

Automatização do Fotômetro FOTSUL  
Instalado no Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE

Fábio Augusto Vargas dos Santos  
Aluno da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM - Bolsista PIBIC/CNPq  
Orientador: Dr. Hisao Takahashi, Pesquisador, DAE  
Dr. Nelson Jorge Schuch, Pesquisador, Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRSPE  
Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE

Tratando a Atmosfera terrestre como um meio gasoso onde várias espécies atômicas e moleculares interagem quimicamente entre si, tem-se aí um laboratório natural onde ocorrem diversos processos físico-químicos. No domínio acima de 70 km, a Radiação Ultravioleta do Sol é responsável por mudanças profundas na composição Física, Química e Elétrica da Atmosfera. Com o decréscimo da densidade atmosférica com a altura, átomos, moléculas e seus íons são excitados pelos raios UV do Sol a estados meta-estáveis de energia, possibilitando a emissão de radiação observável. Esta radiação amorfa, continuamente emitida pela Atmosfera Planetária é denominada de *airglow* (Luminescência Atmosférica). O espectro do *airglow* pode ser usado para se estimar várias quantidades atmosféricas de interesse.

Com o objetivo de estudar a dinâmica da Atmosfera superior da região central do Rio Grande do Sul, pelo monitoramento de Luminescência Atmosférica, esta sendo utilizado no Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE, pelo Laboratório de Ótica e Luminescência Atmosférica - LOLA, dentro da Cooperação Internacional Brasil-Japão em Ciências Espaciais Básicas, técnicas fotométricas, que consistem na utilização fotômetros, capazes de selecionar fótons de comprimentos de ondas de interesse, com o uso de filtros de interferência ótica de onde se pode estimar a intensidade de radiação de um fluxo de fótons.

Mais especificamente, o fotômetro FOTSUL instalado Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE junto ao Laboratório de Ótica e Luminescência Atmosférica - LOLA, é capaz de medir as variações espectrais de radiação *airglow*, em comprimentos de onda do Oxigênio Ionizado (OI), de 6300 Å e 5577 Å. O fato de que este fotômetro foi usado por cientistas japoneses na Groenlândia, para monitorar Auroras, mostrou que este fotômetro não se adequava as condições necessárias para observar as emissões de *Airglow*, devido a baixa intensidade de radiação, na faixa de 1 a 500 Rayleighs ( $R^1$ ), em comparação com a da Aurora, que ocorre com intensidades na ordem de alguns  $kR^1$ .

Neste sentido, juntamente com o Grupo de Luminescência Atmosférica - LUME/INPE, executaram-se mudanças no FOTSUL, para adequar este equipamento ao fenômeno do *Airglow*. Uma das modificações feitas foi troca dos filtros de interferência, visto que os em operação encontravam-se deteriorados. Foram trocados os dois filtros para comprimentos de onda de 5577 e 6300 Å e ainda colocados dois outros novos filtros em comprimentos de onda próximos aos anteriormente citados, para estimar o ruído luminoso de outras fontes. Após a troca dos filtros, foi feita sua calibração espectral utilizando o sistema de calibração do Laboratório de Luminescência Atmosférica - LUME/INPE. Foi também feito a automatização da coleta de dados através da conversão do sinal analógico gerado pelo fotômetro por uma placa AD, instalada em um microcomputador. O sinal digital convertido é então manipulado por um programa desenvolvido em linguagem C, visando a aquisição, redução e monitoramento dos dados coletados pelo fotômetro.

Deste modo, o fotômetro FOTSUL encontra-se em condições de contribuir com os estudos de Luminescência Atmosférica na região central do Rio Grande do Sul. O próximo passo será campanhas de observação, com objetivo de adquirir dados para comparação com os de outras regiões, como a região de Cachoeira Paulista, onde o LUME possui fotômetros operando

---

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

**MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS  
COORDENAÇÃO DE ENSINO, DOCUMENTAÇÃO E  
PROGRAMAS ESPECIAIS - CEP  
COORDENAÇÃO DE CIÊNCIAS ESPACIAIS E  
ATMOSFÉRICAS - CEA  
CENTRO REGIONAL SUL DE PESQUISAS ESPACIAIS - CRSPE  
ESTAÇÃO TERRENA DE RASTREIO E CONTROLE DE  
SATÉLITES - ETRCS/CRSPE/INPE  
OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL - OES/CRSPE/INPE**

**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:  
Fábio Augusto Vargas dos Santos**

**Orientador:  
Hisao Takahashi**

**Co-Orientador:  
Nelson Jorge Schuch**

**Santa Maria, Junho de 1999.**

## **Dados de Identificação:**

**Bolsista:**  
**Fábio Augusto Vargas dos Santos**

**Orientador:**  
**Hisao Takahashi**  
**Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE**

**Co-Orientador:**  
**Nelson Jorge Schuch**  
**Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - INPE**

**Local de Trabalho/Execução do Projeto:**  
**Observatório Espacial do Sul - CRSPE/OES/INPE**  
**Laboratório de Geofísica Espacial - LGE/LACESM**  
**Laboratório de Aeronomia - LAE/LACESM**

**Participantes da Cooperação Brasil-Japão em Ciências  
Espaciais Básicas diretamente envolvidos no Projeto:**  
**Dr. Kazuo Makita - National Institute of Polar Research**

## ÍNDICE

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 RESUMO .....</b>   | <b>6</b>  |
| <b>2 INTRODUÇÃO .....</b>   | <b>7</b>  |
| 2.1 O CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO .....   | 7         |
| 2.2 O INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE .....  | 8         |
| 2.3 A IMPLANTAÇÃO DO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL - OES/CRSPE/INPE .....  | 9         |
| 2.4 OBJETIVO DO PROJETO RADIOASTRONOMIA .....   | 10        |
| 2.5 OBJETIVO DA COOPERAÇÃO CIENTÍFICA INTERNACIONAL BRASIL-JAPÃO EM CIÊNCIAS<br>ESPACIAIS BÁSICAS E CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS .....   | 10        |
| 2.6 OBJETIVO DO PROGRAMA DE MONITORAMENTO DO OZÔNIO ATMOSFÉRICO DO<br>LACESM/CT/UFSM .....  | 11        |
| 2.7 OBJETIVO DO PROJETO 'ESTUDO DA INTERFERÊNCIA ELETROMAGNÉTICA NO OBSERVATÓRIO<br>ESPACIAL DO SUL - OES/CRSPE/INPE EM SÃO MARTINHO DA SERRA - RS .....                      | 11        |
| 2.8 OBJETIVO DO PROJETO " ESTUDO DA ALTA ATMOSFERA ATRAVÉS DA AEROLUMINESCÊNCIA<br>NA REGIÃO DA ANOMALIA MAGNÉTICA DO ATLÂNTICO SUL " .....                                   | 12        |
| <b>3 DESENVOLVIMENTO TEÓRICO .....</b>  | <b>13</b> |
| 3.1 RADIAÇÃO SOLAR E TERRESTRE .....  | 13        |
| 3.1.1 <i>Princípios da Transferência Radioativa</i> .....   | 13        |
| 3.1.2 <i>Conceitos e Definições:</i> .....  | 13        |
| 3.1.3 <i>Absorção e Emissão de Radiação</i> .....   | 14        |
| 3.1.4 <i>Teoria da Radiação De Corpo Negro:</i> .....   | 15        |
| 3.1.5 <i>Características da Radiação de Corpo Negro:</i> .....  | 15        |
| 3.1.6 <i>Radiação Acima da Atmosfera</i> .....  | 17        |
| 3.1.7 <i>O Espectro Solar</i> .....   | 17        |
| 3.2 O CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE .....   | 18        |
| 3.2.1 <i>A Anomalia Magnética do Atlântico Sul</i> .....  | 19        |
| 3.2.2 <i>Variações Geomagnéticas:</i> .....   | 19        |
| 3.2.3 <i>Índices de Atividades Magnéticas:</i> .....  | 20        |
| 3.3 EMISSÕES DE ONDAS NATURAIS LF/ELF/VLF .....   | 20        |
| 3.4 LUMINESCÊNCIA ATMOSFÉRICA .....   | 21        |
| 3.4.1 <i>A TV Câmara Imageadora</i> .....   | 24        |
| 3.4.2 <i>O Fotômetro</i> .....  | 28        |
| <b>4 DESENVOLVIMENTO PRÁTICO .....</b>  | <b>31</b> |
| 4.1 REDUÇÃO DE DADOS .....  | 31        |
| 4.1.1 <i>O Fotômetro Multicanal MULTIZ</i> .....  | 31        |
| 4.1.2 <i>Os Dados:</i> .....  | 32        |
| 4.1.3 <i>A primeira Etapa de Redução</i> .....  | 33        |
| 4.1.4 <i>A limpeza dos Arquivos Reduzidos e a Plotagem dos Gráficos</i> .....   | 36        |
| 4.1.5 <i>Limpeza dos Gráficos</i> .....   | 38        |
| 4.2 VISITA AO LUME E A SEDE DO INPE .....   | 39        |
| 4.3 ACOMPANHAMENTO DE CIENTISTAS JAPONESES EM VISITA AO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO<br>SUL – OES/CRSPE/INPE PARA A INSTALAÇÃO DE EQUIPAMENTOS .....                              | 40        |
| 4.4 NOVA VISITA AO LABORATÓRIO DE LUMINESCÊNCIA ATMOSFÉRICA – LUME/DAE/INPE .....   | 44        |
| 4.5 DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE DE CONTROLE, AQUISIÇÃO E REDUÇÃO DE DADOS PARA O<br>SISTEMA DE FOTOMETRIA INSTALADO NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL –<br>OES/CRSPE/INPE ..... | 48        |
| 4.6 COOPERAÇÃO NA IMPLEMENTAÇÃO DO LABORATÓRIO DE ÓTICA E LUMINESCÊNCIA<br>ATMOSFÉRICA - LOLA E NO LABORATÓRIO DE AERONOMIA - LAE .....                                       | 53        |
| 4.6.1 <i>Grupo de Pesquisa Envolvidos no LAE/LACESM/CT/UFSM</i> .....   | 54        |
| 4.6.2 <i>Espaço Físico do LAE/LACESM/CT/UFSM</i> .....  | 54        |
| 4.6.3 <i>Equipamentos na Área de Informática Disponíveis</i> .....  | 54        |
| 4.7 PARTICIPAÇÃO EM CURSOS, PALESTRAS, SEMINÁRIOS, CONGRESSOS E COLÓQUIOS DE<br>INICIAÇÃO CIENTÍFICA .....  | 55        |
| <b>5 CONCLUSÕES .....</b>   | <b>57</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>6 AGRADECIMENTOS .....</b>            | <b>59</b> |
| <b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b> | <b>60</b> |



## 1 Resumo

Através deste relatório parcial relata-se as atividades desenvolvidas pelo bolsista *Fábio Augusto Vargas dos Santos*, acadêmico do curso de Física - Bacharelado da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, durante o período de *dezembro de 1998 à fevereiro de 1999*, no projeto "*Estudo da Alta Atmosfera através da Aeroluminescência na região da Anomalia Magnética do Atlântico Sul*".

As atividades foram desenvolvidas junto Observatório Espacial do Sul - CRSPE/INPE e ao Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria - CT/UFSM - INPE.

No pouco tempo de vigência da bolsa, o bolsista procurou sempre alcançar os resultados esperados, descritos no Projeto submetido ao PIBIC-INPE, procurando desenvolver todas as atividades básicas ao seu desenvolvimento intelectual e humano.

No decorrer deste período, as principais atividades desenvolvidas se concentraram no Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria - LACESM onde existe o grupo de Aeronomia, que realiza pesquisas no âmbito geral da dinâmica da Alta Atmosfera, onde o bolsista responde a nível discente como responsável pelo "Programa de Aeroluminescência do Projeto Radioastronomia, Cooperação Brasil - Japão, Convênio: INPE - UFSM".



## 2 Introdução

Este relatório parcial submetido à apreciação do PIBIC/INPE - CNPq, além de servir como um relatório descritivo de atividades, poderá se tornar uma referência para os alunos do OES e LACESM tal como os alunos do Laboratório de Antenas e Mecatrônica - LAMEC, do Laboratório de Astrofísica & Radioastronomia e os próprios alunos do Laboratório de Aeronomia - LAE (Todos laboratórios do OES/CRSPE/INPE e LACESM/UFSM/INPE).

O bolsista segue filosofia de trabalho do LACESM, para a iniciação científica, que estão sendo realizadas nas áreas de Aeronomia, Geofísica Espacial, Física Teórica, Radioastronomia, Eletrônica, dentre outras. Esta alta interação do aluno com as diversas áreas de pesquisa proporciona à ele uma ampla visão e participação nas atividades dos diversos ramos da Ciência e Tecnologia desenvolvendo sua capacidade de raciocínio, autoconfiança e profissionalismo.

O incentivo do Coordenador Geral do CRSPE/INPE, juntamente com o Orientador é importantíssimo, buscando incentivar a criatividade e participação do acadêmico em toda e qualquer atividade relativa ao Projeto, fazendo com que o bolsista se inteire completamente do que está acontecendo em relação ao projeto e às demais atividades que sejam desenvolvidas no OES. De acordo com os objetivos iniciais do Projeto, tem-se como prioridades aumentar o conhecimento; introduzir o acadêmico ao método científico de pesquisa; desenvolver e montar um sistema detetor de rádio interferência artificial; identificar fontes de interferência, bem como desenvolver a capacidade de redação de relatórios técnicos e de trabalhos científicos.

### 2.1 O Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

#### Breve Histórico:

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 nacionalmente 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/>].

Atualmente (1999) o Ministro da Ciência e Tecnologia Bresser Pereira, está promovendo uma ampla reestruturação organizacional do CNPq.

## **2.2 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 G OCNAE 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. Situado 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, o qual encontra-se em fase de implantação em Santa Maria e São Martinho da Serra(RS).



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, tomando 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. Para 1999 está prevista o lançamento de três outros satélites.

### **2.3 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).

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 13/08/1996, foi renovado o antigo convênio com um novo termo de Convênio entre o MCT/INPE e a UFSM (documento INPE/RD/AJR 01.01.098.0/96), onde é ressaltado na Cláusula Primeira - do Objeto, Item 1.2, "... às áreas de Radioastronomia, Interferometria, Síntese de Abertura com a Rotação da Terra (Sistema RA), e pesquisas no campo das Ciências Espaciais e Atmosféricas...". O convênio foi assinado pelo ministro de Estado da ciência e Tecnologia, pelo Diretor do INPE e pelo Reitor da UFSM, sendo

posteriormente ratificado pelo Conselho Universitário da UFSM. O diretor do INPE, via Designação DE/DIR-908, de 18/10/1996, designou Nelson Jorge Schuch como coordenador, por parte do INPE, para constituir a Coordenação Técnica e Administrativa do Convênio MCT/INPE-UFSM.

Há interesse do INPE e da UFSM em promover a estratégica descentralização também para o Sul do País da pesquisa, da formação de recursos humanos especializados, do desenvolvimento tecnológico e dos serviços relacionados às Ciências Espaciais, Ciências Atmosféricas, Clima & Meteorologia e Sensoriamento Remoto, às tecnologias e suas engenharias associadas, considerado o disposto no PNDAE 1996-2005.

O INPE tem interesse em 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 a dos países do Cone-Sul, com abrangência circunvizinha continental oceânica do Pacífico, do Atlântico e do Caribe.

#### **2.4 Objetivo do Projeto Radioastronomia**

O objetivo do Projeto Radioastronomia RA é a construção de um radiointerferômetro de Síntese de Abertura com a rotação da Terra, operando em baixas frequências, via convênio entre **Ministério da Ciência e Tecnologia/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - Universidade Federal de Santa Maria**, através da construção de laboratórios e áreas de apoio adequados à execução de atividades científicas para implantação no País de técnicas radiointerferométricas, visando o desenvolvimento de pesquisas e recursos humanos em Ciências da Terra e do Espaço, priorizando a Astrofísica, a Aeronomia e a Geofísica Espacial, entre outras áreas do saber.

#### **2.5 Objetivo da Cooperação Científica 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.



## **2.6 Objetivo do Programa de Monitoramento do Ozônio Atmosférico do LACESM/CT/UFSM**

O Programa de Monitoramento do Ozônio Atmosférico do Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria - LACESM/CT/UFSM, executado em convênio com o Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, Convênio: MMA - UFSM, em Cooperação com o Laboratório de Ozônio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, dentro do âmbito dos convênios MCT/INPE-UFSM e Agência Espacial Brasileira da Presidência da República - Fundação de Apoio a Tecnologia e Ciência - Convênio: AEB/PR-FATEC/UFSM, objetiva o monitoramento, a análise estatística dos dados e a análise comportamental da Camada de Ozônio, na latitude de 30° Sul, bem como correlação com o monitoramento sistemático da radiação ultravioleta, de partículas de radiação cósmica, de gases traçadores atmosféricos NO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub>, com dados físicos e meteorológicos obtidos através de sondagens troposféricas e estratosféricas e correlação com fenômenos da Anomalia Magnética do Atlântico Sul - AMAS.

## **2.7 Objetivo do Projeto 'Estudo da Interferência Eletromagnética no Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE em São Martinho da Serra - RS**

O projeto 'Estudo da Interferência Eletromagnética no Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE em São Martinho da Serra' surgiu na necessidade de se obter estudos na área de Compatibilidade Eletromagnética para aplicação em laboratórios com um grande número de dispositivos eletro-eletrônicos e mais precisamente nas instalações dos diversos equipamentos existentes e que futuramente serão instalados no OES e demais laboratórios que apresentem um grande número de equipamentos eletro-eletrônicos. O projeto visa aplicar e desenvolver técnicas para a supressão de ruídos nestes equipamentos já que estes apresentam uma sensibilidade relativamente alta à fontes ruidosas. O projeto também tem como objetivo observar a variação do ruído natural de rádio de origem cósmica na frequência de 38.2 MHz podendo assim monitorar a Ionosfera para fins de Telecomunicações.



