nov/09	INICIO	147	23,58	18,08
	FIM		23,40	15,97
03/nov/09	INICIO	148	23,80	16,31
	FIM		22,20	13,67
04/nov/09	INICIO	149	24,00	17,26
	FIM		21,13	13,48

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 o espectro do céσιο (^{137}Cs) para calcular a resolução dos “cristais detectores voltados para cima” (*upward looking*), tanto para os cristais individuais (256 pol³) quanto para o “pacote” ou “caixa” de 512 pol³ no caso deste projeto.

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

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

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

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

A resolução calculada a partir do tório deve ser menor que 7% e a resolução a partir do céσιο deve ser menor que 12%. O monitoramento da resolução do cristal e do tubo fotomultiplicador é o melhor procedimento para se manter o controle de qualidade e detectar qualquer tipo de deterioração do sistema gamaespectrométrico. Os valores de resolução obtidos para os três pacotes de cristais detectores *downward looking* (2.560 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 para cada aeronave. Essas calibrações obedeceram a duas etapas distintas:

- Calibração estática - Realizada no Aeroporto de Jacarepaguá (RJ). Após a determinação e aprovação dos cálculos da resolução dos cristais detectores *down* e *up* são realizados os testes que visam à determinação dos coeficientes de espalhamento *Compton* do sistema detector. Para tal, 4 (quatro) tanques de calibração transportáveis, constituídos por blocos de concreto com resposta radiométrica para os elementos potássio (⁴⁰K), urânio (²³⁸U), tório (²³²Th) e *background* são empregados. As concentrações dos tanques de calibração transportáveis utilizados, de propriedade da LASA Engenharia e Prospecções S.A., estão indicadas na Tabela 8:

Tabela 8 - Concentração dos Tanques de Calibração Transportáveis

FONTE PADRÃO	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)
<i>Background</i>	1,41 ± 0,01	0,97 ± 0,03	2,26 ± 0,10
Potássio	8,71 ± 0,09	0,32 ± 0,02	0,74 ± 0,10
Urânio	1,34 ± 0,02	52,9 ± 1,00	3,40 ± 0,14
Tório	1,34 ± 0,02	2,96 ± 0,06	136,0 ± 2,10

Para a determinação dos coeficientes de espalhamento *Compton*, a aeronave foi estacionada sobre os tanques de calibração transportáveis que foram seqüencialmente posicionados sob cada pacote detector, aí permanecendo por 10 minutos para acumulação de dados na seguinte ordem: *background*, Th, U, K e *background*. Os dados acumulados foram processados pelo programa PADWIN, fornecido pelo fabricante dos tanques calibradores (EXPLORANIUM), resultando

nos valores dos coeficientes *Compton* para cada pacote de detectores de 1.024 polegadas cúbicas e para o total de 2.560 polegadas cúbicas. Os valores encontrados para os coeficientes de espalhamento *Compton* estão resumidos na Tabela 9. O Anexo I-b, no final deste relatório, apresenta o resultado dessa calibração.

Tabela 9 - Coeficientes de Espalhamento Compton.

AERONAVE	DATA	α	β	γ	a	b	g
PR-FAG	28/02/2009	0,2653	0,4241	0,7799	0,0539	0,0063	0,0078

- 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 a várias alturas com vistas à correção altimétrica. Os referidos testes são comentados a seguir:

a) Vôo Cósmico (*Cosmic Flight*)

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

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

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

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

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

C é a contagem na janela cósmica.

O vôo cósmico envolveu o recobrimento de perfis sobre o mar, em área distante da costa cerca de 20 km, voando nas altitudes de 3500, 5000, 7000, 8000, 10000, 12000 e 13000 pés, com duração de 15 minutos cada.

A Tabela 10, a seguir, resume os resultados obtidos pela aeronave nos vôos cósmicos. A apresentação dos resultados na forma de tabelas e gráficos encontra-se no Anexo I-c, no final deste relatório.

Tabela 10 - *Background* da Aeronave e *Cosmic Stripping Ratios*.

CANAL	COEFICIENTE	PR-FAG (01/03/2009)
Contagem Total	a (cps)	198,9757
	b	0,6413
Potássio	a (cps)	29,2039
	b	0,0345
Urânio	a (cps)	7,9140
	b	0,0255
Tório	a (cps)	0,4236
	b	0,0390
Urânio <i>upward</i>	a (cps)	1,1620
	b	0,0054

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

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

A calibração dinâmica tem por finalidade a correlação entre as medições feitas em terra (com intervalos de 50 m entre 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 do Detector *Upward Looking*

A calibração do detector aerogamaespectrométrico voltado 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 se expressa por um conjunto de coeficientes obtidos a partir de dados de vôos realizados sobre a água, ou a 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 utilizado está descrito apenas no Capítulo 3.

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

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

- Microcomputadores PC;
- Impressora;
- Sistema de TV/Vídeo VHS.

2.5 Equipe Técnica na Base de Operações

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

Carlos Augusto Lemos de Carvalho	Supervisor de Operações
Anselmo Pereira Bezerra Filho Karina Palheta Gomes Miquéias Silva Conceição Pedro Antonio Doria S.dos Santos Renata Sicotti Maas Roberta Albuquerque Cardoso Rodrigo Arsolino Pereira	Chefes de Equipe
Francisco Carlos Mateus	Engenheiro Eletrônico
Almir Luiz de Moura Edilson da Conceição Dias Jose Marcelo Silva de Souza Rildo Andrade Araújo	Operadores de Equipamento
Amauri Moreira dos Santos Antonio da Silva Cavalcante Jr. Antonio Pedro da Corte João Marcos de Miranda Reginaldo Pianowski Sergio Roberto Ribeiro Sauma	Pilotos
Sergio Jesus de Grandi Tiago Bazileu	Mecânicos

3 PROCESSAMENTO DE DADOS

3.1 Fluxo de Processamento

No processamento de dados do Projeto Aerogeofísico Gurupi foi empregado o *software* OASIS MONTAJ versão 5.1.8 do sistema *GEOSOFT*, além das rotinas de pré-processamento proprietárias, que permitem a exportação do dado binário coletado em voo para formato ASCII XYZ *GEOSOFT*. A Figura 7 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 na 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 a correção 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 Césio 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 amostrado num mesmo intervalo de tempo. Sendo assim, uma correção denominada Correção Paralaxe ou Correção de *Lag* deve ser aplicada. Uma linha especial de calibração foi voada para gravar as informações necessárias para quantificar este intervalo de tempo para que os dados pudessem ser resincronizados.

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

A equação utilizada é a seguinte:

$F_{c(t_0)} = F_{c(t_0 \pm I_p)}$, onde:

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

t₀ = Tempo da 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 amostrados os pontos, ou seja, o valor do Campo Magnético após a correção Paralaxe sofre apenas um reposicionamento temporal dentro do banco de dados.

A correção aplicada a todas as amostras coletadas pelas aeronaves corresponderam a 0,3 segundo. Estas diferenças significativas são devidas às diferenças encontradas nos sistemas de aquisição. Os resultados dos testes para determinação encontram-se no Anexo II-c, no final deste relatório.

3.1.2.2 Remoção da Variação Magnética Diurna

Os valores obtidos pelo magnetômetro monitor foram inicialmente subtraídos das leituras do campo magnético realizadas a bordo da aeronave, tendo como variável comum a hora de amostragem, fixada com precisão de décimos de segundo. As diferenças encontradas, positivas ou negativas, foram, então, somadas algebricamente ao nível base, definido em 26.775 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 5.1.8 do sistema *GEOSOFT* consiste, basicamente, no ajuste das linhas de controle com base na média das diferenças (ou diferença de 1ª ordem) com as linhas de vôo. Este procedimento assume que tais diferenças estão distribuídas de forma aleatória, de forma que um *trend* de no máximo 1ª ordem define o desnível entre as linhas de vôo e controle.

O procedimento compreende duas etapas distintas, conforme a seguir:

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

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

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

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

3.1.2.4 Micronivelamento dos Perfis

Os dados do levantamento foram ainda micronivelados para eliminação de qualquer resíduo de “desnivelamento” que tenha permanecido nos dados. O processo envolveu a geração de dois *grids* auxiliares, resultantes da aplicação de filtros passa-alta tipo *Butterworth* (comprimento de onda da ordem de 4 vezes o espaçamento das linhas de vôo) e cosseno direcional atuando na direção das linhas de vôo e perpendicularmente a elas, seguindo-se, então, a criação de um *grid* final decorrugado, que resultará do somatório dos *grids* 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 do campo geomagnético internacional na área do projeto.

Esta superfície foi definida com base no valor do IGRF, tendo sido considerada a altitude de 150 m, referidos ao ano de 2005 e atualizados para a data de 29/04/2009 (2009,329).

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, 1991*. Foi empregada a rotina contida no sistema de processamento radiométrico OASIS-RPS da *GEOSOF*T.

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 contagens 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*, utilizado no cálculo da influência do radônio nas medições realizadas.

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

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

3.1.3.3 Correção do Erro de Paralaxe

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_e) de Vôo

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

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

h - altura de vôo medida pelo radar altímetro em metros,

T - temperatura do ar medida em °C,

P - pressão atmosférica em milibar.

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

3.1.3.5 Remoção do Background da Aeronave e Cósmico

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

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

$N = a + bC$, 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 cósmico.

Os coeficientes aplicados aos dados (Tabela 10 – *Background* da Aeronave e *Cosmic Stripping Ratios*, item 2.3.6) foram aqueles definidos pelo vôo cósmico sobre o 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 dos *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, op. cit.):

- $u_r = a_u U_r + b_u$,
- $K_r = a_k U_r + b_k$,
- $T_r = a_t U_r + b_t$,
- $TC_r = a_{tc} U_r + b_{tc}$, onde:

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

No cálculo dos coeficientes a_{tc} , a_k , a_u e a_t (Tabela 11) foram utilizados os valores calculados a partir dos testes de *high level*. Os gráficos correspondentes a estes cálculos encontram-se no Anexo I-d.

Tabela 11 - Constantes de Calibração do Radônio.

CANAL	COEFICIENTE	PR-FAG
Contagem Total	a_{tc}	15,833
Potássio	a_k	0,9185
Urânio <i>up</i>	a_u	0,1613
Tório	a_t	0,1676

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:

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

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:

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

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

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

Os valores obtidos no levantamento em pauta estão demonstrados na Tabela 12 abaixo.

Tabela 12 – Coeficientes *Skyshine*.

COEFICIENTE	PR-FAG
a_1	0,026
a_2	0,014

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 9 – Coeficientes de Espalhamento *Compton*, apresentada no item 2.3.6. Maior detalhamento deste teste está presente no Anexo I-b.

3.1.3.9 Correção Altimétrica (Coeficiente de Atenuação Atmosférica)

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

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

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

N_H é a radiação à distância H da fonte,

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

μ é o coeficiente de atenuação atmosférica.

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

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

que é a equação de uma reta de coeficiente angular $-\mu$ e coeficiente linear $\mathbf{Ln (N_0)}$. Na determinação dos coeficientes de atenuação atmosférica (μ) para cada um dos canais radiométricos foram utilizados os valores apresentados na Tabela 13 obtidos durante os testes realizados em Maricá (RJ). Os gráficos apresentando a correlação logarítmica entre as contagens e a altura de vôo encontram-se no Anexo I-f.

Tabela 13 - Coeficientes de Atenuação Atmosférica.

Canal Radiométrico	μ em m^{-1}
	PR-FAG (28/02/2009)
Contagem Total	-0,0072
Potássio	-0,0094
Urânio	-0,0074
Tório	-0,0072

3.1.3.10 Conversão para Concentração de Elementos

As sensibilidades dos detectores da aeronave 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 a 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 14 a seguir corresponde à sensibilidade dos detectores analisados (volume total de 42 litros e dimensões de 10 cm x 10 cm x 40 cm cada), tomando por base a altura de vôo de 100 m sobre o terreno.

Tabela 14 - Coeficientes de Sensibilidade

Canal Radiométrico	SENSIBILIDADE	
	PR-FAG (28/02/2009)	Unidade
Contagem Total	206,44	cps / μ R/h CT
Potássio	62,22	cps / %K
Urânio	9,92	cps / ppm eU
Tório	4,38	cps / ppm eTh

Para calcular a “taxa de exposição”(Exposure Rate) do canal de contagem total (em μ 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. O valor da concentração determinado para o canal de contagem total foi de 14,28 μ R/h.

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.

3.1.3.11 Determinação das Razões eU/eTh, eU/K e eTh/K

As razões foram calculadas a partir dos valores radiométricos corrigidos, conforme descrito no item 3.1.3 deste capítulo. Para eliminação de indeterminações, ou incorreções devidas a valores anormalmente baixos, foi convencionada a fixação dos valores mínimos de K, U e Th em 5% da média destes canais na área de levantamento e aplicado também um filtro passa-baixa de 5 amostras. Aos valores abaixo do valor mínimo foi atribuído o valor zero, artifício que possibilitou uma melhor apresentação dos dados como um todo. A Tabela 15, a seguir, resume os valores utilizados:

Tabela 15 - Valores Mínimos para Cálculo das Razões Radiométricas.

Canal Radiométrico	VALOR MÍNIMO
K (%)	0,011
eU (ppm)	0,034
eTh (ppm)	0,248

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 *grids* regulares, interpolados em malha quadrada, com dimensões de 125 m x 125 m, o que equivale a um quarto do espaçamento entre as linhas de vôo.

3.3 Arquivo Final de Dados

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

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

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

3.4 Equipe Envolvida no Processamento dos Dados

Participaram dos trabalhos de processamento os seguintes técnicos:

- César Marinho Costa - Gerente de Processamento de Dados

A direção geral das operações no Projeto Aerogeofísico Gurupi esteve a cargo de Jorge Dagoberto Hildenbrand.

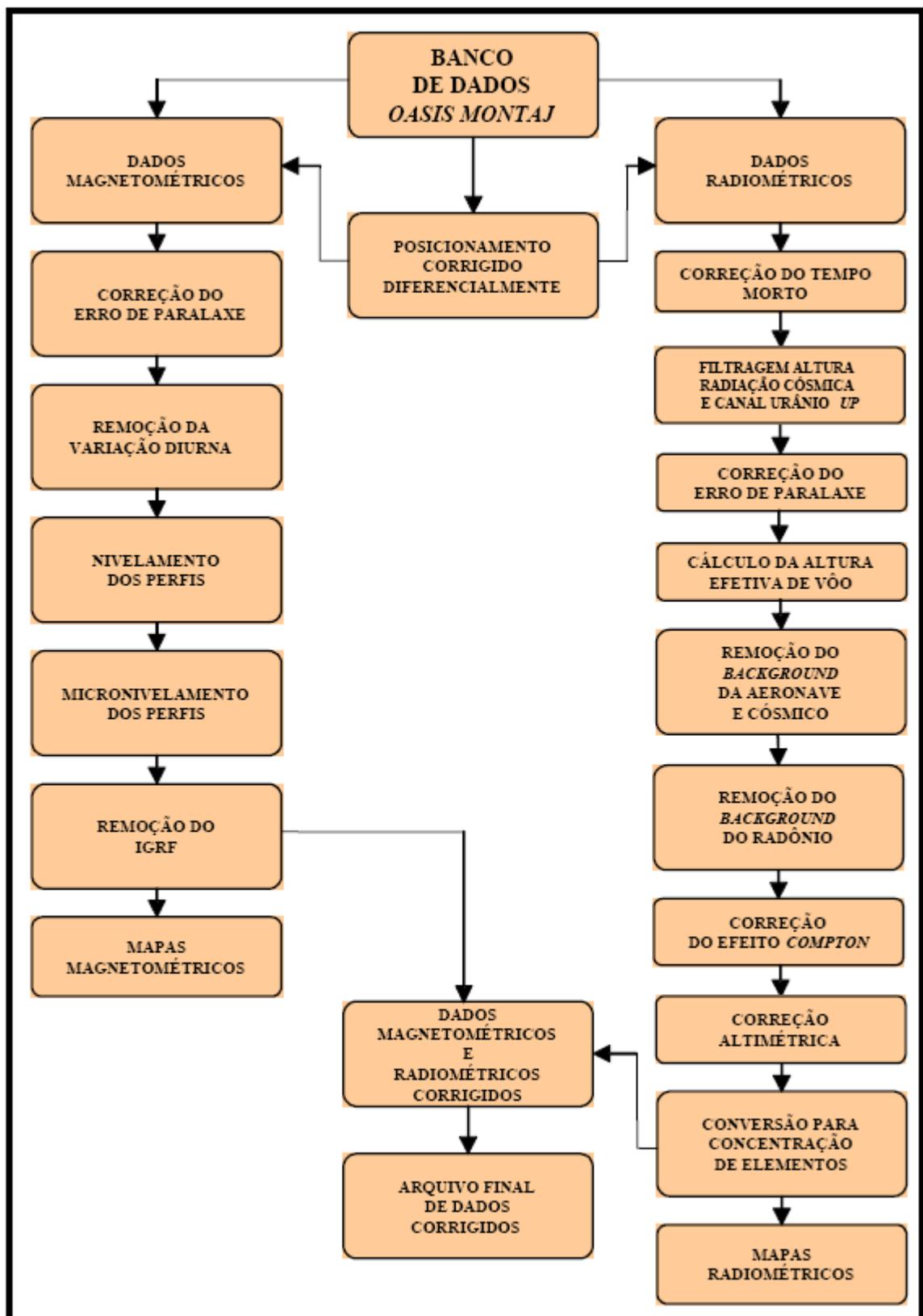


Figura 7 - Fluxograma do Processamento de Dados.

4. CRONOGRAMA GERAL DAS OPERAÇÕES

O levantamento do Projeto Aerogeofísico Gurupi foi executado no período de 22 de outubro de 2008 a 4 de novembro de 2009. O processamento dos dados e elaboração do Relatório Final tiveram início após o término da fase de aquisição e foram concluídos em 15/01/2010.

A Figura 8 fornece o quadro comparativo entre o cronograma previsto e a duração efetiva do projeto.

Etapa/Duração (mês)	2008						2009												
	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Calibração Inicial																			
Mobilização																			
Aquisição de Dados																			
<i>Dynamic Calibration Range</i>																			
Processamento e Relatório Final																			

Figura 8 – Cronograma Geral das Operações.



5. PRODUTOS FINAIS

Os produtos finais relativos ao Projeto Aerogeofísico Gurupi estão sendo 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, no formato *GEOSOFT*.

Os mapas foram elaborados de acordo com as especificações do Manual Técnico do DNPM (DNPM, 1985). As informações geofísicas estão superpostas à rede de projeção UTM, traçada com retículas de 8 cm (8 km em 1:100.000, 20 km em 1:250.000 e 40 km em 1:500.000), à rede geográfica, indicada por cruzetas dispostas a cada 10, 15 e 30 minutos, respectivamente, para as escalas 1:100.000, 1:250.000 e 1:500.000, e às informações planimétricas, obtidas dos arquivos digitais da folha ao milionésimo SA.23 disponível no *site* do IBGE (www.ibge.gov.br). Na escala de 1:500.000 os mapas foram elaborados de forma a englobar toda a área do Projeto em uma folha única.

As Figuras 9 e 10 ilustram a articulação das folhas relativas aos mapas apresentados nas escalas 1:100.000 e 1:250.000, respectivamente.

A Tabela 16 apresenta os diversos tipos de mapas apresentados e suas características:

Tabela 16 – 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 Vão (Digital)	Traço de linhas de vão e planimetria	-	-

As especificações dos intervalos de contorno utilizados constam da Tabela 17 a seguir:

Tabela 17 – Características dos Intervalos de Contorno dos Mapas Aerogeofísicos.

TEMA	PADRÃO (1:100.000)	PADRÃO (1:250.000)
Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)	10 e 50 nT	10 e 50 nT
1a.Derivada Vertical do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)	0,05 e 0,25 nT/m	0,05 e 0,25 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	1 e 5 μ R/h	1 e 5 μ R/h
Radiométrico de Potássio	0,10 e 0,50 %	0,10 e 0,50 %
Radiométrico de Urânio	0,5 e 2,0 ppm	0,5 e 2,0 ppm
Radiométrico de Tório	2 e 10 ppm	2 e 10 ppm

Para evitar que determinadas folhas padrão nas escalas de 1:100.000 e 1:250.000 tivessem uma cobertura ínfima dos dados levantados, as folhas 2, 3, 7 e 8 na escala 1:100.000 e I e II na escala 1:250.000 tiveram um acréscimo em suas extensões a norte, permitindo assim uma melhor leitura das imagens dos *grids* nos mapas. As Figuras 9 e 10 mostram as modificações feitas nas folhas através das hachuras em vermelho, bem como a nomenclatura das partes que foram adicionadas.

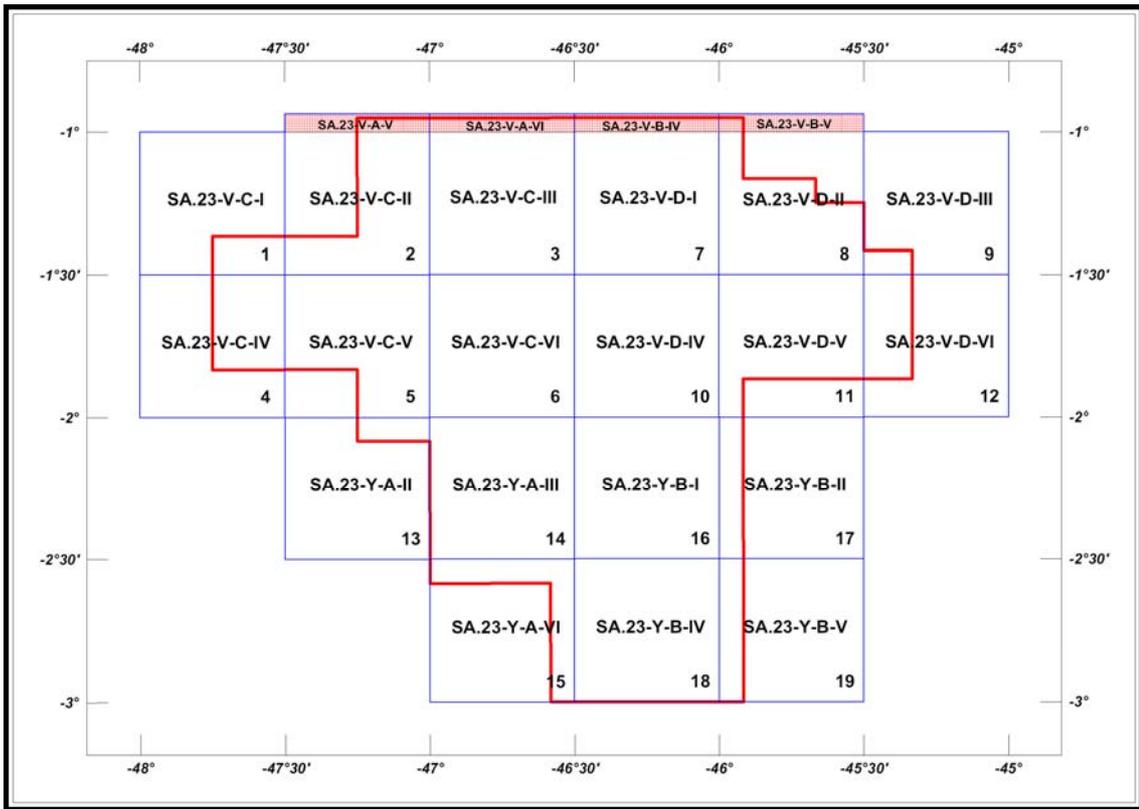


Figura 9 – Articulação das Folhas na Escala 1:100.000.

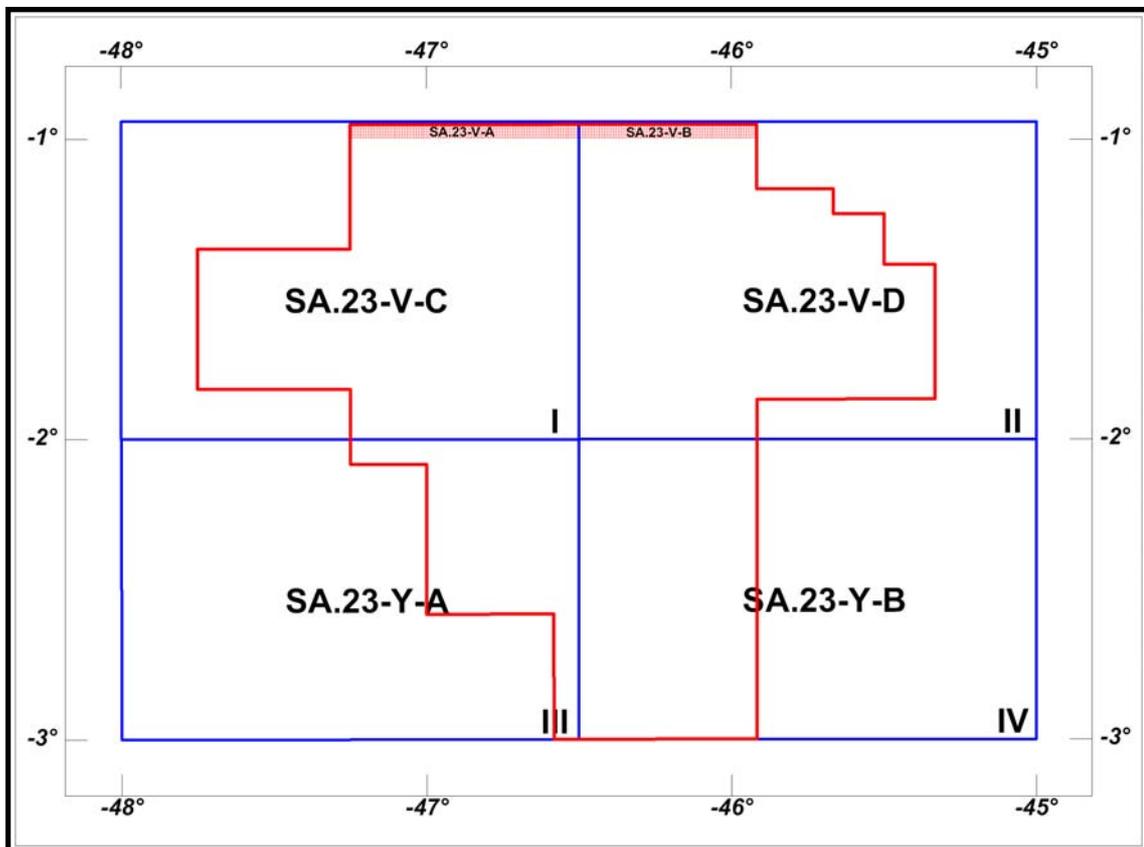


Figura 10 – Articulação das Folhas na Escala 1:250.000.

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

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

Na escala 1:500.000, os mapas magnetométricos foram elaborados na forma de pseudo-iluminação projetada perpendicularmente às estruturas principais definidas pela magnetometria. Foram adotados os ângulos de 45° para azimute e de 45° para inclinação da fonte de iluminação aplicada.

A título de ilustração, os mapas magnetométricos do Campo Total e do Sinal Analítico estão sendo apresentados nas Figuras 11 e 12 respectivamente, com escala reduzida para tamanho A-4.

5.2 Mapas Radiométricos das Concentrações de K, eU, eTh 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 às curvas de contorno. Na escala 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 A-4, está sendo apresentado na Figura 13.

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), azul (100% eU) e verde (100% eTh). A cor branca representa a presença dos três elementos (K, U, Th) e a cor preta ausência dos três citados elementos.

O mapa radiométrico ternário, elaborado em escala reduzida, está sendo apresentado na Figura 14.

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

Os mapas das razões foram elaborados a partir das razões das concentrações dos canais radiométricos de potássio, urânio e tório. Os mapas das razões são apresentados em todas as escalas (1:100.000, 1:250.000 e 1:500.000) com a imagem superposta à planimetria básica.

O mapa radiométrico da razão tório/potássio está elaborado em escala reduzida para tamanho A-4, sendo apresentado na Figura 15.

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 A-4, está apresentado na Figura 16.

5.6 Mapa de Traço de Linhas de Vôo

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 numerados a cada 100 fiduciais. Os mapas de traço de linhas de vôo são apresentados somente em escala 1:100.000 na forma digital, não sendo portanto apresentados impressos, não obstante os arquivos de plotagem acompanhem os produtos finais.

5.7 Relatório Final

O relatório final está sendo apresentado em 25 volumes (Volume I - Texto Técnico e demais como Anexos), em 3 (três) vias, contendo a descrição das operações conduzidas no Projeto Aerogeofísico Gurupi e dos procedimentos utilizados no levantamento e no processamento dos dados correspondentes, até a elaboração dos mapas finais, conforme descrito anteriormente.

A título de ilustração foi incorporada ao presente relatório a Figura 16 (“Modelo Digital do Terreno”), a qual apresenta os principais acidentes geográficos da área levantada, obtidos a partir dos dados de GPS e radar altímetro registrados pela aeronave.

O texto deste relatório foi elaborado por César Marinho Costa. A revisão e edição final estiveram a cargo de Luis Paulo Pousa e do gerente do contrato da CPRM – Serviço Geológico do Brasil.

5.8 Arquivos Digitais Finais

Os dados obtidos no processamento de dados estão sendo apresentados em 4(quatro) DVD-ROMs em 3(três) cópias. A descrição do conteúdo das informações gravadas nos DVD-ROMs está sendo apresentada no Anexo IV. A descrição detalhada do formato dos arquivos XYZ e do padrão da CPRM (cruzamentos) é apresentada no Anexo V e também nas Tabelas 18, 19, 20 e 21.

Os dados digitais dos bancos de dados magnetométrico e gamaespectrométrico da *GEOSOFT* (GDB) são apresentados, respectivamente, nas Tabelas 18, 19, 20 e 21.

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

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

A listagem fornecida no Anexo VI apresenta as linhas de vôo numeradas de 10010 a 12190 e as linhas de controle numeradas de 19010 a 19390. 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 apresentado 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 18 – 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 Vôo (Radar Altímetro)	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 Reduzido do IGRF	nT
MAGMIC	Campo Magnético Total Micronivelado	nT
MAGIGRF	Campo Magnético Total 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 19 – 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 do Vôo (Radar Altimetro)	m
MDT	Modelo Digital do Terreno	m
CTB	Contagem Total Bruto	cps
KB	Potássio Bruto	cps
UB	Urânio Bruto	cps
THB	Tório Bruto	cps
UUP	Urânio <i>UP</i>	cps
LIVE_TIME	Tempo de Amostragem	ms
COSMICO	Radiação Cósmica	cps
TEMP	Temperatura	graus Celsius
CTCOR	Contagem Total Corrigido	cps
KCOR	Potássio Corrigido	cps
UCOR	Urânio Corrigido	cps
THCOR	Tório Corrigido	cps
CTEXP	Taxa de Exposição da Contagem Total	μR/h
KPERC	Potássio em porcentagem	%
eU	Urânio em ppm	ppm
eTH	Tório em ppm	ppm
THKRAZAO	Razão entre Tório e Potássio	-
UKRAZAO	Razão entre Urânio e Potássio	-
UTHRAZAO	Razão entre Urânio e Tório	-
LONGITUDE	Longitude	graus decimais
LATITUDE	Latitude	graus decimais
DATA	Data	ano/mês/dia
HORA	Hora	hh:mm:ss

Tabela 20 – Banco de Dados Geosoft (GDB) – 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 21 – Arquivo de Cruzamentos XYZ – Magnetometria.

