

## OBSERVAÇÃO DA EMISSÃO AIRGLOW DE OXIGÊNIO ATÔMICO DE OI 5577 E OI 6300 NA REGIÃO CENTRAL DA ANOMALIA MAGNÉTICA DO ATLÂNTICO SUL

*Sheron de Oliveira Monteiro<sup>13</sup>, Hisao Takahashi<sup>14</sup> e Nelson Jorge Schuch<sup>15</sup>*

A Atmosfera superior é uma fonte permanente de emissão de fótons que são liberados por átomos (moléculas) excitadas acima de seu nível normal de energia. A produção da Luminescência é atribuída a diversos processos físico-químicos e, em geral, ocorre através da emissão de linhas espectrais discretas. Através da observação da Luminescência Atmosférica é possível determinar propriedades atmosféricas, como a densidade de certos constituintes e temperatura, além de possibilitar uma melhor compreensão dos efeitos dinâmicos da Atmosfera. A distribuição de alguns componentes atmosféricos é afetada por reações químicas. Nestas reações são frequentes as interações com fótons solares, que podem excitar, dissociar ou ionizar um átomo ou molécula. Através das reações fotoquímicas estabelecem-se processos de perda ou produção de determinado componente atmosférico. Entre as linhas de emissão são importantes as do Oxigênio Atômico em 5577 Å (verde), emitido em torno de 95 km de altitude (Baixa Ionosfera) e em 6300 Å (vermelho), emitido em torno de 250 a 350 km de altura (Região F da Ionosfera).

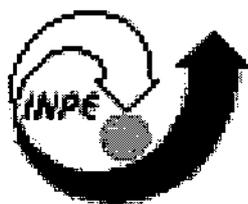
No Campo Geomagnético eventualmente são encontradas anomalias (regiões em que a intensidade do Campo Geomagnético varia). As anomalias magnéticas podem estar associadas às irregularidades na distribuição das correntes ao núcleo ou à inclinação de correntes parasitas que provavelmente apareçam perto do limite entre o núcleo e a crosta terrestre. Dentre as anomalias magnéticas, encontra-se a Anomalia Magnética do Atlântico Sul – AMAS ou Anomalia Magnética Brasileira - com região central na coordenada de 25°S e 48°O e um raio aproximado de 900 Km. Como consequência da AMAS, os cinturões de radiação que circundam o Planeta Terra (Cinturões de Van Allen), estão pressionados em direção à superfície da Terra, de forma que os pontos de espelhamento, que em outras latitudes se situam a altitudes relativamente altas, se situam nesta região a altitudes mais baixas, propiciando a penetração, a baixas altitudes das partículas aprisionadas no Campo Magnético, ocasionando perturbações no Campo Geomagnético e na Ionosfera, além de radiointerferência.

Com um sistema de Câmeras Imageadoras CCD e um Fotômetro em regime de operação, instalados no Prédio 5 do Observatório Espacial Sul – OES/CRSPE/INPE – MCT, em São Martinho da Serra, (29°26'24''S e 53°48'38''O), onde está instalado o Laboratório de Óptica e Luminescência Atmosférica – LOLA/OES/CRSPE/INPE – MCT, durante o período compreendido entre Fevereiro e Junho - 2001, foram observadas as emissões Airglow nas linhas do Oxigênio Atômico, em 5577 Å e em 6300 Å, através do monitoramento do céu noturno. Parâmetros apresentados referentes à observações na região central da Anomalia Magnética do Atlântico Sul demonstram a ocorrência de Ondas de Gravidade.

<sup>13</sup> Aluna do Curso de Física, da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, bolsista PIBIC/CNPq - INPE no Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE – MCT, [sheron@lasesm.ufsm.br](mailto:sheron@lasesm.ufsm.br)

<sup>14</sup> Orientador - Pesquisador da Divisão Aeronomia - DAE/INPE - [hisao@laser.inpe.br](mailto:hisao@laser.inpe.br)

<sup>15</sup> Pesquisador do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRSPE/INPE – [njschuch@lasesm.ufsm.br](mailto:njschuch@lasesm.ufsm.br)



**MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS  
CENTRO REGIONAL SUL DE PESQUISAS  
ESPACIAIS – CRSPE/INPE – MCT  
OBSERVATÓRIO ESPACIAL SUL –  
OES/CRSPE/INPE – MCT**

**COORDENAÇÃO DE ENSINO, DOCUMENTAÇÃO E  
PROGRAMAS ESPECIAIS – CEP**

Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica  
PIBIC/CNPq

**RELATÓRIO FINAL DE ATIVIDADES**

**Estudo da Alta atmosfera através da  
Aeroluminescência na Região da Anomalia magnética  
do Atlântico Sul**

**Bolsista:  
Sheron de Oliveira Monteiro**

**Orientador:  
~~Hisao Takahashi~~  
DELANO GOBBI**

**Santa Maria, Julho de 2001.**



**MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS  
CENTRO REGIONAL SUL DE PESQUISAS ESPACIAIS –  
CRSPE/INPE – MCT  
OBSERVATÓRIO ESPACIAL SUL – OES/CRSPE/INPE –  
MCT**

Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica  
PIBIC/CNPq

**RELATÓRIO FINAL DE ATIVIDADES**

**Processo:  
101576-98-6/PIBIC**

**Título do Projeto:**

**Estudo da Alta atmosfera através da Aeroluminescência na  
Região da Anomalia magnética do Atlântico Sul**

**Bolsista:  
Sheron de Oliveira Monteiro**

**Orientador:  
~~Henrique Galvão~~  
DELANO GOBBI**

**Santa Maria, Julho de 2001.**





### **Dados de Identificação:**

#### **Bolsista:**

Sheron de Oliveira Monteiro  
Universidade Federal de Santa Maria – UFSM

#### **Orientador:**

~~Hisao Takahashi~~ DELANO GOBBI  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE/MCT

#### **Co-orientador:**

Nelson Jorge Schuch  
Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – INPE/MCT

#### **Local de Trabalho/ Execução do Projeto:**

- Observatório espacial Sul – OES/CRSPE/INPE
  - Laboratório de Aeronomia – LAE/LACESM/CT/UFSM – INPE
  - Laboratório de Geofísica Espacial – LGE/LACESM/CT/UFSM - INPE

#### **Participantes da Cooperação Brasil-Japão em Ciências Espaciais Básicas diretamente envolvidas no Projeto:**

- Dr. Kazuo Makita – Faculty of Engineering - Takushoku University - National Institute of Polar Research
- Dr. Yamamoto – Rykio University





• **Siglas Abreviaco es Utilizadas**

<b>Sigla/Abreviacao</b>	<b>Significado</b>
U F S M Maria	Universidade Federal de Santa Maria
C T	Centro de Tecnologia
L A C E S M Maria	Laboratorio de Ciencias Espaciais de Santa Maria
I N P E	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
C R S P E	Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais
O E S	Observatorio Espacial Sul
L A E	Laboratorio de Aeronomia
L G E	Laboratorio de Geofisica
L O L A Atmosferica	Laboratorio de optica e Luminescencia
C C D	Charge Couple Display



## ÍNDICE GERAL

<b>1. RESUMO</b>	<b>8</b>
<b>2. INTRODUÇÃO</b>	<b>9</b>
<b>3. HISTÓRICO, COOPERAÇÕES INTERNACIONAIS E OBJETIVOS</b>	<b>10</b>
3.1. O CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO	10
3.2. O INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE	11
3.3. A IMPLANTAÇÃO DO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL - OES/CRSPE/INPE	13
3.4. OBJETIVO DA COOPERAÇÃO INTERNACIONAL BRASIL-JAPÃO EM CIÊNCIAS ESPACIAIS BÁSICAS E CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS	14
3.5. OBJETIVO DO PROJETO " ESTUDO DA ALTA ATMOSFERA ATRAVÉS DA AEROLUMINESCÊNCIA NA REGIÃO DA ANOMALIA MAGNÉTICA DO ATLÂNTICO SUL "	14
<b>4. DESENVOLVIMENTO TEÓRICO</b>	<b>16</b>
4.1. RADIAÇÃO SOLAR E TERRESTRE	16
4.1.1. <i>Princípios da Transferência Radioativa</i>	16
4.1.2. <i>Conceitos e Definições:</i>	17
4.1.3. <i>Absorção e Emissão de Radiação</i>	18
4.1.4. <i>Teoria da Radiação De Corpo Negro:</i>	18
4.1.5. <i>Radiação Acima da Atmosfera</i>	21
4.1.6. <i>O Espectro Solar</i>	21
4.2. O CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE	22
4.2.1. <i>A Anomalia Magnética do Atlântico Sul</i>	23
4.2.2. <i>Variações Geomagnéticas:</i>	25
4.3. EMISSÕES DE ONDAS NATURAIS LF/ELF/VLF	26
4.4. LUMINESCÊNCIA ATMOSFÉRICA	27
4.5. INSTRUMENTAÇÃO	31
4.5.1. <i>Os Imageadores All Sky</i>	31
4.5.2. <i>Câmeras CCD – Charge Couple Device</i>	35
4.5.3. <i>O Fotômetro FOTSUL</i>	38
4.6. ONDAS DE GRAVIDADE NA ATMOSFERA	42
<b>5. DESENVOLVIMENTO PRÁTICO</b>	<b>43</b>
5.1. ATIVIDADES PRINCIPAIS	43
5.2. ACOMPANHAMENTO TÉCNICO – CIENTÍFICO DE CIENTISTAS JAPONESES EM VISITA AO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL – OES/CRSPE/INPE PARA A INSTALAÇÃO DE EQUIPAMENTOS	44
5.3. COOPERAÇÃO NA MANUTENÇÃO DO LABORATÓRIO DE ÓPTICA E LUMINESCÊNCIA ATMOSFÉRICA – LOLA.	44
5.4. ATUAÇÃO NO LABORATÓRIO DE AERONOMIA	45
5.5. EXPERIMENTOS REALIZADOS NO LABORATÓRIO DE ÓPTICA E LUMINESCÊNCIA ATMOSFÉRICA – LOLA/CRSPE/INPE PARA AQUISIÇÃO DE DADOS DE LUMINESCÊNCIA ATMOSFÉRICA.	46
5.6. PARTICIPAÇÃO EM CURSOS, CONGRESSOS, PALESTRAS E SEMINÁRIOS	48
<b>6. ARTIGOS E RESUMOS SUBMETIDOS:</b>	<b>50</b>
<b>7. CONCLUSÕES</b>	<b>51.</b>
<b>8. AGRADECIMENTOS</b>	<b>52</b>
<b>9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>53</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 4.1.1-1: O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO (19).	17
FIGURA 4.1.4.1-1: INTENSIDADE DE RADIAÇÃO DE CORPO NEGRO POR UNIDADE DE COMPRIMENTO DE ONDA CALCULADAS PARA TEMPERATURAS DE 5000, 6000 E 7000 K (8).	20
FIGURA 4.1.6-1: ESPECTRO SOLAR OBSERVADO E ESPECTRO DE UM CORPO NEGRO A UMA TEMPERATURA DE 6000 E 5700 K (11).	22
FIGURA 4.2-1: MODELO IGRF DA INTENSIDADE TOTAL DO CAMPO GEOMAGNÉTICO - 1995	23
FIGURA 4.2.1-1: ANOMALIA MAGNÉTICA DO ATLÂNTICO SUL (AMAS) – 2001.	25
FIGURA 4.4-1: ESPECTRO DO NIGHTGLOW ENTRE 5000 Å E 8000 Å (11).	28
FIGURA 4.4-2: DIAGRAMA DE ENERGIA NUMA FORMA SIMPLIFICADA PARA AS LINHAS DE EMISSÃO DO OXIGÊNIO ATÔMICO (5).	29
FIGURA 4.4-3: TAXAS DE EMISSÃO EM FUNÇÃO DE ALTURA DE ALGUMAS LINHAS E BANDAS DE EMISSÃO DE AIRGLOW, COLETADAS POR INSTRUMENTOS DE MEDIDAS A BORDO DE FOGUETES LANÇADOS NA BASE DE ALCÂNTARA (2° S, 44° W). ( <a href="http://www.laser.inpe.br/lume">HTTP://WWW.LASER.INPE.BR/LUME</a> )	30
FIGURA 4.5.1-1: CÂMARA CCD DE TV DO TV IMAGE OBSERVATION SYSTEM, PARA AQUISIÇÃO DE DADOS DE LUMINESCÊNCIA ATMOSFÉRICA.	31
FIGURA 4.5.1-2: SISTEMA DE OPERADOR DA TV CÂMARA IMAGEADORA DO OES/CRSPE/INPE.	33
FIGURA 4.5.1-3: SISTEMA DE OBSERVAÇÃO INSTALADO NO OBSERVATORIO ESPACIAL SUL - OES/CRSPE/INPE.	33
FIGURA 4.5.1-4: A FIGURA APRESENTA O TIPO DE IMAGEM DE TODO O CÉU QUE É MONITORADA EM LABORATÓRIO, VINDO DO IMAGEADOR CCD NO OES/CRSPE/INPE.	34
FIGURA 4.5.1-5: SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS DA TV CÂMARA IMAGEADORA INSTALADO NO OES/CRSPE/INPE	35
FIGURA 4.5.2-1: CÂMARA CCD-SONY ICX074AL -USADA NA OBTENÇÃO DE DADOS DE LUMINESCÊNCIA ATMOSFÉRICA, INSTALADA NO LABORATÓRIO DE ÓPTICA E LUMINESCÊNCIA ATMOSFÉRICA - LOLA/OES/CRSPE/INPE	36
FIGURA 4.5.2-2: CÂMERAS CCD QUE COMPÕEM O SISTEMA DE OBSERVAÇÃO NOTURNO DA EMISSÃO AIRGLOW - INSTALADA NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL - OES/CRSPE/INPE	37
FIGURA 4.5.2-3: IMAGENS COLETADAS COM O SISTEMA DE CÂMERAS CCD INSTALADAS NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL	37
FIGURA 4.5.3-1: SISTEMA DO FOTÔMETRO INSTALADO NO OES/CRSPE/INPE	39
FIGURA 4.5.3-2: DIAGRAMA DE BLOCO DO SISTEMA DO FOTÔMETRO FOTSUL, INSTALADO NO OES/CRSPE/INPE.	41