## 2.8 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*, nas linhas de emissão OI 5577, OI 6300 e  $N_2^+$  3914, o Laboratório de Aeronomia do Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE – UFSM mantém Programa de Monitoramento, operando dois detetores óticos, sendo eles respectivamente: um fotômetro e uma Câmara CCD Imageadora *All Sky*. O objetivo principal do Programa é detectar variações espaciais e temporais da radiação de *Airglow* - Aeroluminescência - das espécies moleculares OI 5577, OI 6300  $N_2^+$  3914, 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.



### 3 Desenvolvimento Teórico

Este tópico visa resumir uma parte do conhecimento teórico desenvolvido pelo bolsista no que diz respeito ao seu Projeto de estudos e pesquisas na área de Aeronômica, mais especificamente no campo de Luminescência Atmosférica, bem como nas outras áreas de atuação do Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria - LACESM, tais como Geofísica Espacial, Geomagnetismo e Monitoramento de Ruído Ionosférico.

#### 3.1 Radiação Solar e Terrestre

##### 3.1.1 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 próxima desta. 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 1, juntamente com seus limites aproximados:

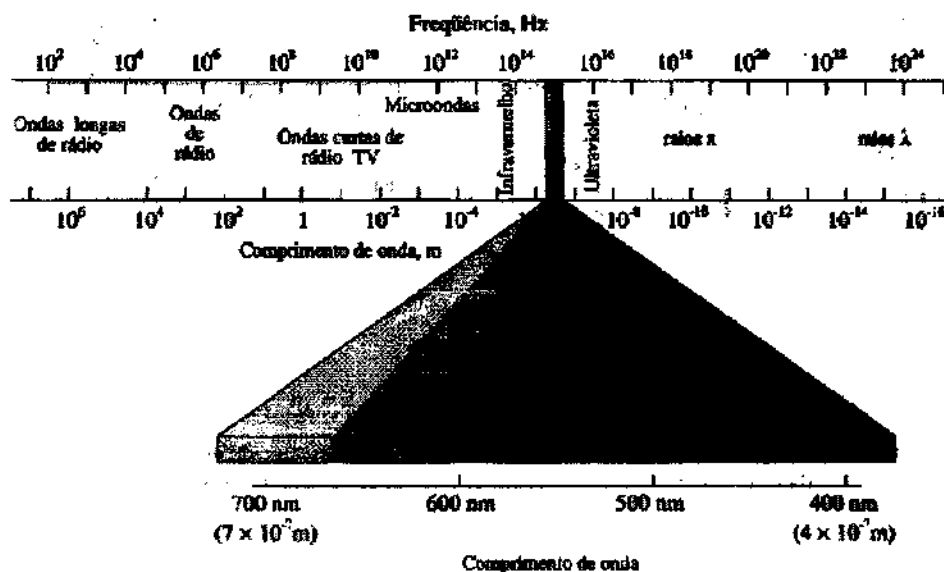


Figura 1 - O Espectro Eletromagnético [19].

##### 3.1.2 Conceitos e Definições:

Energia radiante é definida como energia em trânsito. 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:

$$F = \frac{d^2 E}{dA dt}$$

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

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

$$I = \frac{dF}{d\omega \cos \theta}$$

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

### 3.1.3 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:

$$a_\lambda + r_\lambda + \tau_\lambda = 1$$

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.



### 3.1.4 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:

$$u = h\nu$$

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:

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

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

### 3.1.5 Características da Radiação de Corpo Negro:

Se a intensidade de radiação é expresso em termos do comprimento de onda, então a equação anterior torna-se:

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

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 a seguir mostra melhor este conceito.



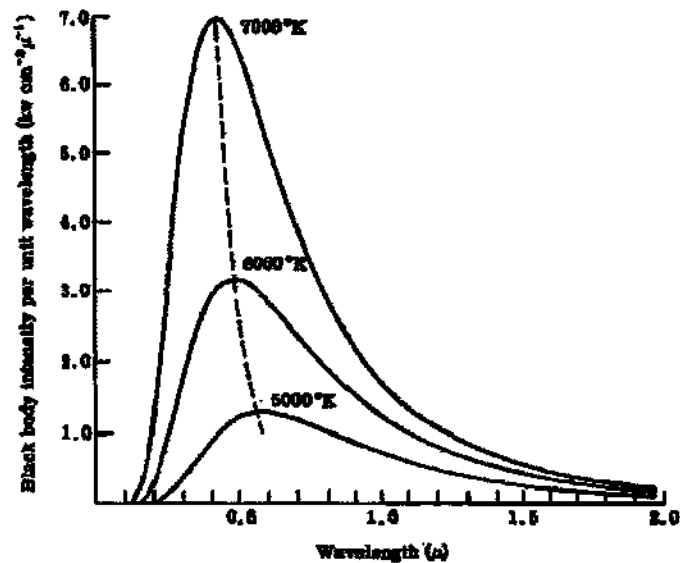


Figura 2 - Intensidade de radiação de Corpo Negro por unidade de comprimento de onda calculadas para temperaturas de 5000, 6000 e 7000 K [8].

A intensidade total é encontrada por integração desta equação sobre todos os comprimentos de onda, onde se chega 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.

$$I^* \equiv bT^4$$

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

$$F^* = \pi bT^4 = \sigma T^4$$

onde  $\sigma$  representa a constante de Stefan-Boltzmann. Esta constante tem um 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:

$$\lambda_m = \frac{\alpha}{T}$$

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





### 3.1.6 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  $1,42 \times 10^6$  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 então transportada por radiação e por convecção para a superfície, e é então emitida como radiação eletromagnética. Cada centímetro quadrado do Sol emite uma média de 6,2 KW de potência e esta energia é irradiada em todas as direções.

### 3.1.7 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, é possível que este fato leve a resultados um pouco diferentes. Usando a lei de Stefan-Boltzmann juntamente com a constante solar, pode-se estimar que a temperatura do Sol é de 5780 K. Com comprimento de onda para a intensidade máxima,  $0,4750 \mu\text{m}$  combinado com a lei de Wien, estima-se uma temperatura superficial de 6000 K.

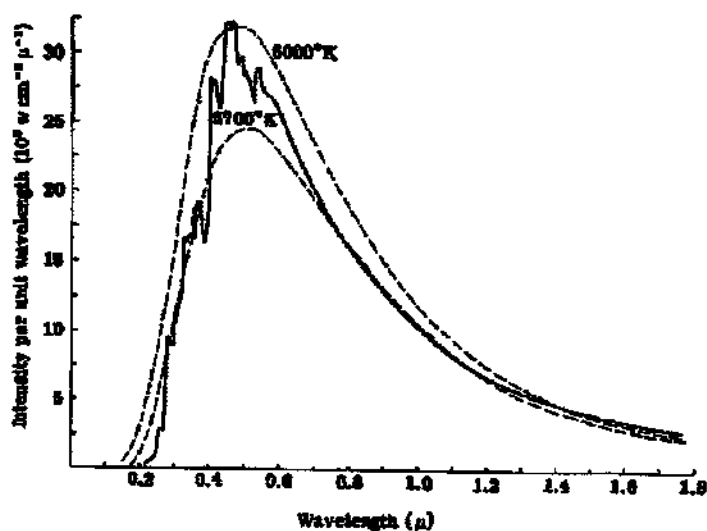


Figura 3 - Espectro solar observado e espectro de um corpo negro a uma temperatura de 6000 e 5700 K [8].

### 3.2 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]. Este componente, chamado 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 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.

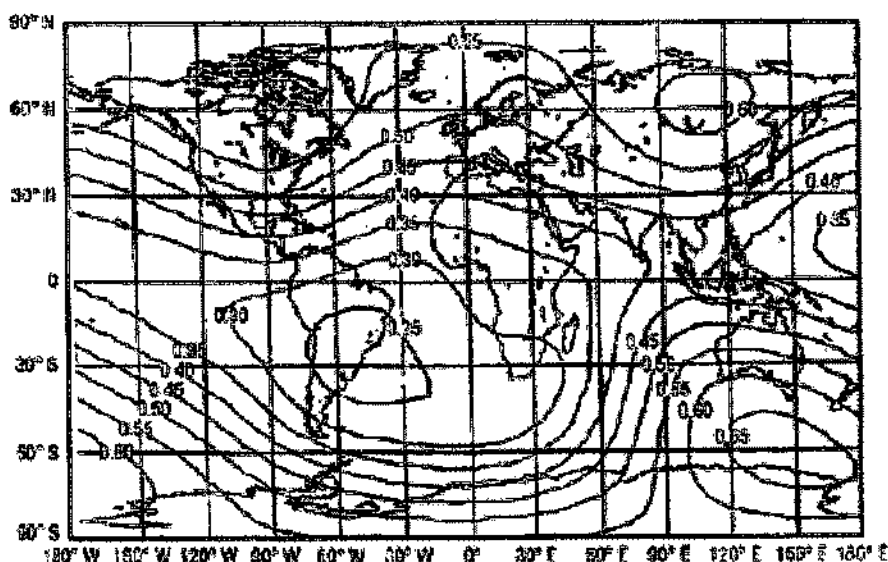


Figura 4 - Modelo IGRF da Intensidade Total do Campo Geomagnético - 1995

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

### 3.2.1 A Anomalia Magnética do Atlântico Sul

Devido a assimetria do campo geomagnético, algumas anomalias na intensidade total são encontradas, dentre as quais a Anomalia Magnética do Atlântico Sul - AMAS, a qual é caracterizada pela baixa intensidade do Campo Geomagnético, resultando uma grande depressão na Magnetosfera terrestre, que se estende sobre o território brasileiro, do estado de São Paulo ao sul do Rio Grande do Sul. Como consequência da AMAS 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 e ocasionando perturbações no campo geomagnético e na Ionosfera, além de radiointerferência.

A depleção do campo geomagnético na região da AMAS e a consequente 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 irá 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 revertem, 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 cósmicos precipitantes na Atmosfera terrestre tende a aumentar, gerando consequências 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 consequência de Efeitos Secundários do Buraco de Ozônio Antártico [16].

### 3.2.2 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  $S_q$ , 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.



### 3.2.3 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 pelos magnetômetros. Em cada estação, 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  $S_q$  e  $L$  são previamente subtraídas de cada componente. Estas amplitudes, medidas em uma série de estações para cada período, produzem o índice planetário  $A_p$ . 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  $K_p$ . O índice  $K_p$ , sendo um índice planetário, deveria 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.

### 3.3 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 e fase particularmente durante o dia e exibe baixa atenuação possibilitando então 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 frequências de 1Hz - 1 kHz (o qual é aproximadamente o espectro ELF - frequências extremamente baixas). A taxa de ocorrência de relâmpagos é maior sobre massas de terra 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. Então a cavidade entre a superfície da Terra e a Ionosfera pode ser considerada como uma guia de onda global para ondas ELF.



### 3.4 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 estes 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 então que 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 μ ao infravermelho. Uma parte do espectro do *Airglow* pode ser visualizado na Figura 5.





emissão em função da altura de algumas linhas e bandas de emissão estão indicadas na Figura 7. 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.

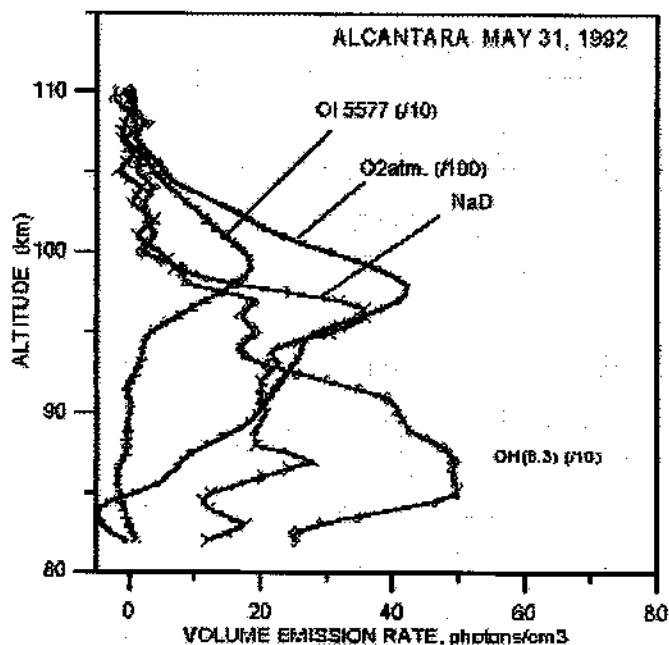


Figura 7 - Taxas de emissão em função de altura de algumas linhas e bandas de emissão de *Airglow*, coletadas por instrumentos de medidas a bordo de foguetes lançados na base de Alcântara (2° S, 44° W).

(<http://www.laser.inpe.br/lume>)

Para se fazer medidas e monitoramento de luminescência Atmosférica utilizam-se várias técnicas, no qual duas 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. As técnicas a serem descritas tratam-se do monitoramento atmosférico pela operação de um imageador para todo o céu de alta sensibilidade e da Fotometria, pela operação de um detector ótico chamado fotômetro, respectivamente.

### 3.4.1 A TV Câmara Imageadora

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, OI 5577,  $N_2^+$  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 8). 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 noite de observação.

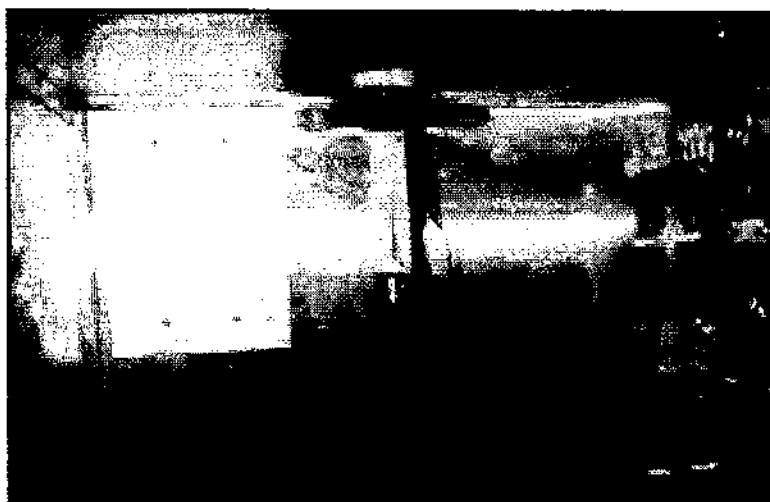


Figura 8 - Câmara CCD de TV do *TV Image Observation System*, para aquisição de dados de Luminescência Atmosférica.

Este sistema esta recentemente instalado no Prédio 5 do Observatório Espacial do Sul -OES/CRSPE/INPE, onde foi implementado o Laboratório de Ótica e Luminescência Atmosférica - LOLA, que possui as condições adequadas para os experimentos de Aeroluminescência.

O sinal de vídeo obtido pela Câmara de TV é enviado ao *timer* do vídeo e então separado no monitor de TV e no gravador do vídeo. Como não há luz de cidade próxima ao Observatório, a condição de observação óptica do sítio está sendo testada. Pode ser possível que sejam detectados fenômenos óticos se a luminosidade do evento for maior que 1 kR, e assim o sistema deve ser operado durante o período de eventos Solares e perturbação geomagnética.

<sup>1</sup> 1 R = 1 Rayleigh = 106 fótons/cm<sup>2</sup> coluna ar



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, um fixo 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.

Um cabo de 30 m permite que se desloque a câmara CCD para fora do Prédio do LOLA para uma posição vantajosa. Este cabo alimenta a Câmara CCD de 100 VAC e 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 à luz. 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 uma região de tela de tamanho apropriado e o decorrer do tempo U.T., fornecido por um receptor GPS.

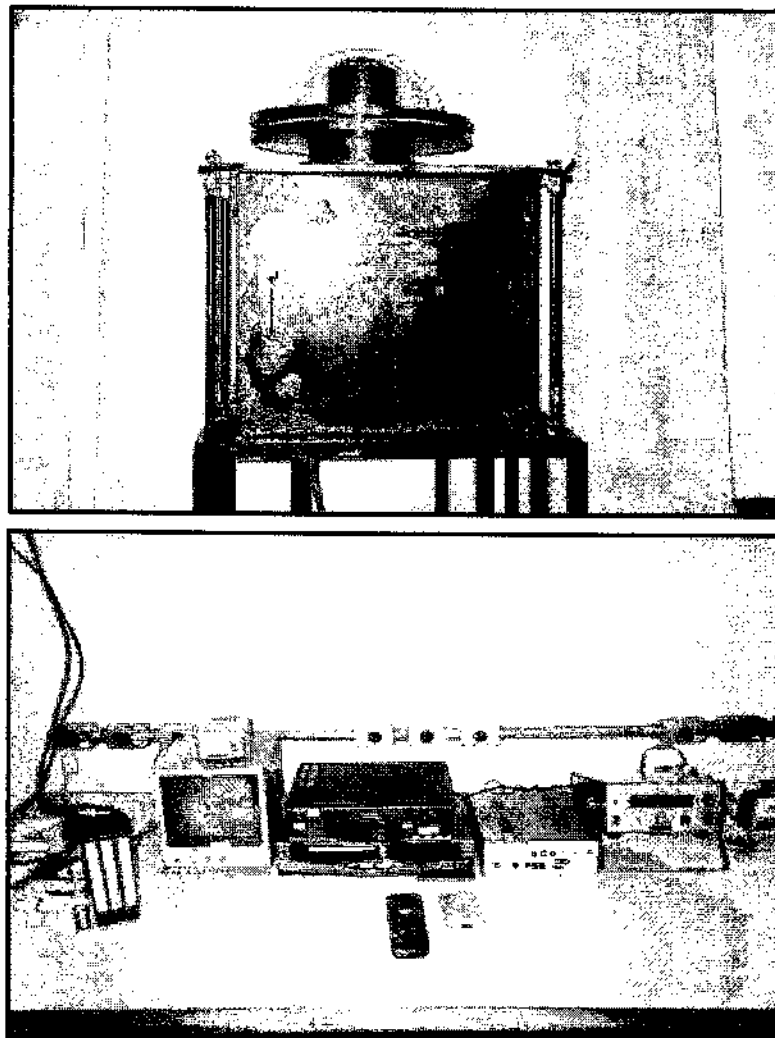


Figura 9 - TV Câmara Imageadora juntamente com os equipamentos que compõe o sistema de observação do OES/CRSPE/INPE.