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

5.9 Arquivos de Poligonais

Estão sendo entregues, também, no formato *Geosoft PLY*, os arquivos correspondentes ao corte das folhas 1:100.000 e 1:250.000. Esses arquivos contemplam os pares cartesianos (X e Y) que definem o polígono relativo ao corte padrão das folhas IBGE. A sintaxe dos arquivos compreende 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 os registros analógicos permanecerão sob a guarda e conservação da Lasa Engenharia e Prospecções S/A., conforme determina a Portaria Nº 637-SC-6/FA-61, do EMFA, de 05.03.1998.

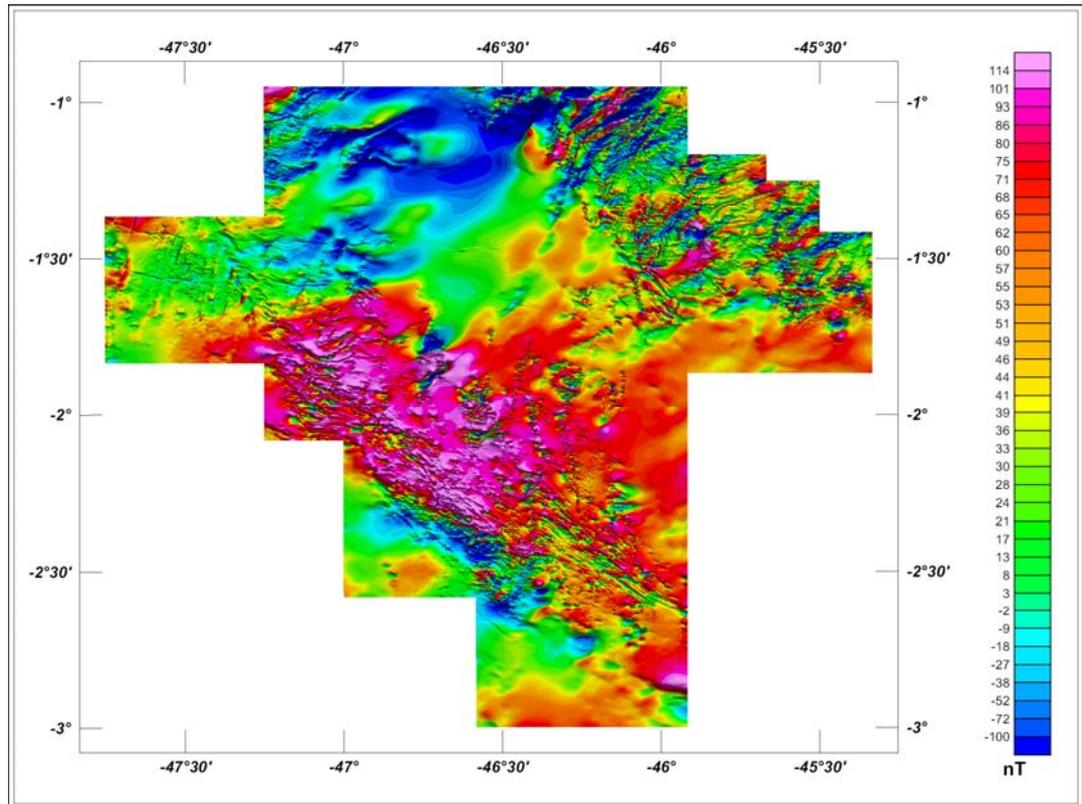


Figura 11 - Mapa Pseudo-Iluminado do Campo Magnético Total (reduzido do IGRF)
(Azimute da Fonte Luminosa: 45°; Inclinação: 45°).

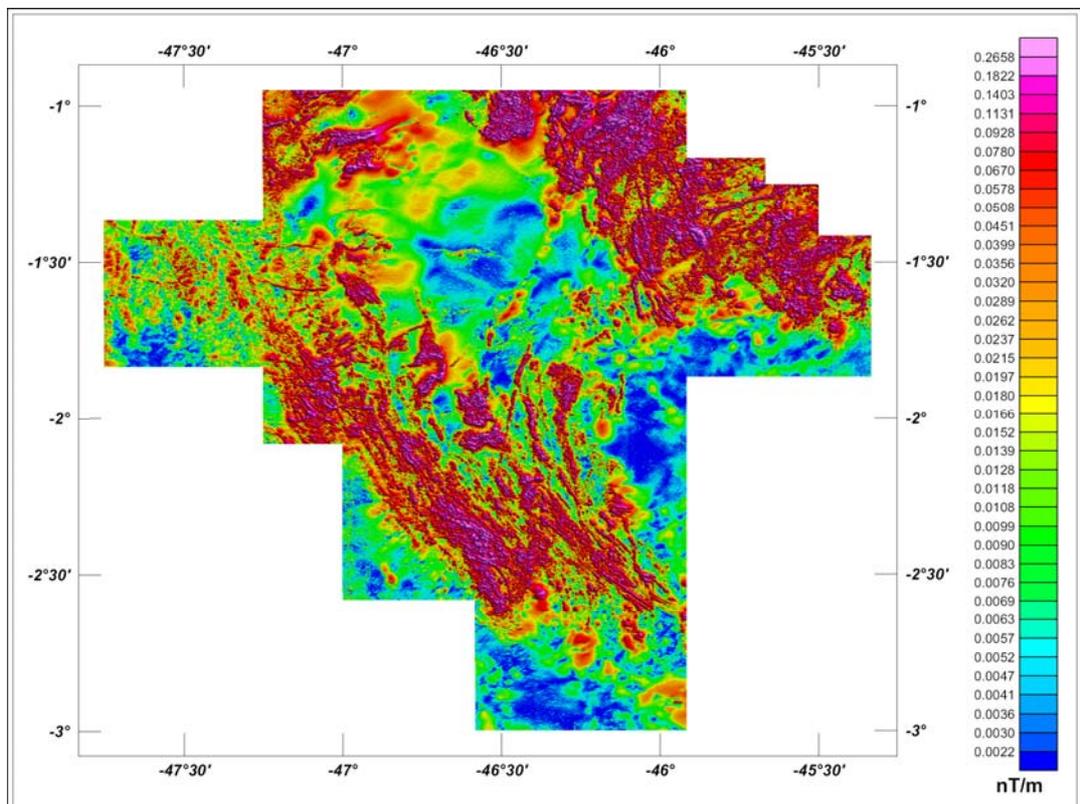


Figura 12 – Mapa do Sinal Analítico do Campo Magnético Total (reduzido do IGRF)
(Azimute da Fonte Luminosa: 45°; Inclinação: 45°).

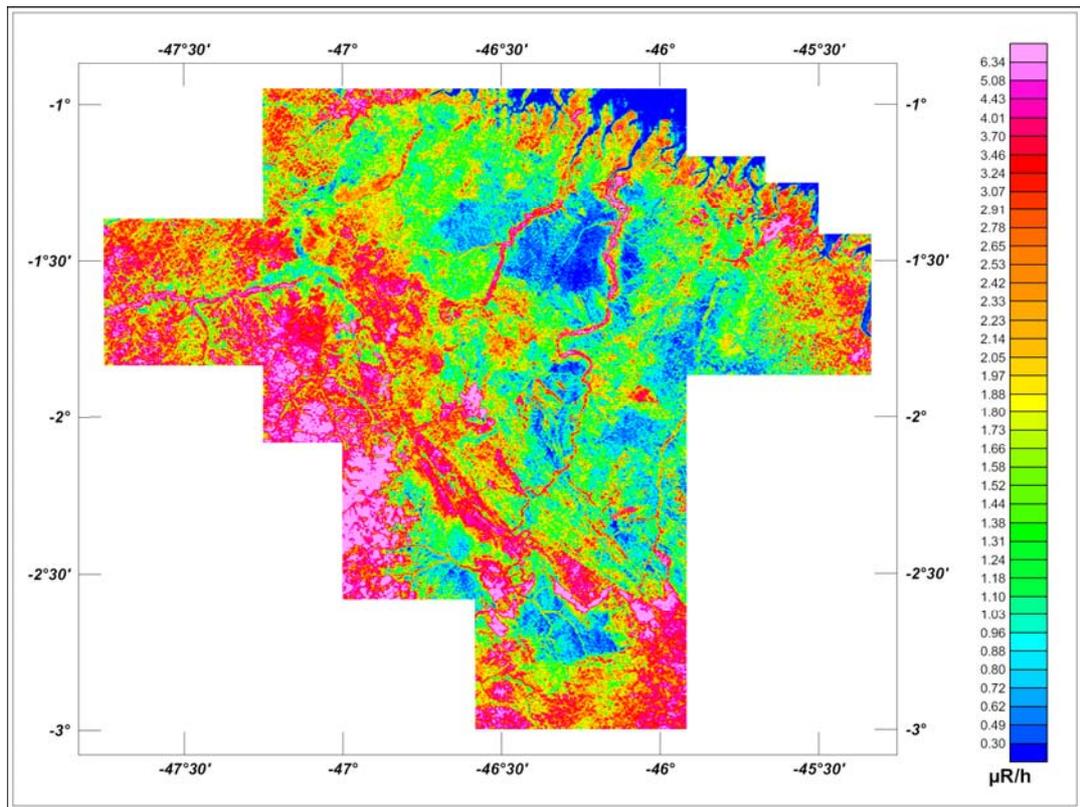


Figura 13 – Mapa Radiométrico da Taxa de Exposição do Canal de Contagem Total.

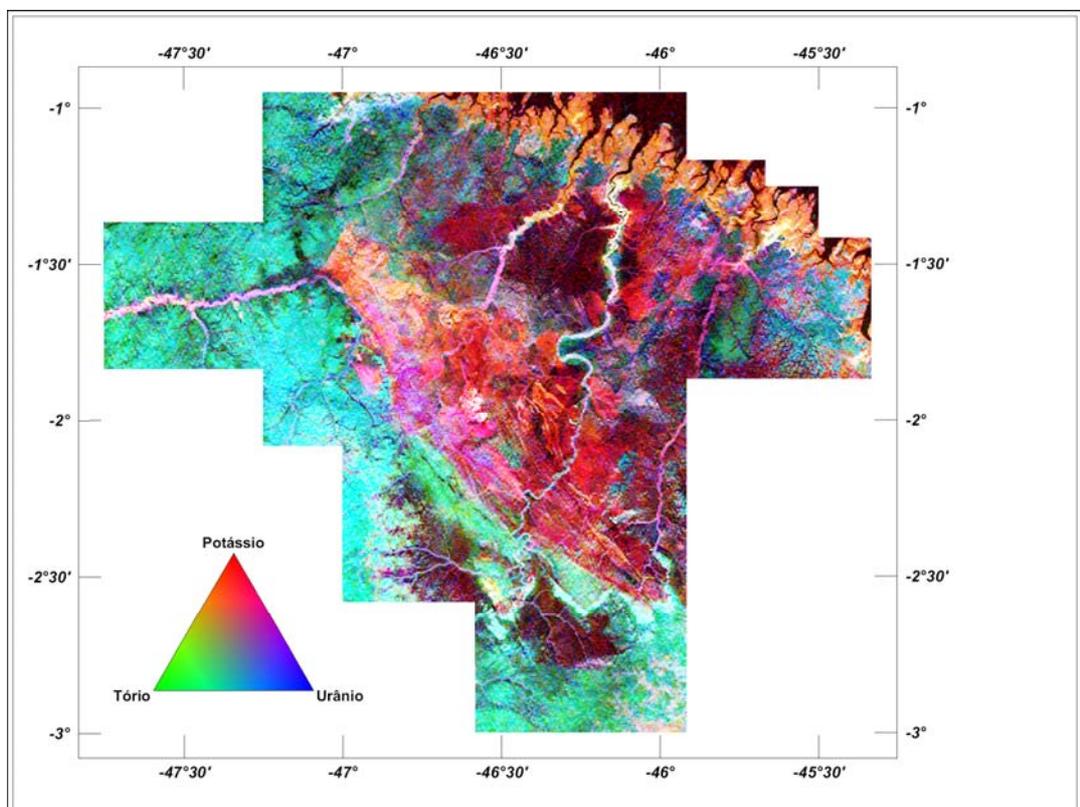


Figura 14 – Mapa Radiométrico Ternário (K-U-Th) – (CMY *Inverted*).

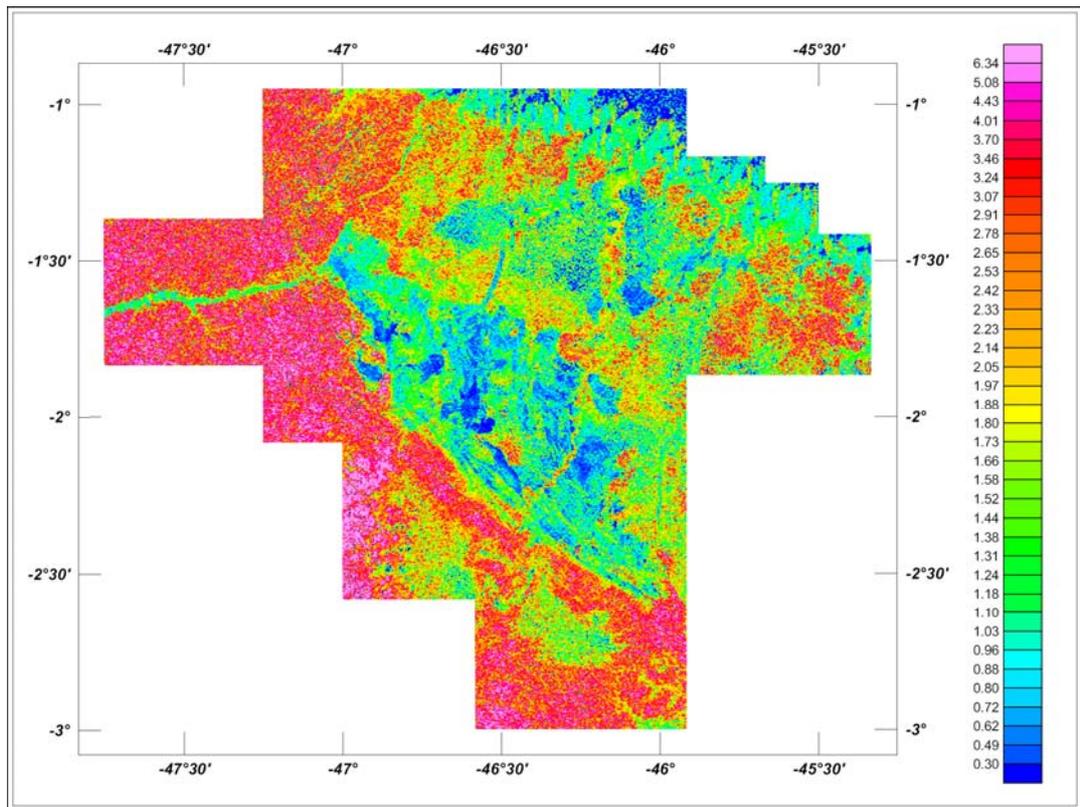


Figura 15 – Mapa Radiométrico da Razão Tório / Potássio.

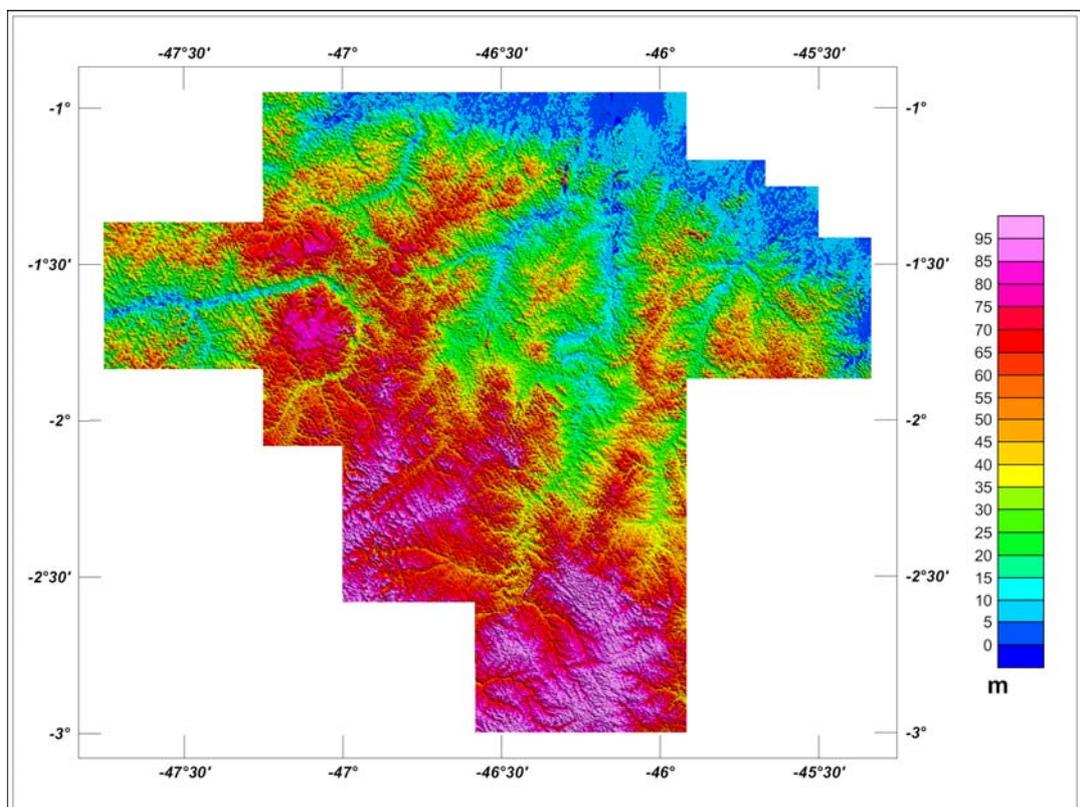


Figura 16 – Mapa Pseudo-Iluminado do Modelo Digital do Terreno (Azimute da Fonte Luminosa: 45°; Inclinação: 45°).

6. PARTICIPAÇÃO DA CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

Os serviços de aquisição de dados do projeto foram supervisionados pelo fiscal da CPRM:

Ludwig Zellner	Assistente Especializado	DIGEOF-RJ
Rubens Silva	Engenheiro de Minas	DIGEOF-RJ
Victor Hugo Rocha Lopes	Pesquisador de Geociências	SUREG-BH
Mauro Lisboa Souza	Geólogo	REFO
Regina Celia dos Santos Silva	Geóloga	SUREG-BE

A revisão e compatibilização geral dos resultados obtidos apresentados no Relatório Final foi executada pelos geólogos Alexandre Lisboa Lago, Paulo Marques Abreu e Bruno Menchio Faria, com supervisão da gerente do contrato, geóloga Maria Laura Vereza de Azevedo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DNPM. - 1985** – Manual Técnico de Geologia, Departamento Nacional da Produção Mineral. Brasília, Brasil, 354p.
- GEOSOFT - 2005** – Montaj Geophysics Levelling System: Tutorial and User Guide. Toronto, Canada, disponível em <http://www.geosoft.com>
- GRASTY, R. L. & MINTY, B. R. S. - 1995** - A guide to the technical specifications for airborne gamma-ray surveys. AGSO, Australia, 86p.
- IAEA. - 1991** - Airborne gamma ray spectrometer surveying. International Atomic Energy Agency. Technical Reports Series No. 323. Vienna, Austria, 97p.
- IAEA. - 2003** – Guidelines for radioelement mapping using gamma ray spectrometry data. International Atomic Energy Agency. TECDOC-1363. Vienna, Austria, 173p.

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

ANEXO I-a - Resultado dos Testes da Resolução dos Cristais Detectores
(Downward e Upward)

Aeronave: PR-FAG

Data da Calibração: 28/02/2009

Log Vôo – Magnetometria & Gamaespectrometria

	GR-820	BOX A	BOX B	BOX D	ROI	ELEMENT	CHANNEL	STAB
S/N	8268	2606	2607	GSA42	1	TOTAL COUNT	34-233	---
CAL					2	POTASSIUM	115-131	122
ADC	123				3	URANIUM	139-155	147
					4	THORIUM	202-233	218
					8	URANIUM UP	139-155	---

AMPLIFIER A			AMPLIFIER B			AMPLIFIER C		
XTAL	FWHM (%)	GAIN	XTAL	FWHM (%)	GAIN	XTAL	FWHM (%)	GAIN
A1	5.9	145	B1	5.3	131	D1 UP	11.4	121
A2	5.3	132	B2	5.6	134	D2 UP	11.3	112
A3	5.7	122	B3	4.5	136	D3	5.0	155
A4	5.1	138	B4	5.0	149	D4	5.0	166

TOTAL	DOWN	UP
CANAL	217.9	55.0
FWHM (%)	5.2	11.8

REFERENCE - Th < 7%	REFERENCE - Cs < 12%
BOX A & B	CRYSTALS (UP) D1 & D2
CRYSTALS (DOWN) D3 & D4	

SPEC280405260.MSD

SAMPLE TEST			INITIAL		
LINE	SAMPLE	FID INITIAL	TIME INITIAL	FID FINAL	TIME FINAL
11	TH	493	11:26	613	11:28
12	U	759	11:30	879	11:32
13	BG	980	11:34	1100	11:36

SPEC280405261.MSD

SAMPLE TEST			FINAL		
LINE	SAMPLE	FID INITIAL	TIME INITIAL	FID FINAL	TIME FINAL
21	TH	19468	20:47	19588	20:49
22	U	19680	20:50	19800	20:52
23	BG	19907	20:54	20027	20:56

LASA
033

	peak	fwhm	gain		peak	fwhm	gain
A1	218.2	5.9	145	C1			
A2	217.9	5.3	132	C2			
A3	217.6	5.7	122	C3			
A4	217.7	5.1	138	C4			
B1	217.6	5.3	131	D1	55.0	11.4	121
B2	217.9	5.6	134	D2	55.0	11.3	112
B3	218.3	4.5	136	D3	218.0	5.0	155
B4	218.0	5.0	149	D4	217.8	5.0	166<
DN	217.9	5.2		UP	55.0	11.8	

EXPLORANIUM

Foto tirada no dia 28/02/2009 no hangar em Jacarepaguá mostrando a resolução dos cristais do sistema Exploranium GR820 da aeronave PR-FAG

ANEXO I-b – Resultado do Teste dos Coeficientes de Espalhamento *COMPTON*

Aeronave: PR-FAG

Data: 28/02/2009

Resumo das Contagens de Cada Elemento Sobre os Tanques de Calibração Portáteis

 Obs.: Valores corrigidos do *live time*

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>	1	273,449	57,808	110,195
TH1	Tório	1	330,587	94,088	242,525
U1	Urânio	1	342,193	150,248	116,071
K1	Potássio	1	425,171	57,387	110,071

Pacote de Cristais B (1.024 pol ³)			ELEMENTOS (cps)		
Num. Linha	Tanque	Tempo (s)	K (média)	U (média)	Th (media)
BG2	<i>Background</i>	1	276,789	52,751	97,693
TH2	Tório	1	344,594	98,736	257,598
U2	Urânio	1	365,915	167,841	105,266
K2	Potássio	1	468,193	52,149	97,116

Pacote de Cristais D (512 pol ³)			ELEMENTOS (cps)		
Num. Linha	Tanque	Tempo (s)	K (média)	U (média)	Th (media)
BG3	<i>Background</i>	1	183,476	33,750	57,568
TH3	Tório	1	227,034	65,108	154,067
U3	Urânio	1	239,401	105,080	62,379
K3	Potássio	1	299,434	33,751	56,582

Pacote de Cristais A (1.024 pol ³)		ELEMENTOS (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	164069	34685	66117
Tório	600	198352	56453	145515
Urânio	600	205316	90149	69643
Potássio	600	255103	34432	66043

Pacote de Cristais B (1.024 pol ³)		ELEMENTOS (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	166073	31650	58616
Tório	600	206756	59242	154559
Urânio	600	219549	100705	63160
Potássio	600	280916	31289	58270

Pacote de Cristais D (512 pol ³)		ELEMENTOS (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	110085	20250	34541
Tório	600	136220	39065	92440
Urânio	600	143641	63048	37427
Potássio	600	179660	20251	33949

Pacotes de Cristais A+B+D (2.512 pol ³)		ELEMENTOS (Acumulado)		
Tanque	Tempo (s)	K	U	Th
<i>Background</i>	600	440228	86585	159274
Tório	600	541329	154759	392514
Urânio	600	568505	253901	170230
Potássio	600	715679	85972	158261

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

```

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

Concentrations of Transportable Pads
NUMBER OF PADS = 4
PAD CONCENTRATIONS:

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

GEOMETRIC CORRECTION FACTORS:
    POTASSIUM    URANIUM    THORIUM
        1.17        1.17        1.19

Aeronave PR-FAG Caixa A - 28/02/2009
WINDOW COUNTS:

                TIME (M)    K COUNTS    U COUNTS    TH COUNTS
B Pad      600.0    164069.    34685.     66117.
K Pad      600.0    255103.    34432.     66043.
U Pad      600.0    205316.    90149.     69643.
T Pad      600.0    198352.    56453.     145515.
1
A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

    2.099E+01 (3.004E-01)    1.343E+00 (3.369E-02)    4.182E-01 (1.054E-02)
    1.513E-01 (6.169E-02)    1.775E+00 (3.605E-02)    2.449E-01 (5.455E-03)
    1.970E-01 (8.630E-02)    9.174E-02 (1.241E-02)    9.882E-01 (1.655E-02)

INVERSE A-MATRIX:

    4.801E-02 (6.957E-04)    -3.573E-02 (7.200E-04)    -1.146E-02 (4.103E-04)
   -2.807E-03 (1.764E-03)     5.728E-01 (1.154E-02)    -1.408E-01 (3.756E-03)
   -9.311E-03 (4.211E-03)    -4.605E-02 (6.292E-03)     1.027E+00 (1.705E-02)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:
K SENSITIVITY (A11) = 2.099E+01 (3.004E-01) COUNTS/ M PER PCT K
U SENSITIVITY (A22) = 1.775E+00 (3.605E-02) COUNTS/ M PER PPM EU
TH SENSITIVITY (A33) = 9.882E-01 (1.655E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

```

K SENSITIVITY (A11) = 2.456E+01 (3.515E-01) COUNTS/ M PER PCT K
 U SENSITIVITY (A22) = 2.077E+00 (4.218E-02) COUNTS/ M PER PPM EU
 TH SENSITIVITY (A33) = 1.176E+00 (1.969E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2479 (.0042)
 TH INTO K (BETA = A13/A33): .4232 (.0087)
 U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7566 (.0131)
 U INTO TH (A = A32/A22): .0517 (.0069)
 K INTO TH (B = A31/A11): .0094 (.0041)
 K INTO U (G = A21/A11): .0072 (.0029)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 2.416E+02 (9.626E-01) COUNTS/M
 U WINDOW : 5.532E+01 (3.961E-01) COUNTS/M
 TH WINDOW : 1.076E+02 (5.505E-01) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

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

```

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

Concentrations of Transportable Pads
NUMBER OF PADS = 4
PAD CONCENTRATIONS:

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

GEOMETRIC CORRECTION FACTORS:
    POTASSIUM    URANIUM    THORIUM
        1.17        1.17        1.19

Aeronave PR-FAG Caixa B - 28/02/2009
WINDOW COUNTS:

                TIME (M)    K COUNTS    U COUNTS    TH COUNTS
B Pad    600.0    166073.    31650.    58616.
K Pad    600.0    280916.    31289.    58270.
U Pad    600.0    219549.    100705.    63160.
T Pad    600.0    206756.    59242.    154559.
1

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

    2.648E+01 (3.632E-01)    1.741E+00 (4.071E-02)    4.949E-01 (1.173E-02)
    1.791E-01 (5.951E-02)    2.210E+00 (4.418E-02)    3.111E-01 (6.278E-03)
    1.803E-01 (8.252E-02)    1.199E-01 (1.212E-02)    1.194E+00 (1.963E-02)

INVERSE A-MATRIX:

    3.802E-02 (5.256E-04)    -2.952E-02 (5.325E-04)    -8.070E-03 (2.898E-04)
    -2.306E-03 (1.085E-03)    4.608E-01 (9.153E-03)    -1.191E-01 (2.985E-03)
    -5.510E-03 (2.642E-03)    -4.181E-02 (4.112E-03)    8.507E-01 (1.392E-02)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 2.648E+01 (3.632E-01) COUNTS/ M PER PCT K
U SENSITIVITY (A22) = 2.210E+00 (4.418E-02) COUNTS/ M PER PPM EU
TH SENSITIVITY (A33) = 1.194E+00 (1.963E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

K SENSITIVITY (A11) = 3.098E+01 (4.249E-01) COUNTS/ M PER PCT K

```

U SENSITIVITY (A22) = 2.585E+00 (5.169E-02) COUNTS/ M PER PPM EU
TH SENSITIVITY (A33) = 1.421E+00 (2.335E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2605 (.0035)

TH INTO K (BETA = A13/A33): .4145 (.0076)

U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7879 (.0112)

U INTO TH (A = A32/A22): .0542 (.0054)

K INTO TH (B = A31/A11): .0068 (.0031)

K INTO U (G = A21/A11): .0068 (.0022)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 2.366E+02 (1.030E+00) COUNTS/M

U WINDOW : 4.965E+01 (3.841E-01) COUNTS/M

TH WINDOW : 9.462E+01 (5.275E-01) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

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

```

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

Concentrations of Transportable Pads
NUMBER OF PADS = 4
PAD CONCENTRATIONS:

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

GEOMETRIC CORRECTION FACTORS:
    POTASSIUM    URANIUM    THORIUM
        1.17        1.17        1.19

Aeronave PR-FAG Caixa D - 28/02/2009
WINDOW COUNTS:

                TIME (M)    K COUNTS    U COUNTS    TH COUNTS
B Pad      600.0    110085.    20250.    34541.
K Pad      600.0    179660.    20251.    33949.
U Pad      600.0    143641.    63048.    37427.
T Pad      600.0    136220.    39065.    92440.
1

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

1.605E+01 (2.348E-01)    1.092E+00 (2.745E-02)    3.179E-01 (8.358E-03)
1.667E-01 (4.730E-02)    1.369E+00 (2.798E-02)    2.142E-01 (4.585E-03)
2.168E-02 (6.215E-02)    7.684E-02 (9.069E-03)    7.204E-01 (1.216E-02)

INVERSE A-MATRIX:

6.284E-02 (9.313E-04)    -4.937E-02 (1.011E-03)    -1.305E-02 (5.959E-04)
-7.482E-03 (2.342E-03)    7.487E-01 (1.520E-02)    -2.193E-01 (5.762E-03)
-1.093E-03 (5.464E-03)    -7.837E-02 (8.277E-03)    1.412E+00 (2.366E-02)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:
K SENSITIVITY (A11) = 1.605E+01 (2.348E-01) COUNTS/ M PER PCT K
U SENSITIVITY (A22) = 1.369E+00 (2.798E-02) COUNTS/ M PER PPM EU
TH SENSITIVITY (A33) = 7.204E-01 (1.216E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