FIGURA 5.3-5-1: PRÉDIO 5 DO OES/CRSPE/INPE, ONDE ESTÁ INSTALADO O LABORATÓRIO DE ÓTICA E LUMINESCÊNCIA ATMOSFÉRICA. 45

TABELA 5.5-2 EXPERIMENTOS OBSERVACIONAIS REALIZADOS NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL - OES/CRSPE/INPE PARA A AQUISIÇÃO DE DADOS DE LUMINESCÊNCIA ATMOSFÉRICA EM 2001 47

## 1. Resumo

As atividades desenvolvidas pela bolsista *Sheron de Oliveira Monteiro*, acadêmica do Curso de Bacharelado em Física - da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, durante o período de *Fevereiro de 2001 à Junho do mesmo ano*, no Projeto "*Estudo da Alta Atmosfera através da Aeroluminescência na região da Anomalia Magnética do Atlântico Sul*", são relatados.

Este Relatório poderá vir à servir como referência para outros bolsistas, estagiários ou até mesmo pesquisadores, que venham a necessitar de material referente à instrumentação do Laboratório de Óptica e Luminescência Atmosférica – LOLA - integrado ao Laboratório de Aeronomia – LAE – do Observatório Espacial Sul – OES/CRSPE/INPE - ou mesmo do desenvolvimento do Projeto.

No período de vigência da bolsa, a acadêmica buscou sempre alcançar os resultados esperados, previstos no Projeto submetido ao PIBIC/CNPq - INPE, procurando desenvolver as atividades básicas ao seu desenvolvimento não somente profissional como também intelectual e humano de uma maneira geral.

As atividades foram desenvolvidas junto ao Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE e no Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria - LACESM/CT/UFSM sede provisória das instalações do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRSPE/INPE – MCT, onde o Laboratório de Aeronomia, realiza pesquisas no âmbito geral da dinâmica da Alta Atmosfera, onde a bolsista responde, a nível discente, como responsável pelo "*Programa de Aeroluminescência do Projeto Radioastronomia, Cooperação Brasil - Japão, Convênio: INPE - UFSM*".

## 2. Introdução

Partindo do fato de que a luminescência é uma radiação relativamente constante, com *background* característico, que está associada ao fluxo de partículas na alta Atmosfera, variações espaciais e/ou temporais podem servir de indicação da ocorrência de precipitação de partículas. De forma que a detecção de variações espaciais e temporais da radiação *Airglow* (Luminescência Atmosférica), pode servir de indicação da precipitação de partículas na Atmosfera Terrestre. Estudando este fenômeno com finalidade de conhecer a dinâmica atmosférica da região central da Anomalia Magnética do Atlântico Sul (AMAS), foi implantada no Observatório Espacial Sul – OES/CRSPE/INPE – em São Martinho da Serra um sistema de Câmeras Imageadoras, CCD, e Fotômetros, operados durante o período compreendido entre Fevereiro à Junho de 2001, quando foi observada a emissão *Airglow* nas linhas do Oxigênio Atômico, em 5577 Å e em 6300 Å, através do monitoramento do céu noturno.

### **3. Histórico, Cooperações Internacionais e Objetivos**

#### **3.1. O Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico**

O Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq foi criado pela Lei nº 1310, de janeiro de 1951. Como Autarquia vinculada ao Ministério da Ciência e Tecnologia constituiu-se numa das principais Agências Governamentais de Fomento, reconhecida internacionalmente por sua decisiva contribuição para a capacitação técnica e científica do País. Ao longo de sua existência, sofreu diversas transformações institucionais, destacando-se:

1974: transformação de Autarquia em

Fundação - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, vinculado à SEPLAN/PR - Secretaria de Planejamento da Presidência da República;

1985: transferência de vinculação da SEPLAN para o Ministério da Ciência e Tecnologia, posteriormente transformado em Secretaria da Ciência e Tecnologia e novamente em Ministério da Ciência e Tecnologia no final de 1992.

O CNPq, Fundação dotada de personalidade jurídica de direito privado, tem suas atividades regidas pela Lei 6.129, de 06.11.74 e por seus estatutos aprovados pelo Decreto nº 92.641, alterado pelo nº 96.930 e Portaria nº 288 do MCT de 12.05.86, 04.10.88 e 02.12.88, respectivamente. Em mais de quarenta anos de existência, o CNPq acumulou experiência na promoção das atividades relacionadas com o desenvolvimento da base científica e tecnológica do País. Para o cumprimento de sua missão, o CNPq realiza três atividades básicas: fomento, execução de pesquisa e informação e difusão de ciência e tecnologia [Página do CNPq na Internet: <http://www.cnpq.br/>].

Em 1999, o então Ministro da Ciência e Tecnologia Bresser Pereira, promoveu uma ampla reestruturação organizacional do CNPq.

No segundo semestre de 1999, o novo Ministro da Ciência e Tecnologia, Ronaldo Sodenbergue, manteve algumas modificações implantadas pelo ex-ministro, mas promoveu uma maior adequação da estrutura do MCT de acordo com a realidade e necessidade brasileira.

### **3.2. O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE**

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais foi criado no dia **03 de agosto de 1961** como o Grupo de Organização da Comissão Nacional de Atividades Espaciais (GOCNAE), subordinado ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). As primeiras metas deste grupo, subordinado diretamente à Presidência da República, visavam dotar o País de infra-estrutura capaz de realizar trabalhos relativos à utilização do espaço, constituir um núcleo de técnicos e pesquisadores especializados na área e promover cooperação com outros países.

Com esta visão, os Cursos de Pós-Graduação do INPE foram instituídos gradativamente a partir de 1968, com a finalidade de formar recursos humanos altamente qualificados nas áreas de atuação do Instituto, e em razão da inexistência ou insuficiência de instituições geradoras de conhecimento nessas áreas no País.

Em 1971, o GOCNAE foi renomeado para Instituto de Pesquisa Espacial. A Comissão Brasileira de Atividades Espaciais (COBAE) também foi formada neste ano, com o objetivo de dirigir os objetivos do Programa Espacial Brasileiro.

Com a criação do Ministério da Ciência e Tecnologia o INPE passou, em agosto de 1985, a ser um órgão diretamente vinculado a esse Ministério, dada a importância dos programas científicos e tecnológicos que vem desenvolvendo no Brasil e em cooperação com outros países.

Em outubro de 1990 o INPE incorporou o "Nacional" ao seu nome, passando a denominar-se Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Com sede geral em São José dos Campos, onde já existe o Centro Técnico Aeroespacial (CTA) e o Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), ambos do Ministério da Aeronáutica, o INPE conta atualmente com aproximadamente 1.250 funcionários (Março de 1997). Além do centro principal de suas atividades em São José dos Campos, o INPE tem unidades de pesquisa e desenvolvimento nos seguintes locais: Cachoeira Paulista (SP), Atibaia (SP), Cuiabá (MT), Natal (RN), Alcântara (MA) e Fortaleza (CE), além do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRSPE,

com o Observatório Espacial Sul implantado em São Martinho da Serra (RS), o qual encontra-se em fase final de construção em Santa Maria.

Suas principais atividades são: a utilização de satélites meteorológicos, de comunicação e de observação da Terra, além de pesquisa em Ciência e Tecnologia Espacial. Nos últimos anos, o INPE tem estabelecido programas de intercâmbio com alguns países como Argentina, China e Rússia. Ao mesmo tempo, a relação do INPE com associações de países mais tradicionais como Canadá, Estados Unidos, Japão e países europeus como a França, Alemanha, Inglaterra e Itália tem crescido.

O INPE também mantém Projetos e acordos com várias instituições brasileiras, tornando possível o crescimento de aplicações de Tecnologia Espacial para os problemas nacionais.

Hoje, o INPE desenvolve importantes atividades no interesse do País e do mundo, tais como o monitoramento da Floresta Amazônica e o desenvolvimento de satélites artificiais próprios ou em parceria, com outros países como o Projeto CBERS, um desenvolvimento conjunto com a República Popular da China.

Em 9 de fevereiro de 1993, o INPE pôs em órbita o SCD-1, o primeiro satélite artificial brasileiro desenhado e construído pelo INPE [Página do INPE na Internet: [www.inpe.br/](http://www.inpe.br/)].

Em outubro de 1998 o INPE pôs em órbita o SCD2. Ambos os satélites operam em perfeitas condições. Em 1999, foi efetuado o lançamento de três satélites: SACI – I, SACI – II e o CIBERS – I. Ambos os satélites SACI – I e II tiveram problemas no lançamento e foram considerados perdidos. Entretanto, o CIBERS – I está em órbita e produzindo imagens de ótima qualidade.

### 3.3. A Implantação do Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) tem interesse em dar continuidade, estimular, e desenvolver trabalhos conjuntos de cooperação técnico-científica em áreas de comum acordo. O INPE vem colaborando de forma ininterrupta e sistemática com a UFSM promovendo e apoiando o desenvolvimento das Ciências Espaciais e Atmosféricas no Rio Grande do Sul, principalmente na grande região de Santa Maria, desde outubro de 1985, quando assegurou sua participação no Projeto RA - "Radioastronomia - Desenvolvimento e Instalação de Instrumental Radioastronômico", aprovado pela FINEP/PADCT (Projeto 092/85) e posteriormente pela FINEP/FNDT.

As atividades e as áreas de desenvolvimento de pesquisas conjuntas em Ciências Espaciais e Tecnológicas entre o INPE e a UFSM foram originalmente definidas via Convênio, formalmente assinado em Santa Maria em 11/04/1988, com a participação do Diretor do INPE e do Ministro de Estado da ciência e Tecnologia. O Reitor da UFSM, via Portaria 21.432/88 de 06/05/1988, designou Nelson Jorge Schuch, para exercer a Coordenação Técnica e Administrativa do Convênio UFSM-INPE.

Em 13 de agosto de 1996, foi renovado o antigo convênio e celebrado um novo texto de Convênio entre o INPE/MCT e a Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Registro Definitivo INPE N' 01.01.098.0/96, com o objetivo de estabelecer e regulamentar um Programa de Cooperação Técnico - Científica entre as partes, visando a realização de pesquisas, ensino, intercâmbio de informações Técnico - Científicas, desenvolvimento e prestação de serviços cooperativos integrados em áreas de interesse comum, em especial aqueles ligados às áreas de Radioastronomia, Interferometria, Síntese de Abertura com a Rotação da Terra, Sistema RA, e pesquisas no campo das Ciências Espaciais e Atmosféricas.

Objetivando a estratégica descentralização do desenvolvimento de Pesquisas Espaciais no Brasil, em 13 de dezembro de 1996 foi celebrado um instrumento público de cessão de uso entre os partícipes, INPE/MCT e a UFSM, Registro Definitivo INPE No 01.14.159.0/96, para os fins de somar esforços no sentido de o INPE/MCT *instalar e fazer funcionar no Sul do País* um Complexo de Pesquisas Espaciais, consolidando a vigente Política Nacional de Desenvolvimento de

Atividades Espaciais - *PNDAE*, promovendo no Programa de Satélites a cobertura permanente e completa de visão do Continente da América do Sul, a totalidade do Território Nacional Brasileiro simultaneamente com abrangência circunvizinha continental oceânica do Pacífico, do Atlântico e do Caribe.

