



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

COORDENAÇÃO DE ENSINO, DOCUMENTAÇÃO E PROGRAMAS ESPECIAIS - CEP

**Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica - PIBIC - CNPq**

**RELATÓRIO PARCIAL DE ATIVIDADES**

**Processo:**  
**104783/97-4**

**Título do Projeto:**

**Desenvolvimento e Análise de  
Metodologia Instrumental e Técnicas  
para Observações a partir da Superfície Terrestre de  
Parâmetros Ionosféricos**

**Bolsista:**  
Fabiano da Silveira Rodrigues

**Orientador:**  
Nelson Jorge Schuch

**Co-Orientador:**  
Mangalathayil Ali Abdu

*Nelson Jorge Schuch*  
Responsável pela Implantação  
Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRSPE  
INPE - RE/DIR - 391

**Santa Maria, Fevereiro de 2000.**

**Dados de Identificação:**

- Bolsista:** Fabiano da Silveira Rodrigues  
Universidade Federal de Santa Maria - UFSM
- Orientador:** Nelson Jorge Schuch  
Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - INPE
- Co-Orientador:** Mangalathayil Ali Abdu  
Divisão de Aeronomia - INPE
- Local de Trabalho /Execução do Projeto:**
- Laboratório de Aeronomia - LAE/LACESM
  - Observatório Espacial do Sul - CRSPE/OES/INPE
  - Laboratório de Eletrônica e Radiofrequência - LERF/LACESM
  - Laboratório de Geofísica Espacial - LGE/LACESM
- Participantes da Cooperação Brasil-Japão em Ciências Espaciais Básicas no Projeto:**
- Dr. Kazuo Makita - National Institute of Polar Research
  - Dr. Masanori Nishino - Nagoya University
  - Dr. René A. Medrano - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
  - Eng. Francisco Amaral Wendt - Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria
  - Eng. Norberto U. V. de Oliveira - Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria

## Índice

<b>1 RESUMO</b> .....	5
<b>2 INTRODUÇÃO</b> .....	6
2.1 O Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico .....	7
2.2 O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.....	7
2.3 A Implantação do Observatório Espacial do Sul - CRSPE/INPE .....	9
2.4 Objetivo da Cooperação Científica Internacional Brasil-Japão em Ciências Espaciais Básicas e Ciências Atmosféricas.....	10
2.5 Objetivo do Projeto 'Desenvolvimento e Análise de Metodologia Instrumental e Técnicas para Observações a partir da Superfície Terrestre de Parâmetros Ionosféricos' .....	10
<b>3 INTRODUÇÃO TEÓRICA</b> .....	11
3.1 O Laboratório de Aeronomia - LAE, LACESM - OES/CRSPE .....	11
3.2 O Monitoramento Ionosférico do LAE .....	11
3.2.1 A Ionosfera .....	11
3.2.2 A Importância do Estudo da Ionosfera .....	14
3.3 Princípio da Instrumentação Aplicada ao Monitoramento Ionosférico ....	15
3.3.1 Sistema Genérico .....	16
3.4 A Instrumentação da Área de Monitoramento Ionosférico do LAE .....	19
3.4.1 Receptores de Ondas ELF/VLF e VLF/LF.....	20
3.4.3 Riômetro.....	21
<b>4 DESCRIÇÃO DE PROJETOS</b> .....	23
4.1 Sub-Projeto: Colaboração do Laboratório de Aeronomia - LAE, LACESM/CT/UFSM - OES/CRSPE/INPE na Redução e Análise de Dados de Pesquisas da Alta Atmosfera na Antártica.....	23
4.1.1 Introdução .....	23
4.1.2 Riômetros do INPE na Antártica.....	25
4.1.3 Programas Computacionais Desenvolvidos.....	27
4.1.4 Conclusões.....	32

4.2 Sub-Projeto: Instalação, Operação e Pré-Análise de Dados do Riômetro Imageador do OES .....	33
4.2.1 Introdução .....	33
4.2.2 Antena .....	33
4.2.3 O Sistema Defasador .....	35
4.2.4 Receptor .....	35
4.2.5 Sistema de Aquisição de Dados.....	35
4.2.6 Conclusões.....	36
4.3 Sub-Projeto: Instalação, Operação e Pré-Análise dos Dados de um Medidor UV-B (UV-B Radiometer MS-210W) .....	37
4.3.1 Introdução .....	37
4.3.2 O UV-B Radiometer.....	37
4.3.3 Princípio de Medição.....	37
4.3.4 O Software de Controle e Aquisição de Dados do Medidor UV-B: DataMark Assist .....	38
<b>5 PRODUÇÃO TÉCNICO - CIENTÍFICA .....</b>	<b>43</b>
5.1 Publicações Internacionais .....	43
5.2 Publicações Nacionais.....	43
<b>6 CONCLUSÕES FINAIS .....</b>	<b>46</b>
<b>7 AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>48</b>
<b>8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>49</b>

## 1 RESUMO

---

Este relatório descreve as atividades realizadas pelo acadêmico bolsista *Fabiano da Silveira Rodrigues* com relação ao Projeto "Desenvolvimento e Análise de Metodologia Instrumental e Técnicas para Observações a partir da Superfície Terrestre de Parâmetros Ionosféricos". Estas atividades foram desenvolvidas junto ao Laboratório de Aeronomia - LAE do LACESM/CT/UFSC - OES/CRSPE/INPE durante o período de Agosto de 1999 à Janeiro de 2000.

A descrição realizada neste relatório está distribuída através de uma introdução geral seguida por uma introdução teórica onde são revistos conceitos básicos sobre Ionosfera e Instrumentação para medição de parâmetros ionosféricos. Logo a seguir é realizada uma descrição das atividades (sub-projetos) no qual o bolsista atuou seguido por uma conclusão final onde são apresentados os resultados gerais do Projeto principal.

## **2** INTRODUÇÃO

---

O conteúdo deste relatório procura esclarecer os principais objetivos, procedimentos e resultados do Projeto "Desenvolvimento e Análise de Metodologia Instrumental e Técnicas para Observações a partir da Superfície Terrestre de Parâmetros Ionosféricos".

Este Projeto, devido à sua complexidade e várias áreas do conhecimento envolvidas, foi dividido em sub-projetos para melhor organização geral.

Com isto, o bolsista realizou diversas atividades nos sub-projetos cujos títulos são listados abaixo:

- Colaboração do Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria - LACESM/CT/UFSM na Redução e Análise de Dados de Pesquisas da Alta Atmosfera na Antártica
- Instalação, Operação e Pré-Análise de Dados do Riômetro Imageador do OES
- Instalação, Operação e Pré-Análise dos Dados de um Medidor UV-B (UV-B Radiometer MS-210W)
- Estudo de Eventos TRIMPI no OES
- Estudo das Portas Paralela e Serial de PC's para Aquisição de Dados e Controle

Neste relatório são descritos os três primeiros sub-projetos cujo desenvolvimento encontram-se adiantados. Os dois demais sub-projetos estão em fase inicial e deverão ser descritos no próximo relatório de atividades.