```

K SENSITIVITY (A11) = 1.878E+01 (2.747E-01) COUNTS/ M PER PCT K
 U SENSITIVITY (A22) = 1.602E+00 (3.273E-02) COUNTS/ M PER PPM EU
 TH SENSITIVITY (A33) = 8.573E-01 (1.447E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2973 (.0047)
 TH INTO K (BETA = A13/A33): .4412 (.0097)
 U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7973 (.0139)
 U INTO TH (A = A32/A22): .0561 (.0065)
 K INTO TH (B = A31/A11): .0014 (.0039)
 K INTO U (G = A21/A11): .0104 (.0029)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 1.591E+02 (7.778E-01) COUNTS/M
 U WINDOW : 3.170E+01 (3.031E-01) COUNTS/M
 TH WINDOW : 5.584E+01 (3.980E-01) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

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

```

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

Concentrations of Transportable Pads
NUMBER OF PADS = 4
PAD CONCENTRATIONS:

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

GEOMETRIC CORRECTION FACTORS:
    POTASSIUM    URANIUM    THORIUM
        1.17        1.17        1.19

Aeronave PR-FAG Caixa A+B+D - 28/02/2009
WINDOW COUNTS:

                TIME (M)    K COUNTS    U COUNTS    TH COUNTS
B Pad      600.0    440228.    86585.    159274.
K Pad      600.0    715679.    85972.    158261.
U Pad      600.0    568505.    253901.    170230.
T Pad      600.0    541329.    154759.    392514.
1

A-MATRIX FROM NONLINEAR REGRESSION:

6.352E+01 (8.270E-01)    4.176E+00 (9.102E-02)    1.231E+00 (2.532E-02)
4.971E-01 (1.014E-01)    5.354E+00 (1.049E-01)    7.702E-01 (1.389E-02)
3.988E-01 (1.425E-01)    2.884E-01 (2.156E-02)    2.903E+00 (4.656E-02)

INVERSE A-MATRIX:

1.586E-02 (2.072E-04)    -1.218E-02 (1.918E-04)    -3.494E-03 (9.645E-05)
-1.176E-03 (3.151E-04)    1.904E-01 (3.710E-03)    -5.002E-02 (1.158E-03)
-2.062E-03 (7.806E-04)    -1.725E-02 (1.253E-03)    3.500E-01 (5.602E-03)

WINDOW SENSITIVITIES FOR SMALL SOURCES:
K SENSITIVITY (A11) = 6.352E+01 (8.270E-01) COUNTS/ M PER PCT K
U SENSITIVITY (A22) = 5.354E+00 (1.049E-01) COUNTS/ M PER PPM EU
TH SENSITIVITY (A33) = 2.903E+00 (4.656E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

WINDOW SENSITIVITIES FOR INFINITE SOURCES:

```

K SENSITIVITY (A11) = 7.431E+01 (9.676E-01) COUNTS/ M PER PCT K
 U SENSITIVITY (A22) = 6.264E+00 (1.227E-01) COUNTS/ M PER PPM EU
 TH SENSITIVITY (A33) = 3.454E+00 (5.541E-02) COUNTS/ M PER PPM TH

STRIPPING RATIOS:

TH INTO U (ALPHA = A23/A33): .2653 (.0025)

TH INTO K (BETA = A13/A33): .4241 (.0058)

U INTO K (GAMMA = A12/A22): .7799 (.0084)

U INTO TH (A = A32/A22): .0539 (.0039)

K INTO TH (B = A31/A11): .0063 (.0022)

K INTO U (G = A21/A11): .0078 (.0016)

BACKGROUND COUNT RATES:

K WINDOW : 6.373E+02 (1.957E+00) COUNTS/M

U WINDOW : 1.367E+02 (6.609E-01) COUNTS/M

TH WINDOW : 2.581E+02 (9.134E-01) COUNTS/M

NUMBERS IN PARENTHESES ARE ESTIMATED STANDARD DEVIATIONS

Coeficientes de Espalhamento *Compton*

RESULTADO	
Coeficiente	Valor Obtido em 28/02/2009
α	0,2653 ± 0,0025
β	0,4241 ± 0,0058
γ	0,7799 ± 0,0084
a	0,0539 ± 0,0039
b	0,0063 ± 0,0022
g	0,0078 ± 0,0016

ANEXO I-c – Determinação dos *Backgrounds* da Aeronave e Cósmico

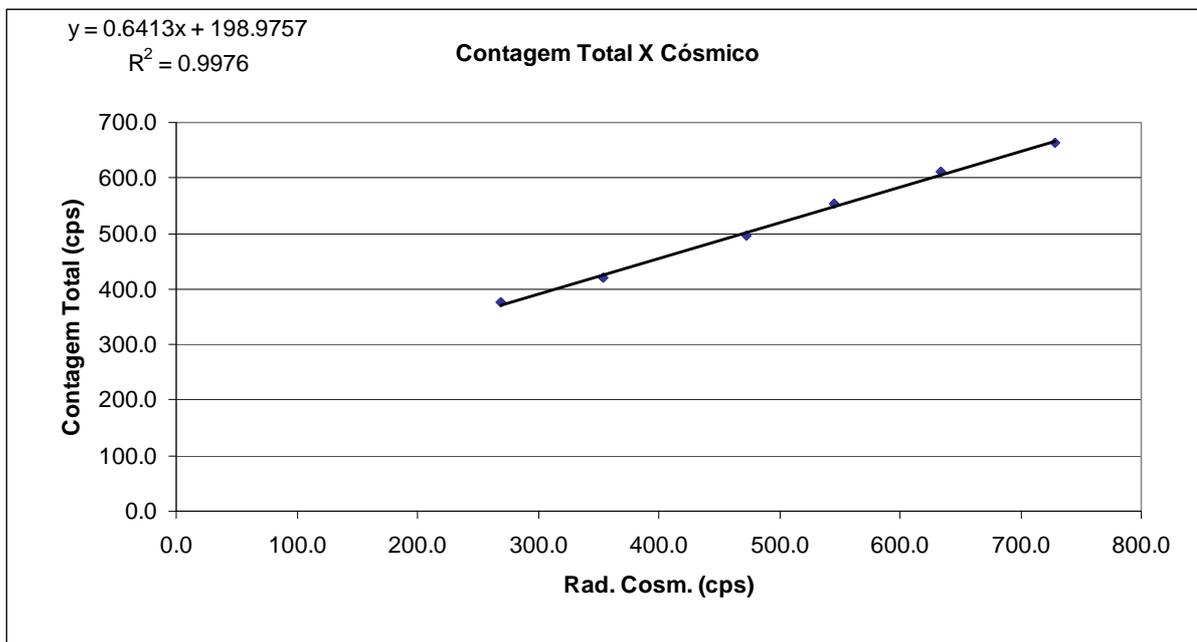
Aeronave: PR-FAG

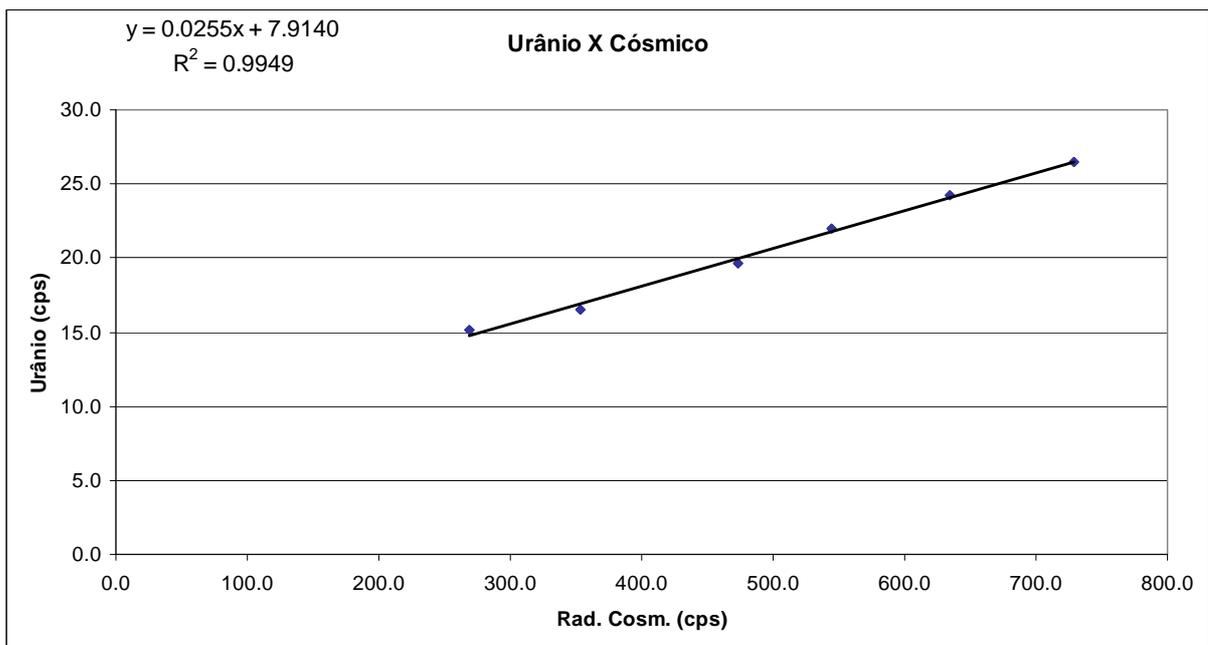
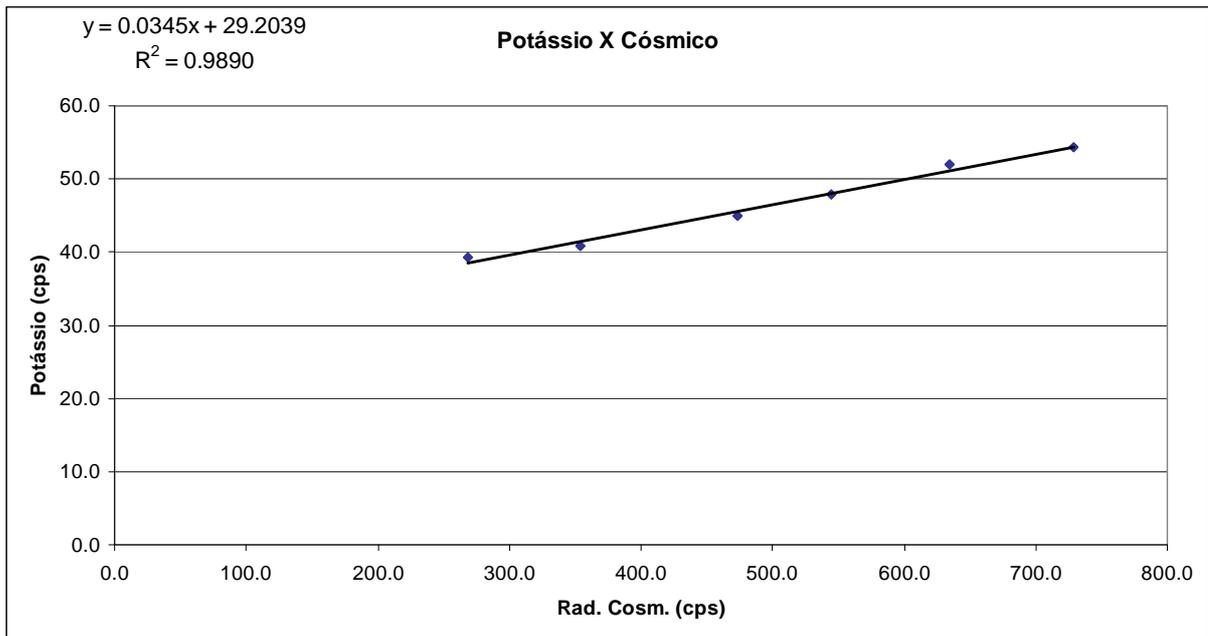
RESULTADO DO VÔO CÔSMICO DA AERONAVE REIMS 406 – CARAVAN II– PR-FAG
(Vol. Pacote de Cristais: 2.560 pol³)

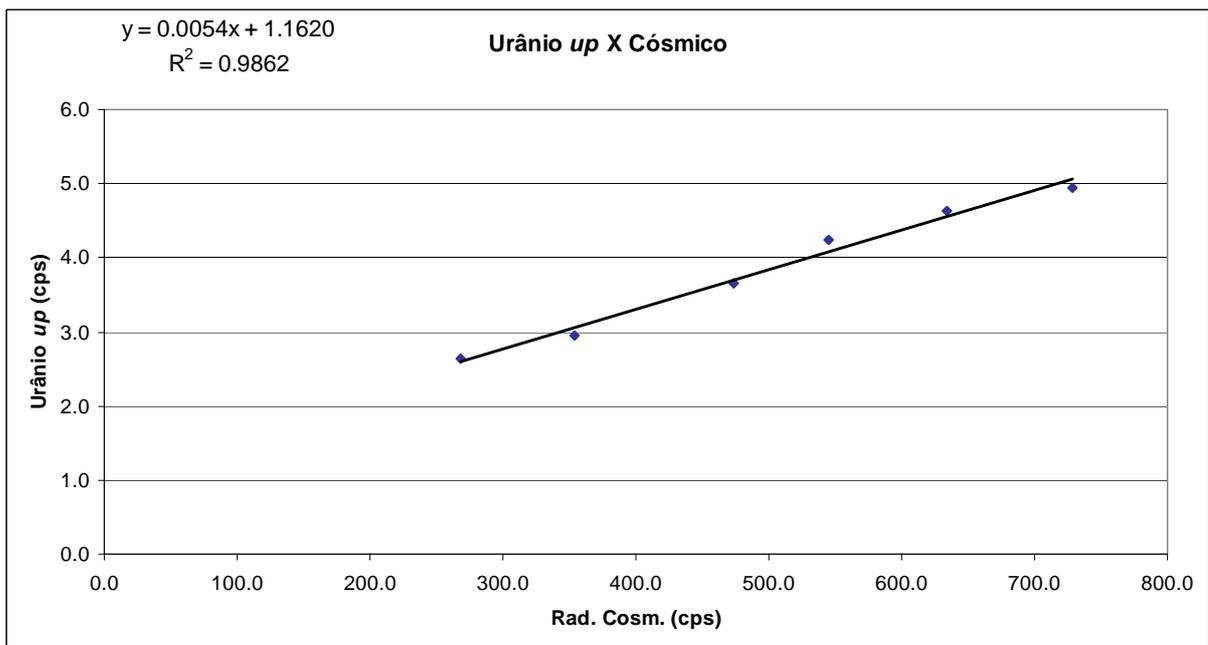
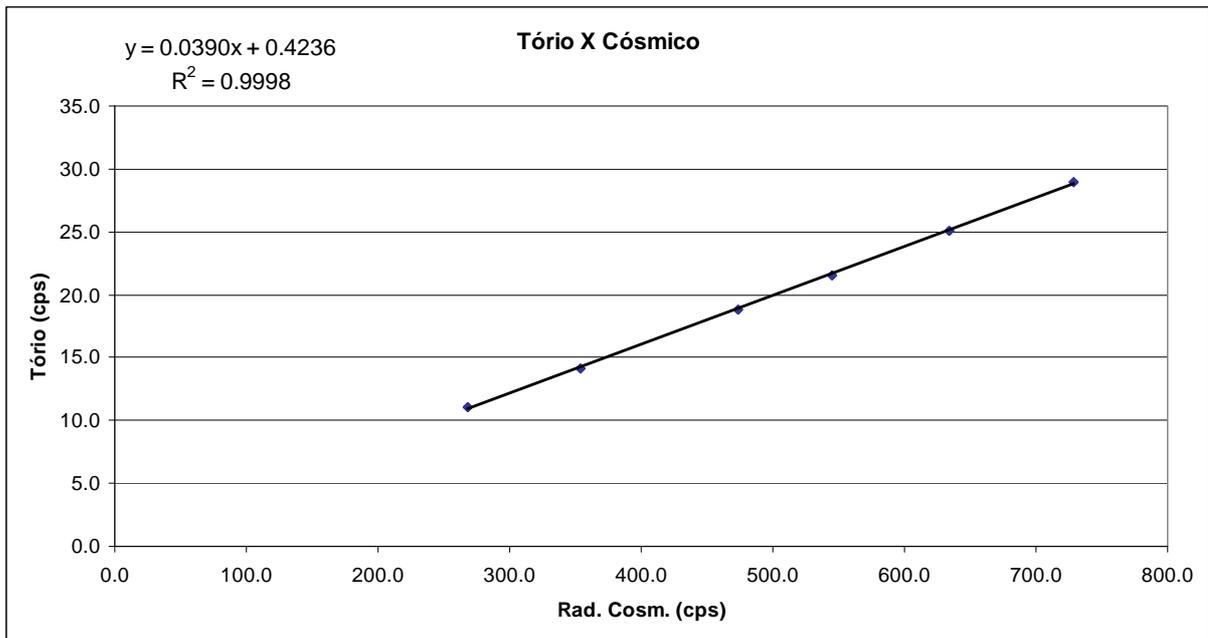
Rio de Janeiro, 01 de março de 2009

Altitude (m)	Cósmico (cps)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)	Uup (cps)
1628,40	268,562	375,146	39,197	15,173	11,035	2,637
2282,50	353,639	421,647	40,864	16,553	14,105	2,944
2951,30	473,182	495,724	44,908	19,616	18,864	3,655
3264,20	544,982	553,177	47,850	21,989	21,575	4,239
3611,80	634,273	611,574	51,935	24,226	25,110	4,635
3916,60	728,988	662,662	54,235	26,517	28,964	4,952

Obs: Canais corrigidos do Live Time







RESULTADO		
CANAL	Background Aeronave	Stripping Cómico
CT	198,9757	0,6413
K	29,2039	0,0345
U	7,9140	0,0255
Th	0,4236	0,0390
Uup	1,1620	0,0054

ANEXO I-d – Determinação das Constantes de Calibração do Radônio

Aeronave: PR-FAG

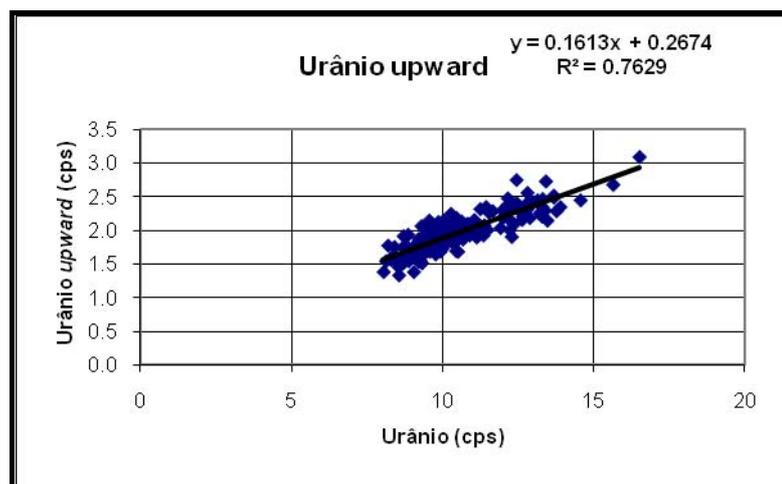
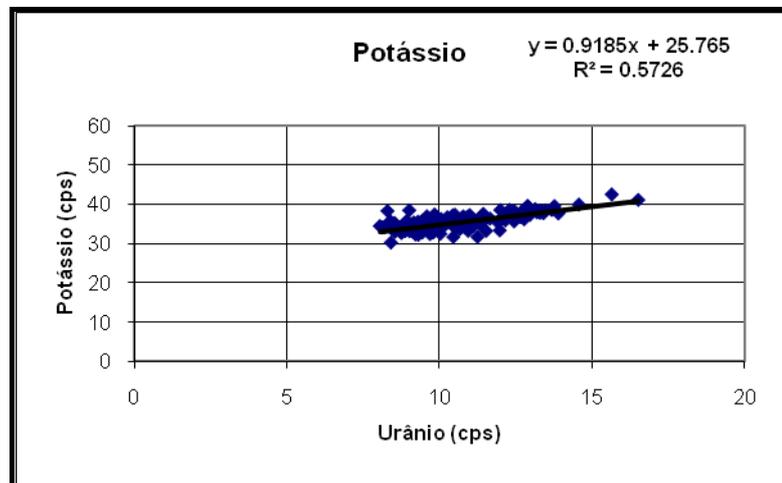
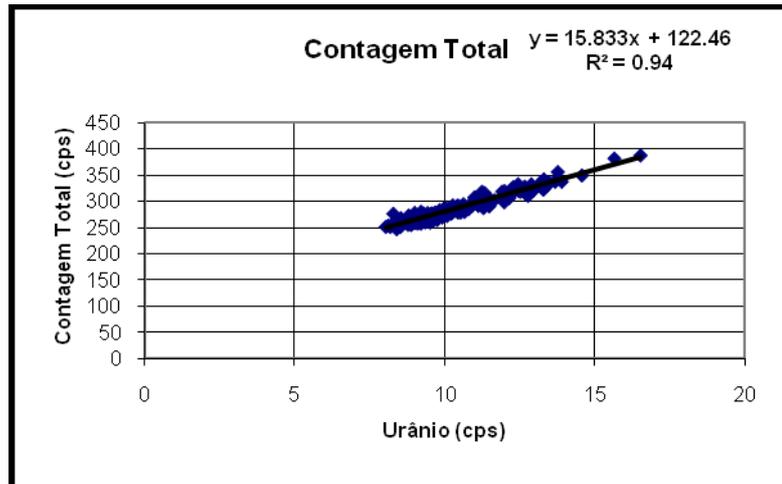
Vôo	Contagem Total	Potássio	Urânio	Tório	Urânio Upward	Cósmico
4	272,77	33,15	9,83	8,51	1,76	194
	301,69	35,11	11,37	8,40	2,08	196
5	260,04	33,76	9,51	8,40	1,71	189
	299,16	36,38	11,06	9,53	2,14	189
6	251,78	32,94	8,53	8,73	1,50	192
	322,87	36,77	-	12,91	1,95	200
17	290,99	34,75	10,66	9,46	1,93	195
	328,12	37,96	12,66	9,27	2,32	201
18	292,94	35,99	10,92	9,68	2,04	195
	293,05	36,08	10,89	8,68	1,93	201
19	273,77	33,97	9,35	9,36	1,88	197
	279,04	34,46	10,44	9,21	1,85	195
21	266,51	33,49	9,42	9,00	1,69	202
	279,76	34,23	9,86	9,25	2,10	199
22	265,37	34,25	9,15	9,26	1,73	197
	279,40	34,86	10,11	8,50	2,02	200
23	271,02	34,12	8,85	9,31	1,94	194
	282,16	35,33	10,07	8,94	1,99	201
24	272,57	33,70	9,52	9,06	1,91	198
	274,79	33,45	9,83	8,94	1,97	196
25	259,64	33,15	9,01	9,05	1,65	197
	275,86	34,26	9,82	8,82	1,71	202
27	277,25	34,98	9,73	9,14	1,86	200
	306,34	36,77	12,14	8,98	2,38	191
28	285,57	35,55	10,06	9,65	2,01	197
	302,37	36,36	11,65	8,55	2,29	189
29	288,00	35,69	10,69	9,30	2,06	196
	291,55	36,78	10,90	8,94	2,00	191
30	274,93	34,18	9,76	9,48	1,65	196
	285,38	35,72	10,47	8,49	2,01	188
31	274,34	33,72	9,39	9,71	1,70	194
	292,72	35,68	10,27	8,84	2,25	186
32	323,39	36,90	12,22	10,05	2,01	195
	321,03	37,22	12,78	9,67	2,31	194
35	276,28	35,75	9,63	9,18	1,91	276
	291,68	35,53	11,12	8,72	1,90	292
37	276,68	38,31	8,29	8,72	1,57	188
	270,54	34,29	9,33	8,84	1,89	188
40	268,40	34,85	8,54	9,46	1,46	197
	278,63	34,59	9,86	8,94	1,87	190
41	-	-	-	-	-	-
	275,63	34,43	9,20	9,15	1,88	197
42	260,51	34,62	9,35	8,83	1,65	196
	292,70	34,51	11,11	9,10	1,92	200

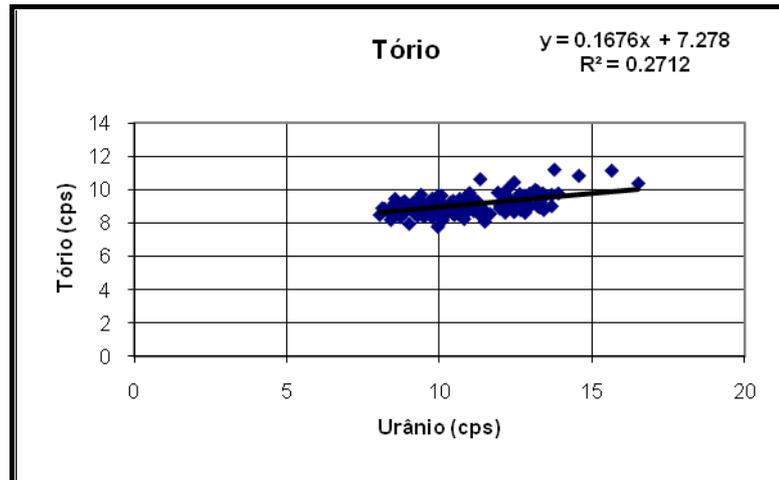
Vão	Contagem Total	Potássio	Urânio	Tório	Urânio Upward	Cósmico
43	269,75	34,74	9,92	8,96	1,69	196
	320,56	35,62	12,44	8,66	2,41	202
44	-	-	-	-	-	-
	278,38	38,49	9,00	7,95	1,73	192
45	274,23	36,94	9,58	8,90	1,79	199
	324,83	38,59	12,29	9,19	2,34	199
46	-	-	-	-	-	-
	288,53	34,94	10,01	8,72	2,06	194
47	273,36	34,66	8,80	9,18	1,76	196
	327,12	38,33	12,28	9,50	1,91	195
48	-	-	-	-	-	-
	326,92	37,03	12,36	9,27	2,10	204
49	267,76	34,55	9,27	8,92	1,63	203
	283,62	35,45	10,32	8,89	1,82	201
50	-	-	-	-	-	-
	306,88	36,60	11,04	9,00	2,16	195
51	274,26	34,38	9,73	8,94	1,71	197
	294,89	34,93	10,62	8,52	2,14	195
52	-	-	-	-	-	-
	325,45	37,27	12,96	9,01	2,40	205
53	275,10	32,77	9,78	9,35	1,88	200
	310,63	36,18	12,77	9,09	2,40	201
54	-	-	-	-	-	-
	341,66	37,91	13,30	9,24	2,47	194
55	276,65	34,03	9,61	9,17	1,94	197
	340,95	38,43	13,29	9,37	2,35	194
56	272,50	34,06	9,51	8,53	1,78	203
	295,34	35,51	10,86	9,17	2,10	199
57	-	-	-	-	-	-
	287,49	35,03	11,29	8,55	2,06	193
58	264,12	33,30	8,77	8,83	1,62	197
	277,03	35,11	10,22	8,56	1,89	195
59	-	-	-	-	-	-
	259,53	33,11	8,71	8,35	1,53	197
62	270,12	33,49	9,04	8,90	1,39	197
	329,82	38,82	13,13	10,01	2,45	219
63	285,62	34,08	9,98	9,31	1,73	219
	311,97	36,79	12,08	9,65	2,32	223
64	285,43	34,49	9,97	9,68	1,93	220
	335,83	37,95	13,19	9,94	2,40	237
65	265,43	34,21	8,83	9,10	1,62	199
	280,08	33,70	10,66	9,06	1,87	196
66	268,31	34,01	8,78	8,69	1,58	197
	290,70	35,51	10,41	8,96	1,96	197
67	315,90	36,62	11,33	10,65	1,99	248
	355,72	39,56	13,76	11,23	2,29	262

Vão	Contagem Total	Potássio	Urânio	Tório	Urânio Upward	Cósmico
68	-	-	-	-	-	-
	279,15	35,32	9,68	9,10	1,79	193
69	275,45	35,16	9,31	9,19	1,52	196
	287,55	36,90	10,40	9,06	2,07	195
70	307,44	37,25	10,98	9,81	2,02	240
	332,83	38,34	12,44	10,47	2,75	250
71	-	-	-	-	-	-
	288,59	36,92	10,77	9,17	2,00	194
72	264,65	35,70	8,91	9,08	1,59	197
	281,72	35,36	10,10	8,17	2,10	197
73	268,49	34,59	9,05	8,91	1,71	198
	286,12	35,72	10,36	8,81	2,09	196
75	258,07	32,29	9,21	8,57	1,54	194
	278,18	32,81	9,43	8,58	2,05	196
76	-	-	-	-	-	-
	318,41	31,68	11,24	9,30	2,32	221
77	277,29	34,38	9,57	8,85	1,88	200
	303,51	33,21	11,52	8,63	2,27	200
78	276,28	33,60	9,65	9,04	1,83	204
	297,50	33,23	10,93	8,75	2,10	196
79	262,85	33,38	9,25	8,64	1,56	201
	279,50	32,47	10,02	9,10	2,15	199
80	262,67	33,18	8,70	8,84	1,92	200
	307,56	33,33	11,97	8,88	2,30	199
81	247,60	30,22	8,40	8,19	1,76	194
	277,43	32,20	9,30	8,86	1,63	198
84	264,08	32,67	8,75	8,76	1,73	202
	280,53	32,60	9,21	8,54	1,81	193
85	265,04	32,91	9,75	8,33	1,73	198
	315,70	35,89	12,15	8,63	2,48	197
86	272,39	32,41	9,68	9,09	2,01	199
	281,85	31,64	10,45	8,59	2,19	198
92	300,24	36,76	11,34	9,01	1,93	187
	319,80	38,55	11,99	9,02	2,30	187
96	306,59	37,59	11,43	8,77	2,35	184
	389,69	41,35	-	8,80	2,53	186
97	325,71	37,92	-	9,32	2,21	183
	283,79	36,27	10,04	8,45	1,95	183
98	-	-	-	-	-	-
	290,74	36,51	11,48	8,08	2,01	184
99	355,39	53,53	-	8,52	2,02	184
	357,37	53,08	-	8,42	2,11	184
100	289,29	37,35	10,50	8,52	1,69	186
	274,99	36,49	9,94	7,77	1,78	184
101	-	-	-	-	-	-
	339,33	38,62	13,67	9,71	2,52	188