Como técnica, é ligado o Intensificador e a imagem do céu noturno aparece no monitor de TV, podendo ser gravada, através de um gravador de vídeo se a imagem for de boa qualidade. Para isso é preciso monitorar a imagem no monitor de TV durante a gravação, pois podem surgir nuvens ou a proteção de acrílico embaçar-se devido ao orvalho, necessitando interromper a gravação para desembaçá-la.

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 pelo LACESM e que encontra-se instalado no Observatório Espacial do Sul.

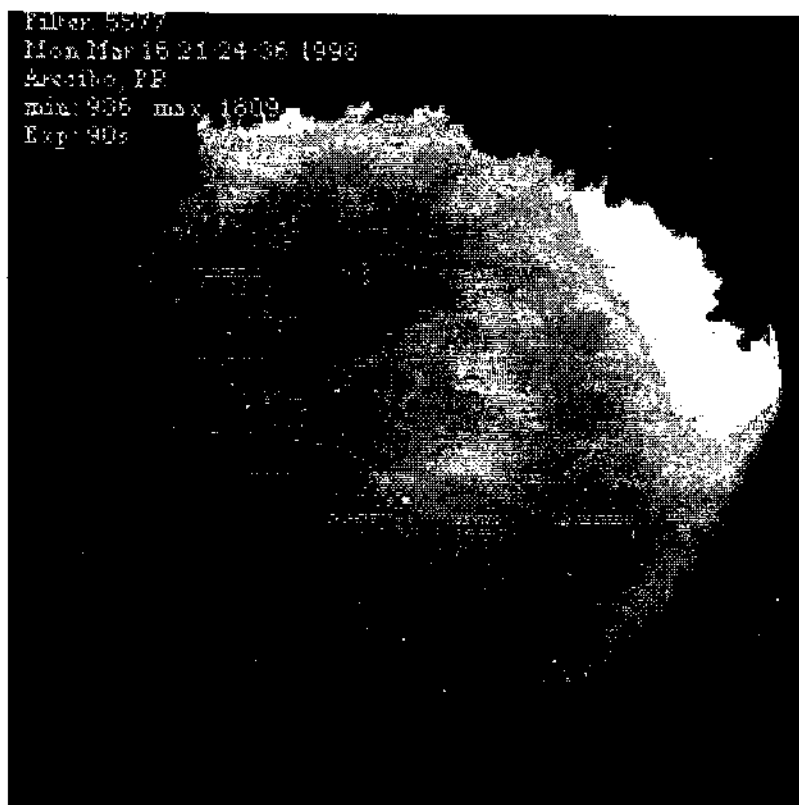


Figura 10 - A figura apresenta o tipo de imagem de todo o céu que é monitorada em laboratório, vindo do imageador CCD de alta definição instalado no OES/CRSPE/INPE.

A Figura 11 mostra 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.

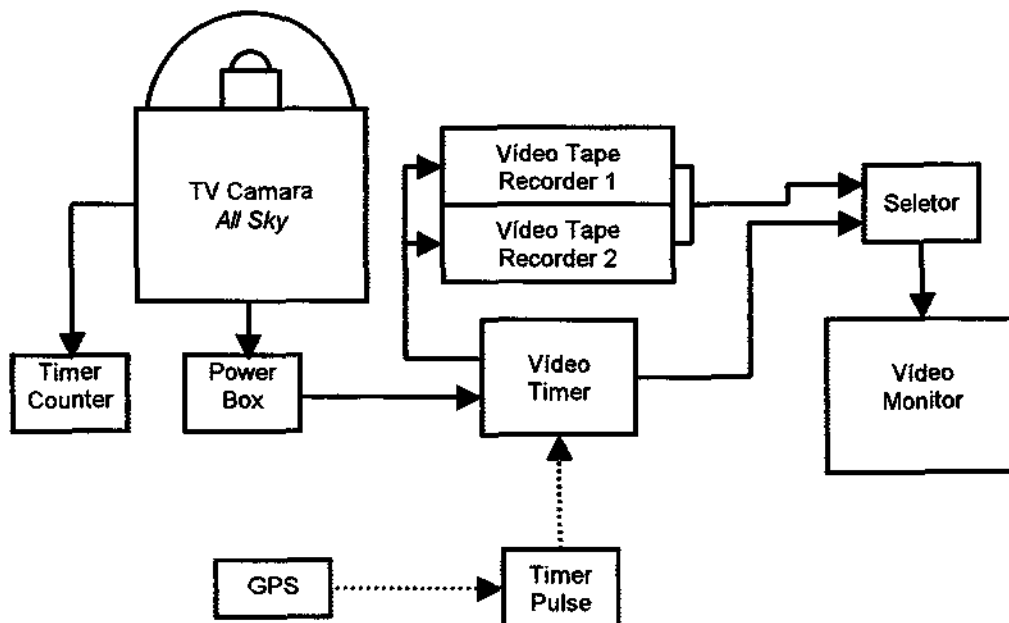


Figura 11 - Sistema de Aquisição de Dados da TV Câmara Imageadora instalado no OES/CRSPE/INPE

### 3.4.2 O Fotômetro

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

O fotômetro consiste em um sistema de filtros de interferência ótica (que é, na verdade, um 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, um sistema de armazenamento e coleta de dados. Com este sistema, podemos medir a intensidade da radiação de um fluxo de fótons, que pode ser feita através de comparações visuais ou quantitativas por meio de dispositivos fotoelétricos. Na Figura 11 temos um diagrama de blocos do antigo sistema de Fotometria instalado no OES, pois o sistema sofreu algumas mudanças..

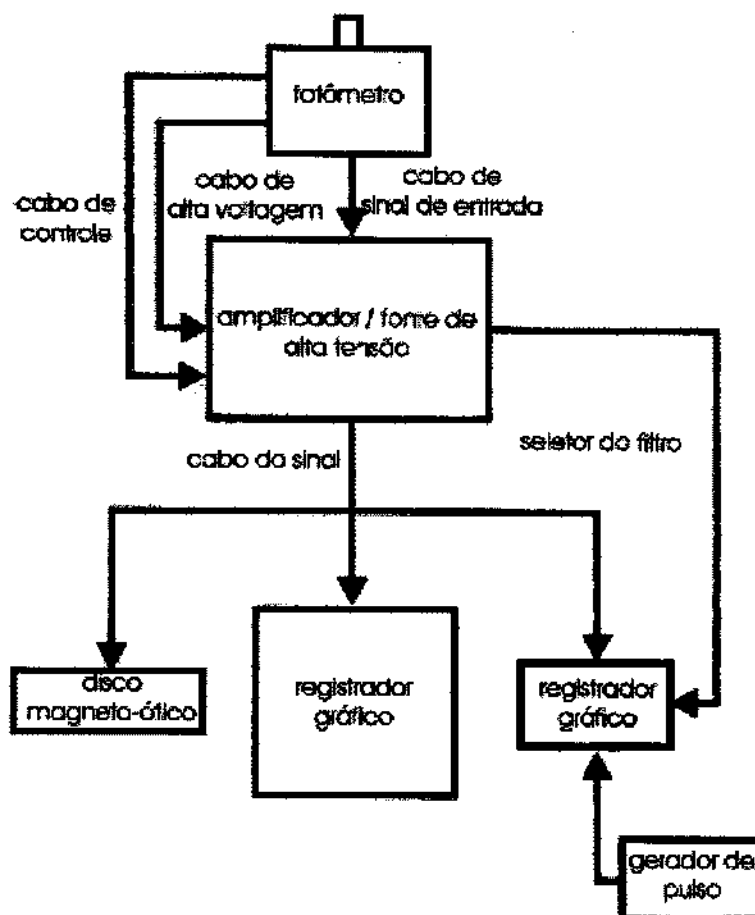


Figura 12 - Diagrama de blocos do antigo sistema de fotometria instalado no Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE.

No sistema de fotometria existe ainda um amplificador de alta voltagem, necessário ao funcionamento da fotomultiplicadora e um registrador gráfico, para que sejam gravados as variações do sinal gerado pelo fotômetro, possibilitando posterior consulta e comparação com dados coletados de outros dias e épocas do ano. Na Figura 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. O Sistema é operado somente na de ausência de fontes de luz artificias e em noites sem lua (ou de lua nova) devido ao fato de que a fotomultiplicadora trabalha em alta tensão, ou seja, uma fonte luminosa muito intensa faria com que a fotomultiplicadora gerasse uma corrente elétrica muito intensa, o que acarretaria na queima do circuito.



Figura 13 - 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 e 6300 Å<sup>o</sup> provenientes das transições eletrônicas do Oxigênio Ionizado. As duas lentes estavam fixas em um único suporte, dotado da capacidade de rodar, ou seja, girar em torno do seu próprio eixo. 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 os dois comprimentos de onda, num período de 2 segundos em cada.

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 ponto mais alto do céu.

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 750 V) 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 é 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 então 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 e a seguir, deve-se 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. Muito importante também é verificar se o gerador de pulso está ajustado ao horário universal. Isto é feito através do *Global System Position (GPS)*.

No registrador gráfico pode-se também selecionar velocidade de impressão e o intervalo entre um registro e outro. A partir deste momento então, verificados todos os procedimentos anteriores, já se pode começar as medições. 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). Os períodos preferenciais para observações coincidem com períodos de grande atividade solar, pois durante este período, a emissão de radiação eletromagnética nos comprimentos de onda de interesse, produzida por moléculas excitadas por colisões com partículas carregadas energeticamente ou fótons de alta energia na alta Atmosfera cresce de maneira evidente.



## 4 Desenvolvimento Prático

Nesta etapa do relatório são descritas as atividades práticas desenvolvidas pelo bolsista, escritas em ordem de importância. Deve-se salientar que algumas das atividades desenvolvidas não estão diretamente envolvidas com o Projeto em si, mas que foram de fundamental importância no desenvolvimento técnico-científico do aluno. As atividades principais nesta concentraram-se na redução de dados, na manutenção e aprendizagem a respeito dos equipamentos que são operados no Observatório espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE, junto ao Laboratório de Ótica e Luminescência Atmosférica – LOLA, no desenvolvimento de softwares bem como na transmissão de dados remotamente e em como se dá a interação software/Hardware para controle de dispositivos detectores. Alguns dos instrumentos estudados foram descritos anteriormente neste relatório.

Uma outra importante atividade realizada foi 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 do bolsista se concentram, além da consulta ao acervo à Biblioteca Central da Universidade Federal de Santa Maria - UFSC e da Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Naturais e Exatas - CCNE/UFSC. Artigos técnicos e científicos, publicações em revistas especializadas e a constante consulta a instituições via INTERNET também fizeram parte das atividades de pesquisa do bolsista.

### 4.1 Redução de Dados

Foi feito em conjunto com o Laboratório de Luminescência Atmosférica –LUME/DAE/INPE a redução de dados de Luminescência Atmosférica coletados pelo do Fotômetro MULTI2, instalado em Cachoeira Paulista, na sub-unidade do INPE, onde o Laboratório de Luminescência Atmosférica mantém vários equipamentos operando. Os dados selecionados para redução são referentes aos anos de 95, 96 e 97. A seleção dos dados para redução se deu por parte do orientador do bolsista, Dr. Hisao Takahashi, coordenador do grupo de Luminescência Atmosférica do INPE, o LUME, da divisão de Aeronomia desta instituição.

#### 4.1.1 O Fotômetro Multicanal MULTI2

O fotômetro MULTI2, instalado e operado continuamente pelo Laboratório de Luminescência Atmosférica - LUME na sub-unidade do INPE em Cachoeira Paulista representa uma das técnicas utilizadas por este laboratório no estudo da Luminescência Atmosférica. Trata-se de um equipamento ótico Multicanal semelhante ao fotômetro instalado no Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE. Este equipamento possui cinco filtros de interferência ótica inclináveis em relação ao seu eixo óptico,



podendo fazer varreduras em vários comprimentos de onda, o que permite conhecer a radiação desejada e o ruído de fundo de cada região do espectro. Seu desenvolvimento por parte do grupo de Luminescência Atmosférica deu-se com o objetivo de estudar algumas emissões do Oxigênio Atômico, do Sódio Mesosférico, da Hidroxila e do Oxigênio Molecular.

Devido a capacidade de giro do eixo ótico deste fotômetro, alternando os filtros periodicamente para observação, e da possibilidade de inclinação de cada filtro, aproximadamente 100 posições diferentes de observação são disponíveis e conseqüentemente 100 canais de leitura são possíveis, cada canal correspondendo a um comprimento de onda.

#### 4.1.2 Os Dados:

Os dados selecionados para a redução tratavam-se de arquivos de dados no formato de texto, de duas colunas, com informações referentes a dados de intensidade luminosa coletados pelas lentes do fotômetro MULTI2, e também de hora local. A Figura 13 mostra o formato geral dos arquivos gerados pelo MULTI2, onde podemos ver 2 colunas de dados. O formato geral do nome de cada arquivo é **AAMDDA.MC2**, ou seja, AA significa o ano, MM o mês e DD o dia em que o arquivo em questão foi gerado. A extensão .MC2 refere-se ao fotômetro multicanal que gerou o arquivo.

| Time                                | Channel | Intensity |
|-------------------------------------|---------|-----------|
| Cachoeira Paulista (22.7 S, 45.0 W) |         |           |
| aqdlac ceu                          |         |           |
| 1 19:24:44                          | 16      | 1647      |
|                                     | 51      | 1044      |
| 2 19:24:58                          | 16      | 2665      |
|                                     | 44      | 1609      |
|                                     | 64      | 881       |
| 3 19:25:17                          | 17      | 6812      |
|                                     | 40      | 5557      |
| 4 19:25:31                          | 6       | 46695     |
|                                     | 27      | 40759     |
|                                     | 28      | 41010     |
|                                     | 29      | 40856     |
|                                     | 55      | 27262     |
|                                     | 56      | 26876     |
|                                     | 57      | 26574     |
|                                     | 72      | 16033     |
|                                     | 73      | 15179     |

Figura 14 - Formato geral de um arquivo de dados gerado pelo fotômetro MULTI2, instalado na sub-unidade do INPE em Cachoeira Paulista (45,0° O; 22,7° S)



### 4.1.3 A primeira Etapa de Redução

Esta etapa consistiu em fazer com que cada arquivo passasse através de um software de redução de dados desenvolvido em Visual Basic no INPE exclusivamente para os arquivos gerados pelo fotômetro MULTI2. A função deste programa é de a partir dos arquivos que registram as contagens relativas as medidas fotométricas, os dados originais, construir arquivos de Radiância Espectral R e de Temperatura Rotacional referente as várias linhas de emissão observadas pelo MULTI2.

Dentro do próprio programa pode-se visualizar gráficos de temperatura e de radiância para um dado arquivo, bem como gráficos referente as contagens fotoelétricas referente a qualquer filtro do fotômetro2. As duas figuras a seguir mostram, respectivamente, exemplos de gráficos de temperatura/radiância e de contagens que podiam ser visualiza no programa para um arquivo de um dado dia.

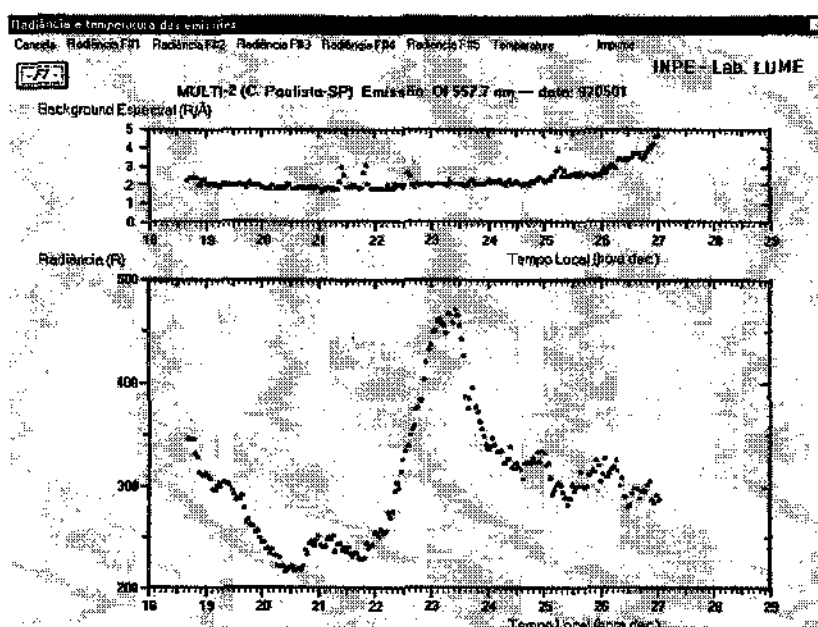


Figura 15 - Gráfico de temperatura Rotacional, Radiância Espectral bem como do Ruído de fundo detectado pelo Fotômetro MULTI2

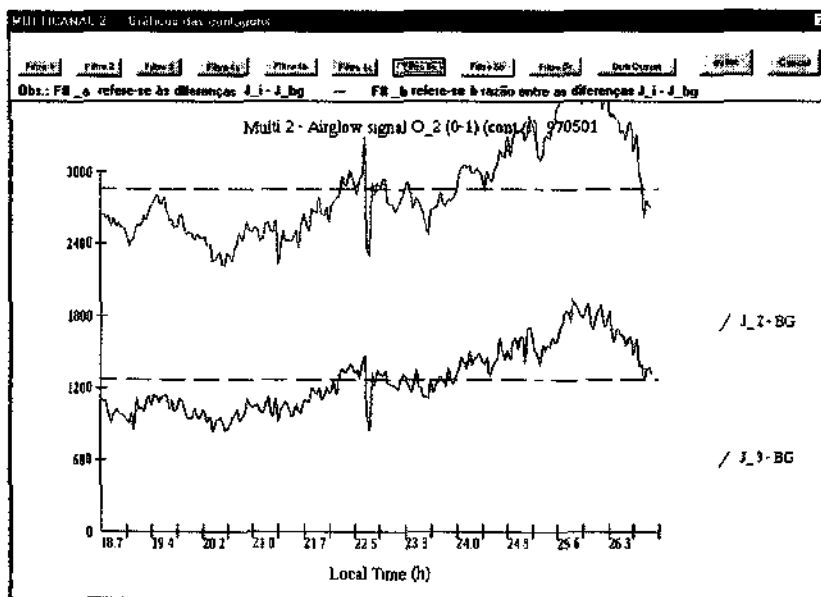


Figura 16 - Gráfico de contagens para um dos filtros do Fotômetro MULT12.