## 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/>].

Em 1999 o Ministro da Ciência e Tecnologia Bresser Pereira, experimentou promover uma ampla reestruturação organizacional do CNPq mas o novo e atual Ministro da Ciência e Tecnologia, Ronaldo Soudenberg não ratificou muitas das medidas do ministro anterior, mantendo a estrutura anterior.

## 2.2 O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais foi criado no dia 03 de agosto de 1961 como o Grupo de Organização da Comissão Nacional de Atividades Espaciais (GOCNAE), subordinado ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). As primeiras metas deste

grupo, subordinado diretamente à Presidência da República, visavam dotar o País de infra-estrutura capaz de realizar trabalhos relativos à utilização do espaço, constituir um núcleo de técnicos e pesquisadores especializados na área e promover cooperação com outros países.

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

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

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

Em outubro de 1990 o INPE incorporou o "Nacional" ao seu nome, passando a denominar-se Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

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 o Observatório Espacial do Sul construído e em operação em 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 países como Argentina, China e Rússia. Ao mesmo tempo, a relação do INPE com associações de países mais tradicionais como Canadá, Estados Unidos, Japão e países europeus como a França, Alemanha, Inglaterra e Itália tem crescido.

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

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



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

Em outubro de 1998 o INPE pôs em órbita o SCD2. Ambos os satélites operam em perfeitas condições. Em 1999 foi efetuado com sucesso o lançamento do CBERS.

### **2.3 A Implantação do Observatório Espacial do Sul - 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 de Tecnologias, 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, as totalidades 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 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 da Coordenação de Ciências Espaciais e Atmosféricas 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.

#### **2.5 Objetivo do Projeto 'Desenvolvimento e Análise de Metodologia Instrumental e Técnicas para Observações a partir da Superfície Terrestre de Parâmetros Ionosféricos'**

O Projeto 'Desenvolvimento e Análise de Metodologia Instrumental e Técnicas para Observações a partir da Superfície Terrestre de Parâmetros Ionosféricos' tem como objetivos principais, realizar um estudo aprofundado sobre: a metodologia e os aspectos construtivos dos instrumentos para medidas, a partir da superfície terrestre, de parâmetros ionosféricos; técnicas de algoritmos para redução e análise de dados de parâmetros ionosféricos; levantamento de dados das principais vantagens e desvantagens práticas das técnicas e instrumentos analisados; os diferentes tipos de sistemas de aquisição e comunicação de dados identificando os parâmetros ótimos de aquisição tais como resolução e taxa de amostragem para os dados resultantes das técnicas e instrumentos analisados.

## **3** INTRODUÇÃO TEÓRICA

---

### **3.1 O Laboratório de Aeronomia - LAE, LACESM - OES/CRSPE**

A maior parte deste Projeto vem sendo desenvolvido no Laboratório de Aeronomia - LAE do LACESM - CRSPE/INPE. Por isto, faz-se necessário uma breve descrição dos objetivos de pesquisa deste laboratório:

A palavra "AERONOMIA" criada por **Sidney Chapman** foi introduzida oficialmente durante a "**General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics**" ocorrida em Roma durante 1954, poucos anos depois do lançamento do primeiro satélite artificial. O propósito deste campo interdisciplinar é estudar qualquer região atmosférica (Terra, planeta, satélite, cometa) onde os processos de ionização e a fotodissociação acontecem. Isto implica que qualquer conceito, método ou técnica desenvolvida para a atmosfera terrestre pode ser adaptada à outros corpos do sistema solar [Kockarts, G.; 1999].

### **3.2 O Monitoramento Ionosférico do LAE**

O LAE, atualmente, realiza estudos em duas linhas de pesquisa:

- Luminescência Atmosférica
- Monitoramento Ionosférico

Como já foi citado anteriormente, este estudo é realizado e aplicado à instrumentação para monitoramento ionosférico, é prudente ser esclarecido o principal objeto de estudo destes equipamentos: a Ionosfera e o porquê do seu monitoramento.

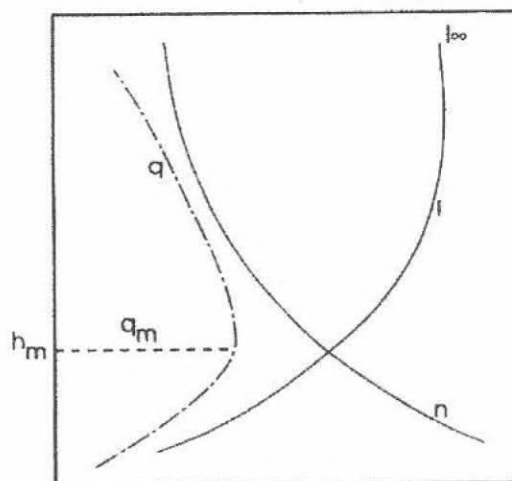
#### **3.2.1 A Ionosfera**

A existência de uma camada condutora (isto é, ionizada) na Atmosfera superior foi sugerida inicialmente pelas variações periódicas notadas nas medições do campo geomagnético. Os primeiros estudos diretos da Ionosfera foram realizados através de dados de reflexão de ondas de rádio porém, os trabalhos pioneiros, realizados na tentativa de provar a existência da camada condutora, foram feitos num clima de controvérsia. Nomes famosos da época

foram entre outros, os de Appleton, Tuve, Hulburt e Chapman. Trabalhos cientificamente orientados começaram os anos 30.

O principal processo de produção iônica é a absorção de radiação solar na faixa espectral do extremo ultra-violeta (EUV), e dos raios X. Os fótons de energia acima de aproximadamente 12eV são capazes de ionizar os componentes atmosféricos, sendo ao mesmo tempo, responsáveis pelo aquecimento da Termosfera. Em condições especiais, partículas ionizadas de energia cinética elevada também conseguem produzir ionização através de colisões com partículas neutras. Neste caso, a ionização é caracterizada por *secundária* ou *corpúscular*.

Do ponto de vista qualitativo (Figura 3.1) é fácil notar que a produção de pares íons-elétrons deve produzir um pico na Atmosfera. O número de íons produzidos é proporcional ao número de fótons incidentes e ao número de partículas ionizáveis. A densidade atmosférica diminui com a altura, de modo que a absorção de fótons no topo é mínima. Nas alturas inferiores, a produção é novamente pequena porque a maioria dos fótons já foi absorvida nas regiões superiores. Portanto, o produto da densidade pelo número de fótons deve ser máximo à uma altura intermediária.