Vão	Contagem Total	Potássio	Urânio	Tório	Urânio Upward	Cósmico
102	334,05	38,38	13,21	9,01	2,26	184
	386,93	41,14	16,51	10,40	3,09	188
103	-	-	-	-	-	-
	337,25	38,65	13,67	9,02	2,49	186
104	336,44	38,49	13,46	9,66	2,15	187
	381,19	42,55	15,64	11,17	2,68	187
108	286,49	34,68	10,53	8,72	2,06	205
	322,27	36,69	12,65	8,79	2,21	207
109	285,87	35,84	10,14	9,04	1,83	207
	330,32	37,91	13,28	8,95	2,28	213
110	276,80	34,45	9,55	9,00	1,82	204
	298,37	35,99	11,98	9,13	2,19	205
111	255,73	34,15	8,78	9,22	1,62	199
	263,71	35,12	9,62	8,81	1,78	197
112	-	-	-	-	-	-
	251,86	34,45	8,04	8,49	1,39	197
113	251,72	34,18	8,19	8,87	1,78	201
	279,08	36,68	10,25	8,67	1,98	196
114	-	-	-	-	-	-
	260,76	35,74	8,38	8,73	1,64	195
115	259,90	35,36	9,15	8,71	1,74	199
	318,63	35,36	11,91	9,84	2,04	203
116	272,64	36,05	9,57	8,74	1,69	202
	349,08	39,96	14,56	10,86	2,45	195
131	256,37	33,18	8,87	8,66	1,55	197
	273,74	35,24	10,02	8,76	1,81	192
132	258,28	33,14	9,09	8,77	1,79	198
	285,48	34,29	10,80	8,24	2,10	195
133	270,95	33,53	9,56	9,07	1,71	200
	283,31	35,31	10,35	9,23	1,84	196
134	276,25	34,11	9,85	9,03	2,13	202
	337,13	37,69	13,89	9,79	2,35	199
135	273,75	35,53	9,29	9,04	2,07	198
	322,60	37,35	12,62	9,76	2,16	197
136	255,91	33,77	8,89	8,96	1,60	200
	272,80	35,05	10,08	8,80	1,89	197
137	254,18	34,11	8,12	8,89	1,55	197
	279,21	34,10	10,53	8,77	1,91	196
138	266,38	33,59	9,34	9,01	1,64	196
	270,46	34,10	9,29	9,08	1,67	198
139	268,96	33,80	9,27	8,42	1,89	202
	277,62	33,96	10,07	8,73	2,07	197
140	261,59	35,27	8,52	9,20	1,56	196
	292,44	37,24	10,44	9,34	1,70	197
141	255,73	34,28	8,55	8,51	1,34	195
	314,56	38,10	12,69	8,91	2,30	197

Vôo	Contagem Total	Potássio	Urânio	Tório	Urânio Upward	Cósmico
142	261,87	34,16	8,69	8,83	1,76	198
	310,25	36,56	12,16	9,65	2,18	198
143	271,55	35,81	9,43	8,47	1,72	197
	325,19	37,90	12,80	8,62	2,56	198
144	288,52	36,06	10,51	8,89	1,88	197
	320,74	38,94	12,95	9,78	2,42	196
145	276,83	35,82	9,55	9,07	2,15	198
	318,40	37,39	12,51	9,35	2,31	197
146	260,40	34,16	8,86	9,26	1,73	199
	334,98	37,84	13,38	9,80	2,30	200
147	262,95	34,99	9,05	8,93	1,77	196
	330,27	37,79	13,41	8,79	2,73	200
148	283,54	37,41	9,83	9,13	2,02	194
	332,42	39,64	12,88	9,21	2,19	197
149	267,18	35,19	8,40	8,85	1,59	198
	322,17	38,43	13,28	9,21	2,21	201





CANAL	COEFICIENTE	VALOR OBTIDO
Contagem Total	a_{tc}	15,833
Potássio	a_k	0,9185
Urânio <i>upward</i>	a_u	0,1613
Tório	a_t	0,1676

ANEXO I-e – Calibração Dinâmica – Resultado dos Testes

CÁLCULO DAS TAXAS DE CONCENTRAÇÃO DOS RADIOELEMENTOS

POTÁSSIO, URÂNIO E TÓRIO

SUMÁRIO

- 1 - Considerações Gerais
- 2 - Levantamento Terrestre
- 3 - Levantamento Aéreo
- 4 - Conversão para Concentração de Elementos

Índice das Figuras, Quadros, Tabela e Mapa

- Figura 1 - Gamaespectrômetro Portátil GR-320
- Figura 2 - Coleta de Dados Terrestres na Pista de Calibração Dinâmica
- Figura 3 - Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Contagem Total

- 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 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 a 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.

2 Levantamento Terrestre

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

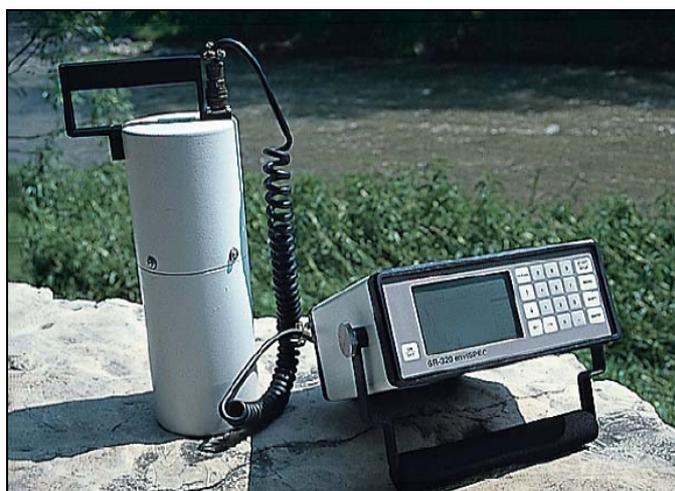


Figura 1 – Gamaespectrômetro Portátil EXPLORANIUM GR-320

Cerca de 70 estações são registradas ao longo da linha de calibração. Para efeito da remoção do *background* atmosférico da região, são feitas medidas sobre a água, utilizando para isto a Lagoa de Maricá, nas proximidades da linha 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.

Os resultados apresentados a seguir, referem-se a seguinte aeronave que participou do Projeto Aerogeofísico Gurupi.

Aeronave	Data da Calibração
PR-FAG	28/02/2009

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

Aeronave	ESTATÍSTICA	CT(*) (μ R/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)	CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
PR-FAG	Nº de Amostras: 67								
	MÉDIA	14,60	2,36	2,67	32,42	4088,54	769,82	198,52	282,19
	DESVIO PADRÃO	3,31	0,73	0,91	9,21	881,44	187,04	45,70	78,40
	ERRO NA MÉDIA(1)	0,40	0,09	0,11	1,13	107,69	22,85	5,58	9,58
	INCERTEZA (%) (2)	0,03	0,04	0,04	0,03				

- (*) Valor obtido através da expressão:

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

$$E = \text{Taxa de Exposição } (\mu\text{R/h})$$
- (1) Erro na média = Desvio Padrão / (Número de Estações)^{1/2}
- (2) Incerteza = Erro na Média/ Média
- cpm = contagem por minuto

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

Aeronave	ESTATÍSTICA	CT ($\mu\text{R/h}$)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)	CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
PR-FAG	Nº de Amostras: 8								
	MÉDIA	-0,09*	-0,09*	-0,41*	1,10	138,88	-15,13	-2,63	9,25
	DESVIO PADRÃO	0,12	0,04	0,17	0,41	13,54	5,30	2,33	3,45
	ERRO NA MÉDIA(1)	0,04	0,01	0,06	0,14	4,79	1,88	0,82	1,22
	INCERTEZA (%) (2)	0,00	0,00	0,00	0,13				

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

3 Levantamento Aéreo

Foram utilizados nas aeronaves o gamaespectrômetro EXPLORANIUM GR-820, com cristais detectores de NaI com 2.560 pol³ *down* e 512 pol³ *up*. Foram realizadas 8 passagens sobre a pista de calibração e mar, nas seguintes altitudes: 330, 400, 500, 600, 700 e 800 pés. A razão pela qual foram voadas linhas em várias altitudes foi o aproveitamento dos dados para calcular também os coeficientes de atenuação atmosférica (*attenuation coefficients*), os quais são utilizados para a correção altimétrica dos dados radiométricos.

4 Conversão para Concentração de Elementos

A sensibilidade dos detectores das aeronaves 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 (100 m) 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 100 m sobre a pista de calibração, correspondente ao intervalo de 50 metros entre as estações terrestres consideradas para efeito do 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 determinadas em terra na pista de calibração dinâmica, após a redução do *background* medido na lagoa de Maricá.

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

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

AERONAVE	ESTATÍSTICA *	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
PR-FAG	MÉDIA	2948,03	146,84	26,49	137,18
	DESVIO PADRÃO	250,23	27,19	9,59	20,25
	ERRO NA MÉDIA	19,31	2,10	0,74	1,56
	INCERTEZA (%)	0,01	0,01	0,03	0,01

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

Quadro 4 – Resultado Estatístico do Levantamento Terrestre na Pista de Calibração após a Correção do *Background*.

Aeronave	ESTATÍSTICA	CT (μ R/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)	CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
PR-FAG	MÉDIA	14,28	2,36	2,67	31,32	3949,66	784,95	201,15	272,94
	DESVIO PADRÃO	3,31	0,73	0,91	9,21	881,44	187,04	45,70	78,40
	ERRO NA MÉDIA(1)	0,40	0,09	0,11	1,13	107,69	22,85	5,58	9,58
	INCERTEZA (%) (2)	0,03	0,04	0,04	0,04				

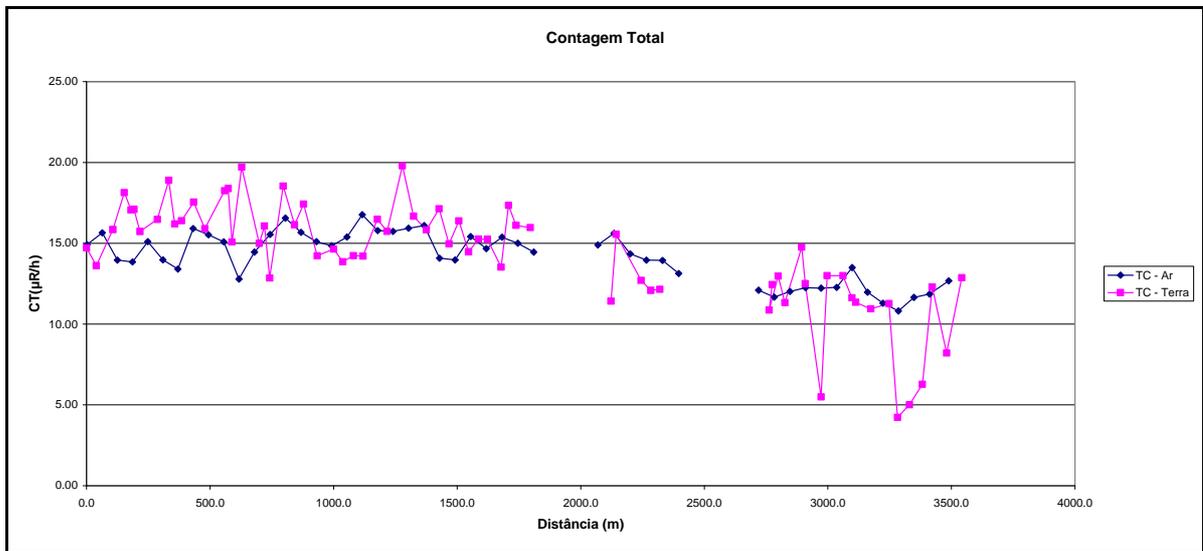
cpm = contagens por minuto

Quadro 5 – Coeficientes de Sensibilidade

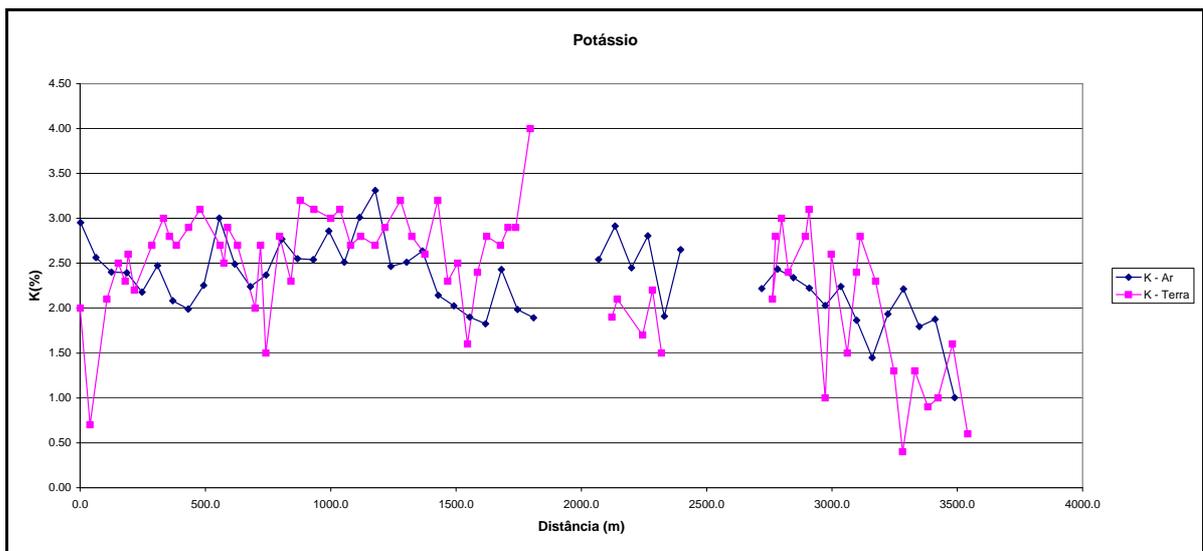
AERONAVE	SENSIBILIDADE (S)			
	CT (cps / μ R/h)	K (cps / %)	U (cps / ppm)	Th (cps / ppm)
PR-FAG	206,44	62,22	9,92	4,38

As Figuras a seguir apresentam os perfis comparativos dos levantamentos aéreo e terrestre para cada aeronave envolvida:

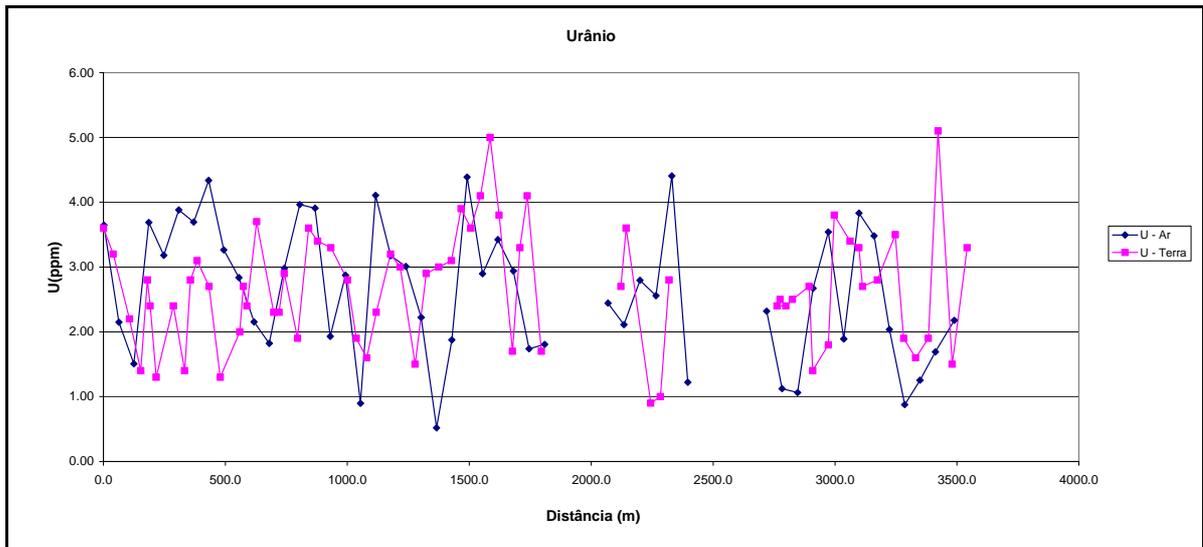
Aeronave: PR-FAG



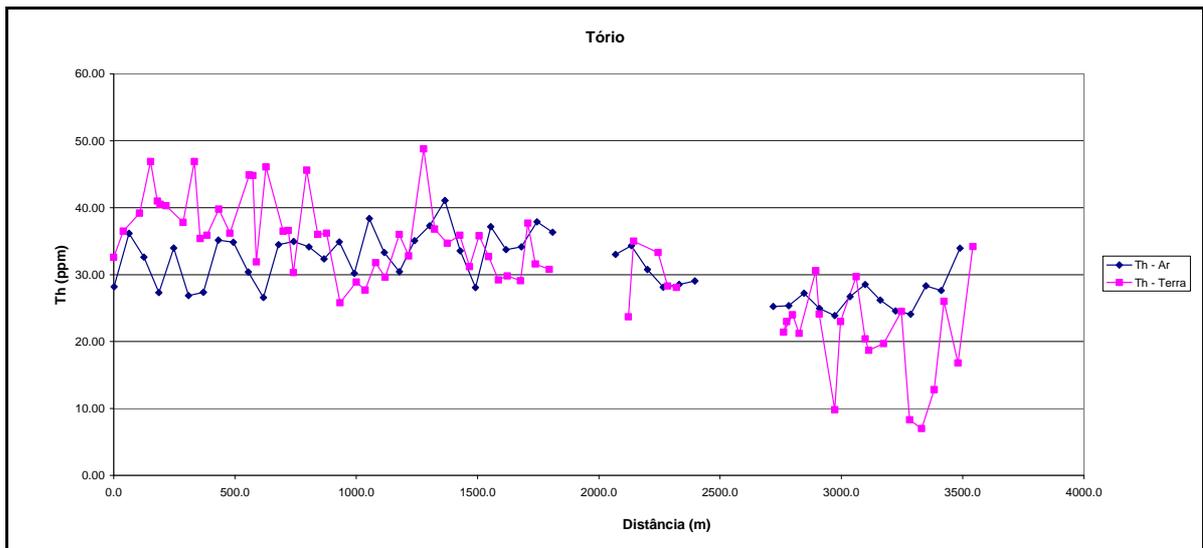
Calibração dinâmica – Perfil comparativo – Contagem Total



Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Potássio



Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Urânio



Calibração Dinâmica – Perfil Comparativo – Tório

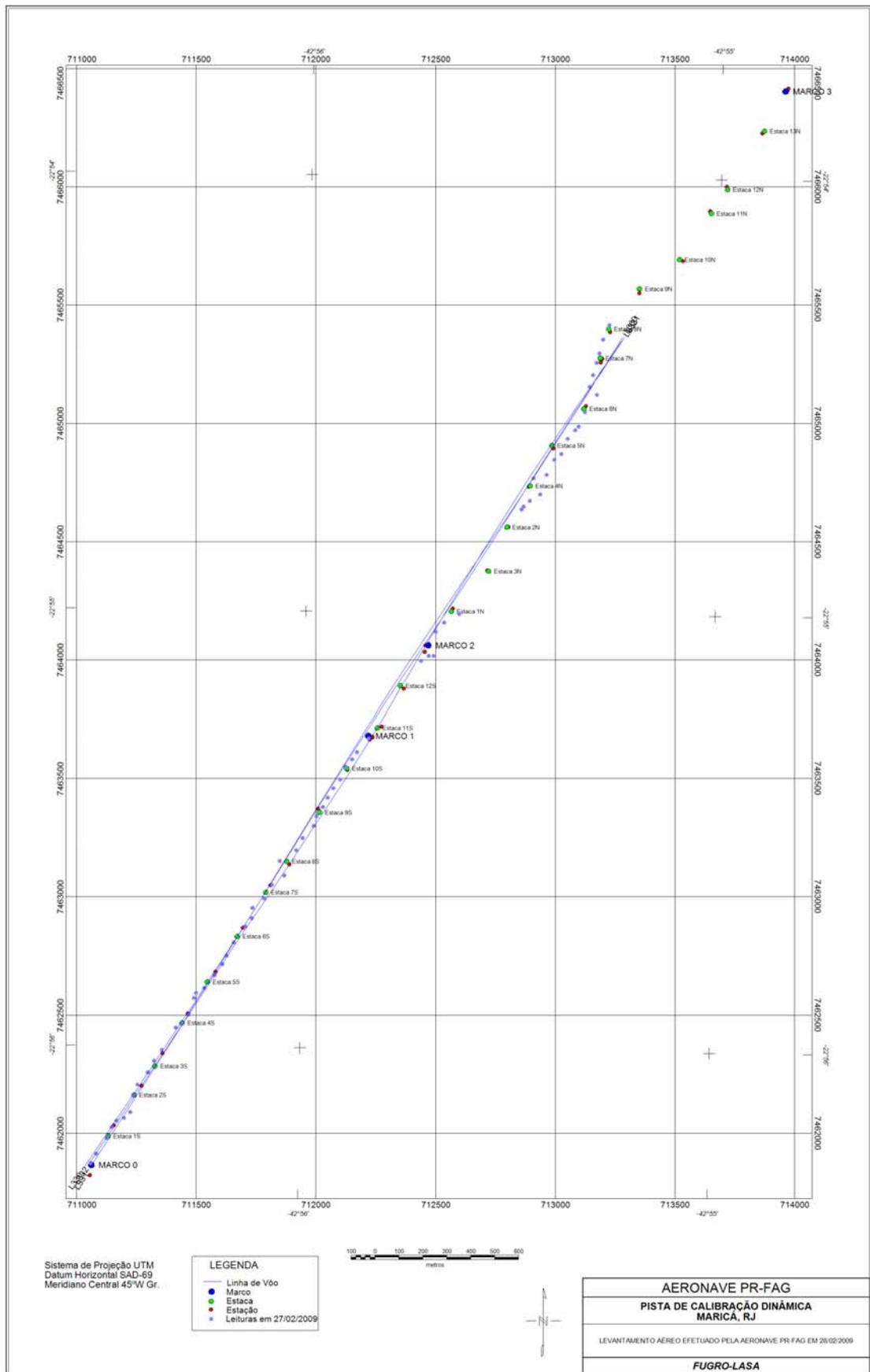
**TABELA 1 - LISTAGEM DAS LEITURAS DO LEVANTAMENTO TERRESTRE
PISTA DE CALIBRAÇÃO DINÂMICA – 28/02/2009
DADOS BRUTOS**

Estação	Estaca	UTM LESTE (m)	UTM NORTE (m)	CT (μ R/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)	CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
1	Marco 0	711014,5	7461829,4	15,0	2,0	3,6	33,7	4261	713	222	295
2		711037,9	7461869,1	13,9	0,7	3,2	37,6	3667	463	232	328
3		711081,6	7461936,2	16,2	2,1	2,2	40,3	4748	757	227	352
4		711102,2	7461982,0	18,5	2,5	1,4	48,0	5127	873	248	418
5	Estaca 1S	711122,5	7462009,4	17,4	2,3	2,8	42,1	4898	819	247	367
6		711154,0	7462021,3	17,4	2,6	2,4	41,6	4974	882	236	362
7		711180,0	7462045,5	16,0	2,2	1,3	41,4	4695	849	216	360
8		711192,4	7462116,1	16,8	2,7	2,4	38,9	4724	878	224	339
9	Estaca 2S	711210,1	7462162,0	19,2	3,0	1,4	48,0	5357	976	247	418
10		711233,3	7462186,3	16,5	2,8	2,8	36,5	4811	889	220	319
11		711253,6	7462213,7	16,7	2,7	3,1	37,0	4763	888	228	323
12		711279,9	7462262,6	17,9	2,9	2,7	40,9	5009	951	239	356
13	Estaca 3S	711311,9	7462308,3	16,2	3,1	1,3	37,3	4553	931	196	325
14		711335,9	7462388,0	18,6	2,7	2,0	46,0	5327	929	250	401
15		711370,3	7462402,9	18,7	2,5	2,7	45,9	5115	893	262	401
16		711396,1	7462417,9	15,4	2,9	2,4	33,0	4508	888	196	288
17	Estaca 4S	711425,2	7462457,5	20,0	2,7	3,7	47,2	5317	960	287	412
18		711446,1	7462528,0	15,3	2,0	2,3	37,6	4236	716	216	328
19		711455,0	7462549,4	16,4	2,7	2,3	37,7	4575	873	217	329
20		711489,5	7462570,4	13,2	1,5	2,9	31,4	3608	611	212	301
21	Estaca 5S	711533,0	7462625,2	18,9	2,8	1,9	46,7	5326	944	251	407
22		711565,0	7462670,9	16,5	2,3	3,6	37,1	4599	808	235	324
23		711582,6	7462707,6	17,7	3,2	3,4	37,3	4836	995	236	326
24		711611,9	7462762,6	14,5	3,1	3,3	26,9	4128	893	184	235
25	Estaca 6S	711661,2	7462829,6	15,0	3,0	2,8	30,0	4094	891	191	262
26		711687,4	7462866,1	14,2	3,1	1,9	28,8	4070	895	168	251
27		711690,9	7462909,2	14,6	2,7	1,6	32,9	3966	823	181	286
28		711739,9	7462948,5	14,5	2,8	2,3	30,7	4162	839	185	268
29	Estaca 7S	711772,0	7463006,5	16,8	2,7	3,2	37,1	4599	881	231	324
30		711823,9	7463045,8	16,1	2,9	3,0	33,9	4636	902	211	296
31		711804,8	7463107,6	20,1	3,2	1,5	49,9	4959	977	218	356
32		711873,8	7463152,7	17,0	2,8	2,9	37,9	4665	904	229	331
33	Estaca 8S	711900,2	7463204,7	16,1	2,6	3,0	35,8	4396	841	220	312
34		711946,6	7463256,3	17,5	3,2	3,1	37,0	4919	978	228	323
35		711958,5	7463296,2	15,3	2,3	3,9	32,3	4126	784	222	283
36		711984,7	7463335,8	16,7	2,5	3,6	36,9	4572	853	236	322
37	Estaca 9S	712005,2	7463375,5	14,8	1,6	4,1	33,8	4034	650	231	295
38		712028,6	7463415,2	15,6	2,4	5,0	30,3	4384	813	231	266
39		712057,6	7463451,7	15,6	2,8	3,8	30,9	4302	870	212	270
40		712078,3	7463506,8	13,8	2,7	1,7	30,2	4054	802	171	263
41	Estaca 10S	712107,3	7463537,2	17,7	2,9	3,3	38,8	4838	933	240	339
42		712127,6	7463567,6	16,4	2,9	4,1	32,7	4594	916	226	286
43		712176,9	7463625,4	16,3	4,0	1,7	31,9	4672	1096	178	278
44		712395,3	7463951,6	11,7	1,9	2,7	24,8	3415	615	165	217
45	Estaca 13S	712426,9	7463972,7	15,9	2,1	3,6	36,1	4191	746	233	315

Estação	Estaca	UTM LESTE (m)	UTM NORTE (m)	CT (μ R/h)	K (%)	eU (ppm)	eTh (ppm)	CT (cpm)	K (cpm)	U (cpm)	Th (cpm)
46		712456,8	7464073,8	13,0	1,7	0,9	34,4	3747	607	177	299
47		712491,6	7464113,3	12,4	2,2	1,0	29,4	3501	683	155	256
48	Estaca 1N	712554,8	7464149,3	12,5	1,5	2,8	29,2	3392	559	186	255
49		712823,5	7464604,0	12,8	2,8	2,5	24,1	3513	796	157	211
50		712814,7	7464591,8	11,2	2,1	2,4	22,5	3178	633	147	196
51		712849,5	7464628,3	13,3	3,0	2,4	25,1	3735	860	160	219
52	Estaca 4N	712892,6	7464655,4	11,6	2,4	2,5	22,3	3326	701	148	195
53		712865,1	7464723,4	15,1	2,8	2,7	31,7	4270	861	197	277
54		712919,4	7464738,1	12,8	3,1	1,4	25,2	3746	845	143	219
55		712951,7	7464802,2	5,8	1,0	1,8	10,9	1782	329	83	95
56	Estaca 5N	712980,5	7464826,4	13,3	2,6	3,8	24,1	3766	779	181	212
57		713007,1	7464890,7	13,3	1,5	3,4	30,8	3562	596	205	269
58		713039,0	7464927,1	11,9	2,4	3,3	21,5	3412	719	160	188
59		713053,4	7464942,3	11,7	2,8	2,7	19,8	3444	770	142	173
60	Estaca 6N	713079,9	7465003,5	11,3	2,3	2,8	20,8	3146	673	148	183
61		713129,4	7465076,6	11,6	1,3	3,5	25,6	3100	517	182	224
62		713098,6	7465110,9	4,5	0,4	1,9	9,4	1351	179	78	83
63		713113,5	7465159,9	5,3	1,3	1,6	8,1	1725	356	66	71
64	Estaca 7N	713128,5	7465212,0	6,6	0,9	1,9	13,9	1933	323	98	122
65		713140,5	7465251,9	12,6	1,0	5,1	27,1	3431	490	219	238
66		713155,5	7465310,1	8,5	1,6	1,5	17,9	2622	485	110	157
67		713182,1	7465371,3	13,2	0,6	3,3	35,3	3440	429	224	308
1	*	722923,7	7461387,1	0,1	0,0	-0,1	0,6	128	-8	0	5
2	*	722935,1	7461387,0	-0,1	-0,1	-0,4	1,1	137	-16	-3	9
3	*	722935,1	7461387,0	-0,2	-0,1	-0,5	1,0	138	-17	-4	8
4	*	722935,1	7461387,0	-0,1	-0,1	-0,4	1,0	123	-14	-3	9
5	*	722935,1	7461387,0	0,1	-0,1	-0,5	1,9	161	-11	-1	16
6	*	722935,1	7461387,0	-0,2	-0,1	-0,7	1,4	125	-26	-7	12
7	*	722935,1	7461387,0	-0,2	-0,1	-0,4	0,7	149	-16	-3	6
8	*	722935,1	7461387,0	0,0	-0,1	-0,3	1,1	150	-13	0	9

*Background na Lagoa de Maricá

cpm= Contagem por minuto;
ppm = parte por milhão.



Localização das Estações Terrestres Sobre a Pista de Calibração Dinâmica.

ANEXO I-f – Atenuação Atmosférica – Resultado dos Testes

1 - Cálculo das Constantes de Atenuação Atmosférica

Durante os vôos sobre a pista de calibração dinâmica (*dynamic calibration range – DCR*) também são realizados vôos em diversas alturas (de 330 a 800 pés com intervalo de 100 pés) sobre a mencionada pista de calibração objetivando a correção altimétrica dos dados radiométricos através da determinação dos coeficientes de atenuação atmosférica (μ) dos radioelementos potássio, urânio e tório, bem como para o canal de contagem total.