Com este procedimento, era gerado um arquivo no formato texto reduzido, com um novo formato de nome (**CPAAMDD.IM2**), juntamente com um arquivo referente a informações sobre a aquisição dos dados (**CPAAMDD.IFO**) que é mostrado na Figura 16.

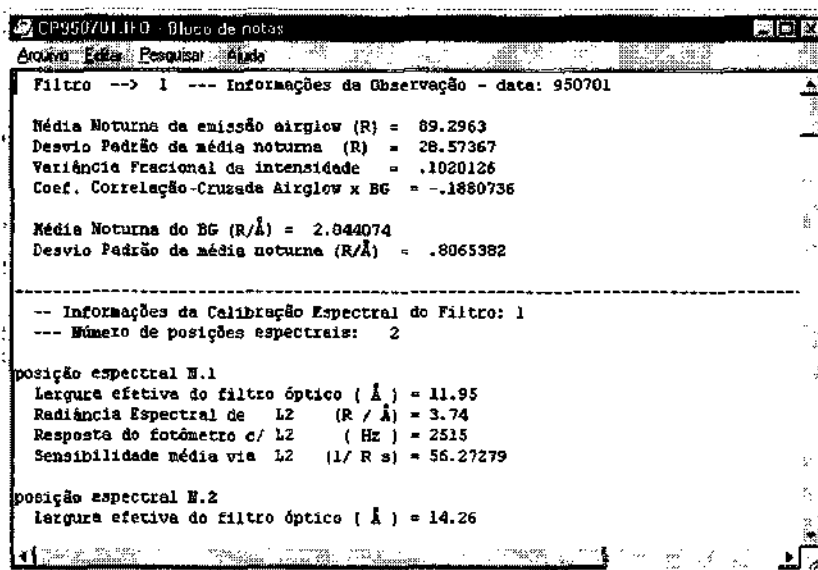


Figura 17 - Arquivo de informações sobre um determinado arquivo original do Fotômetro MULT12.

O arquivo reduzido (**CPAAMDD.IM2**) gerado então pelo software tinha um formato muito diferente do arquivo original. Neste arquivo pode ser visualizado colunas temporais para cada um dos comprimentos de onda de interesse no estudo, bem como colunas de intensidade espectral e o ruído de fundo para cada um destes comprimentos de onda. As colunas de intensidades que estão presentes neste arquivo são então: OI5577, OI6300, NaD, OH 6-2, O<sub>2</sub> 0-1, Temperatura OH e Temperatura O<sub>2</sub>. Na Figura 17 tem-se um exemplo de um arquivo de dados reduzido.

CP950701.IM2 - Bloco de notas

Arquivo Editar Pesquisar Ajuda

FOTÔMETRO MULTICANAL-2

DATA: 950701

Arquivo de informações para esta noite: RDZ\CP950701.ifo

Fator de Calibração Diário (p/ cálculo da temperatura) = FALSE

---

| HORA   | I_5577 | BG_R/A | HORA   | I_Med | BG_R/A | HORA   | I_6300 | BG_R/A |
|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 18.636 | 198    | 2.6    | 18.640 | 41    | 3.1    | 18.645 | 192    | 2.0    |
| 18.674 | 201    | 1.8    | 18.678 | 44    | 2.3    | 18.683 | 190    | 2.0    |
| 18.713 | 197    | 1.9    | 18.716 | 43    | 2.2    | 18.722 | 187    | 2.0    |
| 18.751 | 196    | 1.8    | 18.755 | 42    | 2.4    | 18.760 | 180    | 2.1    |
| 18.790 | 191    | 1.8    | 18.793 | 41    | 2.4    | 18.799 | 176    | 2.0    |
| 18.828 | 188    | 1.8    | 18.832 | 40    | 2.1    | 18.837 | 171    | 2.0    |
| 18.867 | 194    | 1.7    | 18.870 | 42    | 2.1    | 18.876 | 164    | 2.0    |
| 18.905 | 179    | 1.7    | 18.909 | 40    | 2.0    | 18.914 | 158    | 1.9    |
| 18.943 | 173    | 1.7    | 18.947 | 38    | 2.0    | 18.953 | 154    | 1.9    |
| 18.982 | 166    | 1.7    | 18.986 | 37    | 2.1    | 18.991 | 152    | 2.0    |

Figura 18 - Arquivo de dados reduzido pelo programa desenvolvido para o Fotômetro MULTI2.

#### 4.1.4 A limpeza dos Arquivos Reduzidos e a Plotagem dos Gráficos

Esta etapa se desenvolveu com o uso do Software Origin 5.0, desenvolvido pela Microcal Software, Inc. Este software foi escolhido devido ao fato de ter uma linguagem própria de programação, onde o trabalho de limpeza e plotagem dos gráficos referente ao dados coletados pelo Fotômetro MULTI2 podiam ser grandemente reduzido. Foram desenvolvidos inúmeros scripts (programas na linguagem de programação do Origin) para automatização das tarefas. Este procedimento foi muito vantajoso, haja visto a grande quantidade de dados a analisar. Através dessa do desenvolvimento dos scripts, pudemos automatizar então as tarefas que serão inumeradas a seguir:

- Importação dos arquivos do formato CPAAMMDD.IM2 para dentro do Origin para a limpeza dos Dados, que consistia em eliminar de todos o arquivos valores de dados errôneos, ou seja, valores de caracteres "-1" e "-".
- Formatação de colunas num formato inteligível ao pesquisador que por ventura venha a analisar os dados, com a identificação de cada uma delas com o nome de seus respectivos dados.
- Plotagem dos gráficos, etapa esta que envolvia a formatação de 6 gráficos em uma única coluna, de forma a serem todos visualizados em uma única página.

Pode-se notar que estas atividades não se tratam de tarefas complicadas, porém, devido à grande quantidade de dados, a automatização se tornou imprescindível. Com isto, buscamos então aprender e aperfeiçoar o conhecimento da linguagem de programação em scripts do Origin.

A Partir do conhecimento adquirido pela consulta dos manuais especializados do Origin, foram desenvolvidos dez scripts para a redução de dados, todos com o objetivo de realizar as tarefas de limpeza, formatação e plotagem de gráficos automaticamente de todos os arquivos reduzidos disponíveis. Estes scripts estão em anexo a este relatório.

Para cada arquivo de dados foi obtida então uma tabela de dados formatada, que ficou armazenada como arquivo Origin, com nome de arquivo no formato CPAAMMDD.OPJ. Na Figura 18 temos um exemplo de uma tabela de dados para um dado arquivo:



|    | [Hora1(Y1)] | 15577 | 1558(Y1) | Bq1 | [Hora2(Y2)] | 1558(Y2) | Bq2 | [Hora3(Y3)] | 16300(Y3) | Bq3 | [Ho... |
|----|-------------|-------|----------|-----|-------------|----------|-----|-------------|-----------|-----|--------|
| 1  | 18.636      | 198   | 159.5    | 2.6 | 18.64       | 41       | 3.1 | 18.645      | 192       | 2.8 |        |
| 2  | 18.674      | 201   | 163      | 1.9 | 18.678      | 44       | 2.3 | 18.683      | 190       | 2   |        |
| 3  | 18.713      | 197   | 159.8    | 1.9 | 18.718      | 43       | 2.2 | 18.722      | 187       | 2   |        |
| 4  | 18.751      | 196   | 160      | 1.8 | 18.755      | 42       | 2.4 | 18.75       | 180       | 2.1 |        |
| 5  | 18.79       | 191   | 155.8    | 1.8 | 18.793      | 41       | 2.4 | 18.799      | 176       | 2   |        |
| 6  | 18.828      | 188   | 153.8    | 1.8 | 18.832      | 40       | 2.1 | 18.837      | 171       | 2   |        |
| 7  | 18.867      | 184   | 151.2    | 1.7 | 18.87       | 42       | 2.1 | 18.876      | 164       | 2   |        |
| 8  | 18.905      | 179   | 147.4    | 1.7 | 18.909      | 40       | 2   | 18.914      | 158       | 1.9 |        |
| 9  | 18.943      | 173   | 142.2    | 1.7 | 18.947      | 38       | 2   | 18.953      | 154       | 1.9 |        |
| 10 | 18.982      | 166   | 135.6    | 1.7 | 18.985      | 37       | 2.1 | 18.991      | 152       | 2   |        |
| 11 | 19.02       | 156   | 126.4    | 1.8 | 19.024      | 35       | 2.4 | 19.03       | 148       | 2   |        |
| 12 | 19.059      | 157   | 128      | 1.7 | 19.063      | 35       | 2   | 19.068      | 145       | 1.9 |        |
| 13 | 19.097      | 155   | 127      | 1.7 | 19.101      | 37       | 2.3 | 19.106      | 140       | 2   |        |
| 14 | 19.136      | 153   | 125.6    | 1.8 | 19.14       | 36       | 2.4 | 19.145      | 137       | 2   |        |
| 15 | 19.174      | 151   | 124.8    | 1.9 | 19.178      | 35       | 2.5 | 19.183      | 131       | 2.1 |        |
| 16 | 19.213      | 147   | 121.6    | 1.6 | 19.217      | 35       | 2.3 | 19.222      | 127       | 2.1 |        |
| 17 | 19.251      | 144   | 119      | 1.8 | 19.255      | 36       | 2.2 | 19.25       | 125       | 2   |        |
| 18 | 19.29       | 138   | 114      | 1.9 | 19.294      | 34       | 2.5 | 19.299      | 120       | 2.2 |        |
| 19 | 19.328      | 134   | 110.4    | 1.7 | 19.332      | 35       | 2.3 | 19.337      | 118       | 2.1 |        |
| 20 | 19.367      | 132   | 108.8    | 1.9 | 19.37       | 34       | 2.6 | 19.375      | 116       | 2.1 |        |

Figura 19 - Exemplo de uma tabela de dados armazenada em arquivo Origin referente a um arquivo de dados do Fotômetro MULTI2.

A partir desta tabela de dados foi possível traçar gráficos de intensidade luminosa e temperatura para cada arquivo de dados do fotômetro. A Figura 20 mostra exemplo de um destes gráficos:

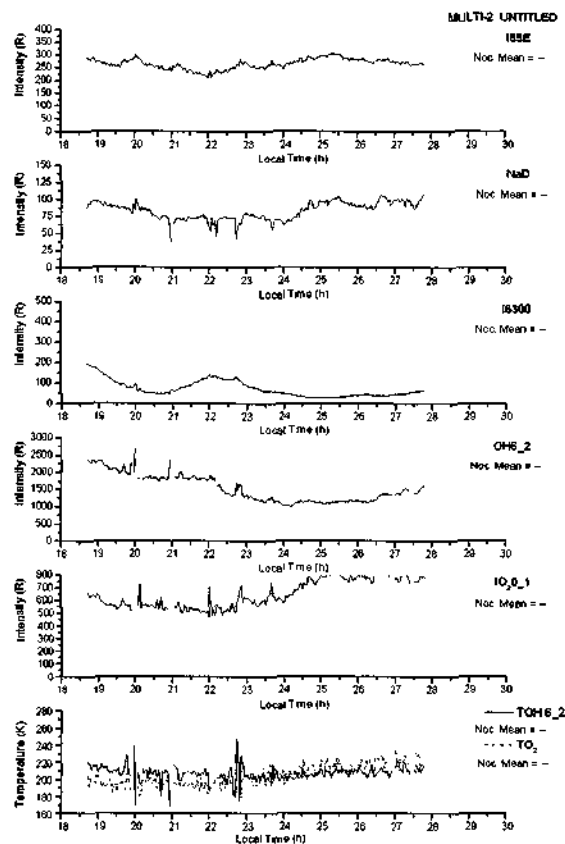


Figura 20 - Exemplo de gráfico de dados de Luminescência Atmosférica coletados pelo Fotômetro MULTI2.

#### 4.1.5 Limpeza dos Gráficos

Esta atividade foi feita manualmente para cada gráfico plotado anteriormente. O objetivo desta etapa era analisar os dados e eliminar todos os pontos que estavam muito fora da média. A Figura 19 tem-se um dos gráficos plotados não limpo ainda e na Figura 20 temos o mesmo gráfico com a limpeza já efetuada.

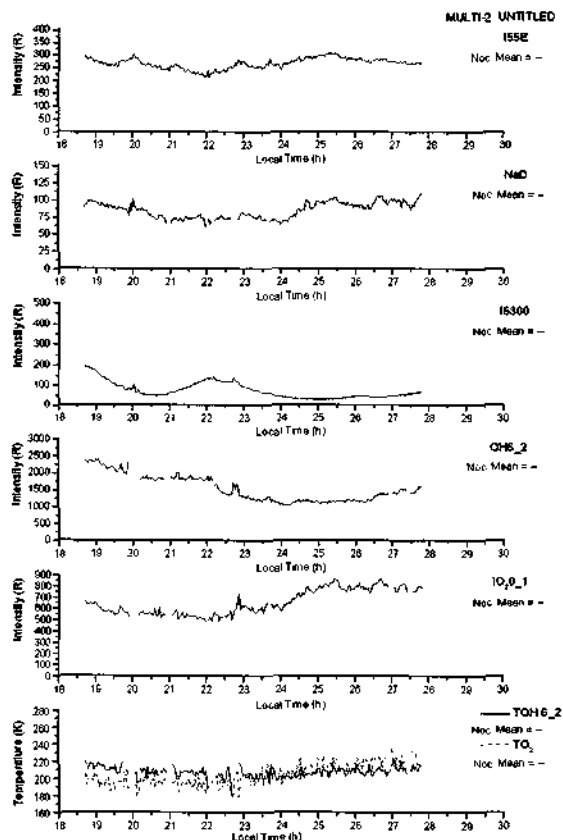


Figura 21 - Gráfico de dados com a sua limpeza já efetuada.

Com este último procedimento, encerrou-se o trabalho de redução de dados. A análise destes dados será feita no decorrer deste ano, onde os pesquisadores do INPE poderão tirar algumas conclusões a respeito da dinâmica da Alta Atmosfera da região de Cachoeira Paulista no decorrer dos anos de 95,96 e 97. Um acompanhamento será feito a respeito desta análise e as conclusões tiradas em conjunto com o orientador do bolsista serão apresentadas no relatório final de atividades.

## 4.2 Visita ao LUME e a Sede do INPE

Durante o mês de Setembro do ano de 1998, o bolsista pôde fazer uma visita de caráter técnico-científico à Sede do INPE em São José dos Campos.

Esta visita teve como objetivos o acompanhamento parcial da manutenção que seria feita ao fotômetro em operação no Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE, a interação com cientistas e pesquisadores envolvidos com o estudo do fenômeno da Luminescência Atmosférica e da Alta Atmosfera, a interação com as metodologias aplicadas naquela Instituição no desenvolvimento científico e tecnológico, a definição de objetivos para o melhor desenvolvimento do Projeto em desenvolvimento, bem como a interação do bolsista com seu Orientador de iniciação científica, líder do grupo de pesquisa do LUME. Nesta oportunidade, pode-se conhecer o equipamento de fotometria desenvolvido para lançamento em satélite e ainda pode-se conhecer a sede do Laboratório de Integração e Testes - LIT.

Pôde-se ainda conhecer os métodos aplicados no Laboratório de Luminescência Atmosférica - LUME para a calibração de fotômetros, onde um monocromador McPherson modelo 270 com rede holográfica de 1200 linhas/mm é utilizado, equipamento este que tem uma resolução espectral de aproximadamente  $1 \text{ \AA}$ . Com este equipamento e com o uso de lâmpadas de Ar, Ne, Kr e Hg, pode-se determinar a diferença entre um comprimento selecionado pela rede do monocromador e o valor lido num registrador disponível adaptado ao fotômetro. Para a determinação da sensibilidade absoluta de cada filtro, utiliza-se uma montagem experimental, onde se emprega uma lâmpada calibrada ES-8315 e dois difusores de MgO.



### 4.3 Acompanhamento de Cientistas Japoneses em Visita ao Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE para a Instalação de Equipamentos

Durante o mês de março de 1999, ocorreu a visita de vários pesquisadores japoneses ao Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE, ligados à Cooperação Internacional Brasil-Japão em Ciências Espaciais Básicas. Na oportunidade, o Dr. Kazuo Makita, do *National Institute of Polar Research (NIPR)* colocou em operação dois novos sistemas de aquisição e tratamento de dados para estudos em Aeroluminescência.

O *Image Data Analise System* é uma extensão do *TV Image Observation System*, constituído pela TV Câmara Imageadora e outros equipamentos, conforme mostrado anteriormente. Com este novo equipamento, pode-se fazer a análise de dados referente a observações com a TV Câmara diretamente no Laboratório de Ótica e Luminescência Atmosférica - LOLA/OES/CRSPE/INPE. Este sistema é constituído de 5 dispositivos e um software de controle do equipamento, sendo eles: o *Vídeo Tape Recorder*, um *Image Mate*, Vídeo Monitor, Microcomputador, impressora e um drive de disco Magneto-Ótico.