#### **3.4. Objetivo da Cooperação Internacional Brasil-Japão em Ciências Espaciais Básicas e Ciências Atmosféricas**

A Cooperação Científica Internacional Brasil-Japão em Ciências Espaciais Básicas e Ciências Atmosféricas tem como principal objetivo pesquisar os fenômenos físico-químicos que ocorrem na grande região da Anomalia Magnética do Atlântico Sul, com coordenação técnico-científica do Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria - LACESM - CT/UFSM e do INPE, no Brasil, e com a coordenação técnico-científica do National Institute of Polar Research - NIPR de Tóquio com a colaboração das seguintes instituições: Takushoku University (Physics Division, Faculty of Engineering), Kyushu University (Dept. of Earth and Planetary Sciences), Nagoya University (Solar Terrestrial Environment Laboratory), Rikkyo University (Dept. of Physics), Kokugaku-in University, Communication Research Laboratory, National Institute of Radiological Sciences (Space and Particle Radiation Science Research Group), no Japão.

#### **3.5. Objetivo do Projeto “ Estudo da Alta Atmosfera através da Aeroluminescência na Região da Anomalia Magnética do Atlântico Sul”**

Devido a menor intensidade do Campo Geomagnético na região da Anomalia Magnética do Atlântico Sul (AMAS), os cinturões de radiação que circundam a Terra são pressionados em direção a sua superfície. Este fato causa uma grande precipitação de Raios Cósmicos e partículas do Vento Solar na região, ocasionando perturbações no Campo Geomagnético e na Ionosfera. Tendo em vista que a Aeroluminescência (*Airglow*) é uma radiação relativamente constante com *background* característico que esta associada ao fluxo de partículas na alta Atmosfera, variações espaciais e/ou temporais podem servir de indicação da

ocorrência de incidência de partículas carregadas. Com o objetivo de estudar os processos de Aeroluminescência ocasionados pela precipitação de partículas carregadas, na região da AMAS, através do monitoramento e detecção das variações espectrais da radiação de *Airglow*, em algumas linhas de emissão, tais como as linhas OI 5577 Å e OI 6300 Å, o Laboratório de Aeronomia do Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE – UFSM mantém Programa de Monitoramento, operando detetores óticos, sendo eles dois fotômetros e 3 Imageadores Óticos de Alta Resolução *All Sky*. O objetivo principal do Programa é detectar variações espaciais e temporais da radiação de *Airglow* - Aeroluminescência - excitadas por colisões devido a precipitação de partículas na região da Anomalia Magnética do Atlântico Sul (AMAS), permitindo o estudo e determinação de diversos parâmetros da Alta Atmosfera, bem como sua dinâmica, no Sul do País e a sua correlação com parâmetros obtidos em outras latitudes.

## 4. Desenvolvimento Teórico

A Atmosfera superior é uma fonte permanente de emissão de fótons que são liberados por átomos (moléculas) excitadas acima de seu nível normal de energia. A produção da Luminescência é devida a diversos processos físico-químicos e, em geral ocorre através da emissão de linhas espectrais discretas. Através da observação desta Luminescência é possível determinar valores de interesse como a densidade de certos constituintes da Atmosfera e temperatura da mesma, além de seus efeitos dinâmicos. A distribuição de alguns componentes atmosféricos é afetada por reações químicas. Nestas reações são freqüentes as interações com fótons solares, que podem excitar, dissociar ou ionizar um átomo (molécula). Através das reações fotoquímicas estabelece-se uma perda ou uma produção de determinado componente atmosférico. Algumas linhas de emissão mais importantes são as do Oxigênio Atômico em 5577 Å (verde – que se dá à cerca de 95 Km de altura) e em 6300 Å (vermelho – se dá entre 250 e 350 Km de altura – região F da Ionosfera).

### 4.1. Radiação Solar e Terrestre

#### 4.1.1. Princípios da Transferência Radioativa

O mais importante dos processos responsáveis pela transferência de energia na Atmosfera Terrestre é a radiação eletromagnética que viaja em forma de onda pelo vácuo a uma velocidade de 299.792.458 m/s e através do ar a uma velocidade inferior. O Espectro Eletromagnético é constituído por todos os comprimentos de onda possíveis e várias partes deste Espectro tem nomes específicos, que são listados na Figura 4.1.1-1, juntamente com seus limites aproximados:

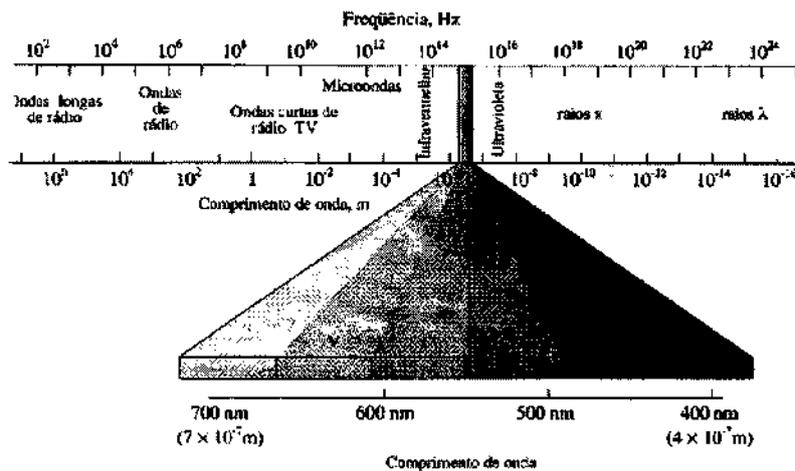


Figura 4.1.1-1: O Espectro Eletromagnético (19).

#### 4.1.2. Conceitos e Definições:

Energia radiante é definida como energia em transito. A quantidade de energia radiante que passa através de uma de área por unidade de tempo é denominado de *fluxo radiante* e o fluxo radiante por unidade de área é chamado de *densidade de fluxo radiante*. Este último conceito é representado matematicamente por:

$$F = \frac{d^2 E}{dA dt} \quad (4.1.2- 1)$$

onde E representa a energia radiante. A densidade de fluxo é geralmente expresso por  $W/cm^2$ .

A energia radiante pode se propagar em todas as direções uniformemente ou depender da direção. A energia radiante por unidade de tempo vindo de uma direção especifica e passando perpendicularmente por uma unidade de área é definida como *intensidade*, e definida pela relação:

$$I = \frac{dF}{d\omega \cos \theta} \quad (4.1.1-2)$$

onde  $d\omega$  representa a diferencial de ângulo sólido e  $\theta$  o ângulo entre o feixe de radiação e a direção normal à superfície.

#### 4.1.3. Absorção e Emissão de Radiação

A radiação eletromagnética ao interagir com os meios materiais pode ser absorvida e a quantidade absorvida é uma característica específica do material. A taxa de absorção de radiação incidente em certo comprimento de onda é chamado de *absorção monocromática* ( $a_\lambda$ ) e é usualmente uma função do comprimento de onda. Um corpo que absorção igual a unidade para todos os comprimentos de onda é chamado de *corpo negro*. Um corpo negro perfeito não existe na natureza, mas pode ser aproximado precisamente especialmente para comprimentos de onda longos e no infravermelho. Da radiação incidente que não é absorvida, parte é refletida e parte é transmitida. A taxa de refletividade da radiação incidente é chamada de *refletividade monocromática* ( $r_\lambda$ ) e a taxa de transmissão da radiação incidente é denominada de *transmissividade monocromática* ( $\tau_\lambda$ ). Podemos relacionar as três taxas apresentadas anteriormente por:

$$a_\lambda + r_\lambda + \tau_\lambda = 1 \quad (4.1.3-1)$$

Podemos concluir que para um corpo negro,  $r_\lambda = \tau_\lambda = 0$  e  $a_\lambda = 1$  para todos os comprimentos de onda.

Pela lei de Kirchhoff, uma molécula que absorve radiação de um determinado comprimento de onda é capaz de emitir radiação no mesmo comprimento de onda e esta emissão é uma função da temperatura e do comprimento de onda. Um corpo negro absorve o máximo possível de radiação, ele também emite o máximo possível e a radiação dentro deste sistema é chamado de *radiação de corpo negro*. A intensidade da radiação de corpo negro é uma função apenas de sua temperatura.

#### 4.1.4. Teoria da Radiação De Corpo Negro:

A teoria da distribuição energética da radiação de corpo negro foi desenvolvida por Planck, o qual postulou que energia pode ser emitida ou absorvida somente em unidades discretas definidas por:

$$u = h\nu \quad (4.1.4-1)$$

onde a constante de proporcionalidade  $h$  vale  $6,625 \times 10^{-27}$  erg.s e é conhecida como a constante de Planck. Pela combinação de equações chegamos a Lei da Intensidade de Radiação de Corpo Negro por unidade de frequência, que pode ser escrito na forma:

$$I_\nu^* = \frac{2h\nu^3}{c^2(e^{h\nu/kT} - 1)} \quad (4.1.4-2)$$

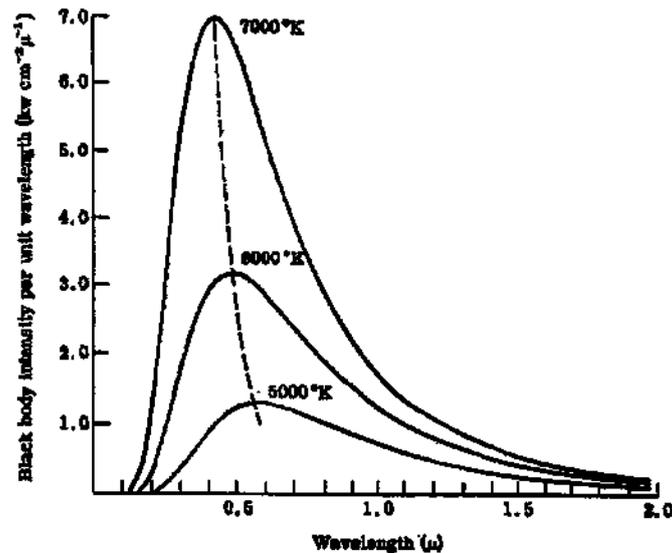
Esta lei foi experimentalmente verificada e tem alto grau de precisão.

#### 4.1.4.1. Características da Radiação de Corpo Negro:

Se a intensidade de radiação é expresso em termos do comprimento de onda, então a Equação 4.1.4-2 torna-se:

$$I_\lambda^* = \frac{2hc^2\lambda^{-5}}{(e^{hc/k\lambda T} - 1)} \quad (4.1.4.1-1)$$

Podemos notar que esta equação é crescente com a temperatura do corpo negro e o comprimento de onda no máximo de intensidade decresce com o crescimento da temperatura. a Figura 4.1.4.1-1 mostra melhor este conceito.



**Figura 4.1.4.1-1: Intensidade de radiação de Corpo Negro por unidade de comprimento de onda calculadas para temperaturas de 5000, 6000 e 7000 K (8).**

A intensidade total é encontrada por integração desta equação sobre todos os comprimentos de onda, que define a Lei de *Stefan-Boltzmann*, de acordo com o fato de o que a intensidade emitida por um corpo negro varia com a quarta potência da temperatura absoluta do corpo.

$$I^* \equiv bT^4 \quad (4.1.4.1-2)$$

A intensidade emitida por um corpo negro é independente da direção de emissão, então, o fluxo de intensidade emitido por um corpo negro é

$$F^* = \pi bT^4 = \sigma T^4 \quad (4.1.4.1-3)$$

onde  $\sigma$  representa a constante de Stefan-Boltzmann. Esta constante tem o valor de  $\sigma = 5,67 \times 10^{-5} \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ K}^{-4}$ .

O comprimento de onda do máximo de intensidade da radiação de corpo negro, pode ser encontrada pela diferenciação da Lei de Planck com respeito ao comprimento de onda, igualando a zero e resolvendo o resultado para  $\lambda$ . Este resultado é conhecido como a Lei de Wien, e pode ser escrita como:





$$\lambda_m = \frac{\alpha}{T} \quad (4.1.4.1-4)$$

onde  $\alpha = 0,290$  cm grau. Esta relação torna possível a temperatura de um corpo negro pela medida do comprimento de onda da intensidade monocromática máxima.