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

A atenuação das radiações gama em relação ao afastamento da fonte pode ser expressa matematicamente, de forma aproximada, pela equação (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 vôo (de 330, 400, 500, 600, 700 e 800 pés) sobre a “pista de calibração dinâmica” (*dynamic calibration range - DCR*) situada no distrito de Inoã, Município de Maricá (RJ).

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

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

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

Dividindo-se (2) por (1), obtém-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 de vôo (100m);
- H é a altura medida.

A seguir é apresentado o resultado do teste de atenuação atmosférica da aeronave que participou do Projeto Aerogeofísico Gurupi.

Aeronave: PR-FAG

Data da Calibração: 28/02/2009

MÉDIAS SOBRE A TERRA*					
ALTURA (pés)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)	
330	3404,877	282,909	85,987	148,920	
331	3446,443	288,524	87,672	151,715	
332	3377,148	287,111	85,452	150,037	
400	3063,280	257,377	79,420	132,203	
500	2561,597	208,179	68,647	111,182	
600	2059,538	166,699	57,826	85,545	
700	1943,073	156,509	54,326	83,089	
800	1792,624	144,158	52,799	75,125	
MÉDIAS SOBRE A ÁGUA*					
ALTURA (pés)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)	
330	346,100	38,963	14,642	7,552	
331	344,839	39,250	14,419	7,531	
332	341,781	39,299	14,026	7,483	
400	348,941	38,710	14,828	7,353	
500	351,349	38,409	15,084	7,386	
600	350,325	37,796	15,233	7,591	
700	347,784	37,331	15,118	7,735	
800	336,355	36,757	14,359	7,587	
MÉDIAS TERRA-ÁGUA*					
ALTURA (pés)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)	
330	3058,777	243,946	71,345	141,368	
331	3101,604	249,274	73,253	144,184	
332	3035,367	247,812	71,426	142,554	
400	2714,339	218,667	64,592	124,850	
500	2210,248	169,770	53,563	103,796	
600	1709,213	128,903	42,593	77,954	
700	1595,289	119,178	39,208	75,354	
800	1456,269	107,401	38,440	67,538	
<i>*valores corrigidas do tempo morto</i>					

PR-FAG

Médias Terra, Água e Terra-Água

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

- Tempo morto
- Background
- Espalhamento Compton

Cálculo dos Coeficientes de Atenuação Atmosférica.

LINHA	Altura Efetiva (m)	CT (cps)	K (cps)	U (cps)	Th (cps)
330	94,69	3058,777	152,235	27,294	141,368
331	93,13	3101,604	155,407	28,424	144,184
332	96,10	3035,367	155,706	26,917	142,554
400	112,52	2714,339	135,523	24,609	124,850
500	138,62	2210,247	99,806	19,005	103,796
600	174,53	1709,213	73,291	15,266	77,954
700	185,16	1595,289	66,920	12,385	75,354
800	200,46	1456,269	57,285	13,961	67,538

A próxima Tabela apresenta o logaritmo neperiano dos valores obtidos na Tabela anterior:

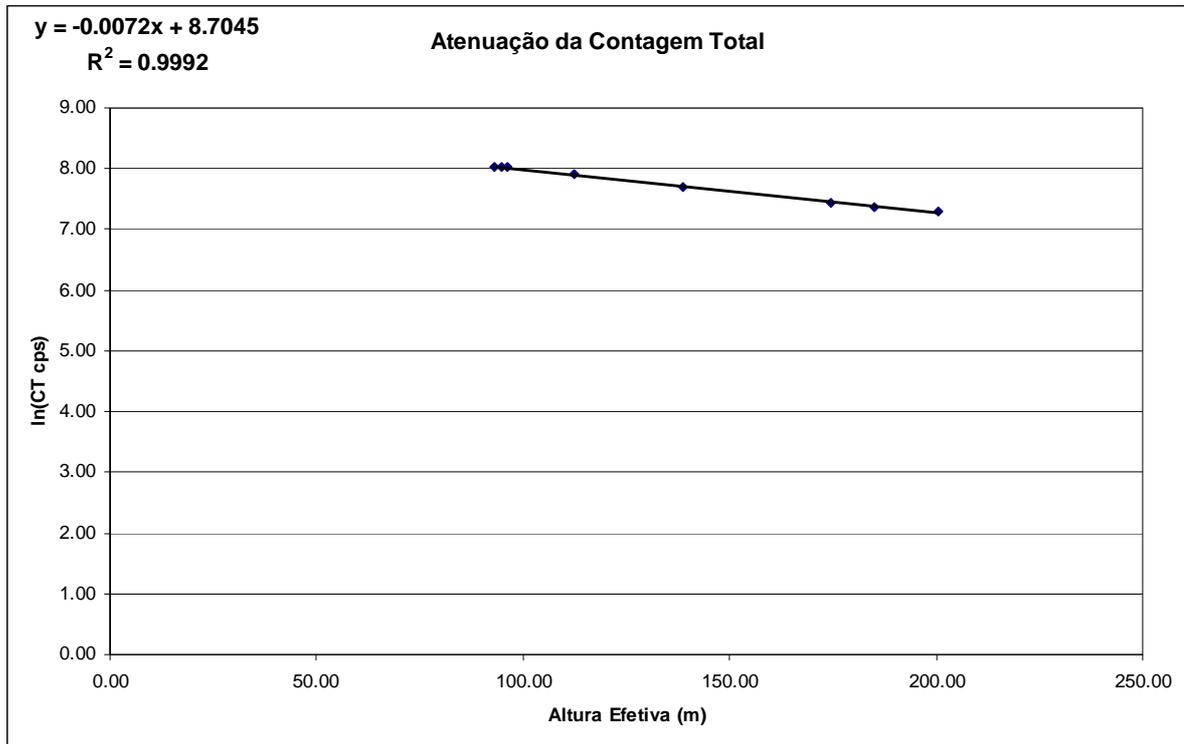
Cálculo dos Coeficientes de Atenuação Atmosférica (logarítmica).

LINHA	Altura Efetiva (m)	ln CT (cps)	ln K (cps)	ln U (cps)	ln Th (cps)
330	94,69	8,026	5,025	3,307	4,951
331	93,13	8,040	5,046	3,347	4,971
332	96,10	8,018	5,048	3,293	4,960
400	112,52	7,906	4,909	3,203	4,827
500	138,62	7,701	4,603	2,945	4,642
600	174,53	7,444	4,294	2,726	4,356
700	185,16	7,375	4,204	2,516	4,322
800	200,46	7,284	4,048	2,636	4,213

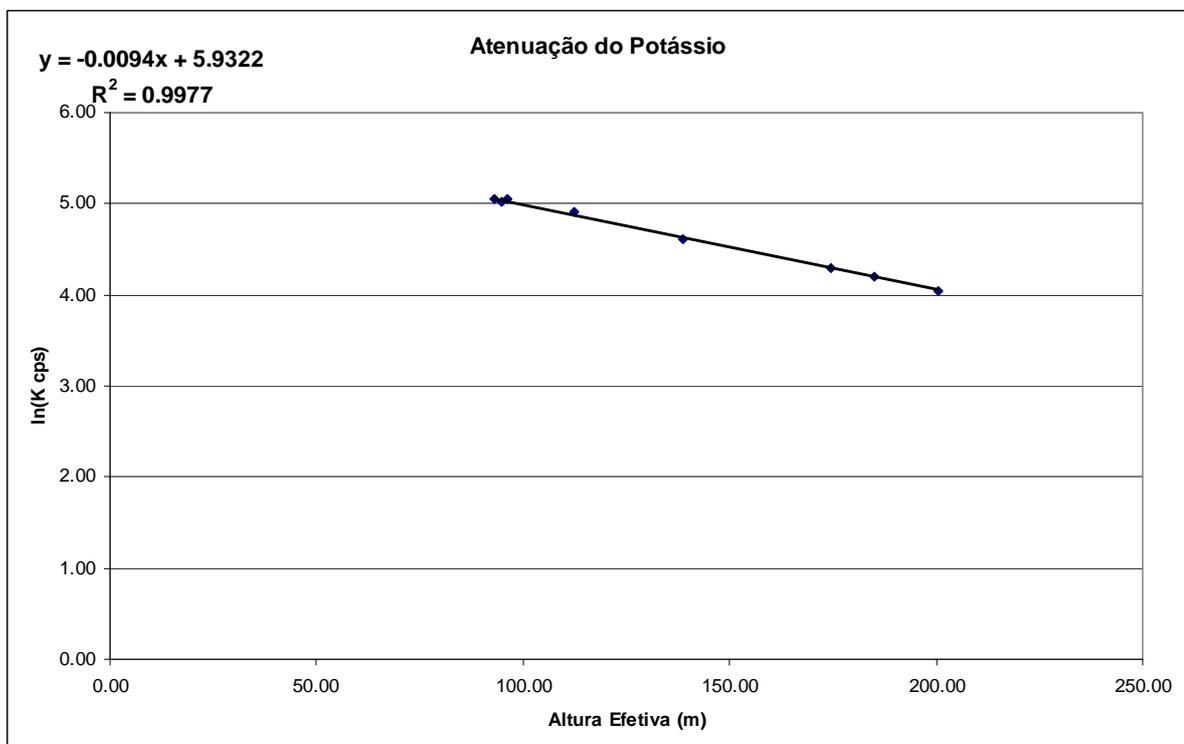
Os valores de μ obtidos são correspondentes aos coeficientes angulares das equações das retas obtidas pelos gráficos das figuras a seguir, conforme mostra o próximo quadro.

Coeficientes de Atenuação Atmosférica.

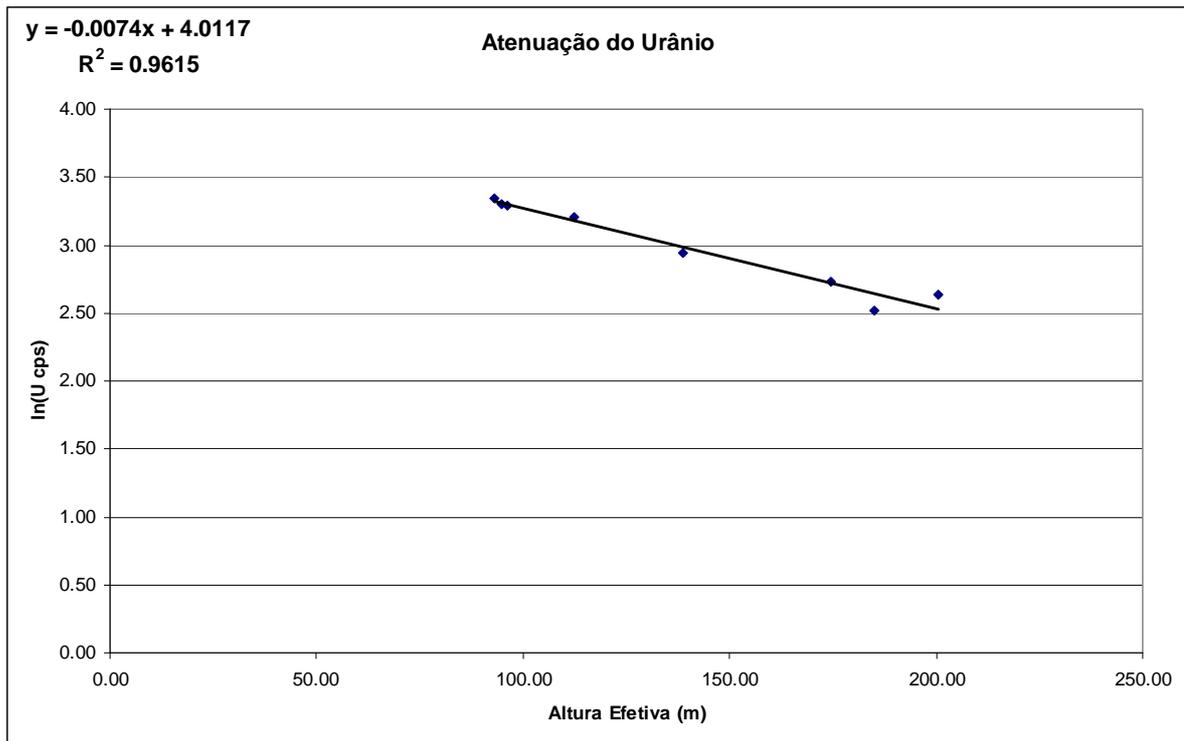
Canal Radiométrico	μ em m^{-1}
Contagem Total	-0,0072
Potássio	-0,0094
Urânio	-0,0074
Tório	-0,0072



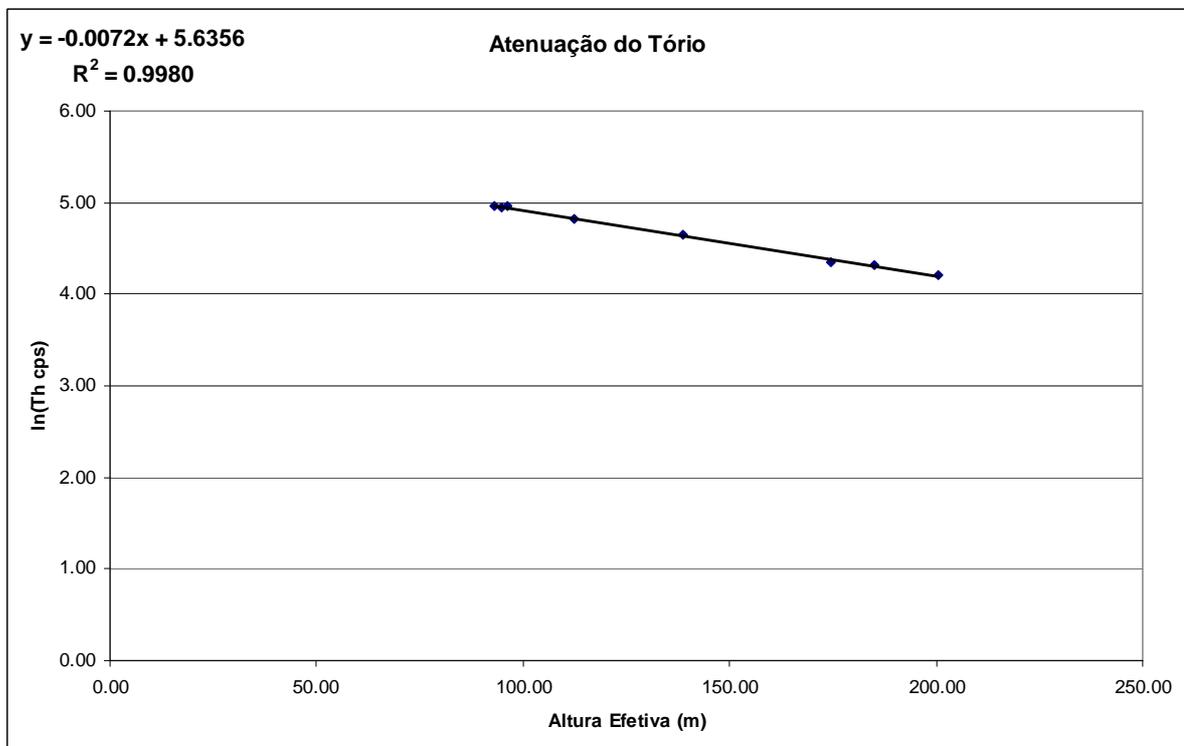
Coefficiente de Atenuação - Contagem Total



Coefficiente de Atenuação - Potássio



Coefficiente de Atenuação – Urânio



Coefficiente de Atenuação - Tório

ANEXO II – TESTES CONTRATUAIS

Anexo II-a – Teste de Altimetros

Teste de Altimetro – PR-FAG

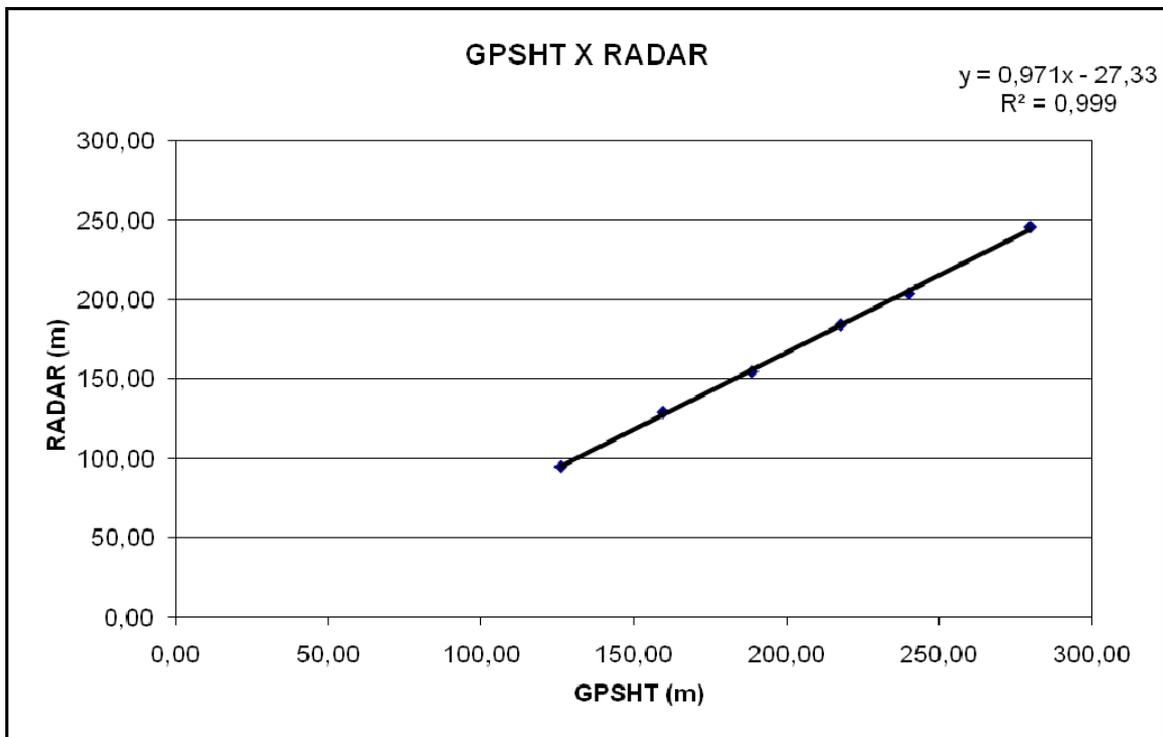
Projeto	28015
Aeronave	PR-FAG
Base	Belém - PA
Data	16/out/09
Voo	126

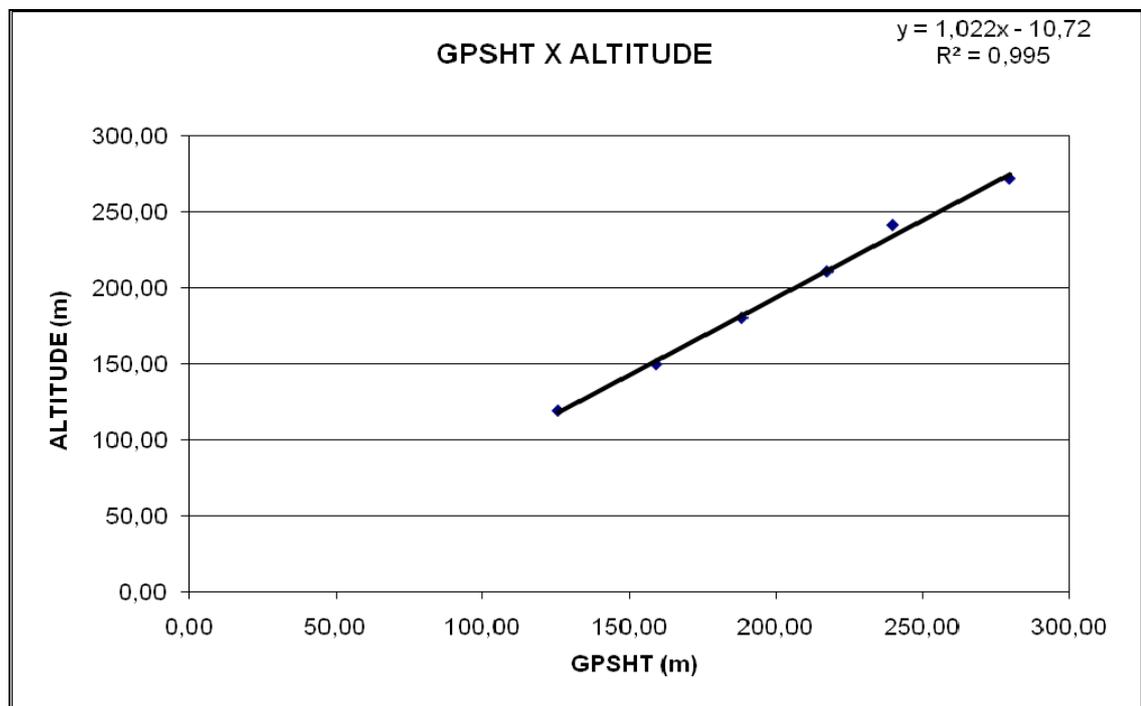
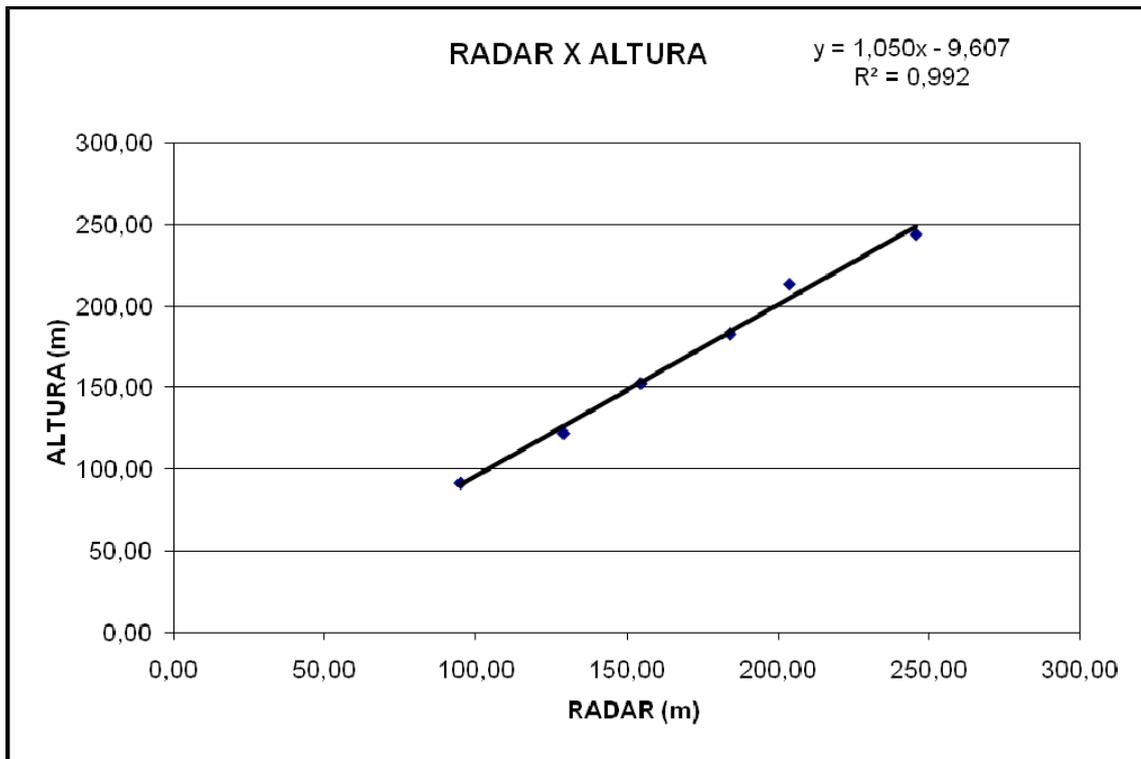
Altitude da Pista: 28 m

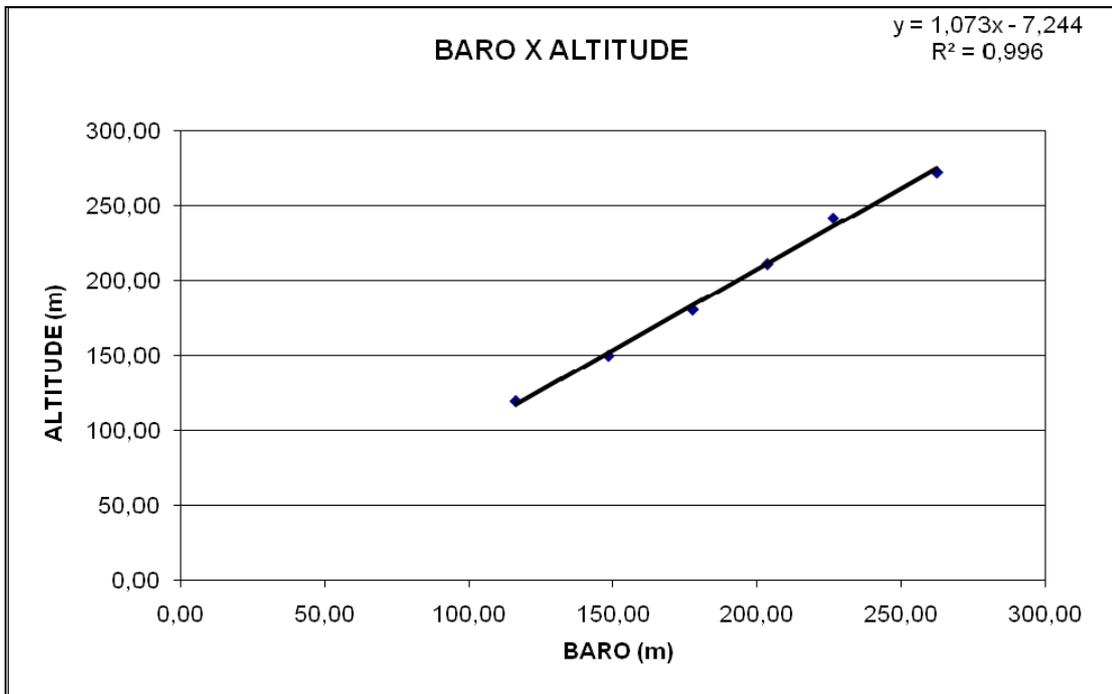
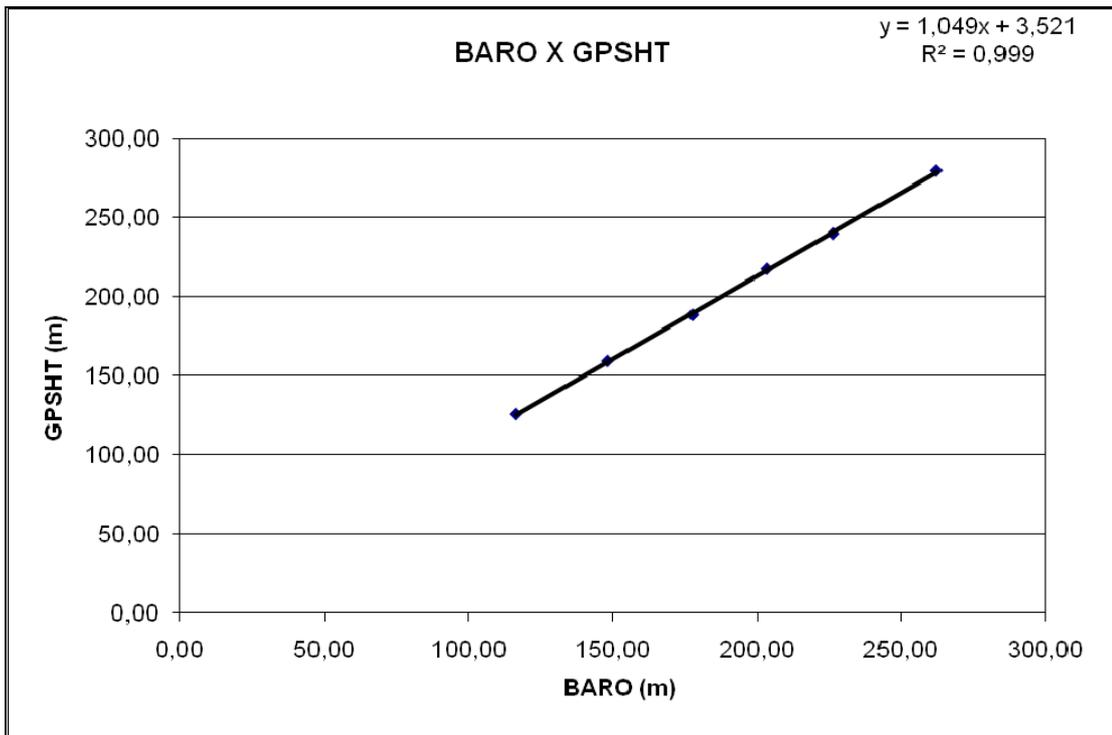
ALTURA = Altura Teórica

ALTITUDE = Altura teórica somada com a altitude da Pista

Linha	ALTURA (m)	ALTITUDE (m)	GPSHT (m)	RADAR (m)	BARO (m)
300	91,44	119,44	125,86	94,89	116,22
400	121,92	149,92	159,45	129,03	148,23
500	152,40	180,40	188,58	154,58	177,66
600	182,88	210,88	217,62	184,09	203,40
700	213,36	241,36	239,89	203,81	226,41
800	243,84	271,84	279,58	245,68	262,30