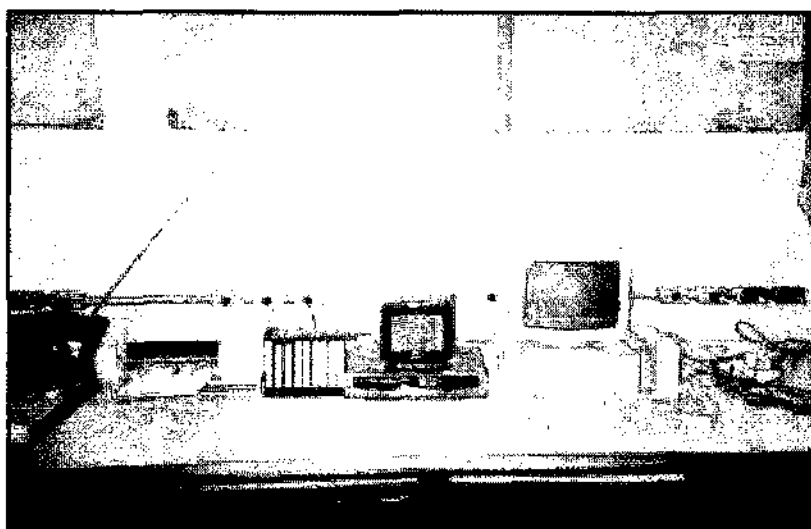


Figura 22 - O *Image Data analise system* instalado no Laboratório de Ótica e Luminescência Atmosférica - LOLA/OES/CRSPE/INPE

O funcionamento deste sistema consiste analisar as fitas de vídeo tape gerado pela TV Câmara Imageadora. Colocando uma fita no vídeo gravada no *vídeo tape recorder*, e acionando-se o software de controle, o *Image Mate* começa a fazer amostragem de 6 em 6 segundos dos frames contidos ao longo da gravação. Desta maneira, temos ao final da análise de uma fita um arquivo contendo uma única imagem em cores falsas da variação da luminosidade durante o período observado. Com este tipo de dados, podemos montar um banco de imagens referentes as observações feitas.

O banco de imagem formado nos dará idéia das variações ocorridas na luminosidade do céu em diferentes épocas do ano e em períodos solares



ou geomagnéticos perturbados. Não teremos portanto nenhuma medida absoluta de luminosidade. Estes dados então serão utilizados somente para confirmar a ocorrência de algum evento ou de alguma periodicidade da luminosidade noturna.

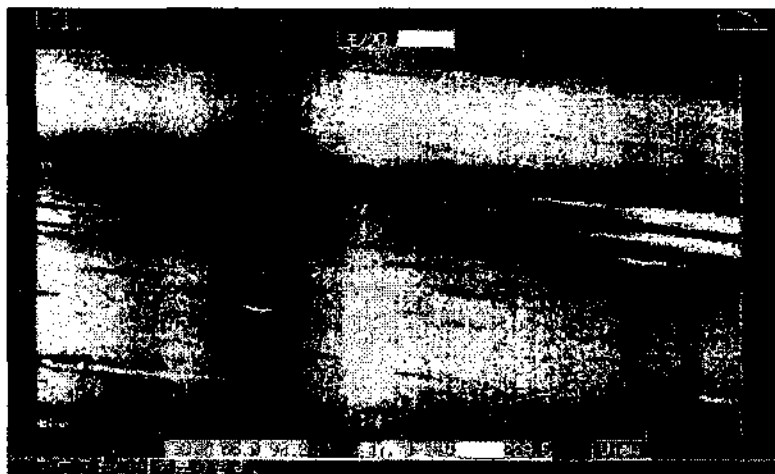


Figura 23 - Exemplo de imagem gerada pelo *Image Data Analise System* referente a observação realizada no dia 10/04/1997 com o *TV Image Observation System*.

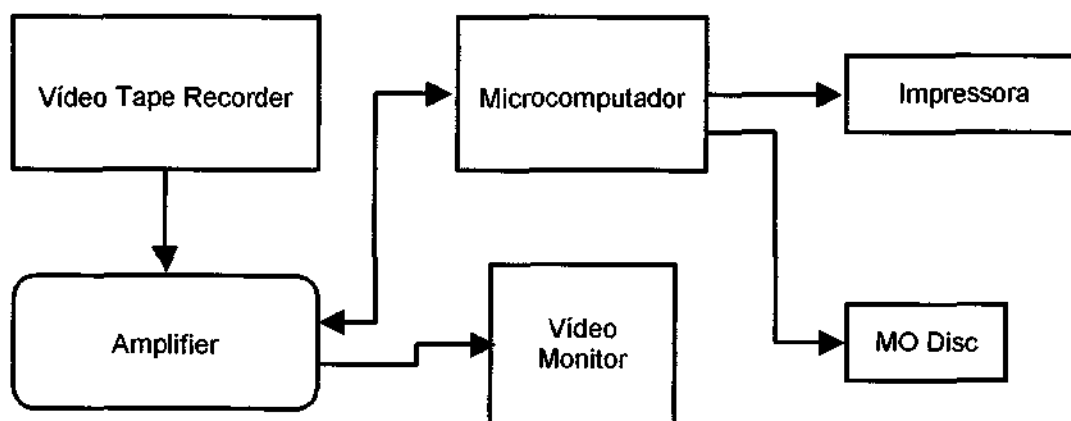


Figura 24 - Diagrama de Blocos dos *Image Data Analise System*.

O outro dispositivo instalado foi um *UVB Meter System*, para o monitoramento da radiação ultravioleta Solar incidente na região do Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE. Os dados adquiridos com este sistema poderão ser comparados com dois outros equipamentos que também fazem medida de radiação UVB solar instalados no OES, ou seja, um Espectrofotômetro Brewer e uma PCD (Plataforma de Coleta de Dados). A idéia principal deste monitoramento é se fazer a comparação dos dados obtidos com os de outros lugares do mundo.

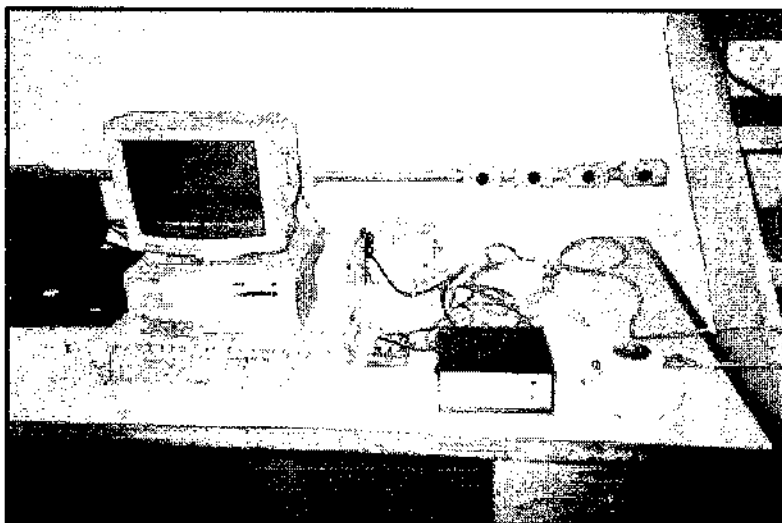


Figura 25 - O *UVB Meter System* para monitoramento de radiação UVB solar na região do Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE

O *UVB Meter System* é constituído por um detetor sensível a radiação UVB, de um amplificador do sinal e de um *Data Logger*, para o armazenamento dos dados coletados, além de um microcomputador. Um software de controle do *UVB Meter System* é fornecido pelo fabricante do detetor.

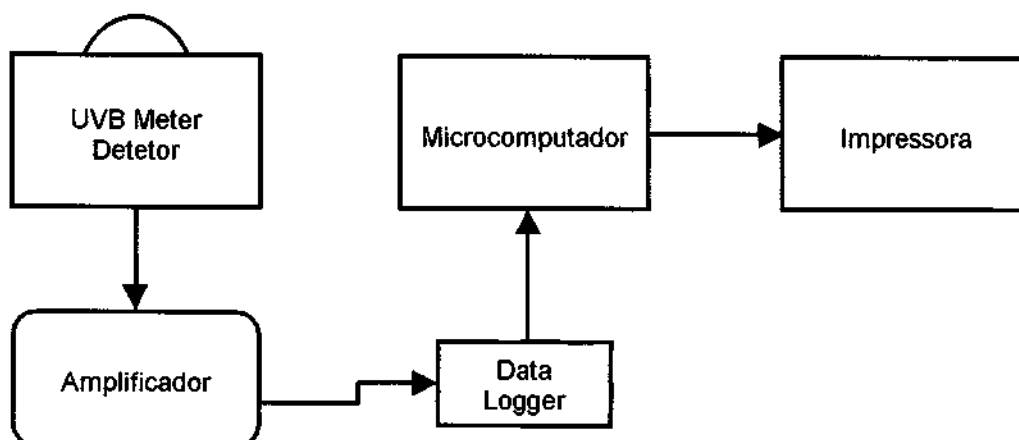


Figura 26 - Diagrama de Blocos do *UVB Meter System*.

A relação entre intensidade luminosa incidente e tensão fornecida pelo detetor é de 1 para 5 *mW*, ou seja, cada volt registrado pelo detetor equivale a uma intensidade luminosa de 5 *mW* de energia incidente por metro quadrado. Desta maneira podemos estimar a quantidade de energia incidente na região, fazendo a integral da curva gerada pelo programa de controle do *UVB Meter System*. Na figura a seguir temos uma curva gerada referente a radiação UVB observada durante um dia. Pode-se notar que a intensidade de radiação começa a aumentar a partir das 06:00 h da manhã até as 18:00 h, com um pico de intensidade aproximadamente as 12:00 h. Estima-se para este dia uma incidência de aproximadamente 36 kJ de energia por metro quadrado na região.

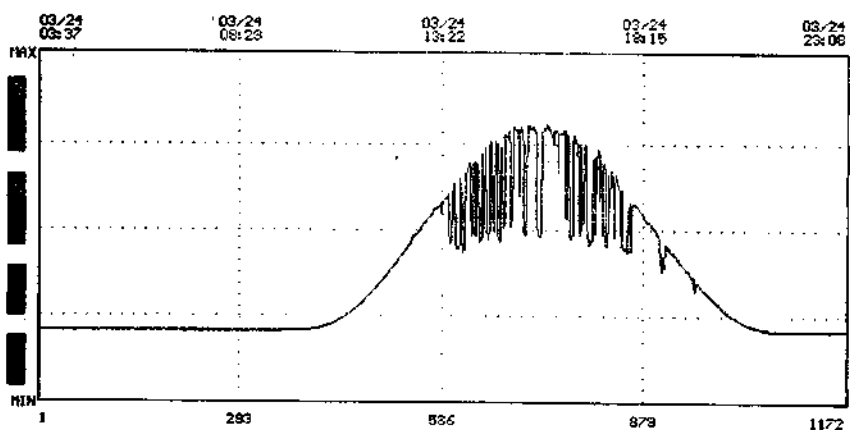


Figura 27 - Variação temporal da radiação ultravioleta na região do Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE durante o dia 24 de Março de 1999.

#### **4.4 Nova Visita ao Laboratório de Luminescência Atmosférica - LUME/DAE/INPE**

Como consequência do processo de manutenção do fotômetro FOTSUL instalado no Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE, encaminhado ao LUME na ocasião da primeira visita ao INPE, fez-se necessário outra visita a esta instituição.

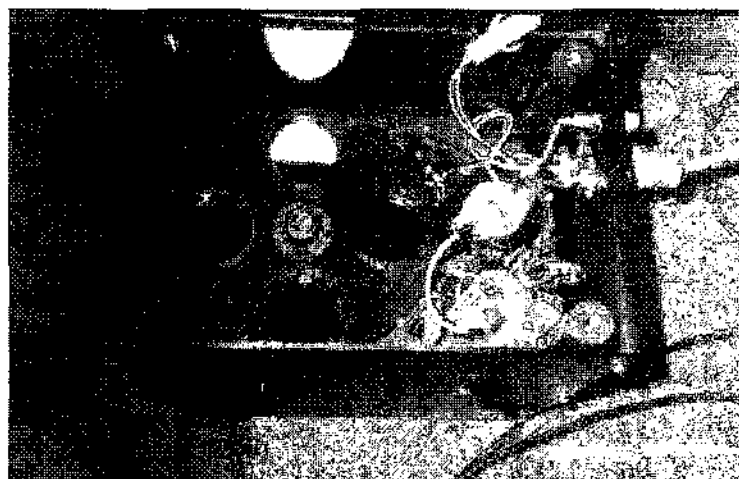


Figura 28 - Figura exibindo a parte interna do fotômetro FOTSUL. Pode-se observar os 4 filtros novos para monitoramento do fenômeno da Luminescência Atmosférica, bem como o circuito da fotomultiplicadora.

Durante o período que o fotômetro FOTSUL esteve em operação no OES, ficou evidente a sua inadequação ao monitoramento de Luminescência Atmosférica devido a baixa intensidade da radiação proveniente deste fenômeno e também ao avançado estágio de deterioração dos filtros de interferência em operação. Três alterações foram necessários para adequar o fotômetro FOTSUL as observações de Aeroluminescência enumeradas a seguir: Troca dos filtros de interferência existentes para os comprimentos de onda de 557,7 e 630,0 nm para monitoramento das emissões óticas do Oxigênio Ionizado; Colocação de dois novos filtros, nos comprimentos de onda de 554,0 e 627,0 nm, para a estimativa do background devido as várias fontes luminosas que não interessam ao nosso estudo e finalmente a automatização da aquisição dos dados fazendo-se a conversão do sinal analógico gerado pelo fotômetro em um sinal digital que poderia ser facilmente manipulado por um microcomputador. A unidade de interface fotômetro/microcomputador foi um placa A/D (analógico-digital) para a conversão do sinal.

Com a visita ao LUME, foi feita então a calibração do fotômetro no que diz respeito à largura efetiva de cada filtro bem como da sensibilidade absoluta da fotomultiplicadora e ainda desenvolveu-se um protótipo de um software de aquisição, controle e redução dos dados adquiridos pelo FOTSUL para uso durante a calibração do mesmo.

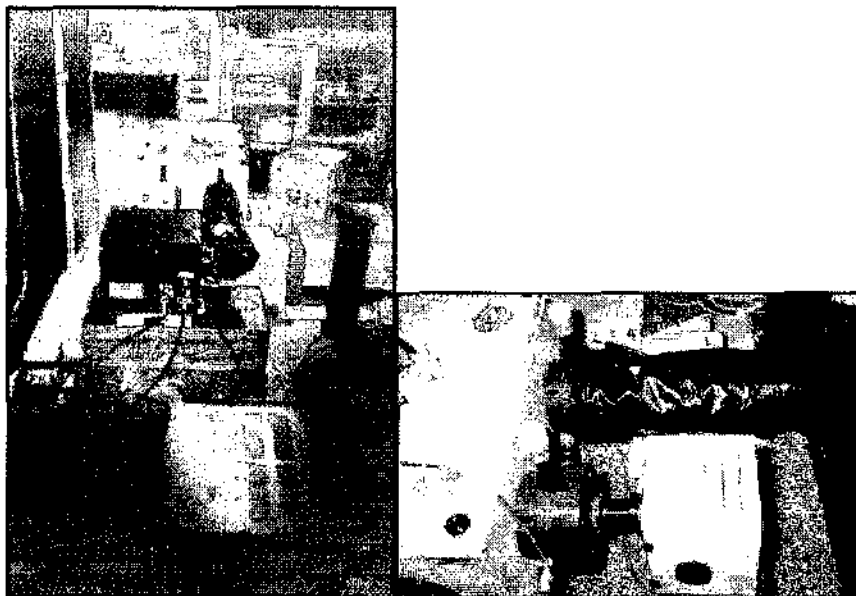


Figura 29 - Arranjo experimental necessário à determinação da largura efetiva de cada filtro do fotômetro FOTSUL.

Para a determinação da largura efetiva de cada filtro do FOTSUL, fez-se necessário um arranjo experimental utilizando um Monocromador modelo 270 com rede holográfica de 1200 linhas/mm, com capacidade de resolver linhas espectrais de aproximadamente  $1 \text{ \AA}$ . O monocromador é controlado por computador e é capaz de fazer varreduras de comprimento de onda em torno do comprimento de onda de cada filtro, conforme especificado pelo fabricante. Nosso objetivo nesta etapa é determinar realmente se o filtro de um dado comprimento de onda está dentro de uma margem de erro aceitável, em torno de  $0,5 \text{ \AA}$ , determinando assim a linha de observação central do filtro e ainda verificar a largura efetiva dele (Figura 30), ou seja, determinar a área da curva gerada na varredura feita pelo monocromador. No monocromador, uma lâmpada de tungstênio gera luz em todo o espectro visível. Esta luz é refletida uma vez por um espelho, incide na rede holográfica que conforme o ângulo de inclinação em relação ao feixe incidente difrata uma parte do espectro em direção a outro espelho que por sua vez direciona este feixe em à uma fenda que pode ser regulada conforme a necessidade. A luz então que passa através desta fenda é então detectada pelas lentes do fotômetro, que vai registrando o sinal em um arquivo de dados gerado na calibração. Na Figura 29 temos o arranjo experimental desenvolvido para este fim.

Para a determinação da sensibilidade absoluta  $S(\lambda)$  da fotomultiplicadora usamos o mesmo arranjo espectral, substituindo apenas o monocromador por lâmpadas com radiância espectral conhecida, emitindo luz em comprimentos de onda conhecidos. Usou-se uma lâmpada de Carbono 14 (C14), por ter sua emissão na faixa dos comprimentos de onda dos filtros do FOTSUL, e outra lâmpada sub-padrão L1 pelo mesmo motivo.