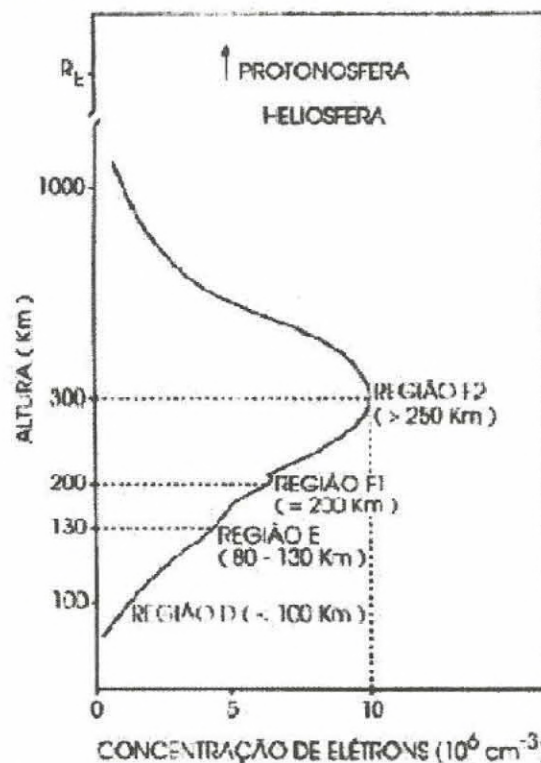
**Figura 3.1** - Exemplo qualitativo da produção de uma camada ionizada.

**Fonte:** Kirchhoff, V. W. J. H.; **Introdução à Geofísica Espacial**, Editora da Universidade de São Paulo; São Paulo; 1991.

A perda de ionização se processa através da recombinação dos pares íons elétrons e, no caso mais simples em que se tem o equilíbrio fotoquímico, tem-se a igualdade entre os processos de produção e perda, do que se pode deduzir a densidade eletrônica. Este é o parâmetro característico da Ionosfera. De acordo com sua variação com a altura, e por conveniência de estudo,

divide-se a Ionosfera em diversas regiões ou camadas, cada uma delas com propriedades características.

A nomenclatura das regiões ionosféricas em função da densidade eletrônica está indicada na Figura 3.2. As alturas e as densidades numéricas indicadas dever ser interpretadas como "em torno de", pois os valores numéricos podem variar com inúmeros fatores, entre os quais localização, estação do ano, tempo local, atividade magnética, etc.



**Figura 3.2** - Nomenclatura e localização das camadas ionosféricas.

Fonte: Kirchhoff, V. W. J. H.; **Introdução à Geofísica Espacial**, Editora da Universidade de São Paulo; São Paulo; 1991.

Os limites inferior e superior não são perfeitamente definidos, porém a concentração eletrônica se torna muito pequena, abaixo de 70 e acima de 1000 km. Acima desta altura começam a predominar os íons de Hélio (He), na região chamada *Heliosfera*, e em torno de um raio terrestre, tem-se a *Protonosfera* onde predominam os íons de hidrogênio atômico.

Os íons comumente produzidos são  $O^+$ ,  $N_2^+$  e  $O_2^+$ , na região do pico. Na região ionosférica mais baixa, um íon importante é o  $NO^+$ , produzido pela radiação Lyman- $\alpha$  em 1216 Å. Outras radiações importantes são raios X e cósmicos.

A região E (80 - 130 km) é a região de máxima condutividade elétrica e, portanto, a região onde se desenvolvem as correntes elétricas ionosféricas.

A região F engloba as regiões superiores da Ionosfera, inclusive o pico de densidade em torno de 300 km, com a região F1 em torno de 200 km e a região F2 acima [Kirchhoff, V. W. J. H.; 1991].

### 3.2.2 A Importância do Estudo da Ionosfera

Em suma, a importância do estudo da Ionosfera se justifica, principalmente, pelas seguintes razões:

- Para melhor se entender a climatologia espacial (conjunto de fenômenos que ocorrem no sistema Ionosfera/Termosfera/Magnetosfera e também a interação desse sistema com o meio interplanetário, durante a passagem de nuvens magnéticas de alta energia de origem solar), cuja variabilidade nas vizinhanças da Terra, afeta de forma direta ou indireta a vida do dia a dia.
- Para melhor se entender os seus fortes efeitos nas Telecomunicações inclusive nas telecomunicações via satélite nas faixas de frequência na ordem de GigaHertz.
- Para se estudar a física de plasmas e em particular os fenômenos das instabilidades de plasma (através dos estudos dos fenômenos de spread-F, bolhas ionosféricas, eletrojato, etc.), permitindo a verificação das teorias.
- Aplicações tecnológicas. Os satélites artificiais podem ser parcialmente ou totalmente danificados pelo bombardeio de elétrons relativísticos ou por campos elétricos de alta intensidade. Pode acontecer da danificação dos instrumentos de bordo dos satélites causada pela ação da intempérie do meio interplanetário ser confundida com defeito de natureza técnica.
- Para se estudar os processos quânticos que ocorrem em átomos e moléculas atmosféricas excitadas, permitindo a verificação das teorias.
- Para se estudar a espectroscopia óptica (emissões atmosféricas atômicas ou moleculares resultantes das diversas transições eletrônicas fotoemissivas), permitindo a verificação das teorias.
- Poluição nuclear: O risco de um batismo nuclear na região Sul-Atlântica. Um satélite movido a combustível nuclear que se desintegre na atmosfera terrestre poderá deixar um rastro de partículas radioativas, que poderão precipitar-se na região brasileira pois essa é a região do globo terrestre onde se precipitam as partículas energéticas do cinturão de radiação de Van Allen.
- Para fins bélicos: Blackout para as telecomunicações inimigas. O aquecimento artificial do plasma ionosférico feito por radares em solo ou "in loco" através de satélites, utilizando-se técnicas de aquecimento de plasma por meio de ondas de radiofrequência de alta potência poderá,

convenientemente, confinar as radiocomunicações à uma região geográfica previamente estabelecida sem que o inimigo tenha acesso a essa região.

- A Ionosfera é a camada atmosférica formada por elétrons e íons livres que tem a propriedade de conduzir correntes elétricas e energia térmica. Ou seja, ela é boa condutora de calor e de eletricidade. Ficou conhecida pelo fato de permitir as radiocomunicações a longas distâncias, nas primeiras décadas deste século. Ela é formada em sua maior parte pela ação da radiação ultravioleta solar que arranca os elétrons das órbitas dos átomos neutros da atmosfera, gerando assim o par fotoeletron/íon positivo. O fotoeletron perde energia e, em subsequente equilíbrio térmico compõe com o íon livre o plasma ionosférico. Durante a noite, elétrons e íons se recombinaem aos poucos tomando o plasma mais rarefeito. O seu íon mais abundante é o íon oxigênio atômico  $O^+$ . Sua localização inicia-se aproximadamente a uma altura de cerca de 60 Km durante o dia e 90 Km durante a noite e se estende por centenas de quilômetros de altura. Sua parte mais densa fica localizada em torno de 300 Km de altura e chama-se região F. Sua notoriedade deve-se à sua propriedade de interferir refletindo, refratando, absorvendo e espalhando as ondas de rádio.
- A Ionosfera na condição de um laboratório espacial: um dos objetivos dos experimentos ionosféricos, sejam eles em nível de solo, aéreo, suborbital ou orbital, de um modo geral, é utilizar a Ionosfera como um laboratório para o estudo da física de plasmas. Trata-se de um laboratório único pois aí não existem paredes que introduzam as complicadas condições de fronteira, nas paredes dos plasmas de laboratório. Colisões das partículas do plasma com as paredes do reservatório distorcem as medidas [Sobral, J. H. A; 1997].