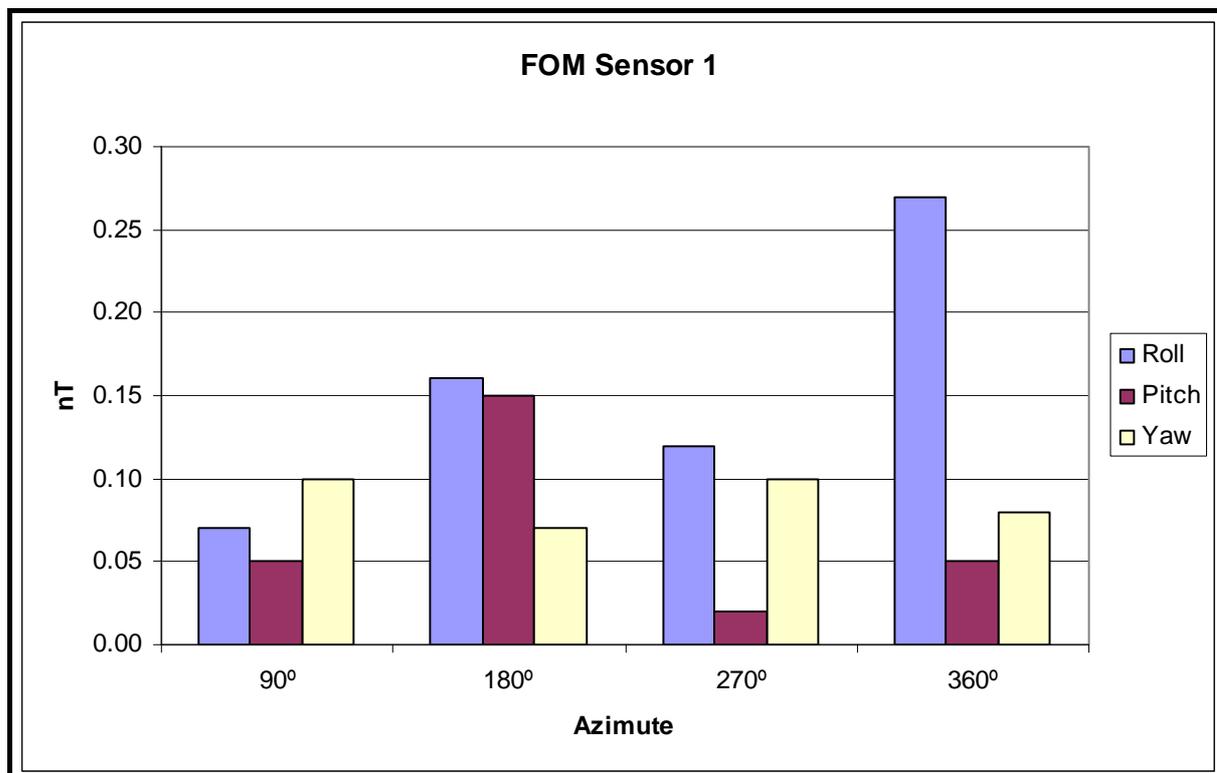


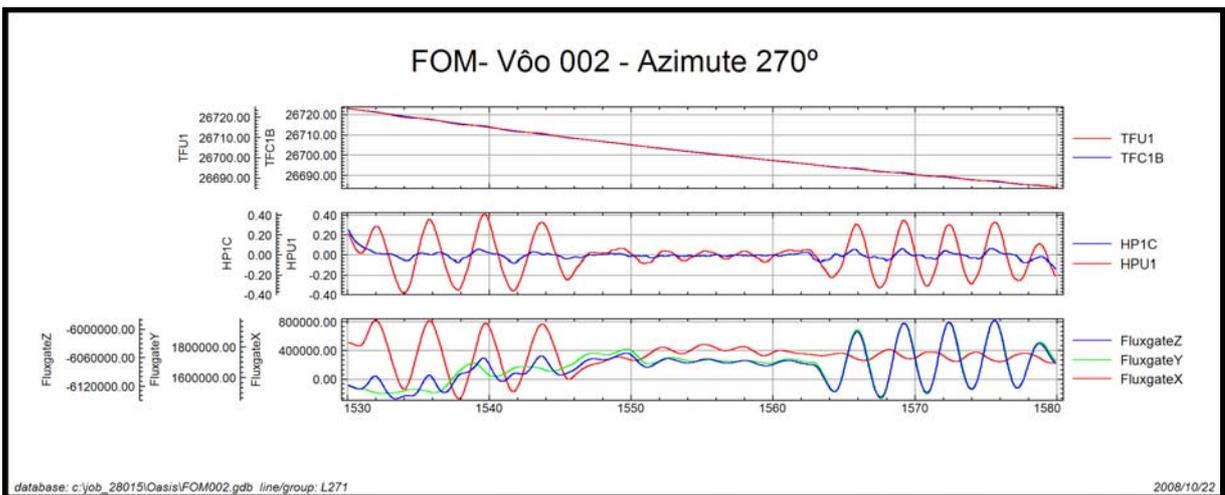
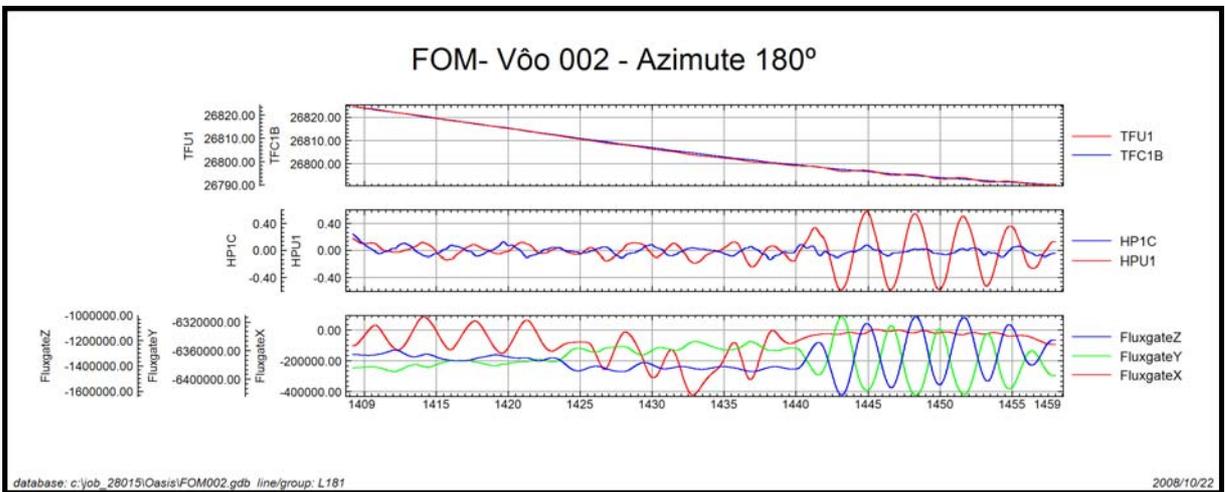
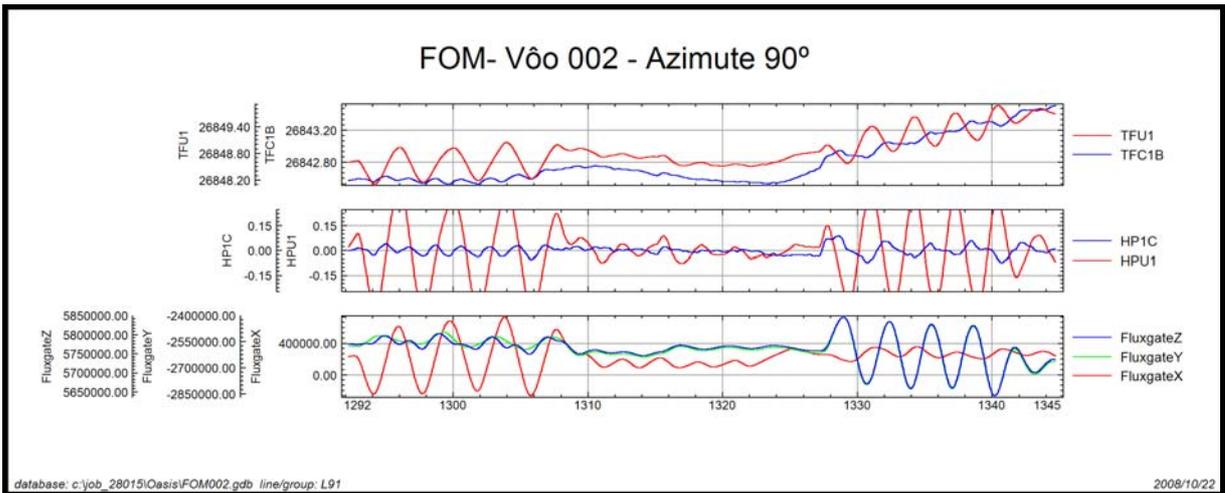
Anexo II-b – Compensação Magnética

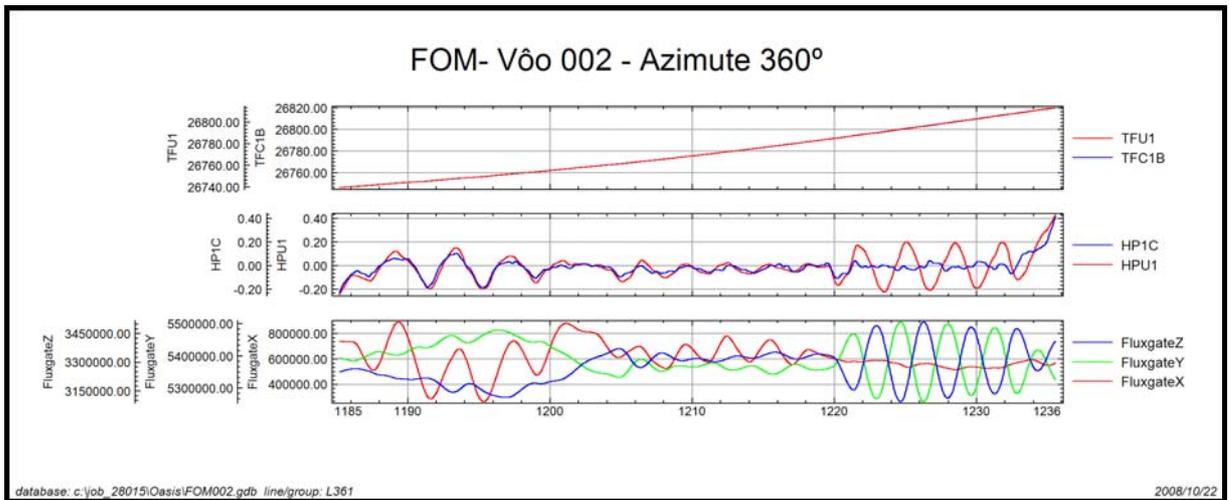
Compensação Magnética – PR-FAG

Nº Job	28015
Base	Belém-PA
Aeronave	PR-FAG
Data	22/10/2008
Nº Voo	2

SENSOR 1					
Nº da Linha	Azimute	ROLL (nT)	PITCH (nT)	YAW (nT)	FOM (nT)
91	90°	0,07	0,05	0,10	0,22
181	180°	0,16	0,15	0,07	0,38
271	270°	0,12	0,02	0,10	0,24
361	360°	0,27	0,05	0,08	0,40
TOTAL					1,24



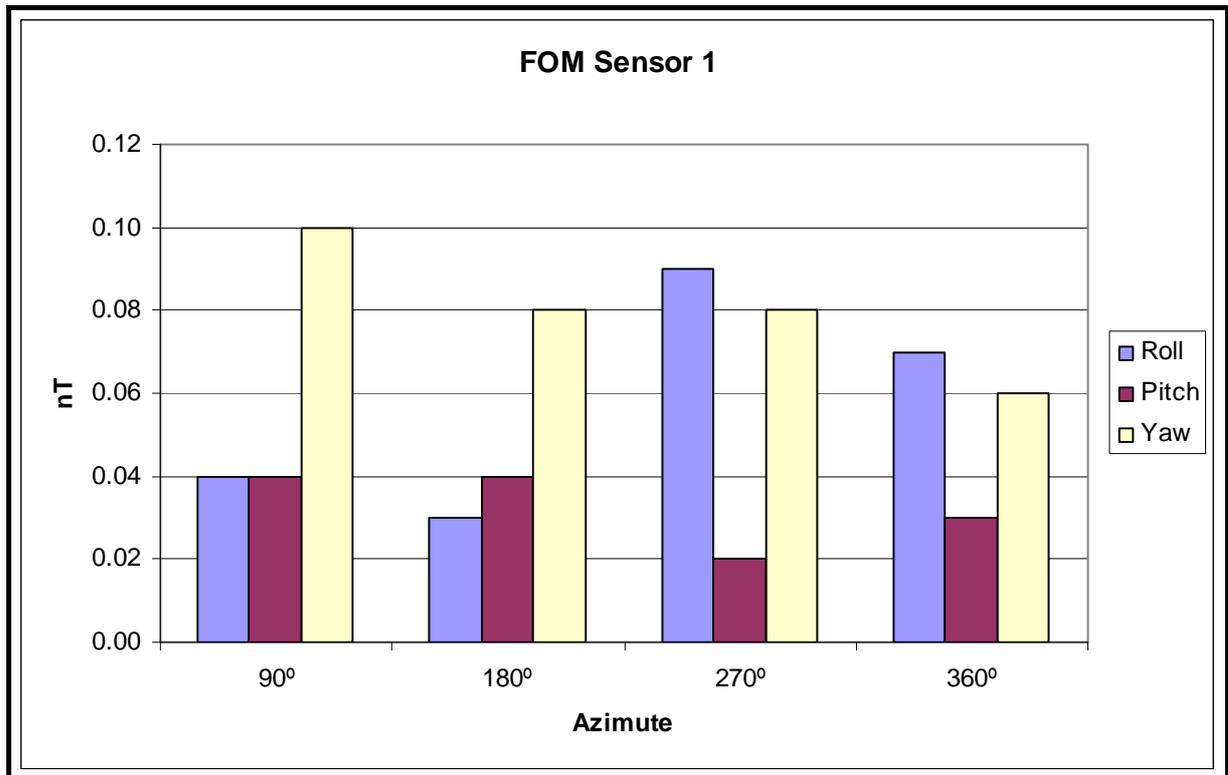


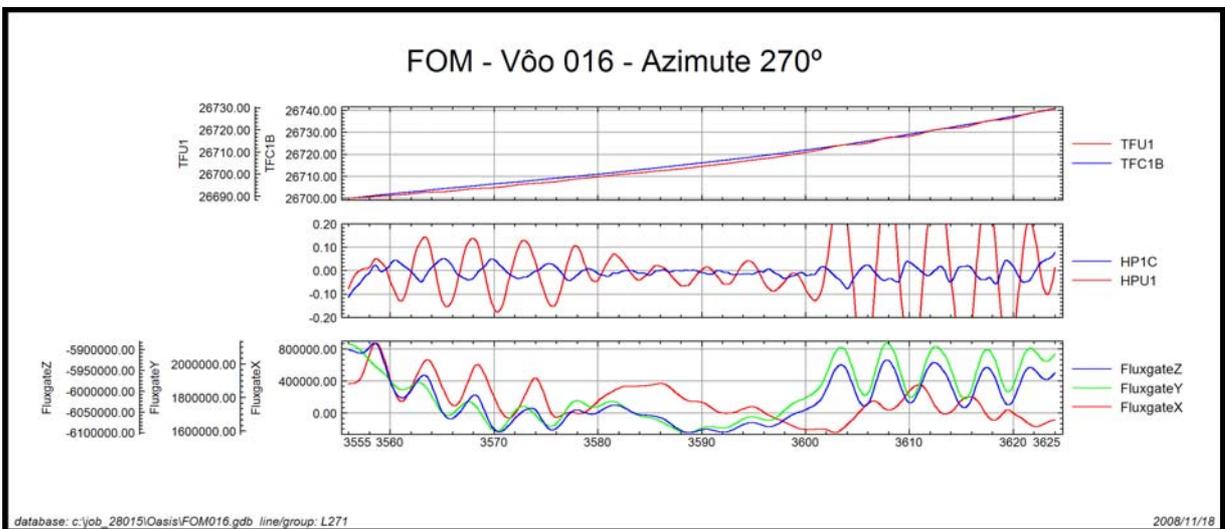
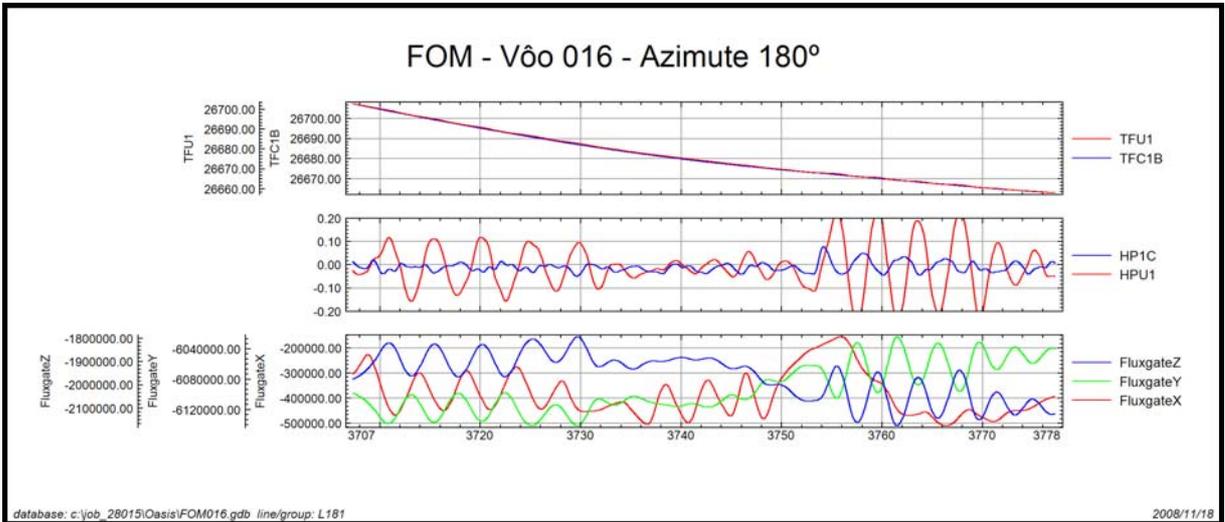
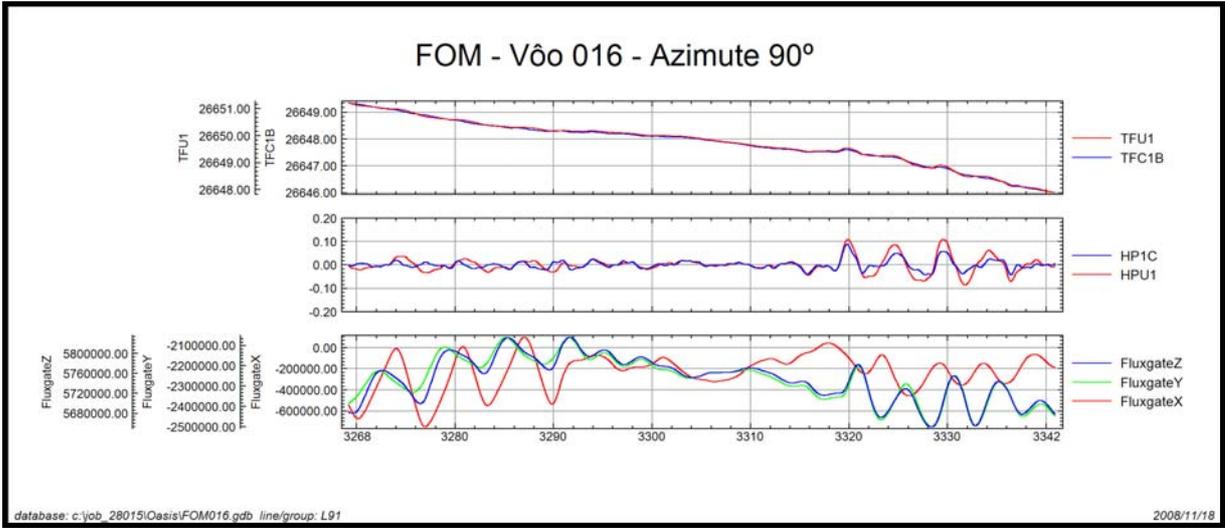


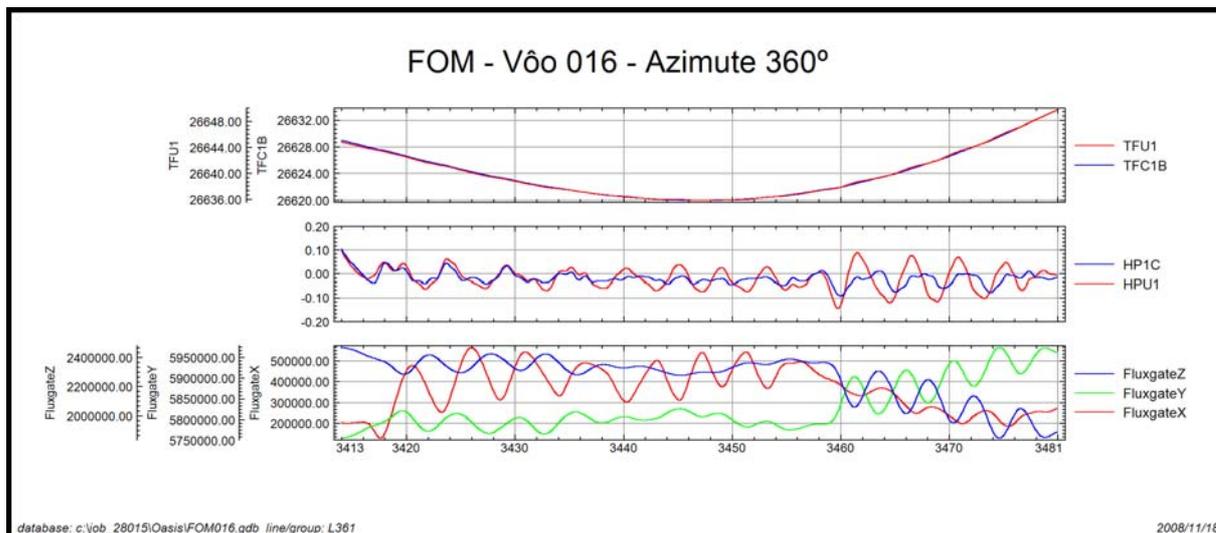
TFU1 – Campo Magnético Total não compensado
TFC1B – Campo Magnético Total compensado
HPU1 – Filtro passa-alta (2 seg) sobre o Campo Magnético Total não compensado
HP1C – Filtro passa-alta (2 seg) sobre o Campo Magnético Total compensado
FluxgateX – Componente X da Fluxgate
FluxgateY – Componente Y da Fluxgate
FluxgateZ – Componente Z da Fluxgate

Nº Job	28015
Base	Belém-PA
Aeronave	PR-FAG
Data	18/11/2008
Nº Vôo	16

SENSOR 1					
Nº da Linha	Azimute	ROLL (nT)	PITCH (nT)	YAW (nT)	FOM (nT)
91	90°	0,04	0,04	0,10	0,18
181	180°	0,03	0,04	0,08	0,15
271	270°	0,09	0,02	0,08	0,19
361	360°	0,07	0,03	0,06	0,16
TOTAL					0,68







TFU1 – Campo Magnético Total não compensado

TFC1B – Campo Magnético Total compensado

HPU1 – Filtro passa-alta (2 seg) sobre o Campo Magnético Total não compensado

HP1C – Filtro passa-alta (2 seg) sobre o Campo Magnético Total compensado

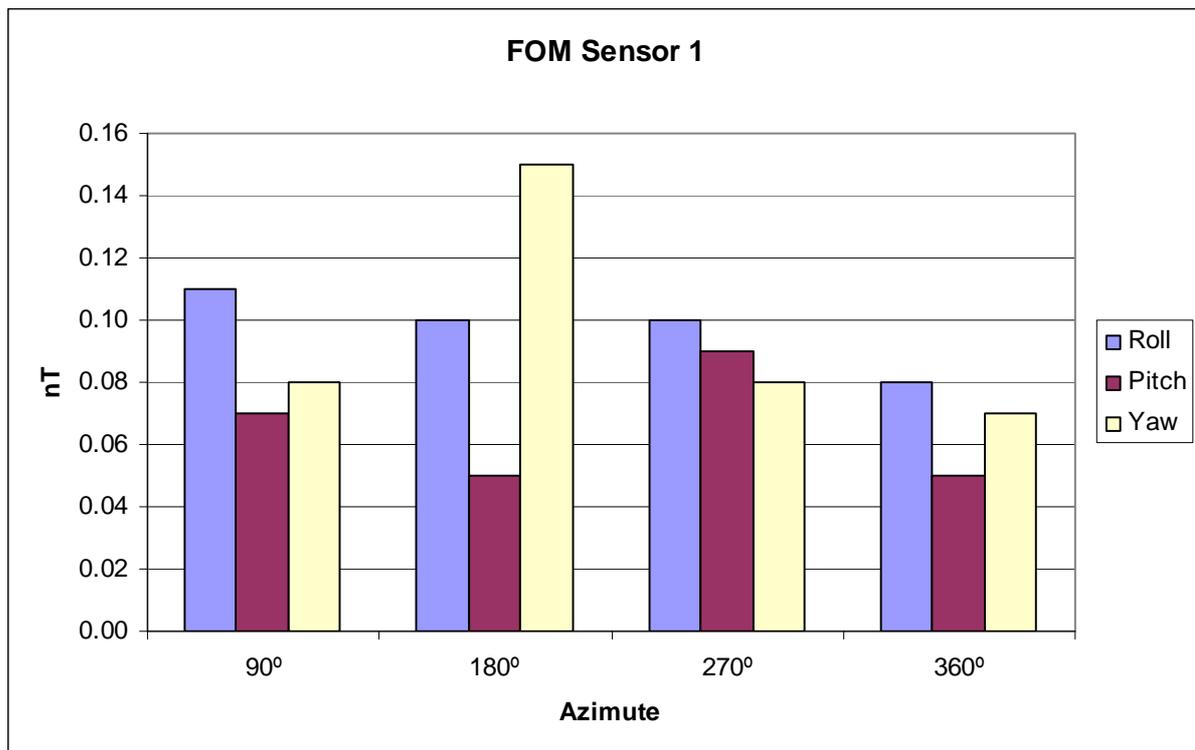
FluxgateX – Componente X da Fluxgate

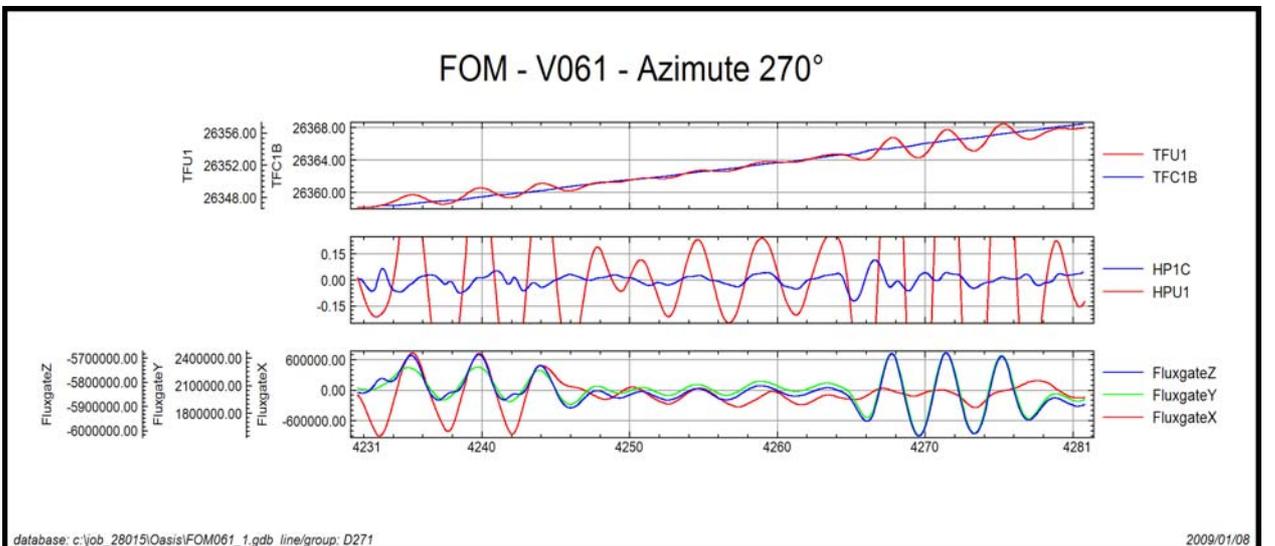
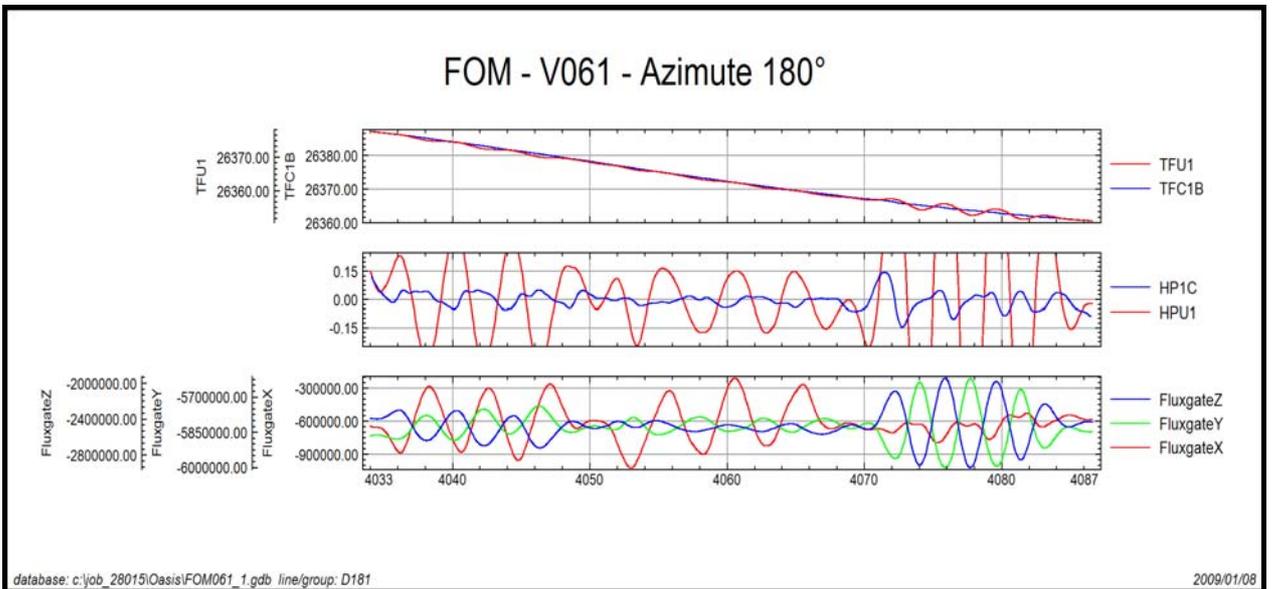
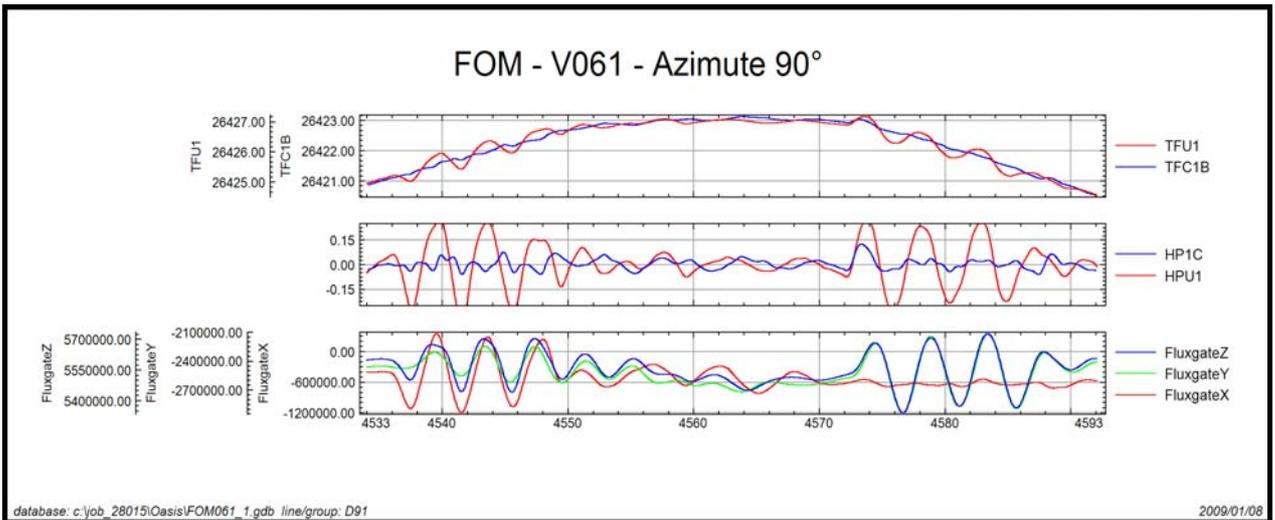
FluxgateY – Componente Y da Fluxgate