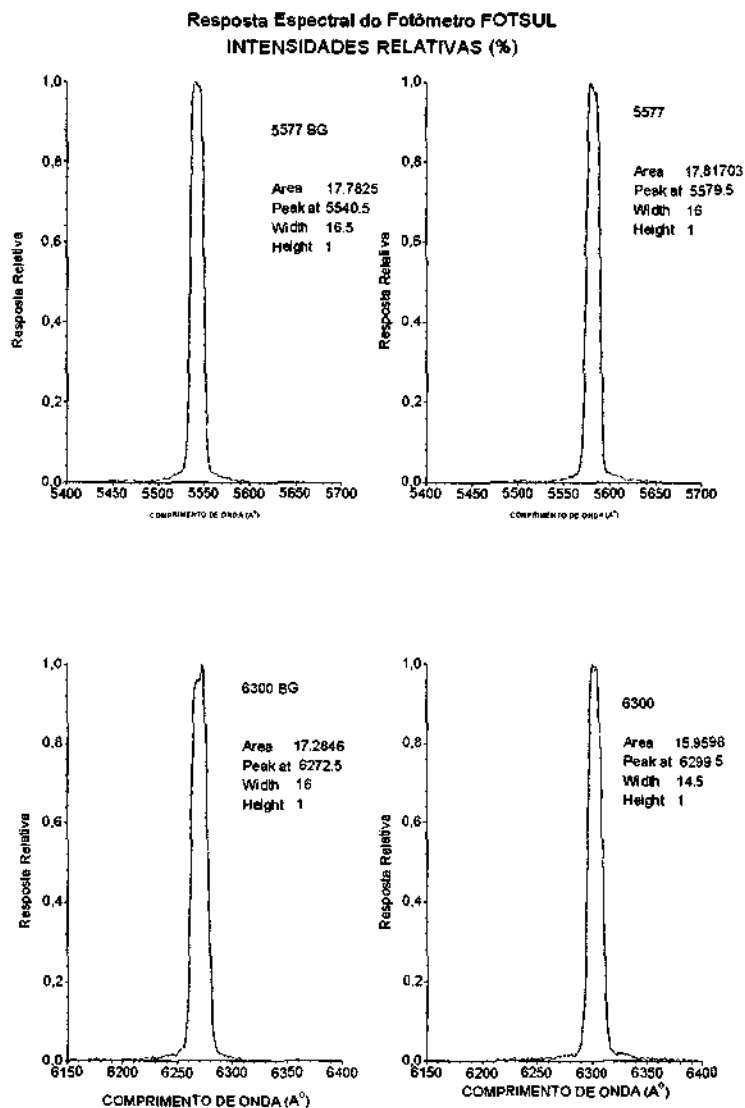


Figura 30 - Curvas de Calibração da largura efetiva de cada filtro do FOTSUL

A sensibilidade absoluta  $S(\lambda)$  da fotomultiplicadora pode ser determinado pela seguinte equação:

$$S(\lambda) = \frac{J(\lambda)}{B_{\lambda}(\lambda)(\Delta\lambda)}$$

onde  $J(\lambda)$  representa a contagem dada em contagens/s gerada pelo fotômetro monitorado no microcomputador,  $B_{\lambda}(\lambda)$  representa a radiância espectral da fonte sub-padrão dada em  $R/nm$  (este valor é conhecido) e  $\Delta\lambda$  representa a área relativa obtida na etapa anterior. Para o fotômetro obtivemos então a seguinte tabela de dados da determinação da sensibilidade absoluta da fotomultiplicadora do FOTSUL



Tabela 1 - Tabela de Dados onde Obtemos a Sensibilidade Absoluta da Fotomultiplicadora do Fotômetro FOTSUL.

| Filtro #               | 1      | 2      | 3      | 4      |
|------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Comp. Onda (nm)        | 557,7  | 554    | 630    | 627    |
| Radiância c-14 (R/nm)  | 82,60  | 76,90  | 96,80  | 99,30  |
| Radiância L-1 (R/nm)   | 35,12  | 31,80  | 105,40 | 98,90  |
| Contagem C-14 (cont/s) | 568,96 | 550,18 | 134,18 | 165,07 |
| Contagem L-1 (cont/s)  | 260,31 | 253,22 | 146,13 | 174,49 |
| Área                   | 1,78   | 1,78   | 1,60   | 1,73   |
| Sens.Abs C-14 (Cont/R) | 3,87   | 4,02   | 0,87   | 0,96   |
| Sens.Abs L-1 (Cont/R)  | 4,16   | 4,48   | 0,87   | 1,02   |

Os valores de calibração do fotômetro são de fundamental importância para etapa que se seguiu, ou seja, no desenvolvimento do software de controle, aquisição e redução de dados do fotômetro. Mais especificamente a redução de dados não seria possível.

Ainda nesta ocasião fez-se também a calibração da placa A/D de interface fotômetro/microcomputador, ou seja, injetando um sinal analógico entre 0 e 5 Volts controlado através de um gerador de sinais acoplado na entrada da placa, no que seria a entrada do cabo de sinal do fotômetro. Fizemos o sinal variar de 0 ate 5 em intervalos de 0,5 Volts e fomos monitorando a resposta dada na tela do microcomputador pelo programa/protótipo desenvolvido para este fim. Com isto geramos uma tabela de contagens e de tensão, de onde plotamos um gráfico que é mostrado a seguir. Podemos saber a relação tensão/contagem necessária no desenvolvimento de um software mais robusto para o controle do fotômetro.

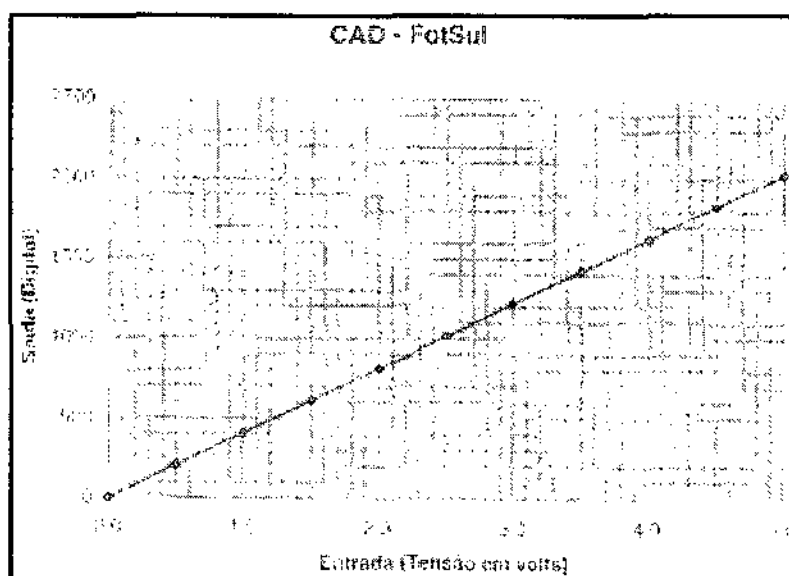


Figura 31 - Gráfico da calibração da placa A/D de interface fotômetro/microcomputador do fotômetro FOTSUL.

#### 4.5 Desenvolvimento de Software de Controle, Aquisição e Redução de Dados para o Sistema de Fotometria Instalado no Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE

Com a automatização do processo de aquisição de dados por parte do fotômetro FOTSUL, tornou-se necessário o desenvolvimento um software de controle, aquisição, armazenamento e redução destes dados.

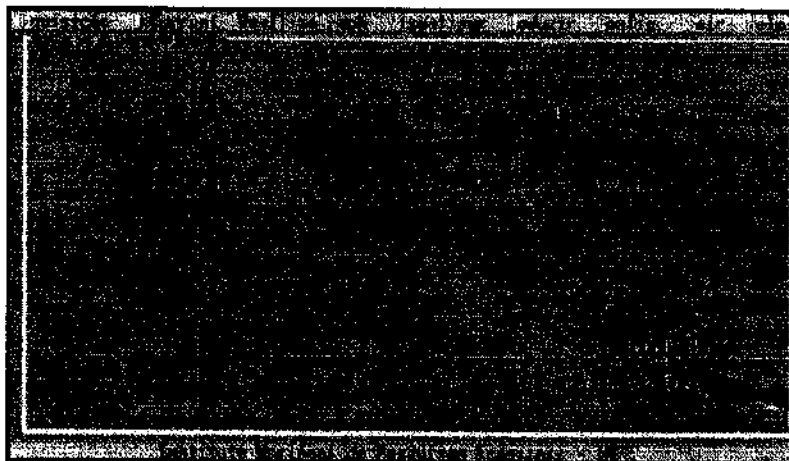


Figura 32 - Interface do Programa de Aquisição, Controle, armazenamento e redução de dados desenvolvido para o fotômetro FOTSUL.

Desenvolveu-se então um software em linguagem C para este fim. A linguagem de programação C foi escolhida por ser mais familiar ao bolsista.

O programa constitui-se de uma tela principal onde estão desenhados 7 menus, enumerados seqüencialmente a seguir: AQUISIÇÃO; DKCURRENT; REALTIMEGRAPH; VISUALIZAR; REDUZIR; CONFIG.; SAIR E HELP. Os mais importantes serão descritos a seguir.

- **AQUISIÇÃO:** Este menu comanda o fotômetro na aquisição de dados. Ao se escolher esta opção, o programa fica aguardando que uma tecla seja pressionada para se iniciar a aquisição. É então gerado um arquivo texto com o nome **SMDDMMAA.FTS** onde DD especifica o dia da observação, MM o mês e AA o ano. A extensão .FTS se refere ao fotômetro FOTSUL. Este arquivo de dados possui 5 colunas, sendo uma coluna temporal e as demais referente a contagens adquiridas para cada filtro. O Software fica adquirindo até que uma tecla seja pressionada;
- **DKCURRENT:** Esta opção faz a calibração do fotômetro em corrente de escuro (*dark current*), ou seja, a corrente gerada pela fotomultiplicadora mesmo que nenhuma luz incida sobre ela. Isto é devido a agitação térmica do material que compõe a fotomultiplicadora e também pela variação térmica que ocorre nos diferentes períodos do ano. Esta contagem é posteriormente subtraída do arquivo de dados .FTS. Para estes dados é gerado um arquivo texto com o nome **SMDDMMAA.DKC** que contém 4 colunas referente a contagens para os quatro filtros em operação no fotômetro. A coluna temporal não é necessária neste caso



porque dos dados de *dark current* é feita uma média geral;. Este processo fica rodando durante 15 minutos, tempo suficiente para se estimar a corrente de escuro da fotomultiplicadora ou até que uma tecla seja pressionada.

- **VISUALIZAR:** Esta opção faz a visualização do arquivo de dados gerado durante a observação;
- **REALTIMEGRAPH:** Aqui, o operador pode fazer a aquisição de dados visualizando-os em um gráfico em tempo real, ou seja, pode ver a variação temporal da Luminosidade do céu instante a instante. Foram usadas as bibliotecas gráficas do C para a implementação desta opção;
- **REDUZIR:** Esta opção faz a redução do arquivo de dados gerado na noite de observação. É gerado um arquivo texto de nome **SMDDMMAA.RDZ**, com três colunas, sendo uma temporal e duas referentes as intensidades luminosas 557,7 e 630 nm.

A seguir a temos exemplos do formato dos arquivos de dados gerados pelo programa. O arquivo onde estão os dados reduzido, com as intensidades dos comprimentos de onda referente as transições do Oxigênio.

Arquivo de dados referente a comagens obtidas pelo fotometro FOTOUL.  
DATA: 23/6/1999

| Local Time | 38577 | 35540 | 36300 | 36270 |
|------------|-------|-------|-------|-------|
| 1:52:19    | 105   | 99    | 97    | 97    |
| 1:52:30    | 97    | 97    | 89    | 97    |
| 1:52:41    | 168   | 200   | 116   | 178   |
| 1:52:52    | 223   | 205   | 110   | 177   |
| 1:53:03    | 216   | 198   | 114   | 177   |
| 1:53:14    | 246   | 231   | 114   | 199   |
| 1:53:25    | 266   | 260   | 114   | 199   |
| 1:53:36    | 270   | 269   | 111   | 198   |
| 1:53:47    | 275   | 250   | 112   | 202   |
| 1:53:58    | 288   | 265   | 117   | 205   |
| 1:54:09    | 292   | 260   | 111   | 202   |
| 1:54:20    | 286   | 271   | 109   | 200   |
| 1:54:31    | 282   | 263   | 115   | 185   |
| 1:54:42    | 291   | 284   | 117   | 190   |
| 1:54:53    | 284   | 266   | 115   | 198   |
| 1:55:04    | 291   | 272   | 116   | 188   |
| 1:55:15    | 274   | 276   | 116   | 180   |
| 1:55:26    | 298   | 274   | 114   | 180   |
| 1:55:37    | 284   | 266   | 112   | 179   |
| 1:55:48    | 295   | 257   | 110   | 178   |
| 1:55:59    | 291   | 242   | 116   | 186   |
| 1:56:10    | 280   | 228   | 119   | 179   |
| 1:56:21    | 289   | 216   | 124   | 178   |
| 1:56:32    | 279   | 210   | 129   | 187   |
| 1:56:43    | 296   | 211   | 128   | 193   |
| 1:56:54    | 300   | 209   | 137   | 200   |
| 1:57:06    | 287   | 213   | 137   | 210   |

Figura 33 - Formato do arquivo de dados .FTS



FOTOMETRO FOTSUL

Arquivo de dados referente a contagens de Dark Currents.

DATA: 23/6/1999

| J5577 | J5540 | J6900 | J6270 |
|-------|-------|-------|-------|
| 127   | 129   | 117   | 117   |
| 116   | 117   | 112   | 111   |
| 113   | 116   | 112   | 112   |
| 112   | 110   | 109   | 109   |
| 112   | 109   | 111   | 108   |
| 107   | 104   | 107   | 106   |
| 102   | 106   | 108   | 105   |
| 105   | 110   | 104   | 102   |
| 102   | 104   | 102   | 105   |
| 107   | 106   | 105   | 107   |
| 107   | 105   | 105   | 104   |
| 104   | 105   | 107   | 101   |
| 99    | 100   | 98    | 106   |
| 101   | 97    | 95    | 98    |
| 101   | 100   | 102   | 102   |
| 105   | 100   | 102   | 99    |
| 99    | 100   | 99    | 99    |
| 97    | 101   | 98    | 97    |
| 98    | 98    | 103   | 104   |
| 101   | 105   | 101   | 99    |
| 101   | 101   | 104   | 97    |
| 102   | 104   | 102   | 103   |
| 103   | 105   | 105   | 102   |
| 103   | 102   | 105   | 98    |
| 100   | 99    | 97    | 98    |
| 99    | 98    | 95    | 96    |
| 95    | 96    | 100   | 95    |

Figura 34 - Formato do Arquivo de dados .DKC

FOTOMETRO FOTSUL

Arquivo de dados reduzido com os indicadores de intensidade luminosa de OI

DATA: 23/6/1999

| Local/Time | J5577   | J6900    |
|------------|---------|----------|
| 1:52:19    | 1.4128  | -1.1876  |
| 1:52:30    | -0.0010 | 1.1281   |
| 1:52:41    | -6.1257 | -59.0500 |
| 1:52:52    | 4.1312  | -59.0860 |
| 1:53:03    | 6.0125  | -64.4546 |
| 1:53:14    | 1.3113  | -74.5160 |
| 1:53:25    | 4.1420  | -74.5160 |
| 1:53:36    | 5.3420  | -77.9895 |
| 1:53:47    | 8.5982  | -79.5679 |
| 1:53:58    | 0.3656  | -75.5187 |
| 1:54:09    | 10.4720 | -80.7281 |
| 1:54:20    | 6.3196  | -81.2171 |
| 1:54:31    | 7.8578  | -80.8918 |
| 1:54:42    | 4.7923  | -82.0365 |
| 1:54:53    | 7.1652  | -72.0462 |
| 1:55:04    | 7.5104  | -89.4340 |
| 1:55:16    | 2.4688  | -84.8746 |
| 1:55:26    | 6.7616  | -87.1903 |
| 1:55:37    | 7.1652  | -88.5961 |
| 1:55:48    | 9.4472  | -89.9979 |
| 1:55:59    | 11.8448 | -60.3468 |
| 1:56:10    | 16.7465 | -50.4891 |
| 1:56:21    | 19.7061 | -49.7890 |
| 1:56:32    | 19.5325 | -46.2027 |
| 1:56:43    | 22.5649 | -41.2564 |
| 1:56:54    | 23.9717 | -40.7974 |

Figura 35 - Formato do arquivo de dados .RDZ gerado pelo programa de aquisição, controle e redução de dados do fotômetro FOTSUL

Com o arquivo de dados reduzido, pode-se então fazer o estudo de Luminescência Atmosférica no que diz respeito as transições eletrônicas do Oxigênio Atômico. Para isto é necessário que se plote um gráfico com os dados reduzido para se estudar a variação temporal da intensidade luminosa nestes comprimentos de onda. Com o gráfico pode-se fazer comparação com os dias calmos e com outras localidades. Um gráfico exemplo é mostrado a seguir:

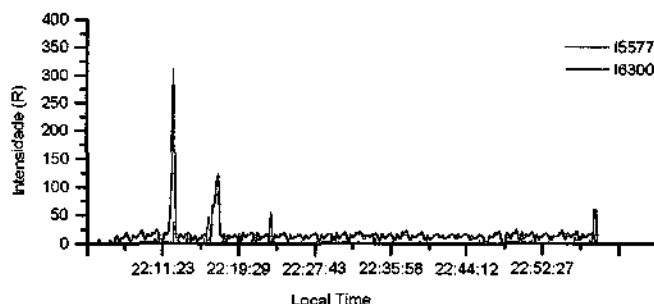


Figura 36 - Gráfico com dados de uma simulação para teste do sistema de fotometria e do programa de aquisição

Para se calcular as intensidades OI5577 e OI6300, foi necessário uma pesquisa bibliográfica na ocasião da visita ao INPE. O mesmo cálculo é usado para se calcular as intensidades nas duas linhas espectrais pois tratam-se de linhas espectrais discretas. Será descrito a seguir o procedimento para o filtro de 557,7 nm e o mesmo procedimento vale para o outro filtro.

O filtro 5577 corresponde a linha verde do oxigênio atômico, e o filtro de 5540 é usado para se conhecer a contribuição da radiação de fundo devido a outras fontes luminosas do céu.

De uma maneira geral, a resposta do fotômetro a uma emissão de aeroluminescência pode ser expressa por:

$$J_{\epsilon} = B_{\epsilon}S_{\epsilon} + \int_{\lambda} S_{\epsilon}(\lambda)G_{\lambda}(\lambda)d\lambda$$

$B_{\epsilon}$  representa a intensidade da linha  $\epsilon$  observada, em unidades R;  $S_{\epsilon}$  a sensibilidade do fotômetro para um dado comprimento de onda, em unidades  $R^{-1} s^{-1}$ ; e  $G_{\lambda}(\lambda)$  a intensidade espectral do contínuo de radiação de fundo, dado em  $R nm^{-1}$ .