### 3.3 Princípio da Instrumentação Aplicada ao Monitoramento Ionosférico

Um dos meios mais utilizados de se monitorar a Ionosfera é através da recepção de ondas de rádio. Estas ondas podem ser tanto naturais (produzidas por elementos tais como relâmpagos, planetas, estrelas, etc.) quanto artificiais (produzidas por um outro transmissor, estações transmissoras de rádio, etc.).

O uso destes recursos reduz os custos financeiros das pesquisas relacionadas à Alta Atmosfera visto os altos valores na construção de satélites ou foguetes.

Dentre os dispositivos utilizados nestes tipos de medidas destacam-se:

- Polarímetros;
- Ionossondas;
- Receptores de Ondas LF/VLF/ELF;
- Receptores de Ondas Médias; e

- Riômetros, etc.

### 3.3.1 Sistema Genérico

Basicamente, um dispositivo receptor utilizado para monitoramento ou medição de sinais deste tipo é constituído por:

1. Uma antena: Responsável pela captação ou transmissão.
2. Um receptor: Onde o sinal será devidamente condicionado.
3. Um registrador: Onde o sinal será registrado.



**Figura 1.3** - Bloco esquemático de um sistema rádio-receptor para fins de estudos aplicados à Aeronomia.

*No caso de uma Ionossonda, temos também um dispositivo transmissor junto ao receptor.*

Os três tópicos acima citados são, digamos, três estágios básicos para um sistema de monitoramento. Sendo que, estes estágios estão interligados por *linhas de transmissão de dados* que geralmente são do tipo par trançado ou cabo coaxial, sendo este último o mais utilizado. Além disso estas linhas de transmissão de dados podem ou não ser acompanhadas de uma linha de alimentação para outros estágios tais como amplificadores.

A partir daí pode-se então falar-se um pouco mais sobre cada um destes estágios principais, analisando-se mais a fundo as suas funções e as suas interrelações.

#### 3.3.1.1 A Antena

A antena tem como função principal transformar a onda eletromagnética em um sinal elétrico. Existem vários tipos de antenas e a escolha desta está intimamente ligada ao *tipo de sinal à ser captado* e a *região de cobertura do sinal à ser estudado*.

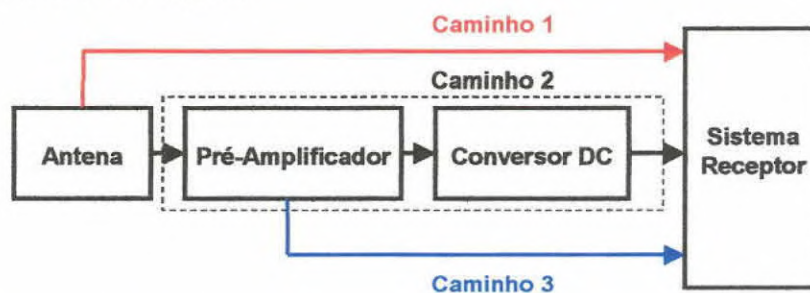
A grandeza de uma antena é proporcional ao comprimento de onda do sinal a ser captado e é possível se obter uma antena altamente diretiva ou uma antena que capte, da mesma forma, sinais vindos de qualquer direção.

Um exemplo disto são as antenas do sistema Riômetro do Laboratório SONDA de Cachoeira Paulista - SP que utilizam antenas Yagi a fim de obter



somente sinais vindos de uma certa direção. Já no OES utilizam-se apenas antenas do tipo dipolo, sem nenhum diretor, a fim de se captar todo e qualquer sinal vindo de qualquer direção do céu.

Como foi dito anteriormente, a interligação entre os estágios de captação, recepção e registro são feitos através de linhas de transmissão. Contudo, algumas vezes, estágios condicionadores de sinais estão dispostos entre estes três estágios principais para que o sinal chegue em melhores condições ao seu ponto final que seria o seu armazenamento. Muitas vezes, o sinal utiliza um caminho diferente do original que seria o caminho 1, representado na Figura 3.4 abaixo, passando por um sub-estágio amplificador que se situa entre o estágio de captação realizado pela antena e o estágio de recepção. Este amplificador é chamado de pré-amplificador e o sinal realiza o caminho 3 que seria: Antena → Amplificador → Receptor. Algumas vezes utiliza-se, logo após o estágio amplificador, um outro estágio composto por um conversor DC, que converte todo o sinal alternada em sua entrada em um sinal DC. Para sistemas como o Riômetro, este nível DC é obtido através da integração do sinal alternado. O sinal, para um sistema que possua um conversor DC, realiza o caminho 2 que seria: Antena → Pré-Amplificador → Conversor DC → Receptor.



**Figura 3.4** - Esquema representativo dos caminhos de um sinal a partir da antena até o receptor.

O conversor DC é útil para a identificação de ruído, sendo então mais fácil notar um sinal interferente em um sinal DC do que em um sinal alternado.

### 3.3.1.2 O Receptor

O receptor é responsável pelo condicionamento ou tratamento do sinal. Nele é montado o filtro que selecionará a frequência de interesse para o estudo em questão. O receptor poderá conter vários outros circuitos de condicionamento tais como retificadores, amplificadores, atenuadores, etc.

O filtro é um circuito que faz a seleção da faixa ou frequência de interesse. De acordo com isto o filtro poderá ser classificado como:

Passa Baixa: Aceitará toda a frequência abaixo da frequência de corte  $f_c$ .

Passa Alta: Aceitará toda a frequência acima da frequência de corte  $f_c$ .

Passa Banda: Aceitará toda a frequência que estiver contida na faixa de frequência de extremos inferior  $f_{c1}$  e superior  $f_{c2}$ .

Os retificadores têm a função de ceifar a onda alternada obtendo-se somente o lado positivo da mesma. Isto produz um sinal DC cujo valor corresponde ao valor médio da onda alternada.

Já os amplificadores e atenuadores, por sua vez, têm as funções de aumentar e diminuir, respectivamente, a amplitude de um sinal. Em sistemas de recepção de ondas naturais de baixa frequência, como os do OES, são necessários vários estágios amplificadores além do estágio pré-amplificador, visto a fraca intensidade deste tipo de sinal.

### 3.3.1.3 O Registrador

O registrador é qualquer instrumento que registre, grave ou armazene de qualquer forma as informações captadas pelo sistema para o qual está alocado.