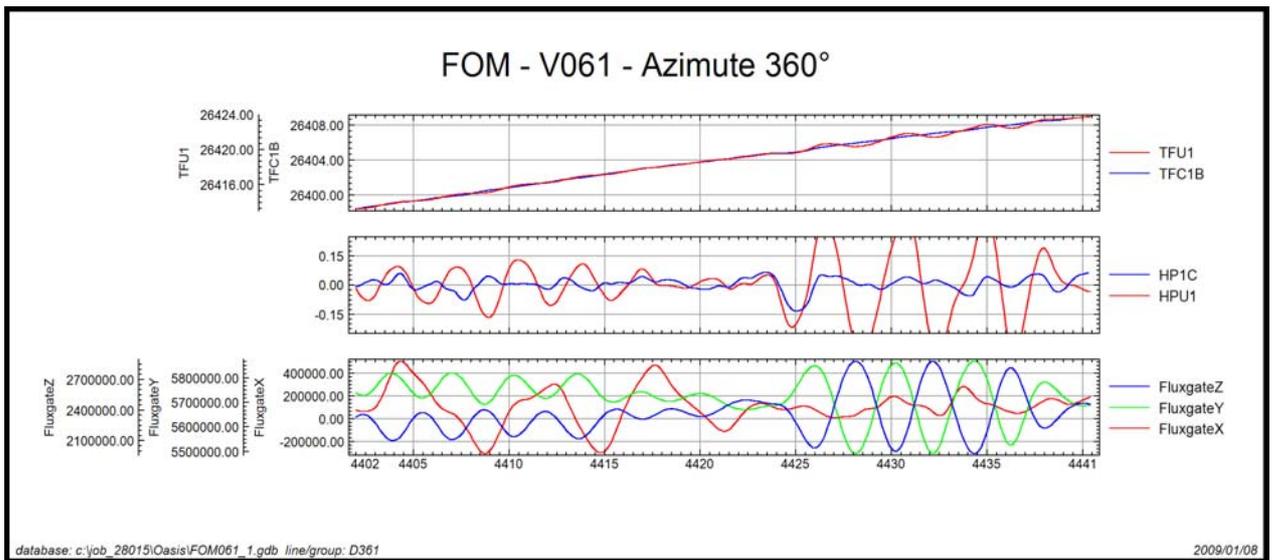
FluxgateZ – Componente Z da Fluxgate

Nº Job	28015
Base	Belém-PA
Aeronave	PR-FAG
Data	08/01/2009
Nº Vôo	61

SENSOR 1					
Nº da Linha	Azimute	ROLL (nT)	PITCH (nT)	YAW (nT)	FOM (nT)
91	90°	0,11	0,07	0,08	0,26
181	180°	0,10	0,05	0,15	0,30
271	270°	0,10	0,09	0,08	0,27
361	360°	0,08	0,05	0,07	0,20
TOTAL					1,03







TFU1 – Campo Magnético Total não compensado

TFC1B – Campo Magnético Total compensado

HPU1 – Filtro passa-alta (2 seg) sobre o Campo Magnético Total não compensado

HP1C – Filtro passa-alta (2 seg) sobre o Campo Magnético Total compensado

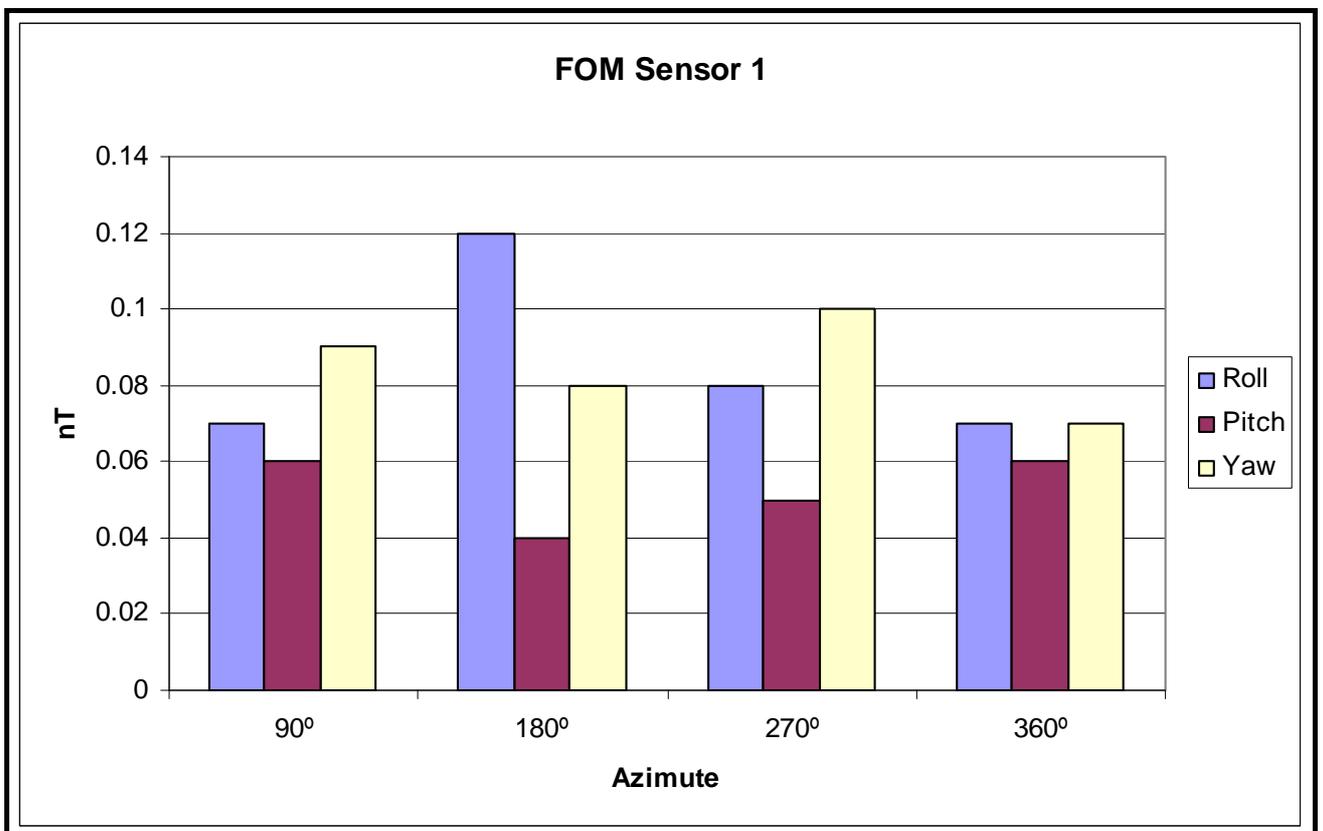
FluxgateX – Componente X da Fluxgate

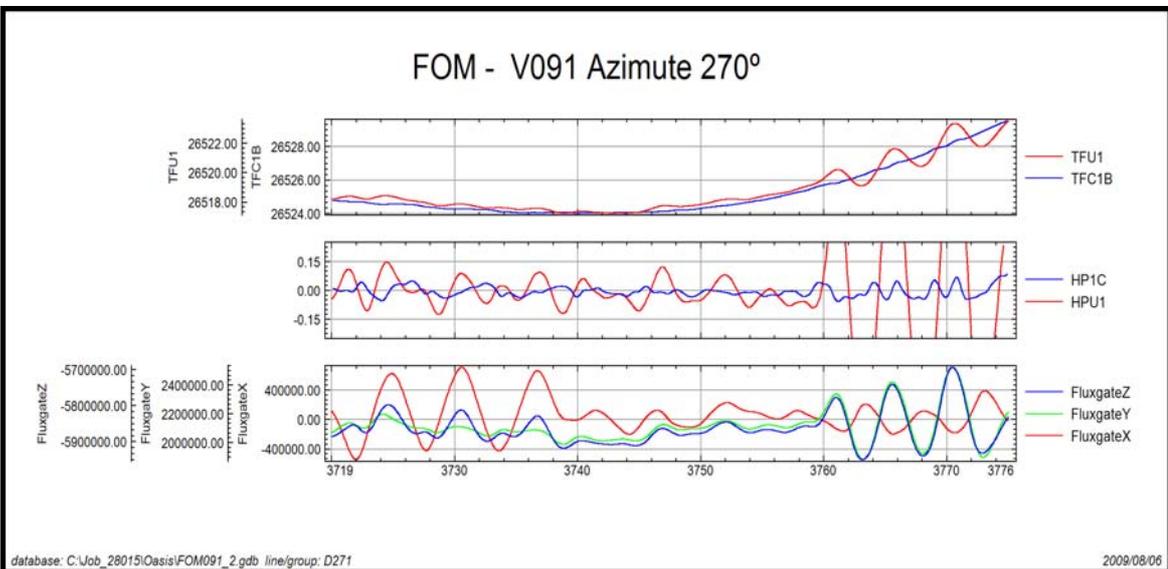
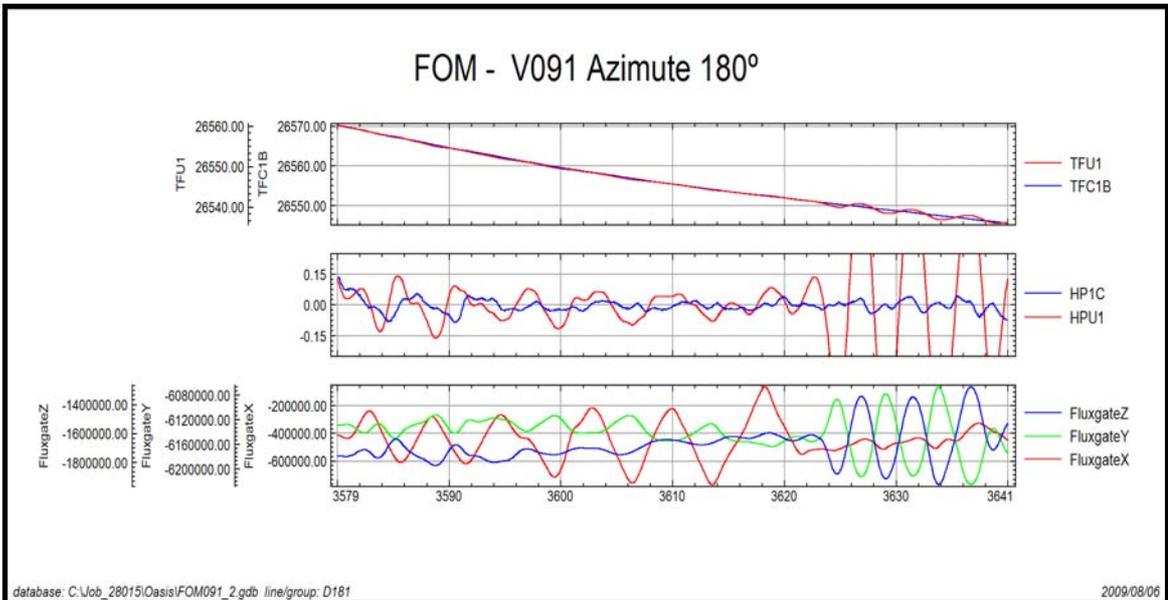
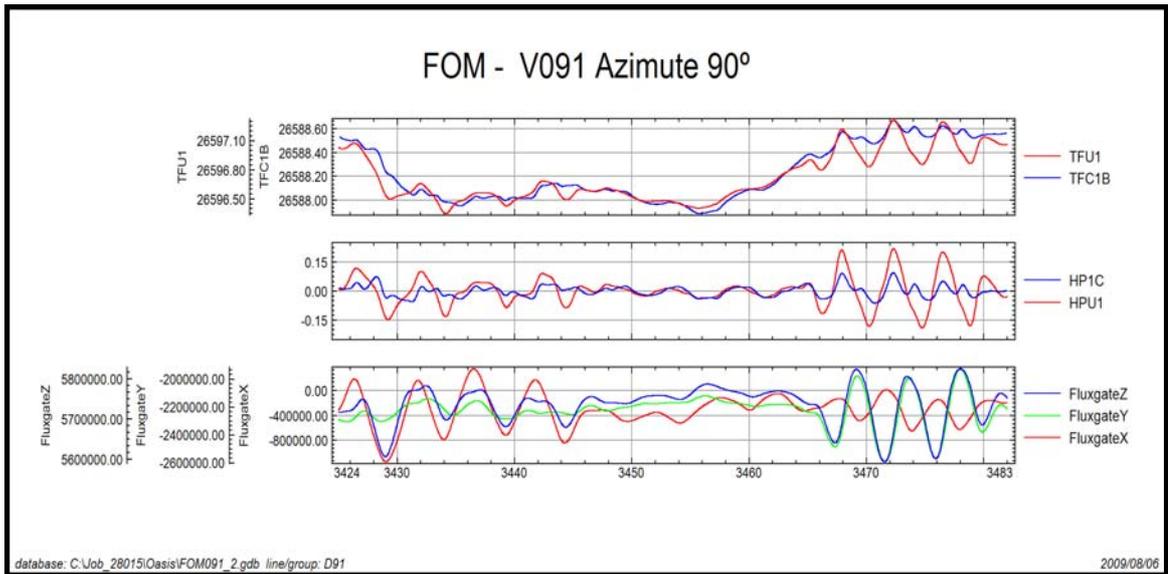
FluxgateY – Componente Y da Fluxgate

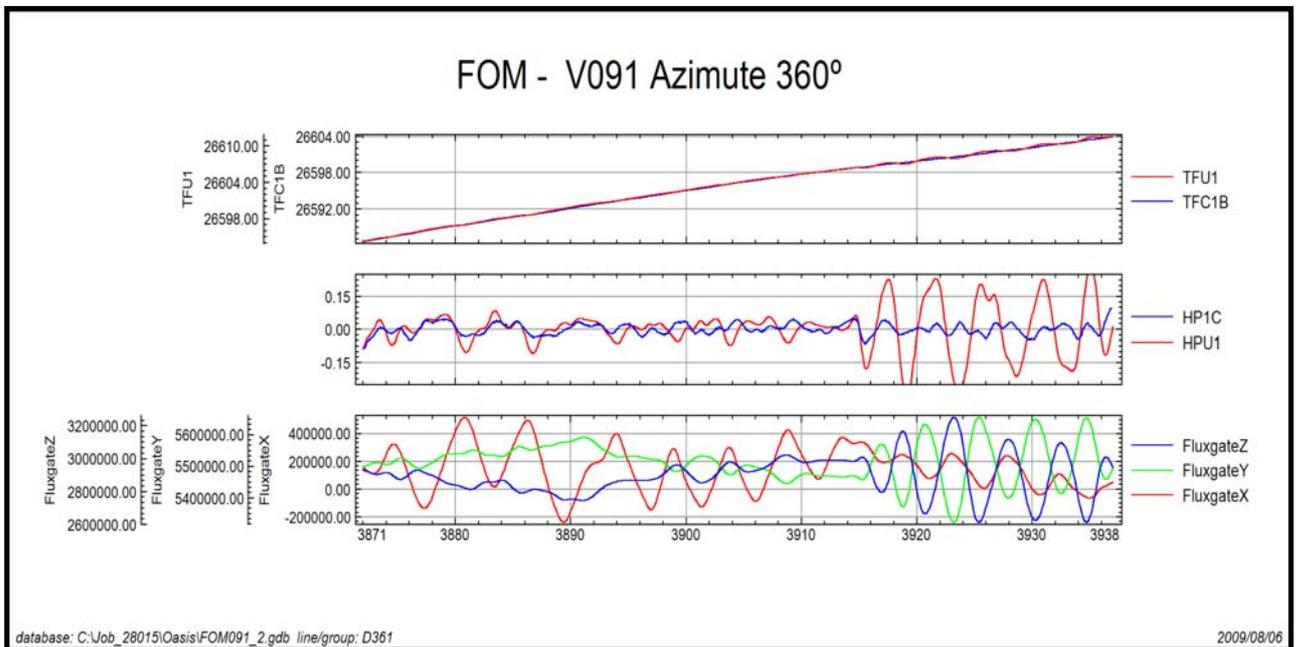
FluxgateZ – Componente Z da Fluxgate

Nº Job	28015
Base	Belém-PA
Aeronave	PR-FAG
Data	06/08/2009
Nº Vôo	91

SENSOR 1					
Nº da Linha	Azimute	ROLL (nT)	PITCH (nT)	YAW (nT)	FOM (nT)
91	90°	0,07	0,06	0,09	0,22
181	180°	0,12	0,04	0,08	0,24
271	270°	0,08	0,05	0,10	0,23
361	360°	0,07	0,06	0,07	0,20
TOTAL					0,89







TFU1 – Campo Magnético Total não compensado

TFC1B – Campo Magnético Total compensado

HPU1 – Filtro passa-alta (2 seg) sobre o Campo Magnético Total não compensado

HP1C – Filtro passa-alta (2 seg) sobre o Campo Magnético Total compensado

FluxgateX – Componente X da Fluxgate

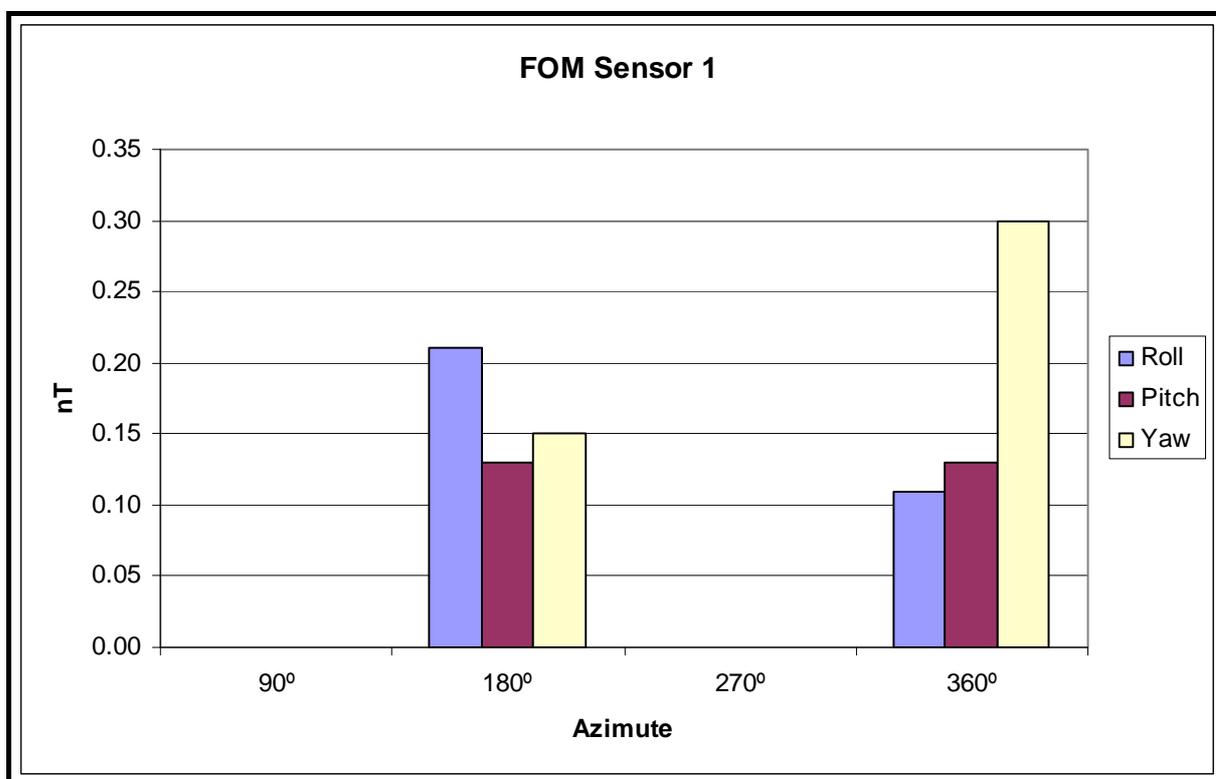
FluxgateY – Componente Y da Fluxgate

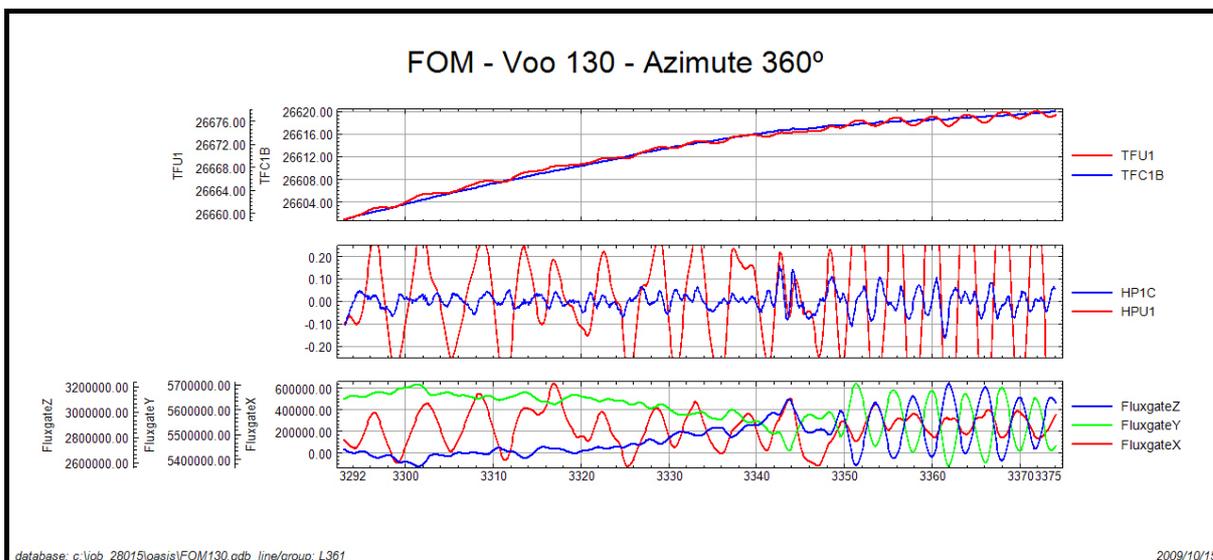
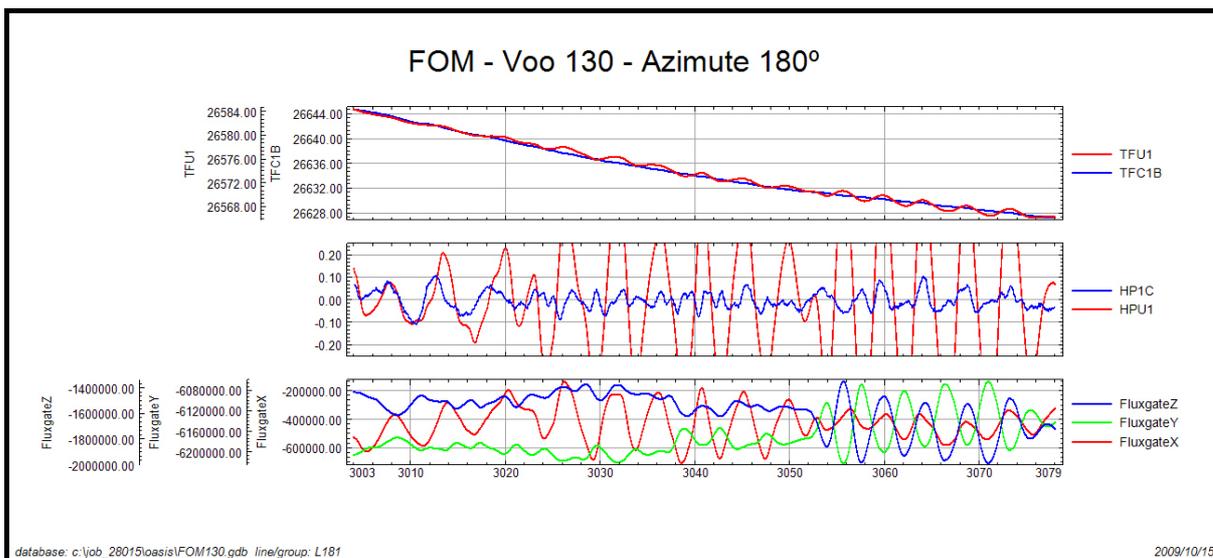
FluxgateZ – Componente Z da Fluxgate

Nº Job	28015
Base	Belém-PA
Aeronave	PR-FAG
Data	15/10/2009
Nº Vôo	130

SENSOR 1					
Nº da Linha	Azimute	ROLL (nT)	PITCH (nT)	YAW (nT)	FOM (nT)
91	90°	-	-	-	-
181	180°	0,21	0,13	0,15	0,49
271	270°	-	-	-	-
361	360°	0,11	0,13	0,25	0,49
TOTAL					0,98

Teste realizado somente nas direções N-S e S-N em virtude das linhas de controle já terem sido voadas em sua totalidade.





TFU1 – Campo Magnético Total não compensado

TFC1B – Campo Magnético Total compensado

HPU1 – Filtro passa-alta (2 seg) sobre o Campo Magnético Total não compensado

HP1C – Filtro passa-alta (2 seg) sobre o Campo Magnético Total compensado

FluxgateX – Componente X da Fluxgate

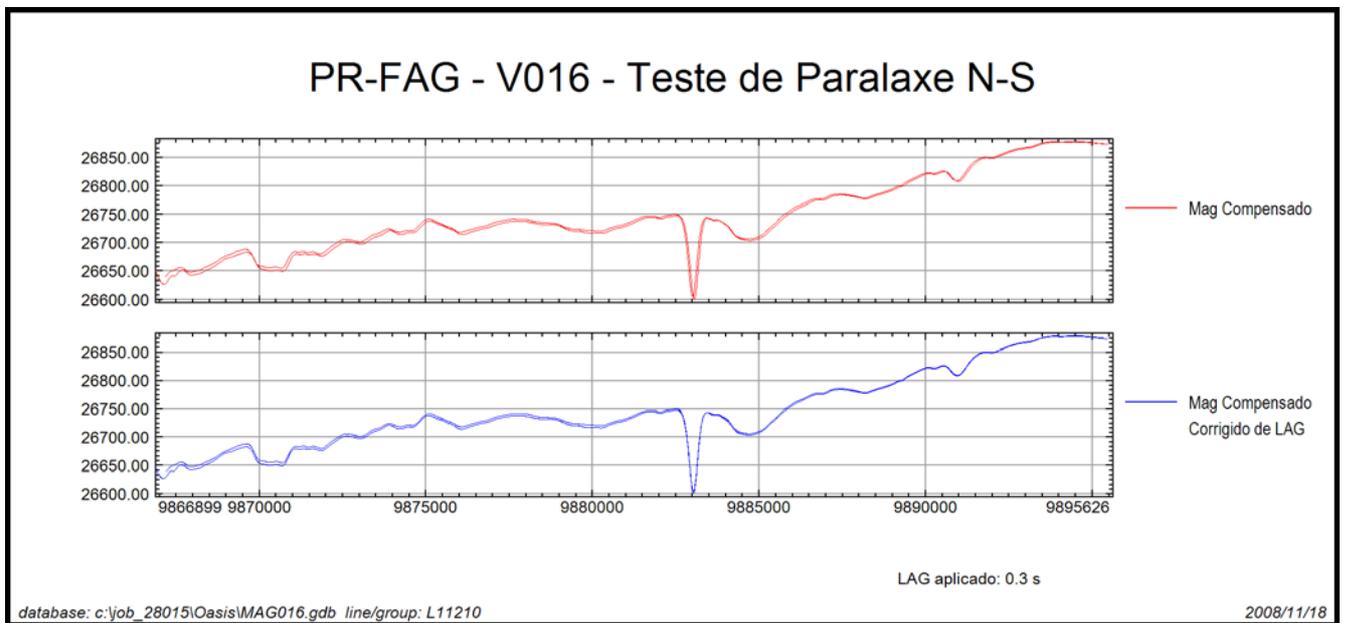
FluxgateY – Componente Y da Fluxgate

FluxgateZ – Componente Z da Fluxgate

Anexo II-c – Teste de Paralaxe

Paralaxe – PR-FAG

Projeto	28015
Base	Belém-PA
Aeronave	PR-FAG
Data	18/11/2008
Vôo	16



ANEXO III – QUADROS SINÓPTICOS DAS OPERAÇÕES DE CAMPO

ANEXO IV – CONTEÚDO DOS DVD-ROMs

Este arquivo apresenta a relação do conteúdo dos arquivos digitais que compõem o acervo do Projeto Aerogeofísico Gurupi.

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

Mídia	Conteúdo
CD#01	- Relatório Final
DVD#01	- Banco de Dados <i>Geosoft</i> - Grids - Arquivos de Mapas no Formato PDF
DVD#02	- Arquivos com as Articulações da Folhas 1:100.000 e 1:250.000 (PDF) - Arquivos de Plotagem HPGL - Arquivo de Metadados do Projeto - Arquivos de Poligonais das Folhas 1:100.000 e 1:250.000 <i>Geosoft</i> PLY
DVD#03	- Arquivos de Mapas <i>Geosoft</i>
DVD#04	- Arquivos XYZ – Magnetometria e Gamaespectrometria

Estrutura dos Arquivos de Mapas:

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

1088_*_1DV = 1ª Derivada Vertical do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)

1088_*_Mag = Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)

1088_*_Sinal = Sinal Analítico do Campo Magnético Total (Reduzido do IGRF)

1088_*_MDT = Modelo Digital do Terreno

1088_*_CT = Contagem Total (μ R/h)

1088_*_Kperc = Potássio (%)

1088_*_eU = Urânio (ppm)

1088_*_eTh = Tório (ppm)

1088_*_ThKRAZAO = Razão Tório/Potássio

1088_*_UThRAZAO = Razão Urânio/Tório

1088_*_UKRAZAO = Razão Urânio/Potássio

1088_*_TERNÁRIO = Ternário (K-U-Th)

1088_*_PATH = Traços das Linhas de Vôo

Exemplos:

1088_SA23VD1_Mag.MAP – *Geosoft* MAP da Folha SA.23-V-D-I Escala 1:100.000 do Campo Magnético Total (Reduzido IGRF)

1088_SA23YB_Sinal.MAP – *Geosoft* MAP da Folha SA.23-Y-B Escala 1:250.000 do Sinal Analítico do Campo Magnético Total (Reduzido IGRF)

1088_ThK_500.MAP – *Geosoft* MAP da Folha Única na Escala 1:500.000 da Razão Tório/Potássio

Observações:

- A codificação para os arquivos PRN segue a mesma regra utilizada para os arquivos de Mapas Geosoft (*.MAP)
- A sigla HPGL significa: *Hewlett-Packard Graphics Language* ©.
- O prefixo 1088 em todos os arquivos corresponde ao nº do projeto na Base Aero da CPRM.