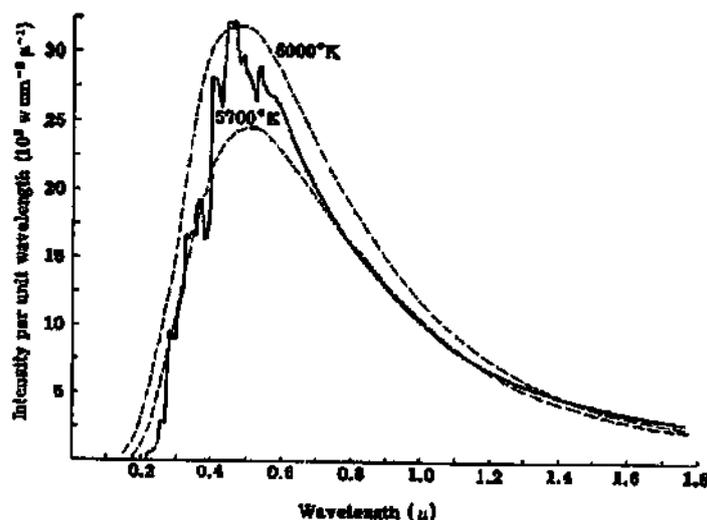
#### 4.1.5. Radiação Acima da Atmosfera

A fonte de energia para aproximadamente todos os processos físicos que ocorrem na Terra é o Sol. O Sol é uma esfera gasosa com um diâmetro de aproximadamente  $1,42 \times 10^6$  Km e temperatura superficial de cerca de  $6 \times 10^3$  K. Acredita-se que a fonte de energia solar seja a fusão nuclear. A energia liberada desta reação é transportada por radiação e por convecção para a superfície, e é então emitida como radiação eletromagnética. Cada centímetro quadrado do Sol emite em média de 6,2 KW de potência e esta energia é irradiada em todas as direções.

#### 4.1.6. O Espectro Solar

A distribuição da radiação eletromagnética emitida pelo Sol aproxima-se de um corpo negro a uma temperatura ao redor de 6000 K. Esta semelhança proporciona uma base para se estimar a temperatura da superfície visível do Sol. Como o Sol não é um corpo negro perfeito, este fato leva os resultados serem levemente diferentes. Usando a lei de Stefan-Boltzmann juntamente com a constante solar, pode-se estimar que a temperatura do Sol é de 5780 K. Conferindo o comprimento de onda para a intensidade máxima,  $0,4750 \mu\text{m}$  com a lei de Wien, estima-se uma temperatura superficial média da ordem de 6000 K.



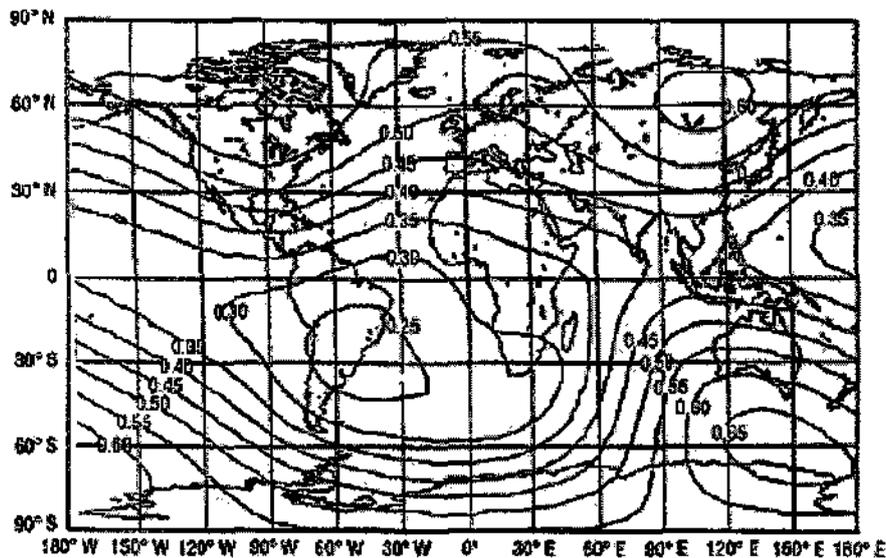


**Figura 4.1.6-1: Espectro solar observado e espectro de um corpo negro a uma temperatura de 6000 e 5700 K (11).**

## 4.2. O Campo Magnético Terrestre

O Campo Geomagnético pode ser dividido em um campo principal e vários outros campos secundários. O componente principal é gerado no interior da Terra, o qual acredita-se que seja resultante de correntes fluindo em núcleo metálico em estado de fusão com raio equivalente a metade do terrestre. Essas correntes são oriundas de uma ação equivalente a de um dínamo de auto-excitação no núcleo terrestre. Esta componente, chamada de Campo de Dipolo, representa cerca de 90% de sua intensidade total. Os componentes secundários, de intensidade muito variável, são produzidos por correntes elétricas presentes nas regiões ionizadas da Ionosfera/Magnetosfera. Como primeira aproximação do campo principal, tem-se o modelo de um dipolo colocado no centro da Terra e inclinado em relação ao eixo de rotação planetário de aproximadamente  $11^\circ$ . Uma melhor aproximação consiste em deslocar o centro do dipolo cerca de 500 km do centro geográfico da Terra ao longo da longitude  $33^\circ$  Oeste. Tem-se assim um dipolo excêntrico. Utilizando-se a expansão multipolar, pode-se obter um modelo mais exato. Neste modelo, anomalias magnéticas podem estar associadas as irregularidades nas correntes que fluem no núcleo metálico em estado de fusão do interior da Terra. Acredita-se que o Campo Geomagnético principal seja gerado destas correntes. A Figura 4.2-1 mostra as linhas de contorno para a intensidade total do campo geomagnético segundo o modelo IGRF - *International Geomagnetic Field*

Reference - para 1995. Os valores estão em unidades de Gauss. Observa-se a ocorrência da menor intensidade total na região da América do Sul (cerca de 24000 nT), com centro no Sul do Brasil. Esta depleção, resultante da assimetria do campo geomagnético, está migrando para leste lentamente.



**Figura 4.2-1: Modelo IGRF da Intensidade Total do Campo Geomagnético - 1995**

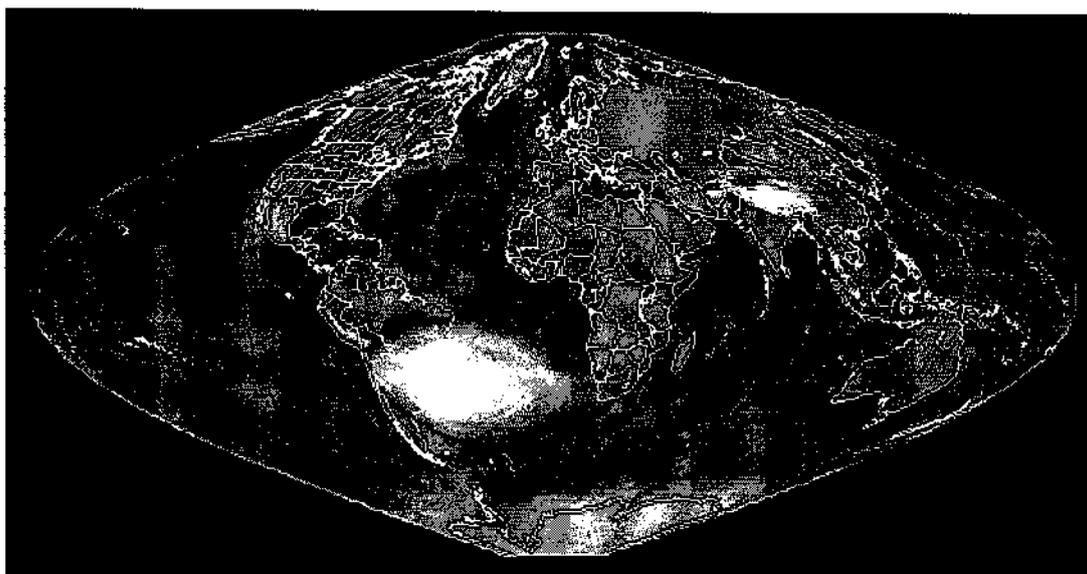
(<http://julius.ngdc.noaa.gov>)

#### 4.2.1. A Anomalia Magnética do Atlântico Sul

Devido a assimetria do Campo Geomagnético, algumas anomalias na intensidade total são encontradas, dentre estas, a Anomalia Magnética do Atlântico Sul – AMAS ou Anomalia Magnética Brasileira - cuja configuração se aproxima da, de um círculo, cujo centro se situa nas coordenadas de 25° S e 48° O e um raio aproximado de 900 Km, estendendo-se sobre o Território Brasileiro, do Estado de São Paulo ao Sul do Rio Grande do Sul Figura 4.2.1-1. Caracterizada pela baixa intensidade do Campo Geomagnético, a AMAS resulta numa grande depressão na Magnetosfera Terrestre. Como consequência, os cinturões de radiação que circundam o Planeta Terra (Cinturões de Van Allen), estão pressionados na direção da superfície da Terra, causando uma grande precipitação de Raios CósMICOS e de partículas de Vento Solar na alta Atmosfera da região,

ocasionando perturbações no Campo Geomagnético e na Ionosfera, além de radiointerferência.

A depleção do Campo Geomagnético na região da AMAS e a conseqüente precipitação de partículas na alta Atmosfera faz desta região um excelente laboratório para estudo de fenômenos atmosféricos em condições de Campo Geomagnético fraco. De acordo com pesquisas recentes sobre magnetismo de rochas, a intensidade do Campo Geomagnético do Planeta tem decrescido durante os últimos mil anos e tende a desaparecer dentro dos próximos mil anos, se a presente taxa de decréscimo persistir. Observou-se também que a taxa de decréscimo do Campo Geomagnético é notavelmente grande próximo a América do Sul. Desde que a intensidade total do Campo Geomagnético nesta região já é muito fraca, o Campo Geomagnético próximo a América do Sul poderá desaparecer dentro de 400 anos. Sabe-se que os pólos magnéticos da Terra freqüentemente sofreram reversões durante a longa história da Terra. Quando os pólos magnéticos da Terra reverterem, a intensidade do campo geomagnético torna-se muito fraca. Considera-se que os seres humanos terão que viver sobre um Campo Geomagnético extremamente fraco no futuro. Isto implica em que a intensidade de partículas de Raios Cósmitos precipitantes na Atmosfera terrestre tende a aumentar, gerando conseqüências imprevisíveis sobre a Atmosfera terrestre e também a nível de superfície. Esta precipitação de partículas energéticas pode agravar o problema da redução temporária na Camada de Ozônio observado na região Sul do Brasil, como conseqüência de Efeitos Secundários do Buraco de Ozônio Antártico.



**Figura 4.2.1-1: Anomalia Magnética do Atlântico Sul (AMAS) – 2001.**

(<http://science.nasa.gov/>)

#### **4.2.2. Variações Geomagnéticas:**

Basicamente há dois tipos de variações magnéticas: as que ocorrem a períodos magneticamente calmos e as variações mais intensas associadas a tempestades magnéticas. As variações calmas, são de dois tipos principais, a variação Sq, e uma mais fraca chamada variação L. A primeira é influenciada pela ação solar (S) em tempo calmo (q), e a segunda é influenciada pela Lua (L). As variações mais intensas, associadas às tempestades, são as variações perturbadas.

##### **4.2.2.1. Índices de Atividades Magnéticas:**

A fim de definir rapidamente o estado de atividade do Campo Magnético terrestre, foram criados vários índices, baseados nas variações medidas por magnetômetros. Em cada estação ou observatórios terrestres de superfície, para monitoramento e coleta de dados o dia é dividido em oito períodos de três horas e, das três componentes do campo, aquela variação que for a maior, em cada período, é chamada a amplitude “a” em gamas. As variações Sq e L são previamente subtraídas de cada componente. Estas amplitudes, medidas em uma série de estações para cada período, produzem o índice planetário Ap. O

índice K está relacionado às amplitudes “a”, através de uma escala semi-logarítmica própria para cada estação. Os valores numéricos de K variam de 0 (atividade muito calma) a 9 (atividade magnética muito intensa), com frações intermediárias de 1/3. À medida entre várias estações corresponde o índice planetário Kp. O índice Kp, sendo um índice planetário, deve exprimir o estado médio de Atividade Magnética do Globo Terrestre mas, para isso, a rede de magnetômetros deveria ser uniformemente distribuída, o que na realidade não ocorre, havendo muito mais observatórios no Hemisfério Norte.

#### **4.3. Emissões de Ondas Naturais LF/ELF/VLF**

Ondas VLF (3-30 kHz) propagam-se a grandes distâncias na guia de onda limitada pela superfície terrestre e a região D da Ionosfera. A altura desta guia é de cerca de 70 km para o Sol a pino e cerca de 85 km a noite. A propagação é normalmente caracterizada por grande estabilidade, tanto em amplitude como em fase, particularmente durante o dia, exibindo baixa atenuação, possibilitando boa recepção a grandes distâncias, até dimensões comparáveis ao tamanho da Terra [6,23,41].