Inicialmente utilizavam-se registradores analógicos que são basicamente plotters que registram em papel tipo "chart", os dados obtidos. Com o avanço da tecnologia, registradores mais modernos têm sido utilizados baseados na gravação digital de dados. Além disso dados antigos gravados com os registradores analógicos agora vêm sendo convertidos em dados digitais através da sua digitalização, a fim de se ter um controle e preservação maior dos mesmos.

Um sistema de registro digital de dados apresenta várias vantagens sobre os registradores analógicos, desde que a resolução aplicada seja a ideal:

- *Quanto à preservação dos dados:* Os dados digitais têm uma vida útil muito maior, visto que os dados analógicos são registrados em papel comum e estes sofrem muito à ação do tempo e são facilmente deteriorados.
- *Quanto a análise:* Um dado digital facilita a análise de fenômenos pelo pesquisador, já que este dado pode sofrer vários tipos de processos para sua redução e tratamento, tanto com softwares comerciais quanto softwares desenvolvidos pelo próprio pesquisador.
- *Quanto ao transporte:* Dados digitais são muito mais fáceis de se transportar, já que atualmente pode-se, em questão de minutos, enviar pacotes de dados à qualquer parte do planeta via Internet.

A troca de dados entre o estágio receptor e o estágio registrador do tipo digital, passa por uma conversão analógica A/D, ou seja, a conversão do sinal

analógico para um sinal digital. Isto é feito para que o dado possa ser interpretado pelo controlador de aquisição (PC) e o software de controle.

Em registradores analógicos a troca de dados entre o registrador e o receptor é direta, podendo às vezes existir um atenuador, que limitará a amplitude do sinal, protegendo o registrador de uma sobrecarga.

#### **3.3.1.4 Outros Dispositivos**

Além dos dispositivos discutidos anteriormente, a instrumentação utilizando radio-receptores pode utilizar outros dispositivos que auxiliam na aquisição de dados e monitoramento tais como temporizadores, geradores de padrões, etc.

### **3.4 A Instrumentação da Área de Monitoramento Ionosférico do LAE**

A instrumentação para monitoramento ionosférico do LAE foi adquirida a partir de um Convênio Internacional em Ciências Espaciais Básicas e Ciências Atmosféricas firmado entre o INPE/UFSM e vários institutos e universidades japonesas.

Este Convênio possibilita que várias pesquisas venham ser desenvolvidas no OES nas áreas de Geomagnetismo e Aeronomia.

Dentro da área de Aeronomia foram instalados equipamentos para o monitoramento ionosférico tais como:

- Receptor de Ondas ELF/VLF
- Receptor de Ondas VLF/LF
- Riômetro
- Riômetro Imgeador

Esta instrumentação possibilita que a Ionosfera local seja monitorada e desta forma detectados fenômenos ligados à variação da densidade ionosférica.

É necessário conhecer-se bem a finalidade de cada um destes instrumentos para que se possa identificar seus sinais característicos e a partir daí identificar a presença de sinais interferentes.

Em seguida é feita uma revisão, de cada um destes instrumentos para que se possa entender o que cada instrumento mede e qual sua finalidade.

### 3.4.1 Receptores de Ondas ELF/VLF e VLF/LF

As ondas eletromagnéticas em frequências muito baixas (VLF: Very Low Frequencies) são de grande importância para o estudo da magnetosfera terrestre. As ondas de VLF podem ser emitidas através de fontes artificiais (por transmissores), ou de modo natural (através de relâmpagos). Os relâmpagos geram ondas eletromagnéticas em uma larga faixa de frequências conhecidas como “atmospherics” ou “spherics”. A energia na banda de frequências muito baixas (3 à 30 kHz) propaga-se tanto no guia de ondas Terra - Ionosfera como através da Ionosfera. O sinal é guiado por regiões com maior densidade eletrônica que são alinhadas ao longo do campo geomagnético. Após efetuar uma propagação completa ao longo das linhas de campo, durante o qual ele se dispersa em frequência, pode penetrar na Ionosfera, propagando-se no guia de ondas Terra-Ionosfera de um hemisfério para outro. Quando a propagação no modo “whistler” ao longo do duto cruza o equador, ela pode interagir com elétrons energéticos espiralando na direção oposta causando uma precipitação de elétrons.

A precipitação de elétrons, que ocorre alguns segundos após os “whistlers”, à noite, foi pela primeira vez observada por M. L. Trimpi, operador da base americana de Siple. Estes eventos, denominados Trimpi, constituem-se em variações súbitas na fase e/ou amplitude de sinais de VLF como resultado de mudanças locais na condutividade do guia de ondas Terra-Ionosfera.

Então, o evento Trimpi consiste numa rápida (~1s) mudança de fase e amplitude do sinal de VLF proveniente de transmissores seguida por uma lenta recuperação (~40s) aos níveis normais conforme diminui a ionização [Piazza L. R.; 1995].

A partir deste fenômeno, os receptores de ondas ELF/VLF e VLF/LF se baseiam para detectar variações da densidade ionosférica. Ou seja, a partir do momento que existe uma variação brusca de amplitude do sinal captado pelos receptores pode-se presumir que ocorreu uma variação da densidade ionosférica causando uma variação na condutividade do guia de onda Terra-Ionosfera.

Os sistemas instalados no OES são apenas detectores de amplitude, diferentemente de receptores com os quais já se trabalhou na Estação Antártica Comandante Ferraz [Piazza L.R.; 1995], que captam o sinal de um transmissor artificial conhecido e o submetem à um circuito comparador de fase obtendo-se a variação de fase do sinal. As antenas dos sistemas receptores instalados no OES são mostradas nas Figuras 3.5 e 3.6 a seguir.



**Figura 3.5** - Antena 'square loop' do receptor de ondas ELF/VLF do OES/CRSPE-INPE.



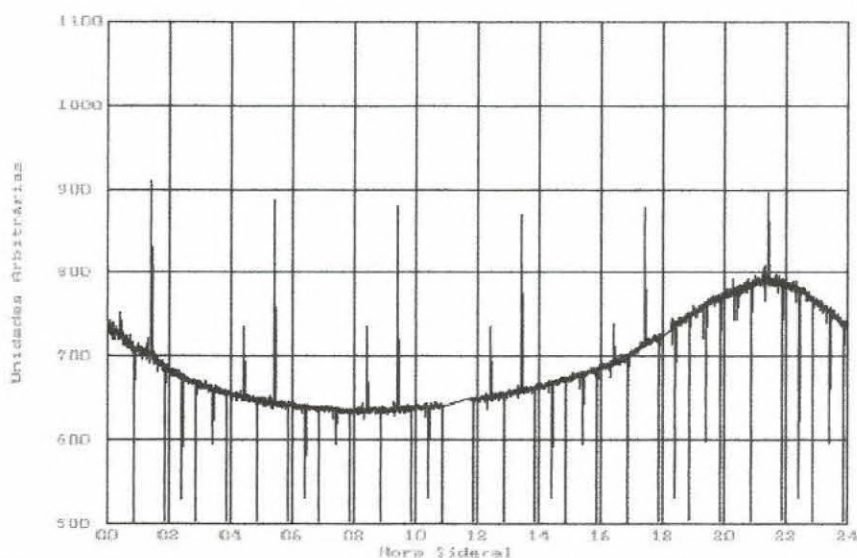
**Figura 3.6** - Antena 'triangle loop' do receptor de ondas VLF/LF do OES/CRSPE-INPE.