A integral do lado direito da equação nada mais é que a largura efetiva do filtro  $\Delta\lambda$  calculada anteriormente por experimentação e assim a equação anterior pode ser aproximada por:

$$J_{\epsilon} \approx B_{\epsilon}S_{\epsilon} + S_{\epsilon}(\lambda_{max})G_{\lambda}(\lambda_{max})(\Delta\lambda_{eff})$$

onde as quantidades  $S$  e  $G_{\lambda}$  são calculadas nos picos de transmissão dos filtros.

Uma análise quantitativa se torna possível então usando a expressão anterior escrevendo a resposta do fotômetro para os dois filtros em questão, ou seja:

$$\begin{aligned} J_1 &\approx I_{5577}S_1 + S_1G(\Delta\lambda_{eff})_1 \\ J_2 &\approx I_{5577}(S_2)_{5577} + S_2G(\Delta\lambda_{eff})_2 \end{aligned}$$

onde o termo

$$(S_2)_{\lambda 5577} = S_2 \frac{I_{2(\lambda 5577)}}{I_{2(\lambda 5540)}}$$

surge devido à superposição das curvas de transmitância mostradas anteriormente. Definindo:

$$A = \frac{S_1(\Delta\lambda)_1}{S_2(\Delta\lambda)_2} \text{ e } \alpha = \frac{(S_2)_{\lambda 5577}}{S_1}$$

é fácil mostrar que, resolvendo as equações J1 e J2, temos:

$$I_{5577} = \frac{J_1 - J_2 A}{S_1(1 - \alpha A)}$$

Assim, temos como calcular a intensidade das linhas de emissão do oxigênio. O mesmo procedimento vale para a linha de 630,0 nm.

Atualmente, então, o sistema de fotometria instalado no Observatório Espacial do Sul conta com os equipamentos mostrados no diagrama de blocos a seguir:

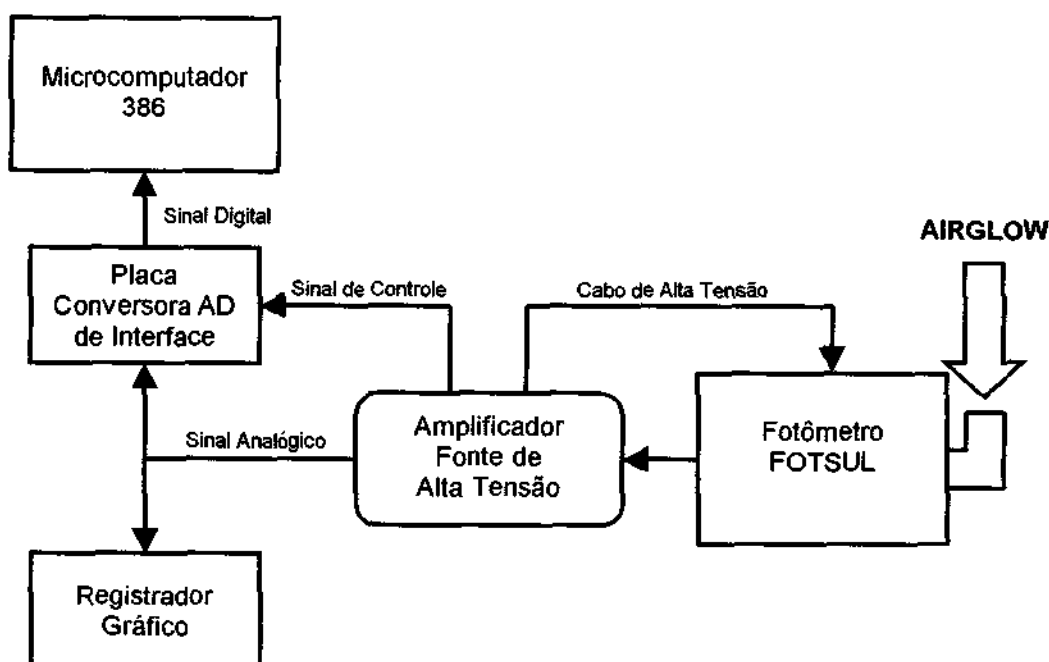


Figura 37 - Diagrama de blocos do Atual sistema de Fotometria instalado no Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE.

#### **4.6 Cooperação na Implementação do Laboratório de Ótica e Luminescência Atmosférica - LOLA e no Laboratório de Aeronomia - LAE.**

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 (Figura 21). Este prédio recentemente concluído irá portar os equipamentos e experimentos do OES relativos a Luminescência Atmosférica e Astronomia Ótica. No caso, planeja-se instalar junto a este prédio mais três fotômetros e um telescópio ótico, dentro da Cooperação Internacional Brasil-Japão.

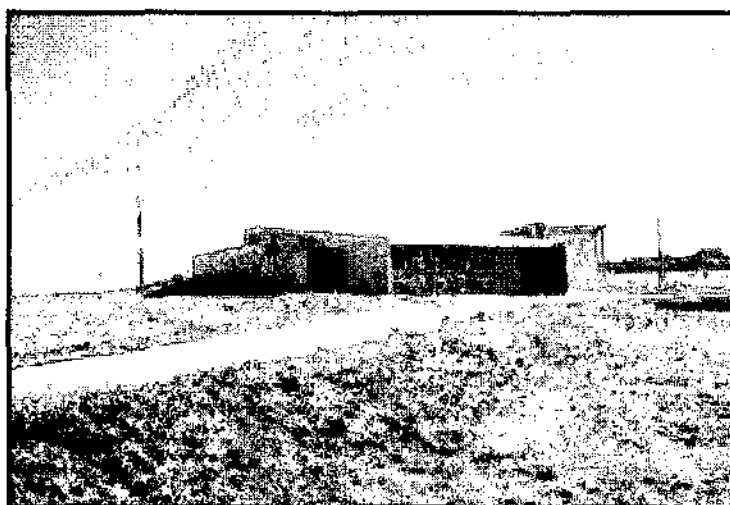


Figura 38 - Prédio 5 do OES/CRSPE/INPE, onde está sendo implementado o Laboratório de Ótica e Luminescência atmosférica.

A atuação do bolsista se dá no Laboratório de Aeronomia - LAE/LACESM/CT/UFSM desde 1997 na área de Iniciação Científica em estudos de Aeronomia, Alta Atmosfera e Luminescência Atmosférica, onde é o responsável para atuar a nível discente, do PROGRAMA DE AEROLUMINESCÊNCIA DO PROJETO RADIOASTRONOMIA, COOPERAÇÃO BRASIL-JAPÃO, CONVÊNIO: INPE - UFSM, respondendo por alguns equipamentos instalados no OES, responsabilidade esta que foi designada pelo Coordenador do Projeto RA/IPS, Dr. Nelson J. Schuch e pelo então diretor do Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria - LACESM, o Professor Francisco Amaral Wendt.

No Laboratório de Aeronomia o bolsista se empenha na organização e orientação de novos alunos, bem como no desenvolvimento eficiente de todos os projetos que fazem parte daquele laboratório.

#### **4.6.1 Grupo de Pesquisa Envolvidos no LAE/LACESM/CT/UFSM**

5 (quatro) alunos:

- 3 (quatro) alunos do Curso de Física da UFSM;
- 2 (dois) alunos do Curso de Engenharia Elétrica da UFSM.

#### **4.6.2 Espaço Físico do LAE/LACESM/CT/UFSM**

Somente no LACESM, o grupo de Aeronomia conta, atualmente com duas salas com mesas para que cada aluno possa desenvolver suas atividades e estudos. No prédio 2 do OES existe à disposição do grupo mais uma sala, onde está instalado o Laboratório de Aeronomia do OES/CRSPE/INPE.

#### **4.6.3 Equipamentos na Área de Informática Disponíveis**

Estão à disposição do Laboratório de Aeronomia:

- 2 (dois) microcomputadores Pentium 200 MHz, equipados com drive de CD 8X;
- 1 Impressora à jato de tinta colorida modelo Hewlett Packard Deskjet 692 C;
- 2 Estações de Trabalho Sun, modelo Sparcstation 5;
- 1 Estação de Trabalho Sun, modelo Sparcstation 2; e
- 1 Impressora à Laser, modelo Sparcprinter.

Além destes equipamentos, os alunos ainda podem contar com todos os outros equipamentos instalados nos demais departamentos do LACESM e OES para suas atividades de Iniciação Científica.

É necessário ressaltar a presença das Estações de Trabalho, visto que estas incentivam ao aluno de Iniciação Científica à se familiarizar com o Sistema UNIX, conhecimento o qual certamente será útil no futuro para os cursos de pós graduação que poderão ser realizados.



#### **4.7 Participação em Palestras, Seminários, Congressos e Colóquios de Iniciação Científica.**

##### **CURSOS:**

- Curso de AutoCad

##### **PALESTRAS:**

- Uma visão da Origem do Universo até a Atualidade
- Investigação Ionosférica na Antártida com Riômetros
- Radiação Ultravioleta
- Fenômeno do "Buraco" de Ozônio Antártico
- Medidas Solares

##### **SEMINÁRIOS:**

- As Bolhas de Plasma Ionosférico e seus efeitos nas Telecomunicações na Região Brasileira
- Programa Espacial da Ucrânia
- Relatividade Geral: Introdução, Equivalência e Limites
- 4ª Semana Acadêmica do CCNE



## RESUMOS SUBMETIDOS:

### **VI Jornada Integrada de Pesquisa, Extensão e Ensino da UFSM**

- Técnicas de Monitoramento de Airglow Utilizadas no Observatório Espacial do Sul.
- Software para Redução de Dados de Monitoramento Ionosférico

### **V Seminário de Iniciação Científica do INPE**

- Automatização do Fotômetro FOTSUL no Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE.

**Nota:** Devido a recente participação em alguns dos eventos citados, os certificados de participação não estão disponíveis no momento. Os demais certificados vão em anexo.





## 5 Conclusões

Concluimos que 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 permitiu ao acadêmico a aplicação dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso de graduação em Física, o qual faz parte, bem como o aprimoramento dos mesmos e a aquisição de novos conhecimentos, na área específica da Luminescência Atmosférica, bem como nas áreas de Geofísica Espacial e Geomagnetismo, dentre outras. O ambiente de trabalho e os colegas facilitaram em muito o trabalho e constituem-se em um elemento incentivador, onde a troca de informações entre várias pessoas é o fator predominante no aprendizado e no crescimento pessoal de cada um.

Pode-se ressaltar a grande utilização das disciplinas cursadas durante o andamento da graduação, onde as principais aplicações se dão nas disciplinas de Físicas Básicas, Termodinâmica, Cálculos e Álgebra, Química Geral e Orgânica, Métodos Numéricos e Computacionais, Algoritmos e Metodologia da Programação, dentre outras.

Houve a necessidade do bolsista complementar seus conhecimentos com estudos em disciplinas não vistas ainda no decorrer do curso de graduação e algumas que deve-se ter ao menos uma noção do que se tratam, haja visto a sua grande importância no desenvolvimento científico de um acadêmico, das quais se destacam: Física Moderna, Fundamentos de Astronomia e Geofísica, Eletrônica Geral, Eletrônica Digital, Linguagens de Programação: C, C++, Sistemas Operacionais (UNIX), 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. Importante também foi o desenvolvimento da habilidade do estagiário na Língua Inglesa, através da leitura de livros e artigos.

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 vasto de pesquisa e desenvolvimento de novas técnicas. O contato com cientistas de nível internacional também foi de grande valia do decorrer das atividades.

O trabalho de redução de dados realizado pelo bolsista permitiu o conhecimento da metodologia científica aplicada no Laboratório de Luminescência Atmosférica - LUME, onde a redução de dados trata-se de uma etapa importante no processo de análise e interpretação de eventos atmosféricos. Espera-se acompanhar o restante do processo de análise dos dados, juntamente com os pesquisadores do Laboratório de Luminescência Atmosférica do INPE.

Como conclusão na parte técnica, vemos a necessidade de alguns ajustes no sistema de fotometria operado no Observatório Espacial do Sul -



OES/CRSPE/INPE no que diz respeito ao software desenvolvido. A próxima etapa será de supervisão do sistema de aquisição de dados para garantir dados confiáveis nos estudos futuros que serão desenvolvidos junto ao Laboratório de Ótica e Luminescência Atmosférica - LOLA/OES/CRSPE/INPE.

A TV Câmara Imageadora constitui-se num equipamento pouco sensível ao fenômeno do *Airglow*, porém, com a chegada do ciclo solar ao seu período de máximo, espera-se que a intensidade luminosa do fenômeno estudado aumente, chegando assim ao nível de sensibilidade da TV Câmara.



## 6 Agradecimentos

Não se pode deixar de agradecer profundamente a ajuda do Aluno de Mestrado do INPE na área de Luminescência Atmosférica Cristiano Max Wrasse, que cooperou grandemente no desenvolvimento dos scripts utilizados na atividade de redução de dados, e ainda ao Dr. Nelson J. Schuch, coordenador científico do Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria - LACESM/CT/UFSM e responsável pela implantação do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRSPE, que esta sempre ajudando e incentivando o bolsista no melhor desempenho de suas funções bem como na implementação do Laboratório de Ótica e Luminescência Atmosférica - LOLA junto ao Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE, onde novas tecnologias e novos equipamentos serão adotados no estudo da Alta Atmosfera. A presença da Professora Damaris Kirch Pinheiro no primeiro semestre de desenvolvimento das atividades também foi de grande valia o desenvolvimento diário do bolsista no que diz respeito a aplicação de métodos científicos nos trabalhos e procedimentos realizados, onde sem esta orientação competente não se conseguiria atingir com êxito os objetivos até agora propostos no Projeto. Gostaria também de agradecer especialmente ao Dr. Hisao Takahashi, pelo profundo interesse, incentivo e pela forma com que trata seus alunos e colaboradores, com respeito e dignidade, nunca medindo esforços quando solicitado para uma sugestão, conselho ou mesmo na implementação de uma idéia inovadora.



## 7 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.



## Anexo 1

### SCRIPT: MC2.txt

```

/* ultima alteração dia 13/10/98.*/

doc -n;          {Fecha o projeto ativo, abrido novo projeto}
j=0;             {zera o contador}
getfile -m *.im2; {Abre a caixa de diálogo para abrir multiplos
arquivos}
for (ii=1; ii<=count; ii++) {

    getfile -g ii; {obtem o arquivo com nome e caminho completo para
a variavel %A}
    doc -t %Y\mc.otw; {abre o arquivo template }
    open -w %A;      {importa dados em formato ASCII para a planilha
do template}
    save %Y\graficos%H; {salva o projeto com o nome do arquivo
importando}
    run msub.txt;    {executa o arquivo msub.txt}
    doc -t %Y\mc2.otp; {abre o template de graficos}
    page -w %g [200]; {plota as colunas nas referidas camadas}
    run mdel.txt;    {executa o arquivo cpdel.txt que deleta as colunas
que nao sao necessarias}
    save;           {salva o projeto}
    j=j+1;         {contador para o nr de arquivos
processados}
    type %G;        {Imprime na tela os arquivos que estao sendo
processados}
    doc -d;         {fecha o projeto ativo}

};
doc -n;          {Fecha o projeto ativo, abrido novo projeto}
Type -b Fim do Scrip de Gráficos - Arquivos Processados "$j) ";
{exibe uma mensagem na tela apos todos os arquivos
serem executados}

```



## Anexo 2

### SCRIPT: MC3.TXT

```

{ultima alteração dia 26/10/98}

doc -n;          {Fecha o projeto ativo, abrido novo projeto}
j=0;             {zera o contador}
getfile -m *.im3; {Abre a caixa de diálogo para abrir multiplos
arquivos}
for (ii=1; ii<=count; ii++) {

    getfile -g ii; {obtem o arquivo com nome e caminho completo para
a variavel %A}
    doc -t %Y\mc.otw; {abre o arquivo template }
    open -w %A;      {importa dados em formato ASCII para a planilha
do template}
    save %Y\graficos\%H; {salva o projeto com o nome do arquivo
importando}
    run mcsb.txt;    {executa o arquivo mcsb.txt}
    doc -t %Y\mc3.otp; {abre o template de graficos}
    page -w %g [200]; {plota as colunas nas referidas camadas}
    run mcdel.txt;  {executa o arquivo cpdel.txt que deleta as colunas
que nao sao necessarias}
    save;           {salva o projeto}
    j=j+1;         {contador para o nr de arquivos
processados}
    type %G;       {Imprime na tela os arquivos que estao sendo
processados}
    doc -d;        {fecha o projeto ativo}

};
doc -n;          {Fecha o projeto ativo, abrido novo projeto}
Type -b Fim do Scrip de Gráficos - Arquivos Processados "$j) ";
{exibe uma mensagem na tela apos todos os arquivos
serem executados}

```



### Anexo 3

SCRIPT: MCBAD.TXT

```

win -a graph1;
j=$(index);
type -o new;
if ((page.active == 1) && (%C == %g_I55E)) {

    type -a I55E;
    type $(j);
    type $(Y);
    %g_I55E[j]=del [j];
    sum(%g_i55e);
    s1=$(sum.mean,.1);
};
if ((%C == %g_NaD) && (page.active == 2)){
    type -a NaD;
    type $(j);
    type $(Y);
    %g_NaD[j]=del [j];
    sum(%g_nad);
    s2=$(sum.mean,.1);
};
if ((%C == %g_I6300) && (page.active == 3)) {
    type -a I6300;
    type $(j);
    type $(Y);
    %g_I6300[j]=del [j];
    sum(%g_i6300);
    s3=$(sum.mean,.1);
};
if ((%C == %g_OH6.2M) && (page.active == 4)){
    type -a OH6.2M;
    type $(j);
    type $(Y);
    %g_OH6.2M[j]=del [j];
    sum(%g_oh6.2m);
    s4=$(sum.mean,.1);
};
if ((%C == %g_IO20.1) && (page.active == 5)){
    type -a IO20.1;
    type $(j);
    type $(Y);
    %g_IO20.1[j]=del [j];
    sum(%g_io20.1);
    s5=$(sum.mean,.1);
};