Na Troposfera Terrestre, a atividade de relâmpagos de tempestades fornece a fonte dominante de excitação de ondas eletromagnéticas no intervalo de freqüências de 1Hz - 1 kHz (o qual é aproximadamente o espectro ELF - Freqüências Extremamente Baixas). A taxa de ocorrência de relâmpagos é maior sobre regiões tropicais; portanto a excitação ELF por relâmpagos não é uniformemente distribuída sobre o Globo. A condutividade elétrica da crosta e oceanos da Terra, de um lado e a da região ionosférica D, por outro são cerca de 10 ordens de magnitude superiores a condutividade da Atmosfera no meio. A cavidade entre a superfície da Terra e a Ionosfera pode ser considerada como uma guia de onda global para ondas ELF.

#### 4.4. Luminescência Atmosférica

Segundo Chamberlain (1961), **Luminescência Atmosférica**, do inglês *Airglow*, pode ser definida como a radiação amorfa continuamente emitida pela Atmosfera Planetária, estendendo-se do ultravioleta distante ao infravermelho próximo. Estas emissões se devem ao fato de que a Atmosfera superior é uma fonte permanente de emissão de fótons que são liberados por átomos ou moléculas excitadas acima de seu nível normal de energia. A produção desta luminosidade é devida a diversos processos físico-químicos e em geral, ocorre através da emissão de linhas espectrais discretas. Esta radiação relativamente constante cobre todas as latitudes e é potencialmente desestruturada, devendo ser distinguida da radiação altamente variável, a Aurora, que é emitida a latitudes superiores, numa região de formato oval em torno de 67° de latitude geomagnética e está associada ao influxo de partículas solares na Atmosfera superior. A Aurora ocorre mais intensamente durante e após distúrbios solares, na qual partículas carregadas penetram na Atmosfera, vindo da Magnetosfera, energizando os constituintes atmosféricos por colisões, ficando claro a correlação do fenômeno da Aurora com a atividade magnética.

A Alta Atmosfera Terrestre é responsável por um contínuo de emissões de *Airglow* que propagam-se até a superfície. Esta emissão ocorre devido a absorção de radiação ultravioleta solar por espécies químicas presentes a cerca de 70 km de altitude, tais como N<sub>2</sub>, O, O<sub>2</sub> e Na. A absorção de radiação ultravioleta por estes átomos e moléculas leva-os a um estado quântico excitado, de maior energia e meta-estável, do qual tendem a decair, retornando a seu estado fundamental através da emissão de radiação eletromagnética. Os processos de excitação/emissão mais comuns são a ressonância, a fluorescência, a quimiluminescência e a excitação por colisões.

Os processos de emissão ocorrem em competição com processos de perda de energia pela molécula ou átomo devido a colisões com outros constituintes da Atmosfera, nas quais as espécies excitadas perdem energia e retornam a seu estado padrão sem emissão de radiação.

A emissão de radiação, classificada genericamente como Aeroluminescência ou *Airglow*, pode ser do tipo emissão instantânea, denominada *Dayglow*, no qual as radiações absorvidas são de frequências de ressonâncias das moléculas, ou

pode ser do tipo *Nightglow*, de emissão retardada, ocorrendo quando a energia armazenada pela absorção de radiação solar é liberada a noite por vários processos de relaxação energética. O *Nightglow* contribui, em uma noite sem lua entre 40 a 50 % da luminosidade total do céu noturno, ligeiramente maior que a luz recebida das estrelas. Observações espectroscópicas revelam muitas linhas de emissão e bandas, e um *continuum* que estendem-se desde comprimentos de onda inferiores a  $0.4 \mu$  ao infravermelho. Uma parte do espectro do Airglow pode ser visualizado na Figura 4.4-1.

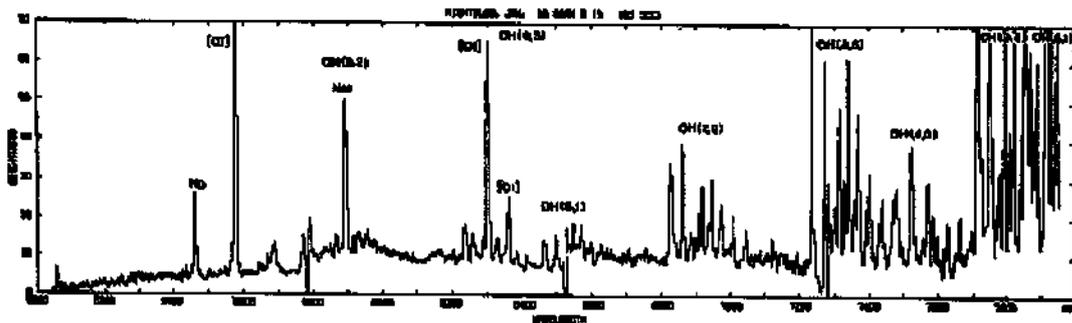
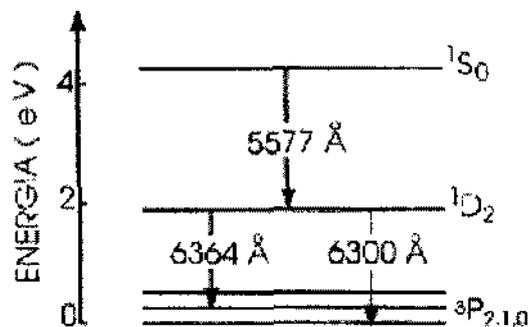


Figura 4.4-1: Espectro do Nightglow entre 5000 Å e 8000 Å (11).

O fluxo de elétrons precipitantes na região da Anomalia Brasileira é menor que o de partículas aurorais da ordem de 2 ordens de magnitude. Espera-se que a intensidade de emissão ótica, nesta região, seja mais fraca que a luminosidade auroral por duas ordens de magnitude. Isto sugere que os detectores óticos terão dificuldade para observar os fenômenos que ocorrem na região central da Anomalia Magnética Brasileira. Entretanto, durante fortes eventos de explosões solares o fluxo de partículas do cinturão de radiação que circunda a Terra (o Cinturão de Van Allen) é incrementado por 100 vezes, ou 2 ordens de magnitude, comparado ao período quieto, o que nos leva a crer que se estas partículas se precipitam a baixa altitude, como consequência induzem fenômenos óticos que em princípio, poderão ser detectados na forma de emissões pelos sensores instalados no Observatório Espacial Sul no Rio Grande do Sul, isto é, em media latitude (cerca de 30° Sul).

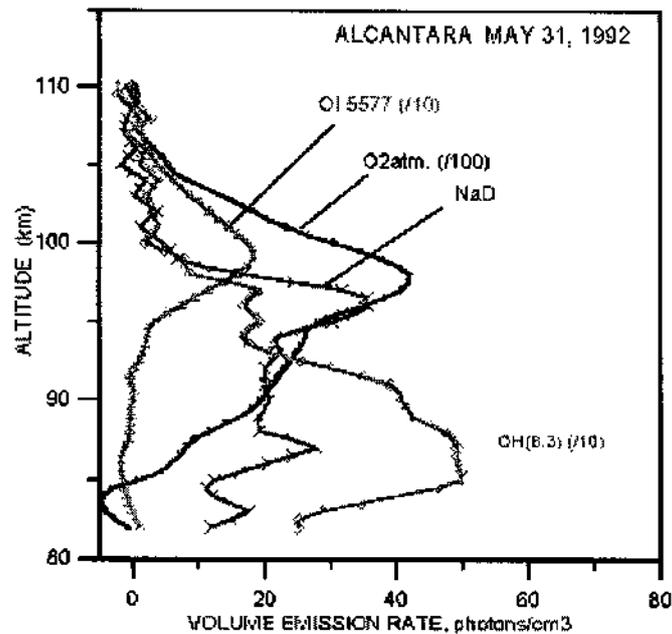
O estudo da Luminescência Atmosférica cobre questões de distribuição geofísica de constituintes, a intensidade de várias linhas e a determinação precisa dos seus comprimentos de onda, e particularmente, a identificação da transição eletrônica

responsável por cada linha Figura 4.4-2. Um aplicação recente e importante é observar o desvio Doppler de uma linha conhecida, com o objetivo de ser determinada a velocidade da espécie emissora e conseqüentemente medir os ventos termosféricos da Média e Alta Atmosfera Terrestre.



**Figura 4.4-2: Diagrama de energia numa forma simplificada para as linhas de emissão do oxigênio atômico (5).**

Algumas linhas de emissão de *Airglow* mais importantes, são as linhas do Oxigênio atômico em 5577 Å (verde) e em 6300 Å (vermelho), com diagrama de energia simplificado mostrado na Figura 4.4-1, a linha do sódio em 5893 Å e as bandas de emissão espectral do radical OH. As taxas de emissão em função da altura de algumas linhas e bandas de emissão estão indicadas na Figura 4.4-3. O pico de emissão do oxigênio atômico, em 5577 Å, está localizado em alturas maiores, correspondentes à região F da ionosfera, onde os átomos de oxigênio são excitados por recombinação dissociativa, estando este pico próximo a 90 Km de altura.



**Figura 4.4-3: Taxas de emissão em função de altura de algumas linhas e bandas de emissão de *Airglow*, coletadas por instrumentos de medidas a bordo de foguetes lançados na base de Alcântara (2° S, 44° W). (<http://www.laser.inpe.br/lume>)**

Para se fazer medidas e monitoramento de luminescência Atmosférica utilizam-se várias técnicas, no qual algumas delas serão descritas a seguir pois foram implementadas no Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE, junto ao Laboratório de Ótica e Luminescência Atmosférica - LOLA/OES/CRSPE/INPE - no qual são operados equipamentos provenientes da Cooperação Brasil-Japão e do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais □INPE.

As técnicas descritas a seguir tratam-se do monitoramento atmosférico pela operação de um imageador para todo o céu, câmeras CCD de alta sensibilidade e definição, e da Fotometria, pela operação de um detetor ótico - fotômetro.

## 4.5. Instrumentação

### 4.5.1. Os Imageadores *All Sky*

O *TV Image Observation System*, constituído pela Câmara de TV Imageadora e outros dispositivos de controle, instalado junto ao Observatório Espacial do Sul tem como objetivo observar a variação espacial da radiação de *Airglow* de OI 6300 Å, OI 5577 Å, N<sub>2</sub><sup>+</sup> 3914. Este sistema foi utilizado pelo *National Institute of Polar Research* em observações aurorais na Groenlândia anteriormente. A sensibilidade desta Câmara de TV é de cerca de 500 R de luminosidade<sup>1</sup>.

A parte ótica do sistema consiste de uma lente *fisheye* para todo o céu, um visor noturno mais uma lente *relay (night-viewer intensifier)* e de uma Câmara CCD de TV (Figura 4.5.1-1). No topo da estrutura onde estes dispositivos estão montados, uma janela semi-esférica de acrílico incolor protege a lente *fisheye*. A estrutura que suporta as peças e os circuitos é de forma retangular e de ferro fundido, vazada na sua parte central no sentido vertical. Todo o conjunto está sobre uma prancha retangular, munida de rodas para que seja deslocado para fora do prédio em um terraco especialmente construído para noites de observações.



**Figura 4.5.1-1: Câmara CCD de TV do *TV Image Observation System*, para aquisição de dados de Luminescência Atmosférica.**

<sup>1</sup> 1 R = 1 Rayleigh = 10<sup>6</sup> fótons/cm<sup>2</sup> coluna ar



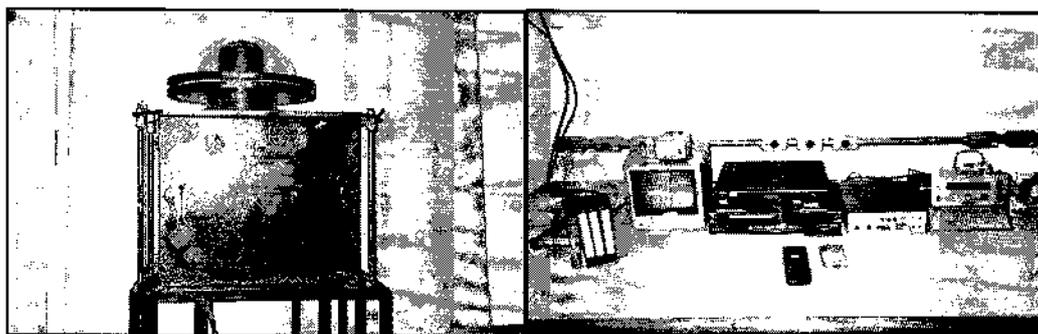
O sinal de vídeo obtido pela Câmara de TV é enviado ao *timer* do vídeo e posteriormente é separado no monitor de TV e no gravador do vídeo. Como não há interferência luminosa da cidade próxima ao Observatório, São Martinha da Serra, as condições de observação óptica do sítio estão sendo testadas. Acredita-se ser possível detectar fenômenos óticos cuja intensidade luminosidade do evento seja maior que 1 kR, necessitando que o sistema seja operado durante períodos de eventos Solares e perturbações geomagnéticas.