### 3.4.3 Riômetro

A palavra Riômetro vem do inglês RIOMETER que é uma abreviação de **RELATIVE IONOSPHERIC OPACITY METER** que, por sua vez, pode ser entendido como **Medidor de Opacidade Relativa Ionosférica**. Em algumas literaturas usa-se uma descrição mais completa da abreviação: **RIOMETER - RELATIVE**

**IONOSPHERIC OPACITY METER USING EXTRA-TERRESTRIAL ELETROMAGNETIC RADIATION.** Desta segunda descrição podemos ver que ele é um medidor que utiliza radiação eletromagnética de origem cósmica. Esta radiação consiste da emissão de corpos celestes tais com planetas, estrelas, o próprio Sol, entre outros. Aproveitando esta característica podemos nos valer da emissão eletromagnética no espectro de rádio dos corpos celestes e do Universo como um todo. Podemos dizer que a Terra é bombardeada constantemente por radiação eletromagnética de origem cósmica denominada ruído cósmico.

O *Riômetro* nada mais é do que um rádio receptor para ruído cósmico com uma frequência em torno de 30 à 40 MHz. Esta banda é utilizada pois nestas frequências as ondas não são tão suscetíveis à pequenas mudanças na densidade ionosférica. O ruído cósmico precisa passar pela Ionosfera para chegar até a superfície terrestre podendo, dependendo das condições de densidade ionosférica, ser refratado, refletido ou absorvido pela mesma. Monitorando-se a intensidade de ruído que chega até a superfície com um Riômetro pode-se avaliar as condições de densidade ionosférica e relacionar seus efeitos com outros parâmetros físicos como variações na intensidade do campo magnético terrestre e explosões solares.



**Figura 3.7 - Aspecto da curva de intensidade de ruído cósmico captado por Riômetro.**

## **4** DESCRIÇÃO DE PROJETOS

---

A descrição prática deste relatório procura detalhar, em forma de pequenos artigos descritivos, as pesquisas realizadas pelo bolsista. Estas pesquisas são divididas de acordo com os sub-projetos nos quais o bolsista empenhou-se e que já foram citados no início deste relatório.

### **4.1 Sub-Projeto: Colaboração do Laboratório de Aeronomia - LAE, LACESM/CT/UFSM - OES/CRSPE/INPE na Redução e Análise de Dados de Pesquisas da Alta Atmosfera na Antártica**

Desde 1984, várias atividades de pesquisa vêm sendo desenvolvidas por diversos institutos e universidades brasileiras na Estação Antártica Brasileira Comandante Ferraz - EACF. O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE vem, ao longo dos anos, contribuindo com diversos projetos para as pesquisas na Antártica. Um destes projetos, diz respeito ao estudo da Ionosfera (camada da Atmosfera caracterizada por uma grande densidade de íons) na região sub-polar sob o título de "Investigação Ionosférica na Antártica". Este projeto coletou dados sobre a Ionosfera antártica durante o período de 1988 à 1998 através de três sistemas rádio-receptores (Riômetro). Para monitorar variações na densidade ionosférica, esta instrumentação utiliza a recepção de ondas de rádio de origem cósmica (ruído cósmico) que conseguem ultrapassar a Ionosfera, ondas essas emitidas por todos os corpos celestes. Atualmente esses dados estão em fase de redução e análise, sob responsabilidade da Divisão de Aeronomia - DAE do INPE, em São José dos Campos - SP. Este trabalho apresenta a participação do Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria - LACESM/CT/UFSM que, através de seu Convênio com o INPE, vem colaborando com o DAE no desenvolvimento de programas computacionais para redução e análise desses dados ionosféricos, que irão permitir a sua interpretação pelos pesquisadores do DAE e também do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRSPE, sub-unidade do INPE no Sul do País e em fase de implantação no Campus da UFSM. O desenvolvimento de softwares para tratamento e análise desse tipo de dados é importante para a UFSM, uma vez que já existem pesquisas na área sendo realizadas pelo Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE, através do Laboratório de Aeronomia - LAE, em parceria com a UFSM.

#### **4.1.1 Introdução**

A Ionosfera é uma região da Atmosfera caracterizada por uma alta densidade de íons originados principalmente pela ação ionizante da radiação

ultra-violeta sobre as partículas neutras. Esta camada pode estender-se desde 60 km até 1000 km de altitude, dependendo da latitude, hora do dia e estação do ano [Kirchhoff, V. W. J. H.; 1991]. A Ionosfera tem grande importância, principalmente para Telecomunicações, já que é capaz de alterar ondas eletromagnéticas que tentem a ultrapassar, através de diversos fenômenos tais como: reflexão, refração e absorção. Para o estudo da Ionosfera são utilizados diversos tipos de instrumentos, geralmente baseados em fenômenos de propagação de ondas de rádio tais como transmissores e receptores de ondas de baixa frequência, Ionossondas e Riômetros [Piazza, 1995; Stauning, 1996]. Estes instrumentos utilizam diferentes técnicas para realizar o monitoramento ionosférico podendo-se a partir deles observar-se perfis verticais de densidade eletrônica, como é o caso da Ionossonda, ou variações na densidade da camada mais baixa da Ionosfera (camada D).

O Riômetro do inglês RIOMeter (Relative Ionospheric Opacity Meter), é um rádio receptor sensível, que capta o ruído aleatório de origem cósmica (emitido por planetas, estrelas, Sol, etc.) para avaliar as variações de densidade eletrônica da Ionosfera [Stauning, P.; 1996]. Estes dispositivos são operados de forma sistemática e contínua a fim de se obter curvas diárias da intensidade de sinal de ruído cósmico que chega à superfície do Planeta. A partir disto são calculadas curvas diárias da variação da intensidade do ruído cósmico ideais denominados "Curvas do Dia Quietos" que são preparadas a partir de dias onde a Ionosfera é considerada estável (sem variações bruscas na sua densidade estimadas por índices geomagnéticos). A partir da razão logarítmica da curva pesquisada e da Curva do Dia Quietos, podemos avaliar o nível de absorção ionosférica e conseqüentemente a sua variação qualitativa de densidade. A equação matemática que descreve este cálculo é indicada na Expressão 1 [Garrett, C.M.B.; 1999].

$$\text{Abs} = 10 \cdot \log \left( \frac{I_0}{I} \right)$$

**Expressão 1**

Onde:

$I_0$  - Intensidade em miliAmperes (mA) correspondente ao Dia Quietos

$I$  - Intensidade em mA correspondente à curva em análise

Abs - Absorção em decibéis (dB) do ruído cósmico

A Divisão de Aeronomia - DAE do INPE manteve, durante o período de dez anos (1988 - 1998), três Riômetros na Estação Antártica Comandante Ferraz (68° S, 58° W) a fim de se fazer um monitoramento sistemático da baixa ionosfera desta região que é, em particular interessante, devido as suas características de campo geomagnético. A Ionosfera das latitudes aurorais e geomagneticamente altas, difere das latitudes médias e tropicais, devido à sua conexão, quase que direta, com a Magnetosfera através das linhas do campo



geomagnético. Este fato permite que partículas de alta energia, as quais se movimentam helicoidalmente ao longo das linhas de campo geomagnético, se precipitem na atmosfera local produzindo uma ionização adicional nas várias camadas da ionosfera. Este tipo de acoplamento do sistema Ionosfera-Magnetosfera, junto com outros fenômenos representados por correntes elétricas, campos elétricos e ondas eletrodinâmicas, depende principalmente da atividade solar. Por outro lado, a ionosfera das latitudes médias e tropicais são dominadas em seu comportamento principalmente pela radiação eletromagnética solar e por sua interação com a atmosfera neutra e, portanto, também pelos processos atmosféricos, freqüentemente de origem meteorológica. Nessas latitudes ocorrem diversos processos de instabilidade de plasma que dão origem à irregularidade ionosféricas, as quais afetam a propagação das ondas eletromagnéticas e conseqüentemente, as radiocomunicações. Os processos ionosféricos das regiões aurorais e polares também podem influenciar fortemente as regiões de latitudes mais baixas através de um acoplamento eletrodinâmico global. Isto ocorre, em geral, durante épocas geomagneticamente perturbadas, quando perturbações termosféricas, em forma de ondas de gravidade, se propagam em direção ao equador ("Travelling Ionospheric Disturbances") a partir de sua geração nas regiões aurorais [Garnett, C.M.B.; 1999].

Com isto, este trabalho pretende apresentar os primeiros resultados da participação do LACESM, que através de seu Convênio com o INPE [Schuch, N. J. et al; 1997] vem colaborando com o DAE no desenvolvimento de programas computacionais para redução e análise destes dados ionosféricos que irão permitir a sua interpretação pelos pesquisadores do DAE e também do CRSPE, sub-unidade do INPE no Sul do Brasil e em fase de implantação no Campus da UFSM.

#### **4.1.2 Riômetros do INPE na Antártica**

##### **A Instrumentação**

Os três Riômetros do INPE operavam na freqüência de 30 MHz e tinham suas antenas, do tipo Yagi-Uda, apontadas para três direções diferentes. Uma antena estava direcionada ao Sul magnético (76.34°S, 154.74°E), outra ao Oeste magnético (38.05°S, 111.5°W) e a terceira estava apontava para o zênite, de forma a obter uma melhor cobertura da ionosfera local. O sistema iniciou seus registros, de forma analógica, em 1988 através de um registrador potênciometrico de três canais, o que dificultava a análise dos sinais. Somente a partir de 1992 os dados começaram a ser registrados de forma digital em arquivos-texto à cada intervalo de três segundos. Os dados iniciais do período de 1988 à 1992, registrados em papel tipo "chart", foram

recentemente digitalizados o que permitiu também a organização destes dados em arquivos- texto.

### Os Dados

Durante o decorrer dos anos, os arquivos de dados adotaram diversas estruturas, sendo que, atualmente, procurou-se padronizar os mesmos, que estão disponíveis em arquivos diários, cuja nomenclatura segue o seguinte padrão:

Daammdd.dat

Onde:

D - significa diário;  
aa - refere-se ao ano;  
mm - refere-se o mês; e  
dd - refere-se ao dia.

A distribuição dos dados no arquivo é feita em forma de colunas, sendo que a primeira é reservada a variação temporal (Hora Universal - UT e unidade corrida de segundos) e a segunda, terceira e quarta colunas referem-se aos dados das antenas vertical, sul e oeste respectivamente.

11	755	753	871
14	755	755	871
17	754	755	870
20	751	757	870
23	751	757	871
26	753	759	872
29	752	760	872

**Tabela 4.1** - Exemplo mostrando algumas linhas gravadas em um arquivo de dados de Riômetro da EACF.

Um exemplo de um arquivo de dados é mostrado na Tabela 4.1. Estes dados foram disponibilizados ao LACESM/CRSPE por meio de um CD-ROM, onde cada arquivo de dados é acompanhado por um arquivo mensagem (Nomenclatura Daammdd.msg), onde foram feitas observações sobre os dados obtidos naquele dia. Além disso, também foram anexados diretórios com dados diários do índice geomagnético Kp.

### 4.1.3 Programas Computacionais Desenvolvidos

A colaboração do LACESM para com o INPE, no que se trata à estudos da Antártica, se dá através do desenvolvimento de programas computacionais para redução e análise de dados de Riômetros. Neste trabalho é então realizada uma descrição dos dois programas computacionais desenvolvidos até o momento. Estes programas apresentam funções distintas, sendo que o primeiro relaciona-se ao cálculo da coluna temporal sideral dos arquivos de dados e o segundo está direcionado ao tratamento gráfico das curvas de dados. A linguagem de programação adotada para o desenvolvimento dos programas é a Linguagem C, por ser uma linguagem de alto nível, apresentar arquivos executáveis de pequeno tamanho e não exigir uma alta velocidade de processamento do PC. Com isto os programas tornaram-se compactos e de fácil utilização.

#### 4.1.3.1 Programa para Transformação Temporal

A periodicidade dos dados de Riômetros está diretamente associado ao dia sideral, o qual tem como referência a configuração estelar, independente da posição da Terra em relação ao Sol. Portanto, o dia sideral tem como referência um ponto remoto na esfera celeste. O dia sideral tem aproximadamente 4 minutos a menos que um dia solar [Garnett, C.M.B.; 1999]. Assim, para objetos de análise, torna-se necessário transformar a hora universal (UT) em hora sideral (ST), esta última com suas divisões de horas, minutos e segundos. Para isto, desenvolveu-se um programa computacional que, a partir da leitura da coluna temporal no arquivo de dados brutos (Daammdd.dat), realiza o cálculo da Hora Sideral gravando o resultado em um novo arquivo.

A função do software é a de abrir o arquivo de dados para leitura e gerar um novo arquivo idêntico ao primeiro acrescentando uma nova coluna temporal em hora sideral. Os principais procedimentos realizados por este programa são os seguintes: A partir da entrada do dia, mês e ano do arquivo pelo usuário realiza a procura do arquivo correspondente no diretório de dados, também configurado pelo usuário no programa. Após encontrar o arquivo, o software abre esse arquivo para leitura, bem como um novo arquivo para escrita, onde serão gravados os dados, com a nova coluna temporal ST. Este novo arquivo segue o seguinte padrão de nomenclatura:

Saammdd.dat

Onde:

S - significa sideral;

aa - é o ano, retirado do nome do arquivo de entrada;

mm - é o mês, retirado do nome do arquivo de entrada; e  
dd - é o dia, também retirado do nome do entrada.