```





```
if ((%C == %g_TO2.1) && (page.active == 6) && (%g_TO2.1[j] == Y)){
    type -a TO2.1;
    type $(index);
    type $(Y);
    %g_TO2.1[index]=del [index];
    sum(%g_to2.1);
    s7=$(sum.mean,.1);
};
if ((%C == %g_TOH.2) && (page.active == 6) && (%g_TOH.2[j] ==
Y)){
    type -a TOH.2;
    type $(j);
    type $(Y);
    %g_TOH.2[j]=del [j];
    sum(%g_toh.2);
    s6=$(sum.mean,.1);
};
```



## Anexo 4

## SCRIPT: MCBAD1.TXT

```

win -a graph1;
j=$(index);
type -o new;
if ((page.active == 1) && (%C == %g_I55E)) {
    type -a I55E;
    type $(j);
    type $(Y);
    %g_I55E[j]=del [j];
    sum(%g_i55e);
    s1=$(sum.mean,.1);
};
if ((%C == %g_NaD) && (page.active == 2)){
    type -a NaD;
    type $(j);
    type $(Y);
    %g_NaD[j]=del [j];
    sum(%g_nad);
    s2=$(sum.mean,.1);
};
if ((%C == %g_I6300) && (page.active == 3)) {
    type -a I6300;
    type $(j);
    type $(Y);
    %g_I6300[j]=del [j];
    sum(%g_i6300);
    s3=$(sum.mean,.1);
};
if ((%C == %g_OH6.2M) && (page.active == 4)){
    type -a OH6.2M;
    type $(j);
    type $(Y);
    %g_OH6.2M[j]=del [j];
    sum(%g_oh6.2m);
    s4=$(sum.mean,.1);
};
if ((%C == %g_IO20.1) && (page.active == 5)){
    type -a IO20.1;
    type $(j);
    type $(Y);
    %g_IO20.1[j]=del [j];
    sum(%g_io20.1);
    s5=$(sum.mean,.1);
};
if ((%C == %g_TO2.1) && (page.active == 6)&& (%g_TO2.1[j] == Y)){
    type -a TO2.1;

```



```
type $(index);
type $(Y);
%g_TO2.1[index]=del [index];
    sum(%g_to2.1);
    s7=$(sum.mean,.1);
};
Y)){
if ((%C == %g_TOH.2) && (page.active == 6) && (%g_TOH.2[j] ==
type -a TOH.2;
type $(j);
type $(Y);
%g_TOH.2[j]=del [j];
    sum(%g_toh.2);
    s6=$(sum.mean,.1);
};
```



**Anexo 5**

SCRIPT: MCDEL.TXT

{ ultima alteração dia 08/10/98.}

{deleta as colunas especificadas}

```
del %g_oh6.2.t;  
del %g_toh.t;  
del %g_A;  
del %g_B;  
del %g_C;  
del %g_D;  
del %g_E;  
win -c data1; {fecha a janela data1 do projeto}
```



## Anexo 6

### SCRIPT: MCEXPOR.TXT

```

{exporta os dados do arquivo, ultima alteraçã 11/10/98}

doc -n;                               {fecha o documento ativo}
j=0;                                   {contador}
getfile -m *.opj; {abre a caixa de dialogo para a abertura de múltiplos
arquivos}
loop (ii, 1, count){

    getfile -g ii; {chama os arquivos selecionados}
    doc -open %A; {abre os arquivos selecionados}
    win -a %G;    {ativa a planilha principal}
    copy %G_toh.2 %G_toh.m; {copia as respectivas colunas}
    copy %G_to2.1 %G_to2;
    work -d copia; {faz uma copia da planilha principal com o nome de
copia}
    del copia_hora4.1; {deleta as respectivas colunas da plan. copia}
    del copia_toh.2;
    del copia_to2.1;
    save -wh copia %Y\dtxt\%G.txt; {exporta os dados da plan. copia e
nomeia o arquivo}
    win -c copia; {fecha a planilha copia}
    win -a graph1; {ativa a janela de graficos}
    save %Y\graficos\%G; {salva o projeto}
    type %G; {imprime na teia os arquivos sendo executados}
    j=j+1; ; {contador}
    doc -d; {fecha o projeto ativo}

};
doc -n;
Type -b Fim do Scrip Export - Arquivos Processados " $(j) "

```



## Anexo 7

### SCRIPT: ZMCPRINT.TXT

```

{ultima alteracao dia 13/10/98}

doc -n;           {fecha o projeto ativo e abre um novo}
j=0;             {zera o contador}
getfile -m *.opj; {abre a caixa de diálogo para abrir multiplos
arquivos}
loop (i, 1, count){

    getfile -get I; {obtem o arquivo para a variavel %A}
    doc -open %A;   {abre o arquivo com o nome armazenado na
variavel %A}
    run mcsoma.txt; {executa o arquivo soma}
    doc -e P print; {imprime todos os graficos do projeto}
    type %G;        {imprime na tela os arquivos que
foram processados}
    j=j+1;          {contador de arquivos processados}
    save;           {salva o projeto aberto}
    doc -d;         {fecha o projeto aberto}

};
doc -n;           {fecha o projeto ativo e abre um novo}
Type -b Fim do Scrip de Impressão- Arquivos Processados " $(j) ";
{exibe uma caixa de diálogo dando o nr de
aqruiivos executados}

```



## Anexo 8

### SCRIPT: MCSOMA.TXT

```

{ ultima alteração dia 26/10/98}
{faz a soma da coluna especificada}
{calcula a média e armazena a resposta numa variavel}
{s1, s2, ... s7}

sum(%g_i5577);           {faz a estatística da coluna}
s0=$(sum.n);           {armazena o nr total de elementos na coluna
na variavel s0}
sum(%g_i55e);           {faz a estatística da coluna}
s1=$(sum.mean,.1);     {armazena a media da coluna na variavel
s1 com uma casa apos a virgula(mean,.1)}
sum(%g_nad);
s2=$(sum.mean,.1);
sum(%g_i6300);
s3=$(sum.mean,.1);
sum(%g_oh6.2m);
s4=$(sum.mean,.1);
sum(%g_io20.1);
s5=$(sum.mean,.1);
sum(%g_toh.2);
s6=$(sum.mean,.1);
sum(%g_to2.1);
s7=$(sum.mean,.1);

```



### Anexo 9

#### SCRIPT: MCSOMATORIA.TXT

```

doc -n;          {fecha o projeto ativo e abre um novo}
j=0;            {zera o contador}
getfile -m *.opj;      {abre a caixa de diálogo para abrir múltiplos
arquivos}
loop (i, 1, count){

    getfile -get l;  {obtem o arquivo para a variavel %A}
    doc -open %A;    {abre o arquivo com o nome armazenado na
variavel %A}
    win -a %G;       {ativa a janela da planilha dos dados}
    run mcsoma.txt;  {executa o arquivo soma}
    type %G;         {imprime na tela os arquivos que
foram processados}
    j=j+1;           {contador de arquivos processados}
    win -a graph1;   {ativa a janela do grafico}
    save;            {salva o projeto aberto}
    doc -d;          {fecha o projeto aberto}

};
doc -n;          {fecha o projeto ativo e abre um novo}
Type -b Fim do Scrip de Soma- Arquivos Processados " $(j) ";
                  {exibe uma caixa de diálogo dando o nr de arquivos
executados}

```





## Anexo 10

### SCRIPT: MCSUB.TXT

```
/* ultima alteração dia 26/10/98.*/
/*copia todas as colunas, deslocando-as lateralmente*/
```

```
copy %g_to2 %g_bg5;
copy %g_io20.1 %g_to2;
copy %g_hora5 %g_io20.1;
copy %g_bg4 %g_hora5;
copy %g_toh.t %g_bg4;
copy %g_oh6.2.t %g_toh.t;
copy %g_toh.m %g_oh6.2.t;
copy %g_oh6.2m %g_toh.m;
copy %g_hora4 %g_oh6.2m;
copy %g_bg3 %g_hora4;
copy %g_i6300 %g_bg3;
copy %g_hora3 %g_i6300;
copy %g_bg2 %g_hora3;
copy %g_nad %g_bg2;
copy %g_hora2 %g_nad;
copy %g_bg1 %g_hora2;
copy %g_i55e %g_bg1;
copy %g_hora4 %g_hora4.1;
copy %g_toh.m %g_toh.2;
copy %g_to2 %g_to2.1;
```

```
sum(%g_i5577);          {estatística da coluna}
s0=$(sum.n);           {armazena o nr total de elementos da coluna na
variável s0}
```

```
for (i=1; i<=s0;i++){
```

```
    {procura o valor -1 deletando-o da coluna}
```

```
    if (%g_i5577[i] <= -1) %g_i5577[i]=del [i];
    if (%g_i55e[i] <= -1) %g_i55e[i]=del [i];
    if (%g_bg1[i] <= -1) %g_bg1[i]=del [i];
    if (%g_nad[i] <= -1) %g_nad[i]=del [i];
    if (%g_bg2[i] <= -1) %g_bg2[i]=del [i];
    if (%g_i6300[i] <= -1) %g_i6300[i]=del [i];
    if (%g_bg3[i] <= -1) %g_bg3[i]=del [i];
    if (%g_oh6.2m[i] <= -1) %g_oh6.2m[i]=del [i];
    if (%g_toh.m[i] <= -1) %g_toh.m[i]=del [i];
    if (%g_bg4[i] <= -1) %g_bg4[i]=del [i];
    if (%g_io20.1[i] <= -1) %g_io20.1[i]=del [i];
    if (%g_to2[i] <= -1) %g_to2[i]=del [i];
    if (%g_bg5[i] <= -1) %g_bg5[i]=del [i];
    if (%g_toh.2[i] <= -1) %g_toh.2[i]=del [i];
```



```

    if (%g_to2.1[i] <= -1) %g_to2.1[i]=del [i];
};

{calcula a coluna i55e}

for (i=1; i<=s0; i++){
    %g_i55e[i]=((%g_i5577[i])-(0.2*(%g_i6300[i])));
};

{faz a soma da coluna especificada }
{calcula a media e armazena a resposta numa variavel }
{s1, s2, ... s7}

sum(%g_i5577);           {faz a estatistica da coluna}
s0=$(sum.n);           {armazena o nr total de elementos na coluna
na variavel s0}
sum(%g_i55e);           {faz a estatistica da coluna}
s1=$(sum.mean,.1);     {armazena a media da coluna na variavel
s1 com uma casa apos a virgula(mean,.1)}
sum(%g_nad);
s2=$(sum.mean,.1);
sum(%g_i6300);
s3=$(sum.mean,.1);
sum(%g_oh6.2m);
s4=$(sum.mean,.1);
sum(%g_io20.1);
s5=$(sum.mean,.1);
sum(%g_toh.2);
s6=$(sum.mean,.1);
sum(%g_to2.1);
s7=$(sum.mean,.1);

```






**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE TECNOLOGIA**

**A T E S T A D O**

Atesto, para os devidos fins, que o acadêmico do Curso de Física - Bacharelado, **FÁBIO AUGUSTO VARGAS DOS SANTOS**, participou como autor do trabalho "Softwares para Redução de Dados de Monitoramento Ionosférico", orientado pelo Dr. Nelson Jorge Schuch, na XIII Jornada Acadêmica Integrada, realizada no dia 16/12/98, no Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria.

Santa Maria, 28 de junho de 1999

  
~~Genés Davazi Ifarraguirre~~  
Chefe do Gab. de Projetos/CT




**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE TECNOLOGIA**

**A T E S T A D O**

Atesto, para os devidos fins, que o acadêmico do Curso de Física -

Bacharelado, **FÁBIO AUGUSTO VARGAS DOS SANTOS**, participou como apresentador do trabalho "Técnicas de Monitoramento de Airglow Utilizadas no Observatório Espacial do Sul", orientado pelo Dr. Hisao Takahashi, na XIII Jornada Acadêmica Integrada, realizada no dia 16/12/98, no Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria.

Santa Maria, 28 de junho de 1999

  
~~Genés Rivas Iffarraguirre~~  
Chefe do Gab. de Projetos/CT

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DESPORTO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS  
CURSO DE FÍSICA**

Relatório Final de Atividades

# Certificado

Certificamos que FÁBIO AUGUSTO VARGAS DOS SANTOS participou da 4ª. SEMANA ACADÊMICA DO CCNE (Semana Acadêmica do Curso de Física), realizada entre os dias 09 e 17 de dezembro de 1998, acompanhando os Seminários e as Palestras, Mini-Cursos, Apresentação de Grupos de Pesquisa e Laboratórios relacionadas no verso, perfazendo um total de 06 horas/atividade.

Santa Maria, 23 de dezembro de 1998.



Prof. Dr. Aguinaldo Medici Severino

Coordenador do Curso de Física

Prof. Dr.º Aguinaldo Medici Severino

Coordenador

Curso de Física

CCNE - UFSM

Ministério da Educação e do Desporto  
 Universidade Federal de Santa Maria  
 Centro de Tecnologia  
 Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria

## CERTIFICADO

Certificamos que o Sr. Fábio Augusto Vargas dos Santos participou do Seminário *As Bolhas de Plasma Ionosférico e seus Efeitos nas Telecomunicações na Região Brasileira*, ministrado pelo Dr. José Humberto Andrade Sobral do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, no LACESM em 22 de dezembro de 1998.

Santa Maria, 19 de fevereiro de 1999.



Dr. Nelson Jorge Schuch  
 Coordenador



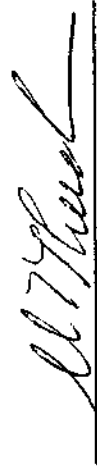
Prof. Norberto U. de Vasconcelos Oliveira  
 Diretor do LACESM

Ministério da Educação e do Desporto  
Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Tecnologia  
Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria

## CERTIFICADO

Certificamos que o Acadêmico Fábio Augusto Vargas dos Santos participou do Seminário *Relatividade Geral : Introdução , Equivalência e Limites*, ministrado pelo Professor da Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Dr. Filipe de Moraes Paiva, realizado no Auditório Pêrsio Reis do Centro de Tecnologia, no dia 20 de agosto de 1998.

Santa Maria, 21 de agosto de 1998.



Dr. Nelson Jorge Schuch  
Coordenador



Prof.ª Damaris Kirsch Pinheiro  
Diretora Substituta do LACESM

Ministério da Educação e do Desporto  
Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Tecnologia  
Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria

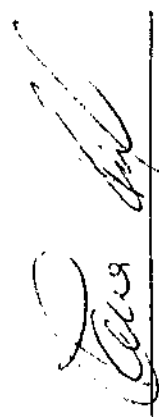
# CERTIFICADO

Certificamos que o Acadêmico **Fábio Augusto Vargas Santos** participou do *Curso de Autocad*, com duração de 40 horas, ministrado pelos Acadêmicos de Eng. Mecânica **Antonio Marcos Rosa Piuga** e **Ivanir José Mayer**, realizado no LACESM em Abril de 1998.

Santa Maria, 04 de agosto de 1998.



Dr. Nelson Jorge Schuch  
Coordenador



Prof.ª Damaris Kirsch Pinheiro  
Diretora Substituta do LACESM



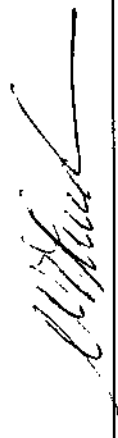


Ministério da Educação e do Desporto  
Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Tecnologia  
Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria

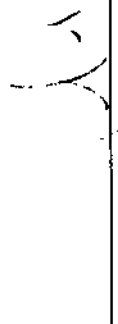
## CERTIFICADO

Certificamos que o Sr. Fábio Augusto Vargas dos Santos participou da palestra *Investigação Ionosférica na Antártica com Riômetros*, ministrada pelo Eng. Christiano Garnett Marques Brum, realizada no LACESM no dia 16 de outubro de 1998.

Santa Maria, 19 de fevereiro de 1999.



Dr. Nelson Jorge Schuch  
Coordenador



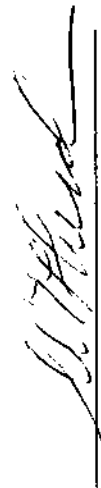
Prof. Norberto U. de Vasconcellos Oliveira  
Diretor do LACESM

Ministério da Educação e do Desporto  
Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Tecnologia  
Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria


## CERTIFICADO

Certificamos que o Sr. Fábio Augusto Vargas dos Santos participou do seminário *Radiação Ultravioleta*, ministrado pelo Eng. Fernando Luís Guarnieri, realizado na Sala 220 do Centro de Tecnologia, no dia 16 de junho de 1999.

Santa Maria, 28 de junho de 1999.



Dr. Nelson Jorge Schuch  
Coordenador



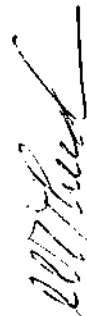
Prof. Norberto U. de Vasconcellos Oliveira  
Diretor do LACESM

Ministério da Educação e do Desporto  
Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Tecnologia  
Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria

## CERTIFICADO

Certificamos que o Sr. Fábio Augusto Vargas dos Santos participou do seminário *Medidas Solares*, ministrado pelo Prof. Alisson Dal Lago, realizado na Sala 220 do Centro de Tecnologia, no dia 17 de junho de 1999.

Santa Maria, 28 de junho de 1999.



Dr. Nelson Jorge Schuch  
Coordenador




Prof. Norberto U. de Vasconcellos Oliveira  
Diretor do LACESM

Ministério da Educação e do Desporto  
Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Tecnologia  
Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria

## DECLARAÇÃO

Certificamos que o Sr. Fábio Augusto Vargas dos Santos participou do seminário *Fenômeno do "Buraco" de Ozônio Antártico*, ministrado pela Prof<sup>a</sup>. Damaris Kirsch Pinheiro, realizado na Sala 220 do Centro de Tecnologia, no dia 16 de junho de 1999.

Santa Maria, 28 de junho de 1999.



Dr. Nelson Jorge Schuch  
Coordenador



Prof. Norberto U. de Vasconcellos Oliveira  
Diretor do LACESM