Pela parte superior da estrutura, no vazamento central vertical, é inserido um cilindro metálico, onde são acondicionadas: a lente *fisheye*, o visor noturno e a Câmara CCD nesta ordem, fixados um no outro através de roscas. O cilindro é inserido no prumo. Fixo na estrutura metálica, um nível bolha de água permite que se nivele o aparelho para operação. Ainda na mesma estrutura, uma seta indica a direção e o sentido que o aparelho deve tomar. Esta representa o Norte Magnético. A Figura 4.5.1-2 nos mostra o "*TV Image Obsevation System*".

Um cabo de 30 m permite que se desloque a câmara CCD para o pátio de observações, fora do Prédio do LOLA, para uma posição vantajosa. Este cabo alimenta a Câmara CCD de 100 VAC, conduz o sinal, além de alimentar o visor noturno de 3 VDC através de um conversor 100AC/3DC.

O imageador de TV só deve ser operado à noite em condições de céu claro e sem Lua, por constar de uma Câmara CCD muito sensível. Depois de ser levado para fora para observação e alinhado com o Norte Magnético, liga-se a Câmara na caixa de força e procede-se o registro da data e marcação do tempo no monitor de TV, através de um temporizador de vídeo. Numa fita de vídeo é registrado, numa região de tela de tamanho apropriado, o tempo U.T., fornecido por um receptor GPS.





**Figura 4.5.1-2: Sistema de operador da TV Câmara Imageadora do OES/CRSPE/INPE.**



**Figura 4.5.1-3: Sistema de observação instalado no Observatório Espacial Sul - OES/CRSPE/INPE.**

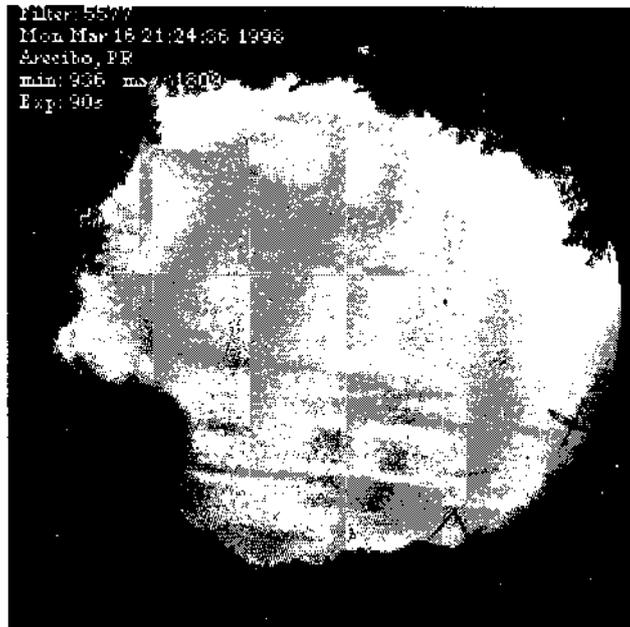
Os painéis de controle do sistema de observação instalado no Observatório Espacial Sul - OES/CRSPE/INPE apresentado na Figura 4.5.1-3.

Como técnica, é ligado o Intensificador e a imagem do céu noturno é observado e registrado em monitor de TV, podendo ser gravada, através de um gravador de vídeo quando a imagem for de boa qualidade. Para isso é preciso observar a imagem no monitor de TV durante a gravação, pois podem surgir nuvens ou a proteção externa de acrílico embaçar-se devido ao orvalho, necessitando interromper a gravação para desembaça-la, Figura 4.5.1-4.

As fitas de vídeo tem duração de 9 horas de gravação, e em noites sem Lua, pode-se começar a gravar por volta das 8 horas da noite e parar por volta das 5 horas da manhã.

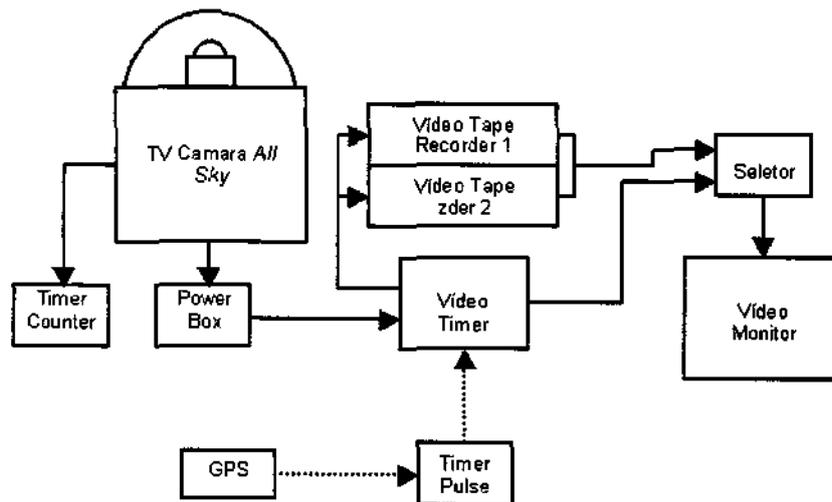
Em noites de Lua Minguante o término é antecipado com o nascer da Lua e, em noites de Lua Nova, a operação pode começar mais tarde. O intervalo noturno útil para o imageamento pode ser automatizado por um temporizador que liga e desliga a fonte de energia. O nascimento e ocaso da Lua são determinados pela

análise dos ângulos lunares de zênite calculados pelo programa do Espectrofotômetro Brewer operado em convênio: INPE-UFSM e que encontra-se instalado no Observatório Espacial do Sul.



**Figura 4.5.1-4:** A figura apresenta o tipo de imagem de todo o céu que é monitorada em Laboratório, vindo do imageador CCD no OES/CRSPE/INPE.

O esquema do diagrama de blocos do “*TV Image Observation System*”, instalado no Observatório Espacial do Sul, com o sistema detetor e o sistema de armazenamento de dados, é apresentado na Figura 4.5.1-5.



**Figura 4.5.1-5: Sistema de Aquisição de Dados da TV Câmera Imageadora instalado no OES/CRSPE/INPE**

#### 4.5.2. Câmeras CCD – “Charge Couple Display”

Constituído por duas Câmeras modelo BS-30L e outros dispositivos de controle. Ambas constituídas por visor noturno alimentado de 12VDC

Uma das câmeras possui o sistema óptico constituído por uma lente do tipo *wide angle*, possuindo a vantagem de ter maior nitidez e melhor definição que a segunda. A sensibilidade destas câmeras depende do tipo de lente e tempo de integração. No caso desta primeira, é operada em 50s (tempo integrado) possuindo portanto, uma sensibilidade de 100R.

A outra câmera possui um sistema óptico constituído por lentes do tipo *all sky* (ou *Fish eye*), a vantagem é fornecer uma visão ampla do céu, possibilitando que seja observado o que acontece em todo o horizonte. Esta câmera também é operada com tempo de integração de 50s, possui sensibilidade de 1kR. A Figura 4.5.2-1 mostra a câmera CCD utilizada na obtenção de dados de Luminescência Atmosférica, instalada no Prédio 5, onde está instalado o Laboratório Óptica e Luminescência Atmosférica - LOLA/OES/CRSPE/INPE.

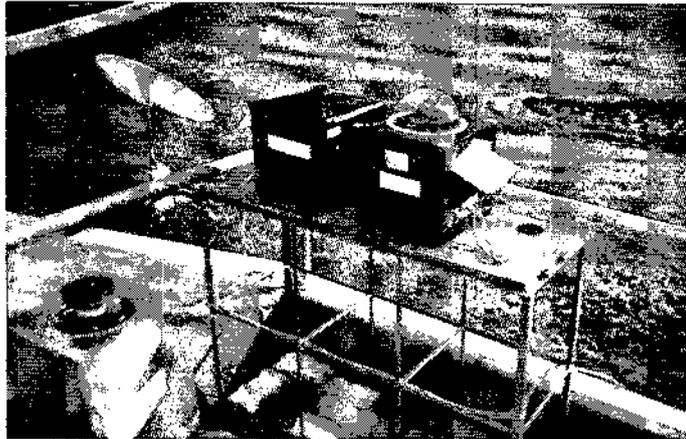
O tempo de integração ideal para operação das câmeras foi definido pelo pesquisador colaborador do convênio Brasil – Japão, Dr. Kazuo Makita, da Faculty of Engineering -Takushoku University. Acredita-se que este valor seja o melhor para o perfeito funcionamento do Sistema, nas condições apresentadas na região do Observatório Espacial Sul – OES/CRSPE/INPE.



**Figura 4.5.2-1: Câmera CCD - SONY ICX074AL - usada na obtenção de dados de Luminescência Atmosférica, instalada no Laboratório de Óptica e Luminescência Atmosférica – LOLA/OES/CRSPE/INPE.**

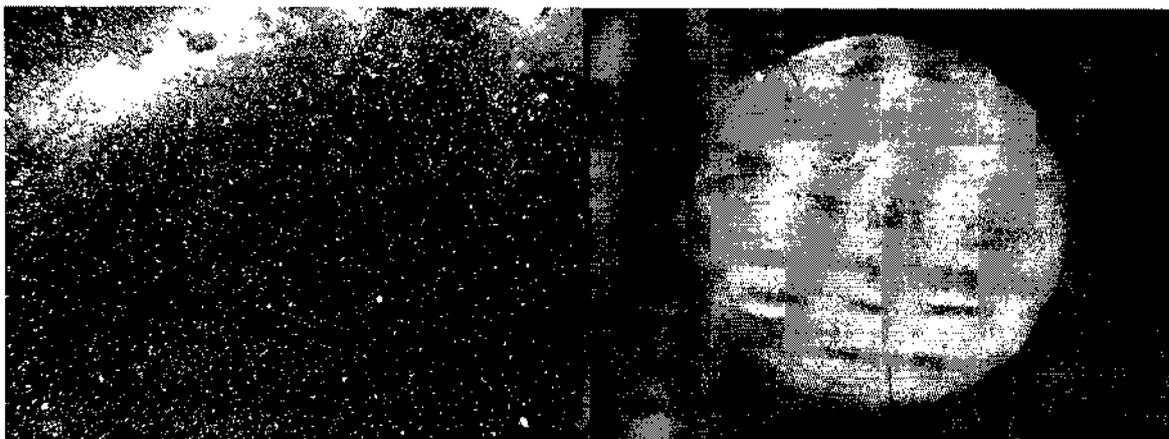
No topo da estrutura onde estes dispositivos estão montados, uma janela semi-esférica de acrílico incolor protege a lente *fisheye*. A estrutura que suporta as peças e os circuitos é de forma retangular e de ferro fundido, vazada na sua parte central no sentido vertical. Todo o conjunto está sobre um suporte retangular, instalado do lado de fora do Prédio 5, onde está instalado o Laboratório de Óptica e Luminescência Atmosférica -LOLA/OES/CRSPE/INPE.

As câmeras montadas como em noite de observação no terraço do Prédio 5 – Laboratório de Óptica e Luminescência - LOLA/OES/CRSPE/INPE, são mostradas na Figura 4.5.2-2.



**Figura 4.5.2-2: Câmeras CCD que compõem o Sistema de Observação noturno da emissão *Airglow* - instalada no Observatório Espacial Sul - OES/CRSPE/INPE.**

Da mesma maneira que a câmera imageadora, é preciso monitorar as imagens para ver se não estão fora de foco, ou se a lente não está embaçada. Para obter imagens de boa qualidade, sempre é rotina conferir o foco das câmeras antes de se iniciarem as observações. Na Figura 4.5.2-3 têm-se exemplos de imagens coletadas pelo Sistema de Câmeras CCD instaladas no Observatório Espacial Sul – OES/CRSPE/INPE.



**Figura 4.5.2-3: Imagens coletadas com o sistema de câmeras CCD instaladas no Observatório Espacial Sul.**

À esquerda, a imagem tirada da câmera usando lentes do tipo *Wide Angle*, de alta definição e à direita com o uso de uma câmera com lentes do tipo *All Sky*, permitindo uma visão geral do céu.

### 4.5.3. O Fotômetro FOTSUL

Dentro da Cooperação Brasil-Japão em Ciências Espaciais Básicas, com o objetivo de estudar os processos dinâmicos relacionados a Aeroluminescência, mais precisamente observar a radiação zenital de comprimentos de onda de 5577 Å e 6300 Å, provenientes do Oxigênio Ionizado, foi instalado um fotômetro no Observatório Espacial do Sul – OESCRSPE/INPE. A técnica da fotometria é tradicionalmente empregada no estudo de luminescência atmosférica.