Arquivos de GRIDS:

Arquivo	Conteúdo	Unidade
1088_Mag.grd	Campo Magnético Total (Reduzido IGRF)	nT
1088_1DV.grd	1ª Derivada Vertical do Campo Magnético Total	nT/m
1088_Sinal.grd	Sinal Analítico do Campo Magnético Total	nT/m
1088_CT.grd	Taxa de Exposição da Contagem Total	µR/h
1088_Kperc.grd	Concentração de Potássio	%
1088_eU.grd	Concentração de Urânio	ppm
1088_eTh.grd	Concentração de Tório	ppm
1088_ThKRAZAO.grd	Razão Tório/Potássio	-
1088_UKRAZAO.grd	Razão Urânio/Potássio	-
1088_UTHRAZAO.grd	Razão Urânio/Tório	-
1088_MDT.grd	Modelo Digital do Terreno	m

Arquivos de Banco de Dados GDB:

Arquivo	Conteúdo
1088_GamaLine.gdb	Banco de dados de gamaespectrometria com as linhas de vôo
1088_GamaTie.gdb	Banco de dados de gamaespectrometria com as linhas de controle
1088_MagLine.gdb	Banco de dados de magnetometria com as linhas de vôo
1088_MagTie.gdb	Banco de dados de magnetometria com as linhas de controle
1088_Gama256.gdb	Banco de dados de gamaespectrometria com os 256 canais <i>up</i> e <i>down</i> .

Arquivos de Banco de Dados XYZ :

Arquivo	Conteúdo
1088_GamaLine.XYZ	Gamaespectrometria Linhas de Vôo
1088_GamaTie.XYZ	Gamaespectrometria Linhas de Controle
1088_MagLine.XYZ	Magnetometria Linhas de Vôo
1088_MagTie.XYZ	Magnetometria Linhas de Controle

Arquivos de Cruzamentos:

Arquivo	Conteúdo
1088_Cruzamentos.XYZ	Cruzamentos do Nivelamento Magnetométrico

Arquivos de Poligonais :

Arquivo	Conteúdo
SA23VC1.PLY	Polígono Referente à Folha SA.23-V-C-I
SA23VC2.PLY	Polígono Referente à Folha SA.23-V-C-II
SA23VC3.PLY	Polígono Referente à Folha SA.23-V-C-III
SA23VC4.PLY	Polígono Referente à Folha SA.23-V-C-IV
SA23VC5.PLY	Polígono Referente à Folha SA.23-V-C-V
SA23VC6.PLY	Polígono Referente à Folha SA.23-V-C-VI
SA23VD1.PLY	Polígono Referente à Folha SA.23-V-D-I
SA23VD2.PLY	Polígono Referente à Folha SA.23-V-D-II
SA23VD3.PLY	Polígono Referente à Folha SA.23-V-D-III
SA23VD4.PLY	Polígono Referente à Folha SA.23-V-D-IV
SA23VD5.PLY	Polígono Referente à Folha SA.23-V-D-V
SA23VD6.PLY	Polígono Referente à Folha SA.23-V-D-VI
SA23YA2.PLY	Polígono Referente à Folha SA.23-Y-A-II
SA23YA3.PLY	Polígono Referente à Folha SA.23-Y-A-III
SA23YA6.PLY	Polígono Referente à Folha SA.23-Y-A-VI
SA23YB1.PLY	Polígono Referente à Folha SA.23-Y-B-I
SA23YB2.PLY	Polígono Referente à Folha SA.23-Y-B-II
SA23YB4.PLY	Polígono Referente à Folha SA.23-Y-B-IV
SA23YB5.PLY	Polígono Referente à Folha SA.23-Y-B-V
SA23VC.PLY	Polígono Referente à Folha SA.23-V-C
SA23VD.PLY	Polígono Referente à Folha SA.23-V-D
SA23YA.PLY	Polígono Referente à Folha SA.23-Y-A
SA23YB.PLY	Polígono Referente à Folha SA.23-Y-B

ANEXO V – FORMATO DE GRAVAÇÃO DOS DADOS DO PROJETO

PROJETO AEROGEOFÍSICO GURUPI
FORMATO DIGITAL DOS DADOS MAGNETOMÉTRICOS PARA AS
LINHAS DE VÔO

FOLHA 1 DE 1

ARQUIVO XYZ (FORMATO GEOSOFT) PARA DADOS MAGNÉTICOS (LINHAS DE VÔO - LINE)

REGISTRO MESTRE DAS LINHAS DE VÔO	TIE	NÚMERO DA LINHA	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9								
REGISTRO DE DETALHE MAGNÉTICO	X	Y	Z11	Z12	Z13	Z14	Z15	Z16	Z17	Z18	Z19								
	COORDENADA UTM LESTE (m)	COORDENADA UTM NORTE (m)	FIDUCIAL	GPSALT (ALTITUDE GPS) (m)	BARO (ALTITUDE BAROMÉTRICA) (m)	ALTURA (RADAR ALTIMETRO) (m)	MDT (m)	MAGBASE (m)	MAGBRUTO (BRUTO) (m)	MAGCOM (COMPENSADO) (m)	MAGCOR (CORRIGIDO) (m)								
	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0	F10.0								
	Z10	Z11	Z12	Z13	Z14	Z15	Z16	Z17	Z18	Z19	Z20								
	MAGNIV	MAGMIC (ALTITUDE GPS)	MAGIGRF (-IGRF)	IGRF	LONGITUDE (GRAUS DECIMAS)	LATITUDE (GRAUS DECIMAS)	DATA	HORA											
	(m)	(m)	(m)	(m)	(GRAUS DECIMAS)	(GRAUS DECIMAS)	(AAAA/MM/DD)	(HH:MM:SS)											
	F10.3	F10.3	F10.3	F10.3	F11.6	F11.6	(A10)	(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

PROJETO AEROGEOFÍSICO GURUPI
FORMATO DIGITAL DOS DADOS MAGNETOMÉTRICOS PARA AS
LINHAS DE CONTROLE

FOLHA 1 DE 1

ARQUIVO XYZ (FORMATO GEOSOFT) PARA DADOS MAGNÉTICOS (LINHAS DE CONTROLE - TIES)

REGISTRO MESTRE DAS LINHAS DE CONTROLE	TIE	NÚMERO DA LINHA	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9
REGISTRO DE DETALHE MAGNÉTICO	X	COORDENADA UTM LESTE (m) F10.3	FIDUCIAL	GPSALT (ALTITUDE GPS) (m) (F8.2)	BARO (ALTITUDE BAROMÉTRICA) (m) (F8.2)	ALTURA (RADAR ALTIMETRO) (m) (F8.2)	MDT (m) (F8.2)	MAGBASE (nT) (F10.3)	MAGBRUTO (BRUTO) (nT) (F10.3)	MAGCOM (COMPENSADO) (nT) (F10.3)	MAGCOR (CORRIGIDO) (nT) (F10.3)
	Y	COORDENADA UTM NORTE (n) F10.3									
	Z10	MAGNIV (nT) (F10.3)	Z12	Z13	Z14	Z15	Z16	Z17			
		MAGMIC (ALTITUDE GPS) (nT) F10.3	MAGIGRF (-IGRF) (nT) (F10.3)	IGRF (nT) (F10.3)	LONGITUDE (GRaus DECIMAS) (F11.6)	LATITUDE (GRaus DECIMAS) (F11.6)	DATA (AAAA/MM/DD) (A10)	HORA (HH:MM:SS) (A10)			

ARQUIVO XYZ (FORMATO GEOSOF) PARA DADOS MAGNETOMÉTRICOS DE CRUZAMENTO ENTRE LINHAS DE VÔO E LINHAS DE CONTROLE

PROJETO AEROGEOFÍSICO GURUPI
FORMATO DIGITAL DOS DADOS DE CRUZAMENTOS MAGNETOMÉTRICOS
ENTRE LINHAS DE VÔO E LINHAS DE CONTROLE

FOLHA 1 DE 1

REGISTRO MESTRE DAS LINHAS DE CRUZAMENTO	TIE	NÚMERO DA LINHA	Linha de Voo (Easting)																		
			5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
REGISTRO DE DETALHE	UTME	UTMN	NÚMERO DA FIDUCIAL	ALTURA DO GPS	ALTURA DO VÔO	CORRIGIDO DA VARIAÇÃO DIURNA	APOS O NIVELAMENTO	VALOR APLICADO AO NIVELAMENTO	NÚMERO DO VÔO												
	(F11.0)	(F11.0)	(F9.1)	(F9.2)	(F10.3)	(F11.3)	(F11.3)	(F9.3)	(F5.0)												
	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 GURUPI
FORMATO DIGITAL DOS DADOS RADIOMÉTRICOS PARA AS
LINHAS DE VÔO

FOLHA 1 DE 1

ARQUIVO XYZ (FORMATO GEOSOFT) PARA DADOS RADIOMÉTRICOS (LINHAS DE VÔO - LINES)

REGISTRO MESTRE DAS LINHAS DE VÔO	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 RADIOMÉTRICO	X	COORDENADA UTM LESTE	Y	COORDENADA UTM NORTE	Z1	FIDUCIAL	Z2	GPSALT (ALTITUDE GPS)	Z3	BARO (ALTITUDE BAROMÉTRICA)	Z4	ALTURA (RADAR ALTIMETRO)	Z5	MDT	Z6	CTB	Z7	KB	Z8	UB	Z9	THB	Z10	UJUP	Z11	LIVE_TIME	Z12	(RAD. COSMICA)	
		(m)	(m)	(m)	(F8.1)	(F8.2)	(m)	(F8.2)	(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)	
REGISTRO DE DETALHE RADIOMÉTRICO	Z13	TEMP °C	Z14	CTCOR (CONT.TOT.CORR.)	Z15	KCOR (POTASSIO CORRIG.)	Z16	UCOR (URÂNIO CORRIGIDO)	Z17	THCOR (TÓRIO CORRIGIDO)	Z18	CTEXP (TAXA EXPOS. CT)	Z19	KPERC (CONCENTR. DE K)	Z20	eU (CONCENTR. DE U)	Z21	eTh (CONCENTR. DE Th)	Z22	THKRAZAO	Z23	UKRAZAO							
		(F8.2)	(CPS)	(F9.3)	(CPS)	(F9.3)	(CPS)	(F9.3)	(CPS)	(F9.3)	(microRoentgen/h)	(F9.3)	(F9.3)	(F9.3)	(F9.3)	(F9.3)	(F9.3)	(F9.3)	(F9.3)	(F9.3)	(F9.3)								
	Z24	UTRAZAO	Z25	LONGITUDE	Z26	LATITUDE	Z27	DATA	Z28	HORA																			
		(F9.3)	(GRAUS DECIMAS)	(F11.6)	(GRAUS DECIMAS)	(F11.6)	(AAAA-MM-DD)	(A10)	(HH:MM:SS)	(A10)																			

PROJETO AEROGEOFÍSICO GURUPI
FORMATO DIGITAL DOS DADOS RADIOMÉTRICOS PARA AS
LINHAS DE CONTROLE

FOLHA 1 DE 1

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

REGISTRO MESTRE DAS LINHAS DE CONTROLE	TIE	NÚMERO DA LINHA	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95																																			
REGISTRO DE DETALHE RADIOMÉTRICO	X	COORDENADA UTM LESTE	(m)	F10.0	Y	COORDENADA UTM NORTE	(m)	F10.0	Z1	FIDUCIAL	(m)	F8.1	Z2	GPSALT (ALTITUDE GPS)	(m)	F8.2	Z3	BARO (ALTITUDE BAROMÉTRICA)	(m)	F8.2	Z4	ALTURA (RADAR ALTIMETRO)	(m)	F8.2	Z5	MDT	(m)	F8.2	Z6	CTB	(CPS)	F6.0	Z7	KB	(CPS)	F6.0	Z8	UB	(CPS)	F6.0	Z9	THB	(CPS)	F6.0	Z10	UJP	(CPS)	F6.0	Z11	LIVE_TIME	(ms)	F6.0	Z12	COBIMCO (RAD. CÓSMICA)	(CPS)	F6.0
	REGISTRO DE DETALHE RADIOMÉTRICO	Z13	TEMP °C	(F8.2)	Z14	CTCOR (CONT.TOT.CORR.)	(CPS)	F9.3	Z15	KCOR (POTASSIO CORRIG.)	(CPS)	F9.3	Z16	UCOR (URÂNIO CORRIGIDO)	(CPS)	F9.3	Z17	THCOR (TÓRIO CORRIGIDO)	(CPS)	F9.3	Z18	CTEXP (TAXA EXPOS. CT) (microRoentgen/h)	(F9.3)	Z19	KPERC (CONCENTR. DE K)	%	F9.3	Z20	eU (CONCENTR. DE U)	(PPM)	F9.3	Z21	eTh (CONCENTR. DE Th)	(PPM)	F9.3	Z22	TKRAZAO	(F1.3)	F9.3	Z23	UKRAZAO	(F9.3)	F9.3													
		Z24	UTRAZAO	(F9.3)	Z25	LONGITUDE	(GRAUS DECIMAS)	(F11.6)	Z26	LATITUDE	(GRAUS DECIMAS)	(F11.6)	Z27	DATA	(AAAA-MM-DD) (A10)	Z28	HORA	(HH:MM:SS) (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																																					

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

Linha	Vôo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
10010	146	1899	2582
10020	146	2728	3414
10030	146	3590	4257
10040	146	4416	5108
10050	146	5244	5907
10060	146	6029	6702
10070	146	6877	7545
10080	146	7686	8372
10090	146	8826	9501
10100	146	9883	10555
10110	146	10711	11378
10120	146	11501	12184
10130	146	12342	13012
10140	146	13378	14042
10150	147	2084	2753
10160	147	2914	3614
10170	147	3755	4419
10180	147	4592	5279
10190	147	5421	6082
10200	147	6236	6943
10210	147	7086	7742
10220	147	7960	8653
10230	147	8794	9478
10240	147	9621	10292
10250	147	10430	11104
10260	148	2863	3538
10270	148	3702	4374
10280	148	4532	5208
10290	148	5365	6045
10300	148	6217	6895
10310	148	7037	7724
10320	148	7850	8517
10330	148	8665	9343
10340	148	9487	10164
10350	148	10422	11107
10360	148	11271	11936
10370	148	12139	12813
10380	144	2295	2954
10390	144	3082	3766
10400	144	3893	4556
10410	144	4704	5394
10420	144	5791	6454
10430	144	6693	7384
10440	144	7555	8221
10450	144	8390	9064

Linha	Vôo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
10460	144	9209	9698
10461	149	3015	3199
10470	144	10143	10816
10480	144	12954	13621
10490	144	11799	12485
10500	144	12615	13281
10510	144	13801	14478
10520	144	14854	15278
10521	149	2509	2746
10530	144	15382	16065
10540	145	5809	6481
10550	145	6626	7078
10551	149	3855	4093
10560	145	7570	8242
10570	145	8412	9097
10580	145	9249	9902
10590	145	10101	10783
10600	145	10929	11412
10601	149	3385	3575
10610	148	13814	14490
10620	149	4229	4900
10630	149	5025	5694
10640	149	5818	6481
10650	149	6638	7320
10660	149	7460	8127
10670	149	8244	8940
10680	143	4245	4922
10690	143	5040	5736
10700	143	5862	6540
10710	143	6712	7383
10720	143	7526	8189
10730	143	8336	9016
10740	143	9148	9821
10750	143	9935	10617
10760	143	10764	11441
10770	143	11584	12253
10780	145	645	1310
10790	145	1453	2153
10800	145	2298	2966
10810	145	3202	3899
10820	145	4031	4699
10830	145	4852	5533
10840	143	3386	4089
10850	143	2528	3208
10860	142	14705	15378

Linha	Vôo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
10870	142	13888	14568
10880	142	13086	13762
10890	142	12303	12979
10900	142	11205	11895
10910	142	10422	11093
10920	142	9620	10306
10930	142	8834	9504
10940	142	8048	8735
10950	142	7262	7935
10960	142	6473	7148
10970	142	5666	6345
10980	142	4851	5170
10981	142	15515	15883
10990	142	4046	4716
11000	142	3222	3917
11010	142	2428	3098
11020	141	9483	10184
11030	141	8706	9373
11040	141	7900	8605
11050	141	7128	7793
11060	141	6307	7022
11070	141	5536	6212
11080	141	4738	5434
11090	141	3928	4606
11100	141	3121	3818
11110	141	2270	2960
11120	76	2016	3599
11130	76	3751	5336
11140	76	5467	7035
11150	76	7149	8741
11160	76	8867	10444
11170	140	13088	14678
11180	140	11295	12985
11190	140	9520	11125
11200	140	7782	9416
11210	140	6085	7674
11220	140	4337	5967
11230	140	2614	4201
11240	139	15650	17280
11250	139	13923	15508
11260	139	12149	13784
11270	139	10338	11982
11280	139	8471	10179
11290	139	6505	8105
11300	139	4522	6219

Linha	Vôo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
11310	139	2696	4311
11320	138	15560	17219
11330	138	13801	15408
11340	138	11954	13630
11350	138	10176	11792
11360	138	8077	9821
11370	138	6089	7726
11380	138	4201	5969
11390	138	2431	4001
11400	137	16149	17814
11410	137	14456	16006
11420	137	12222	13458
11421	137	13834	14306
11430	137	10446	12026
11440	137	8574	10290
11450	137	6794	8368
11460	137	4732	6447
11470	137	2818	4398
11480	136	15686	17352
11490	136	13932	15494
11500	136	12083	13771
11510	136	10356	11914
11520	136	8496	10187
11530	136	6745	8322
11540	136	4674	6350
11550	136	2865	4477
11560	135	15948	17527
11570	135	14154	15812
11580	135	12432	14013
11590	135	10516	12257
11600	135	8736	10350
11610	135	6848	8582
11620	135	2836	4398
11630	134	15391	17002
11640	134	13512	15239
11650	134	11725	13341
11660	134	9800	11547
11670	134	8028	9651
11680	134	5166	7607
11690	134	2715	4991
11700	133	16009	18362
11710	133	13591	15849
11720	133	11009	13457
11730	133	8419	10719
11740	133	5496	7951

Linha	Vôo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
11750	133	2977	5317
11760	132	16278	18670
11770	132	13783	16143
11780	132	11257	13654
11790	132	8346	10659
11800	132	5427	7842
11810	132	2960	5262
11820	131	15992	18303
11830	131	13495	15774
11840	131	11802	13323
11841	135	5110	5973
11850	131	8448	10744
11860	131	5846	8279
11870	131	2942	5262
11880	116	12972	15286
11890	116	10525	12855
11900	116	8060	10365
11910	116	5518	7836
11920	116	3118	5424
11930	115	13422	15751
11940	115	10806	13165
11950	115	8259	10566
11960	115	5798	8142
11970	115	3269	5584
11980	114	5751	8135
11990	114	3264	5583
12000	113	5884	8289
12010	113	3309	5614
12020	112	6176	8507
12030	112	3579	5908
12040	111	5849	8213
12050	111	3319	5612
12060	110	11908	14178
12070	110	9365	11637
12080	110	3421	5677
12090	109	16849	18031
12091	110	7607	8698
12100	109	14429	16678
12110	109	11986	14235
12120	109	9436	11712
12130	109	6807	9045
12140	109	4213	6506
12150	109	1679	3898
12160	108	19062	20126
12161	110	5874	7092

Linha	Vôo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
12170	108	16547	18815
12180	108	13897	16156
12190	108	11325	13631
12200	108	8840	11103
12210	108	6280	8598
12220	108	3622	5893
12230	104	15610	17951
12240	104	12975	15311
12250	104	10359	12659
12260	104	7571	10012
12270	104	4887	7186
12280	103	5992	7597
12281	104	3897	4645
12290	103	3152	5599
12300	102	12756	15054
12310	102	10061	12383
12320	102	7472	9744
12330	101	6744	7497
12331	102	5470	7150
12340	101	5688	6428
12341	102	3009	4592
12350	101	3055	5412
12360	96	13352	15690
12370	96	10690	13012
12380	96	7925	10383
12390	96	5289	7612
12400	92	13458	14712
12401	96	3842	4978
12410	92	10855	13279
12420	92	8338	10674
12430	92	5828	8133
12440	92	3221	5619
12450	84	15277	16461
12451	85	7406	8457
12460	84	13634	14826
12461	85	5983	7047
12470	84	11062	13358
12480	84	8500	10742
12490	84	5969	8194
12500	84	3395	5655
12510	80	14149	16441
12520	80	11783	14063
12530	80	9433	11694
12540	80	7026	9319
12550	80	2036	4295

Linha	Vôo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
12560	79	16954	18153
12561	80	4435	5549
12570	79	15448	16630
12571	80	5837	6917
12580	79	13065	15338
12590	79	10664	12939
12600	79	8253	10533
12610	40	3299	6160
12620	40	6365	9311
12630	40	612	3413
12640	40	3622	6530
12650	41	3166	5195
12651	41	622	1242
12652	43	10749	10917
12660	41	2288	4759
12661	42	7234	7645
12670	41	4895	6435
12671	42	6629	7047
12672	43	8759	9652
12680	42	3666	6477
12690	42	7797	10713
12700	42	10850	13679
12710	42	13832	16648
12720	42	16771	18066
12721	43	6522	8105
12730	43	3419	6279
12740	43	11389	14231
12750	43	14430	15728
12751	47	3785	5378
12760	45	3124	5938
12770	45	6074	8970
12780	45	9093	11875
12790	45	12010	14916
12800	45	15067	16339
12801	47	5534	7102
12810	46	3303	6159
12820	46	6325	9286
12830	46	9446	10757
12831	47	7295	8066
12832	79	7067	7855
12840	47	9031	11959
12850	47	12119	14987
12860	47	15180	16873
12861	54	11193	12358
12870	48	1717	4510

Linha	Vôo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
12880	48	4625	7449
12890	48	7549	10335
12900	49	3258	6087
12910	49	6211	9107
12920	49	9238	12070
12930	49	12188	15034
12940	50	3621	6500
12950	50	6649	7831
12951	50	8287	10006
12960	50	10176	11875
12961	52	12498	13650
12970	51	3258	6118
12980	51	6297	9163
12990	51	9320	12172
13000	51	12333	15243
13010	52	3147	5948
13020	52	6088	8955
13030	52	9436	12222
13040	53	3221	6033
13050	53	6141	8989
13060	53	9095	11902
13070	53	12027	14864
13080	54	3181	6056
13090	54	6221	9133
13100	54	9304	9859
13101	55	3769	5670
13102	57	8103	8520
13110	55	6087	8279
13111	57	6389	7064
13120	55	8462	10788
13121	57	9717	10260
13130	55	11124	13454
13131	57	8659	9203
13140	55	13652	15228
13141	62	13299	14631
13150	56	2906	5716
13160	56	5828	8663
13170	56	8815	11647
13180	56	11739	14574
13190	57	3368	6221
13200	57	10381	13260
13210	58	3508	6376
13220	58	6566	9518
13230	58	9673	12556
13240	58	12743	15768

Linha	Vôo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
13250	59	3023	5777
13260	59	5926	8788
13270	62	3981	6835
13280	62	7067	9991
13290	62	10247	13105
13300	63	4210	7113
13310	63	7379	10353
13320	63	10751	13630
13330	63	13877	16828
13340	64	4550	7431
13350	64	7774	10695
13360	65	816	3713
13370	65	3899	6821
13380	65	6995	9796
13390	65	9980	12919
13400	66	3817	6678
13410	66	6896	8542
13411	66	8945	9953
13412	72	5547	5925
13420	66	10140	12978
13430	66	13161	16146
13440	67	4334	7186
13450	67	7467	10423
13460	67	10773	11077
13461	67	11444	13622
13462	72	6596	6980
13470	67	13935	15591
13471	72	3841	5016
13480	68	3525	4465
13481	70	7509	9467
13490	68	4722	5624
13491	70	10163	12219
13500	69	4374	7261
13510	69	7453	10575
13520	69	10726	13596
13530	69	13799	15405
13531	81	15793	17085
13540	70	4270	7119
13550	70	12615	15560
13560	71	2829	5009
13561	72	10452	11135
13570	71	5269	7501
13571	72	11658	12325
13580	72	7463	10298
13590	72	12448	15315

Linha	Vôo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
13600	73	3657	6451
13610	73	6583	9416
13620	73	9543	12371
13630	73	12505	15369
13640	75	3676	6512
13650	75	6626	9485
13660	75	9681	12538
13670	75	12662	15529
13680	77	3707	4781
13681	78	9915	11748
13690	78	7266	9779
13691	85	4129	4441
13700	79	3609	6443
13710	81	3756	6541
13720	81	6672	9604
13730	81	9765	12563
13740	81	12668	15605
13750	37	13160	15975
13760	37	10141	12981
13770	37	7003	9956
13780	37	3978	6804
13790	35	13081	15944
13800	35	10112	12908
13810	35	7016	9940
13820	35	3961	6772
13830	32	12928	14462
13831	44	9442	10753
13840	32	9949	12757
13850	32	6845	9760
13860	32	3861	6671
13870	31	13483	16360
13880	31	10475	13283
13890	31	7278	10293
13900	31	4274	7079
13910	30	13428	16358
13920	30	10421	13248
13930	30	7263	10225
13940	30	4251	7065
13950	29	13174	16106
13960	29	10201	12998
13970	29	7025	9999
13980	29	4008	6789
13990	28	13421	16327
14000	28	10441	13219
14010	28	7279	10223

Linha	Vôo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
14020	28	4257	7070
14030	27	12403	15248
14040	27	9425	12235
14050	27	6371	9225
14060	25	16175	17457
14062	27	4684	6190
14070	25	13172	16021
14080	25	10174	13019
14090	25	7135	10004
14100	25	4192	6990
14110	44	3436	4395
14120	44	4541	5555
14130	44	5679	6651
14140	44	6788	7833
14150	44	7963	8929
14160	77	5322	6301
14170	77	6463	7460
14180	77	7575	8554
14190	77	8674	9682
14200	77	9817	10799
14210	77	10932	11931
14220	77	12061	13045
14230	77	13202	14188
14240	77	14301	15295
14250	77	15415	16398
14260	86	4214	5183
14270	86	5513	6533
14280	86	6828	7790
14290	86	8077	9111
14300	86	9411	10375
14310	86	10659	11694
14320	86	11952	12909
14330	86	13198	14227
14340	86	14473	15420
14350	100	10934	11988
14360	100	9693	10691
14370	100	8280	9341
14380	100	6997	7995
14390	100	5630	6721
14400	100	4260	5279
14410	99	16581	17609
14420	99	15334	16340
14430	99	13760	14811
14440	99	12484	13490
14450	99	11140	12194

Linha	Vôo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
14460	99	9802	10796
14470	99	8365	9415
14480	99	7033	8034
14490	99	5586	6681
14500	99	4244	5247
14510	98	10670	11703
14520	98	9401	10408
14530	98	8027	9058
14540	98	6758	7763
14550	98	5470	6471
14560	98	4155	5176
14570	97	11242	12279
14580	97	9835	10888
14590	97	8414	9462
14600	97	7047	8100
14610	97	5702	6761
14620	97	4303	5344
14630	78	4322	5309
14640	24	13947	14949
14650	24	15296	16252
14660	24	16439	17293
14670	24	12993	13841
14680	24	11948	12846
14690	24	10963	11814
14700	24	9923	10824
14710	24	8943	9783
14720	24	7887	8791
14730	24	6872	7709
14740	24	5845	6724
14750	24	4834	5681
14761	78	5461	6334
14770	23	14724	15582
14780	23	13725	14601
14790	23	12741	13592
14800	23	11723	12614
14810	23	10725	11583
14820	23	9714	10608
14830	23	8735	9584
14840	23	7721	8620
14850	23	6711	7577
14860	23	5685	6581
14870	23	4703	5552
14880	22	15954	16818
14890	22	14969	15830
14900	22	13975	14843

Linha	Vôo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
14910	22	12988	13847
14920	22	11996	12867
14930	22	11001	11864
14940	22	9972	10851
14950	22	8959	9810
14960	22	7932	8806
14970	22	6921	7777
14980	22	5868	6761
14990	22	4855	5706
15000	21	15555	16435
15010	21	14520	15382
15020	21	13439	14341
15030	21	12663	13291
15040	21	11885	12534
15050	21	11111	11736
15060	21	10313	10960
15070	21	9537	10168
15080	21	8708	9375
15090	21	7941	8573
15100	21	7125	7782
15110	21	6334	6958
15120	21	5493	6152
15130	21	4708	5358
15140	19	16078	16740
15150	19	15327	15954
15160	19	14493	15195
15170	19	13691	14345
15180	19	12841	13543
15190	19	12026	12675
15200	19	11190	11887
15210	19	10416	11046
15220	19	9578	10247
15230	19	8782	9411
15240	19	7956	8631
15250	19	7178	7800
15260	19	6330	7020
15270	19	5529	6156
15280	18	15502	16115
15290	18	14734	15377
15300	18	13988	14603
15310	18	13186	13680
15311	19	5173	5342

Linha	Vôo	Fiducial Inicial	Fiducial Final
15320	18	12392	13023
15330	18	11572	12221
15340	18	10807	11425
15350	18	9968	10623
15360	18	9186	9807
15370	18	8324	8995
15380	18	7522	8154
15390	18	6462	7104
19010	17	3622	4549
19020	17	4780	5685
19030	17	5923	6875
19040	17	7112	8044
19050	18	4098	5068
19060	6	16262	17652
19070	6	14428	16079
19080	6	12668	14123
19090	6	10804	12434
19100	6	9077	10518
19110	6	6858	8845
19120	6	4899	6633
19130	6	2713	4676
19140	5	8022	11180
19150	5	4039	7763
19160	5	689	3759
19170	5	2176	5695
19180	4	14863	17962
19190	4	11783	14442
19200	4	9310	11542
19210	4	6490	8885
19220	4	4626	6283
19230	4	2439	4433