O fotômetro consiste em um sistema de filtros de interferência ótica (caso especial do interferômetro *Fabry-Perot*), que seleciona o comprimento de onda a ser medido, acoplado com um tubo fotomultiplicador e um sistema eletrônico de amplificação de sinal. Juntamente com estes dispositivos é acoplado um sistema de armazenamento e coleta de dados.

Com este sistema, mede-se a intensidade da radiação de um fluxo de fótons, que pode ser feita através de comparações visuais ou quantitativas por meio de dispositivos fotoelétricos.

No sistema de fotometria existe ainda um amplificador de alta voltagem, necessário ao funcionamento da fotomultiplicadora e um registrador gráfico, para que sejam gravados os dados gerados pelo fotômetro, possibilitando posterior consulta e comparação com dados coletados de outros dias e épocas do ano. Na Figura 4.5.3-1 tem-se na esquerda o detetor propriamente dito (fotômetro), onde está o sistema ótico de seleção; ao centro o registrador gráfico para saída dos dados e a direita um componente constituído de vários circuitos eletrônicos para controle de troca de filtros no fotômetro, bem como, amplificação do sinal por ele gerado. Como a fotomultiplicadora trabalha em alta tensão, o Sistema só pode ser operado na ausência de fontes de luz artificiais e em noites sem lua (ou de lua nova) já que uma fonte luminosa muito intensa faria com que a fotomultiplicadora gerasse uma corrente elétrica muito intensa, acarretando a perda do circuito.



**Figura 4.5.3-1: Sistema do fotômetro instalado no OES/CRSPE/INPE**

Quando o fotômetro foi instalado no Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE, era composto por dois filtros para registro de dois comprimentos de onda diferentes: 5577 Å e 6300 Å, provenientes das transições eletrônicas do Oxigênio Ionizado. Até então, este fotômetro foi utilizado para medidas de auroras na Groelândia, nas pesquisas do Dr. Kazuo Makita, portanto, pouco eficiente para o estudo da emissão *Airglow* no Observatório Espacial do Sul. As duas lentes eram fixas em um único suporte, dotado da capacidade de rodar, (girar em torno do seu próprio eixo). Técnicos da Divisão de Aeronomia do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - LUME/DAE/INPE aprimoraram a aquisição de dados e a sensibilidade espectral do fotômetro, trocando os filtros existentes por novos (5577Å e 6300Å) e adicionando mais dois a roda de filtros, permitindo estimar o ruído de fundo (*background*).

Os 4 filtros alteram-se, parando quatro vezes durante um ciclo (4 filtros), registrando os dois comprimentos de onda, num período de 2 segundos. Esta capacidade de giro permite ao fotômetro selecionar o comprimento de onda para observação pela troca dos filtros.

Ele possui uma chave de “scan”, a qual controla o giro do suporte do filtro. Se esta chave estiver na posição OFF, o filtro é chaveado no comprimento de 5577 Å. Se a chave for ligada, posição ON, o filtro vai girar (registrando ambos comprimentos de onda).

Para a melhor operação do Sistema, o fotômetro deve ser posicionado em um lugar fixo, plano, sendo sua lente ajustada de modo que fique perpendicular a superfície, apontando para o zênite.

O Sistema de fotometria consiste nos seguintes elementos: fotômetro, fonte de alta tensão/amplificador, registrador gráfico e um gerador de pulso. Um cabo de controle e um de alta tensão vêm do elemento da fonte de alta tensão/amplificador para o fotômetro. O sensor recebe o sinal de controle e alimentação (alta tensão de aproximadamente 750V) e envia o sinal gerado para o amplificador. O sinal sai do amplificador para dois registradores: um ligado ao drive Magneto-óptico para gravação em disco e outro do registrador gráfico. O sinal de saída do Fotômetro é portanto registrado em dois registradores gráficos. O gerador de pulso está ligado ao registrador gráfico transmitindo o tamanho do pulso para a realização da medida.

No registrador gráfico são utilizados os seguintes canais:

- o canal 1, recepção do sinal do Fotômetro;
- o canal 2, recebe o sinal de ON/OFF do seletor de filtro;
- o canal 4, recebe o sinal de tempo do gerador de pulso.

O procedimento de operação consiste nos seguintes passos:

Posicionar o fotômetro sobre uma superfície plana e fixa, de modo que sua lente fique perpendicular à superfície, apontando para o zênite.

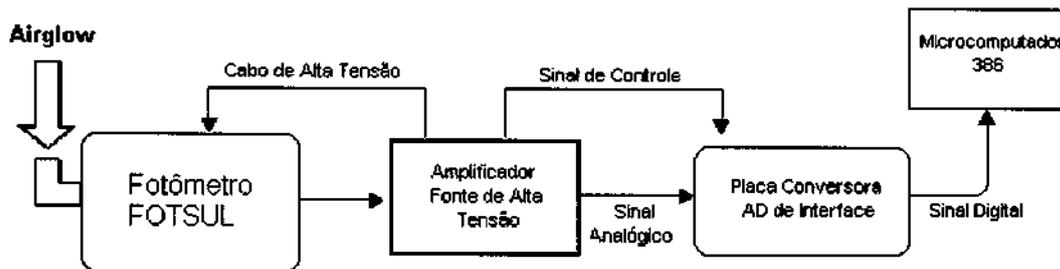
- Conectar o cabo de sinal no amplificador, bem como o cabo de alta voltagem ao cabo de controle.

O amplificador por sua vez, deve ser ligado a dois registradores gráficos, e também ao *drive* do disco magneto-óptico. O registrador gráfico deve estar conectado a um gerador de pulso que controlará o intervalo entre uma e outra oscilação do filtro do Fotômetro.

Verificar se o gerador de pulso está ajustado ao Tempo Universal (tarefa esta que pode ser feita com o uso do *Global System Position (GPS)*).

Verificar todos os procedimentos anteriores, podendo ser iniciada as medições.

No registrador gráfico pode-se selecionar a velocidade de impressão e o intervalo entre um registro e outro. Graficamente, o registrador gráfico apresenta uma oscilação caracterizada por uma curva de forma poligonal, representando exatamente ambos os picos de comprimento de onda (5577 Å e 6300 Å). Na Figura 4.5.3-2 apresenta-se o Diagrama de Blocos do fotômetro FOTSUL.



**Figura 4.5.3-2: Diagrama de Bloco do Sistema do fotômetro FOTSUL, instalado no OES/CRSPE/INPE.**

Os períodos preferenciais para observações são aqueles que coincidem com períodos de grande atividade solar, quando podem ocorrer fenômenos de precipitação de partículas de alta energia na Atmosfera ocasionando um aumento na emissão de Luminescência Atmosférica causada por desexcitação de elementos, envolvidos em processos colisionais.

#### 4.6. Ondas de Gravidade na Atmosfera

Do ponto de vista da dinâmica atmosférica, considera-se a Atmosfera, entre a superfície e o topo da Termosfera (aproximadamente 400 km), como um enorme guia de onda no qual ondas de vários períodos podem ser excitadas. As **Ondas de Gravidade Atmosféricas**, cujos períodos são, tipicamente, da ordem de minutos a horas, fazem parte do espectro da dinâmica de pequena escala. Estas ondas são caracterizadas como o resultado de perturbações da Atmosfera estável em que a gravidade e o empuxo atuam como forças restauradoras. O impacto que as ondas de gravidade representam em uma escala global é o de influenciar de modo significativo o balanço energético da Alta Atmosfera (desvios do equilíbrio radiativo).

A densidade atmosférica decresce exponencialmente com a altitude; assim sendo, as ondas de gravidade ao propagarem-se em regime ascendente crescem em amplitude, devido a conservação de energia. Quando estas ondas alcançam as altitudes das camadas de emissão de Aeroluminescência, elas têm amplitudes suficientes para provocarem alterações detectáveis nas intensidades associadas às emissões. Enquanto que as mudanças na densidade dos constituintes é uma parte da causa referentes às mudanças na intensidade. Mudanças na temperatura também afetarão os coeficientes de reação nos processos fotoquímicos que originam as camadas Atmosféricas, e, assim, a intensidade da luz radiada também será alterada. Em suma, medindo-se as mudanças nas intensidades das emissões de Aeroluminescência, estaremos aptos a avaliar os efeitos da passagem de uma onda de gravidade sobre a camada, e também de estudar as características de propagação intrínsecas ao evento.

## **5. Desenvolvimento Prático**

Nesta etapa do Relatório serão descritas as atividades práticas desenvolvidas pela bolsista no período vigente da bolsa. Deve-se salientar que algumas das atividades desenvolvidas não estão diretamente envolvidas com o Projeto, mas que foram de grande valia no desenvolvimento técnico-científico da aluna.

### **5.1. Atividades Principais**

As atividades principais desenvolvidas pela bolsista concentraram-se em:

- coleta de dados (monitaramento noturno);
- redução e análise parcial de dados;
- aprendizagem a respeito da instrumentação, (alguns dos quais descritos anteriormente neste Relatório), utilizada no estudo da Luminescência Atmosférica;
- entendimento da interação Software/Hardware para controle de dispositivos detetores;
- o estudo e a pesquisa de caráter científico no acervo bibliográfico disponível no Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria - LACESM/CT/UFSM, onde a maior parte das atividades da aluna se concentram, além da consulta ao acervo à Biblioteca Central da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM e da Bibliotecas Setoriais do Centro de Ciências Naturais e Exatas - CCNE/UFSM e Centro de Tecnologia – CT/UFSM. Artigos técnicos e científicos, publicações em revistas especializadas e a constante consulta a instituições via INTERNET, tiveram importância relevante nas atividades de pesquisa da bolsista.

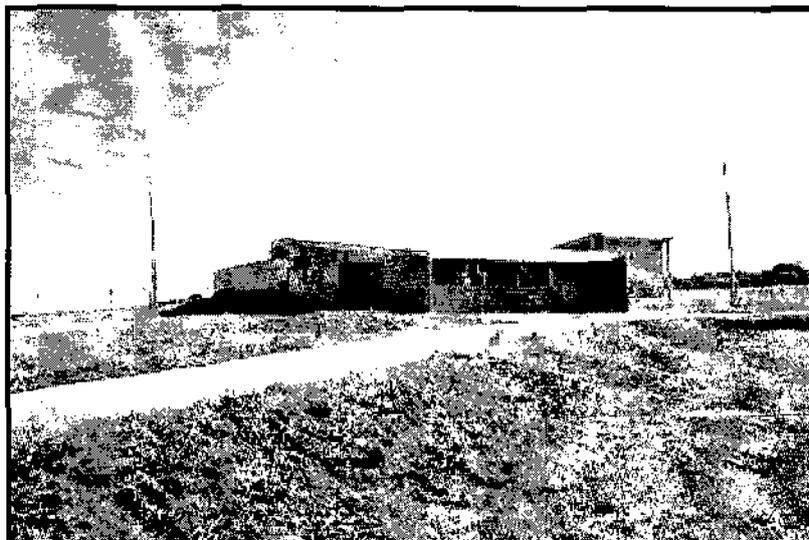
## **5.2. Acompanhamento Técnico – Científico de Cientistas Japoneses em Visita ao Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE para a Instalação de Equipamentos**

Durante o período vigente da bolsa, ocorreram visitas de pesquisadores japoneses ao Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE - entre eles uma equipe de mestrados da *Shinshu University*, que permaneceu no OES/CRSPE/INPE na primeira semana do mês de Março do corrente ano, acompanhados pelo pesquisador-colaborador Dr. Kazouki Munakata – *Department of Physics, Faculty of Science, Shinshu University* - para a instalação do primeiro Telescópio Multi-direcional Cintilador de Muons da América do Sul, ligados à Cooperação Internacional Brasil-Japão em Ciências Espaciais Básicas. Nesta ocasião em especial, a bolsista teve a oportunidade de entrar em contato com uma área do saber diferente da qual propõem-se o Projeto.

No mês de Fevereiro deste ano, foi realizada uma campanha de observações, com a presença do Pesquisador-Colaborador Japonês Dr. Kazuo Makita - *National Institute of Polar Research (NIPR)* - para a aquisição de dados de Aeroluminescência, operando os sistemas detetores por ele instalados (descritos na seção **4.5. Instrumentação**) no Laboratório de Ótica e Aeroluminescência - LOLA/OES/CRSPE/INPE. Ocasão quando propiciou-se plena interação da aluna com este Pesquisador, adquirindo maior conhecimento na área de pesquisa.

## **5.3. Cooperação na Manutenção do Laboratório de Óptica e Luminescência Atmosférica – LOLA.**

Foi construído no Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE o Prédio 5, com o objetivo de abrigar o Laboratório de Ótica e Luminescência Atmosférica – LOLA – OES/CRSPE/INPE (*Figura 5.3-1*). Este Prédio comporta os equipamentos e experimentos do OES relativos a Luminescência Atmosférica e Astronomia Óptica.



**Figura 5.3-1: Prédio 5 do OES/CRSPE/INPE, onde está instalado o Laboratório de Ótica e Luminescência atmosférica.**

Além dos equipamentos em operação, planeja-se instalar, neste Prédio, um Espectrômetro de varredura meridional para estudos ionosféricos e mesosféricos, ainda este ano.

#### **5.4. Atuação no Laboratório de Aeronomia**

A atuação da bolsista se dá no Laboratório de Aeronomia - LAE/LACESM/CT/UFSM, desde Agosto de 2000, na área de Iniciação Científica em estudos de Aeronomia, Alta Atmosfera e Luminescência Atmosférica. A acadêmica, bolsista, foi designada para atuar a nível discente como responsável, do **PROGRAMA DE AEROLUMINESCÊNCIA DO PROJETO RADIOASTRONOMIA, COOPERAÇÃO BRASIL-JAPÃO, CONVÊNIO: INPE - UFSM**, respondendo pelos equipamentos instalados no Observatório Espacial Sul, responsabilidade esta designada pelo Coordenador do Convênio: INPE - UFSM, Dr. Nelson J. Schuch.

### **5.5. Experimentos Realizados no Laboratório de Ótica e Luminescência Atmosférica – LOLA/CRSPE/INPE para Aquisição de Dados de Luminescência Atmosférica.**

Foram realizados diversos experimentos para aquisição de dados de Aeroluminescência, bem como, para acompanhamento do funcionamento do fotômetro FOTSUL e demais sistemas de aquisição de dados, instalados no Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE.

Foi necessário o planejamento antecipado dos dias bons, isto é, noites sem lua<sup>2</sup> e em condições climáticas aceitáveis, para que fossem realizadas as observações. Foram consultados sites da rede mundial de computadores especializados em meteorologia.

*A priori*, tentou-se manter observações periódicas a cada mês em períodos de Lua Nova. No entanto, este objetivo nem sempre foi possível de ser realizado devido problemas climáticos de ocasião.

Durante o mês de Fevereiro de 2001, houve a visita do Pesquisador Japonês, Dr. Kazuo Makita. Neste período, foi realizada uma campanha de observações para a aquisição de dados de Aeroluminescência. Tivemos a oportunidade de realizar experimentos de aquisição de dados em períodos em que Dr. Kazuo Makita estava ausente. Os dias em que foram feitas as observações, com o mês, condições climáticas e tempo de observação são apresentados na Tabela 5.5-1. Ao todo, foram realizadas 19 noites de observação.

<sup>2</sup> Os angulos lunares aceitáveis para observação são aqueles que excedem 90°, onde a Lua não aparece no horizonte nem em qualquer ponto visível do céu de nosso sítio de observações.

**Tabela 5.5-1: Experimentos Observacionais Realizados no Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE para aquisição de dados de Luminescência Atmosférica em 2001.**

Mês/2001	Dia	Tempo de Observação	Clima
Fevereiro	16	5 h	Bom
Fevereiro	17	8 h	Bom
Fevereiro	19	9 h	Regular
Fevereiro	20	9 h	Regular
Fevereiro	22	9 h	Ruim
Fevereiro	23	9 h	Ruim
Fevereiro	25	8 h 30min	Regular
Fevereiro	28	9 h 30min	Bom
Março	1	9 h	Bom
Março	24	7 h	Bom
Março	27	8h	Bom

Mês/2001	Dia	Tempo de Observação	Clima
Março	28	9 h	Bom
Março	29	9 h	Bom
Abril	20	8 h	Bom
Abril	24	8 h	Regular
Maio	23	9 h	Bom
Maio	24	9 h	Bom
Maio	25	10 h	Bom
Junho	21	8 h	Bom

#### 5.6. Participação em cursos, congressos, palestras e seminários

A formação plena da acadêmica foi complementada com sua participação de algumas palestras e congressos listados a seguir:

Palestra: Tempestades e Relâmpagos no Brasil, proferida pelo Dr. Osmar Pinto Jr - Pesquisador Titular do INPE - 16/05/2001 – Auditório Pércio Reis – CT/UFSM.

Palestra proferida pelo representante da Empresa Francesa INDELEC, que desenvolve e implementa S. P. D. A. em todo o mundo - 16/05/2001 – Auditório Pércio Reis – CT/UFSM.

Palestra: Efeitos Ionosféricos Sobre Sinais de Satélites: Estudo de Caso Para Cintilação em Amplitude do Sinal GPS (L1) Causado por Irregularidades do

Plasma Ionosférico - Eng. Fabiano Rodrigues – Mestrando do CEA/INPE -  
22/06/2001 – Auditório Pécio Reis – CT/UFMS.

Congresso: URSI/COSPAR INTERNATIONAL REFERENCE IONOSPHERE  
WORKSHOP, Modelamento Ionosférico em baixas Latitudes, realizado no  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos – SP,  
de 25 a 29 de Junho de 2001.

Os certificados ainda não foram emitidos pelas respectivas Instituições e serão  
anexadas posteriormente.

## 6. Artigos e Resumos Submetidos:

Visando o treinamento da acadêmica na elaboração de Resumos e Artigos destinados a Eventos de Iniciação Científica, bem como na apresentação de Seminários, submeteu-se o resumo abaixo. Outros trabalhos e resumos estão em fase de desenvolvimento.

O Evento de Iniciação Científica e Título do Resumo submetido:

Seminário de Iniciação Científica do INPE - 2001

*Observação da emissão Airglow de Oxigênio Atômico de OI 5577 e OI 6300 na região central da Anomalia Magnética do Atlântico Sul.*

## 7. Conclusões

As atividades de Iniciação Científica realizadas no Laboratório de Ciências Espaciais e Santa Maria - LACESM/CT/UFSM, em conjunto com o Laboratório de Luminescência Atmosférica - LUME/DAE/INPE e Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE, deram à acadêmica a oportunidade de aplicar alguns dos conhecimentos adquiridos no Curso de Graduação em Física da UFSM, bem como o aprimoramento dos mesmos e a aquisição de novos conhecimentos, nas áreas de Geofísica Espacial e Geomagnetismo, na área específica de Aeronomia e Luminescência Atmosférica, e em outras áreas da Física e Astrofísica.

Houve a necessidade da bolsista complementar seus conhecimentos com estudos em disciplinas não cursadas no decorrer do Curso de Graduação e que não fazem parte do Currículo Escolar da aluna, mas que de grande importância no seu desenvolvimento científico, das quais se destacam: Fundamentos de Astronomia e Geofísica, Sistemas Operacionais (UNIX, LINUX), Redes de Computadores e Comunicação de Dados.

O material utilizado para consulta e estudo foi encontrado nos acervos das Bibliotecas presentes no Campus de Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, além da Biblioteca do LACESM/CT/UFSM – convênio: INPE - UFSM.

Uma importante habilidade desenvolvida pela bolsista foi a fluência na Língua Inglesa, adquirida através da leitura de livros e artigos escritos neste idioma, além da necessidade de comunicar-se com os pesquisadores e demais visitantes estrangeiros que constantemente visitam as instalações do OES/CRSPE/INPE ou do LACESM/CT/UFSM.

Quanto ao aspecto científico, teve-se a oportunidade de contato com uma vasta área do conhecimento: o estudo de Ciências Atmosféricas e Espaciais, a qual engloba um caráter multidisciplinar (Física, Engenharias, Física, Química, Ciências da Computação), e consiste num campo muito grande de pesquisa e desenvolvimento de novas técnicas. O contato com cientistas de nível internacional também foi de imensa valia no desenvolvimento profissional e pessoal da bolsista e de grande importância no decorrer das atividades.

## 8. Agradecimentos

Gostaria de agradecer ao Dr. Nelson J. Schuch, Coordenador do Convênio: INPE/UFSM junto ao Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria - LACESM/CT/UFSM e Responsável pela Implantação do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRSPE/INPE - MCT, que sempre auxilia e incentiva os acadêmicos no melhor desempenho de suas funções.

Aos Drs. Hisao Takahashi e Delano Gobbi e demais pesquisadores, alunos e técnicos do Laboratório de Luminescência Atmosférica - LUME/DAE/INPE, São José dos Campos - SP - pelo apoio no desenvolvimento deste Projeto, pois, certamente, sem a ajuda destas pessoas não seria possível sua execução.

Aos alunos, professores e funcionários do LACESM/CT/UFSM e do CRSPE/INPE - MCT, pelo grupo especial de pessoas que formam.

Finalmente, gostaria aqui de expressar meus sinceros agradecimentos ao CNPq/Pibic - MCT devido ao apoio e incentivo no desenvolvimento de minhas atividades, como acadêmica bolsista deste Orgão. Esta ajuda foi e continuará sendo de fundamental importância para que jovens cientistas possam desenvolver suas atividades e, desta maneira, contribuir para o desenvolvimento de nosso País, o qual pretendemos retornar o auxílio dado através de nosso esforço profissional futuro.

## 9. Referências Bibliográficas

1. Makita, K. ; Change of Earth Environment Due to Decreasing Geomagnetic Field The Necessity of Observation in Brazilian Geomagnetic Anomaly Region; Rev. Takushoku University, 40, 15-24, 1996.
2. Makita, K. ; Okano, S.; Yukimatsu, A.; Nishino, M.; Shibasaki, K.; Yamamoto, H.; Kikuchi, T.; Nozaki, K.; Fujitaka, K.; Furukawa, M.; Takahashi, H.; Schuch, N.J.; *Upper Atmosphere Observations in the Brazilian Geomagnetic Anomaly Region, Bulletin of Science and Engineering, Takushoku University, V. 1, No.2, 1997.*
3. Sobral, J. H. A.; Experimentos de uma colaboração científica entre a NASA e o INPE sob a coordenação da Agência Espacial Brasileira, executado no Campo de Lançamento de Alcântara/MAer no período de agosto-outubro de 1994. Resultados científicos da Campanha Guará, de estudos da alta atmosfera e ionosfera; São Paulo; 1997.
4. Coutinho, E. F.; Introdução às Partículas Presas e a Anomalia Geomagnética Brasileira, *Ciência e Cultura*, 26(4), 329-339, 1974.
5. Kirchoff, V.W.; *Introdução A Geofísica Espacial*, Editora da Universidade de São Paulo, 1991
6. Pinto, O. J.; González, W. D.; *Anomalia Magnética Brasileira*, *Ciência Hoje*, vol. 9, no 52, 31-35, 1989.
7. Schuch, N.J.; Adaime, S. F.; Oliveira, N. U. V.; Bortolotto, E.; Sarkis, P. J.; Pinheiro, D. K.; Lüdke, E.; Wendt, F. A.; Trivedi, N. B.; Costa, J. M.; Kirchoff, V. W. J. H.; Dutra, S. L. G.; Sobral, J .H. A.; Abdu, M. A.; Takahashi, H.; *Observatório Espacial do Sul - Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais/INPE*, *Revista Brasileira de Geofísica*; Vol 15(1), 65-70, 1997.
8. Fleagle, R. G.; Businger, J. A;. *An Introduction to Atmospheric Physics* , Academic Press Inc, 1965.
9. Chamberlain, J. W.; *Physics of the Aurora and Airglow*, American Geophysical Union, 1995.

10. Kivelson, M. G.; Russell, C. T.; *Introduction to Space Physics*, Cambridge University Press, 1995.
11. Rees, M. H.; *Physics and Chemistry of the Upper Atmosphere*, Cambridge University Press, 1989.
12. Hargreaves, J. K.; *The solar-terrestrial environment*, Cambridge University Press, 1992.
13. Melo, Stella M. L.; Gobbi, D.; Takahashi, H.; Teixeira, N. R, Lobo, R.; *O Fotômetro MULTI2 - Experiência de Calibração*, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE-5526-NTC/310, 1993.
14. Meriwether Jr., J. W.; *A Review of the Photochemistry of Selected Nightglow Emissions From the Mesopause*, Journal of Geophysical Research, vol 94, Nº 12, Pages 14,629-14,646, October 20, 1989.
15. Boyd, R. W.; *Radiometry and the Detection of Optical Radiation*, John Wiley & Sons, Inc; 1993.
16. Schildt, H.; *C Completo e Total*, McGraw-Hill, Ltda. e Makron Books do Brasil Editora Ltda.; 1991.
17. Maciel, W. J.; *Astronomia e Astrofísica - Curso de Extensão Universitária*, Impresso no Setor Gráfico do IAG/USP, 1991.
18. *LabTalk Manual Version 5*, Microcal Origin, Inc; 1997.
19. Russel, J. B.; *Química Geral*, McGraw-Hill, Ltda. e Makron Books do Brasil Editora Ltda.
20. Tohmatsu, T.; *Compendium of Aeronomy*, Terra Scientific Publishing Company, Kluwer Academic Publishers, Tokyo, 1990.