A partir da leitura de cada linha do arquivo de dados original (com a coluna de tempo em UT) o software realiza uma operação matemática que se baseia nos seguintes passos:

- I. Identificação da constante dependente do ano (constante B);
- II. Identificação dos anos bissextos;
- III. Cálculo do dia juliano; e
- IV. Conversão do tempo, em unidade corrida de segundos para unidade corrida de horas.

A partir disto, estes valores são aplicados na seguinte fórmula matemática de conversão temporal [Garnett, C.M.B.; 1995, 1999]:

$$GSTo = C \times UT + A \times d - B$$

Onde:

GSTo - é o tempo em hora sideral;

C - é uma constante equivalente à 1,002743;

UT - é hora universal (em unidade corrida de horas) à ser convertida;

A - é uma constante equivalente à 0,0065709;

d - é o dia juliano do arquivo de dados; e

B - é uma constante que depende do ano cujos valores são listados na Tabela 4.2.

<b>ANO</b>	<b>VALORES DA CONSTANTE B</b>
1988	17.407368
1989	17.357573
1990	17.373487
1991	17.389402
1992	17.405316
1993	17.355521
1994	17.371435
1995	17.387349
1996	17.403264
1997	17.353468
1998	17.369383
1999	17.385297

**Tabela 4.2** - Valores da constante B para diversos anos.

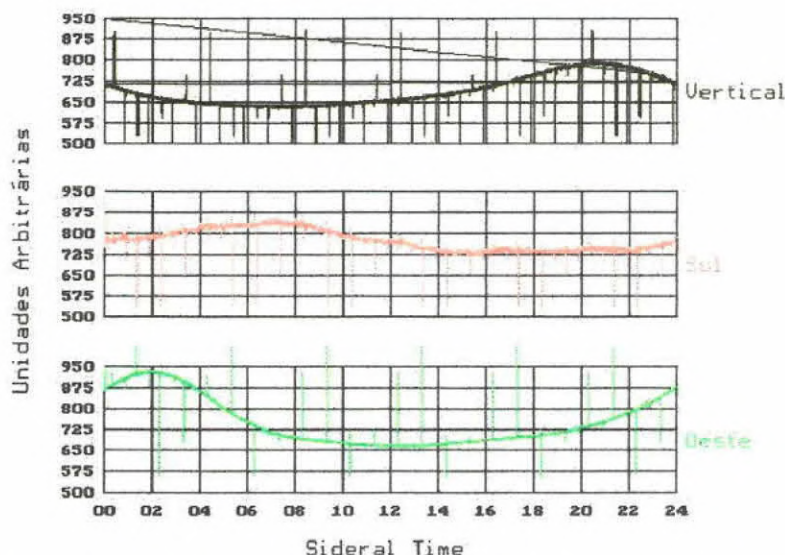
Após esta conversão temporal e alguns ajustes matemáticos os dados são gravados no novo arquivo com a nova coluna temporal transformada. Além da conversão temporal, o programa possibilita a visualização do arquivo

mensagem que acompanha cada arquivo de dados, bem como a configuração do caminho dos diretórios de entrada e saída dos dados.

#### 4.1.3.2 Programa para Tratamento Gráfico das Curvas de Dados de Riômetro

O segundo programa computacional desenvolvido tem os seguintes objetivos:

- I. Plotar as curvas diárias de dados dos Riômetros de forma que o usuário/pesquisador possa realizar uma redução e posterior análise dos dados.
- II. Possibilitar ao usuário identificar os pontos de calibração referentes à 0, 1, 2 e 3 miliAmpéres inseridos nas curvas de dados de forma a poder-se converter os valores das colunas de dados, que estão em unidades arbitrárias oriundas da placa de conversão analógica para digital (placa A/D).
- III. Realizar um suavizamento matemático das curvas.

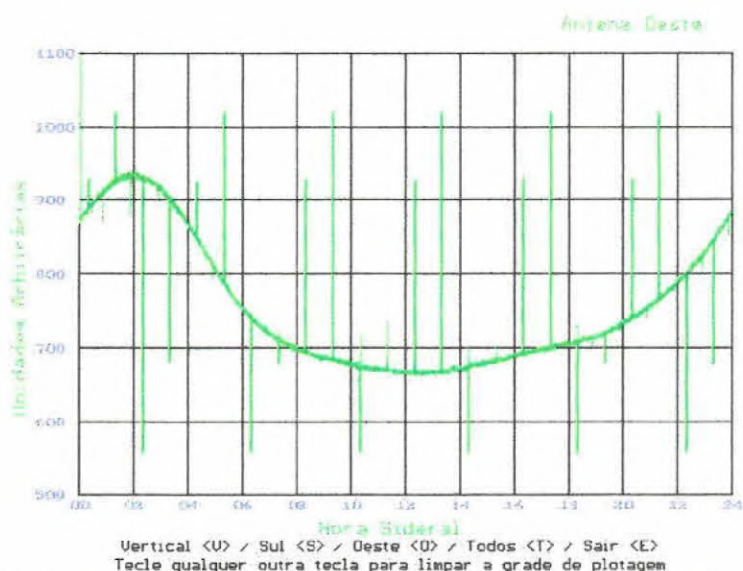


**Figura 4.1.1** - Tela de plotagem simultânea das curvas de dados referentes aos três Riômetros.

Os arquivos de entrada deste programa são exatamente os arquivos de saída do programa de correção temporal descrito anteriormente. Como trata-se de um programa dedicado à plotagem e análise de curvas de dados utilizou-se o ambiente gráfico da Linguagem C para a interface enquanto que o primeiro programa foi todo desenvolvido utilizando o modo texto [Shildt, H.; 1996].

Para a plotagem das curvas optou-se por possibilitar ao usuário dois métodos de visualização das curvas de dados. O primeiro método permite ao

usuário visualizar as curvas referentes às 3 antenas (Vertical, Sul e Oeste) simultaneamente como mostra a Figura 4.1.1. A segunda opção possibilita ao usuário visualizar as curvas de dados individualmente em tela cheia, ou todas simultaneamente na mesma grade de plotagem como mostrado na Figura 4.1.2. Como pode-se notar a partir do eixo vertical (Y) das curvas mostradas nas Figuras 4.1.1 e 4.1.2, os dados variam numa escala de valores arbitrários desde 500 até 950 oriundos da placa A/D, que compõe o sistema de aquisição de dados dos Riômetros. Além disso pode-se notar também picos de sinal ao longo de toda a curva de dados. Estes picos são pontos de referência para que os valores digitais possam ser convertidos em unidades de corrente elétrica (miliAmpères).

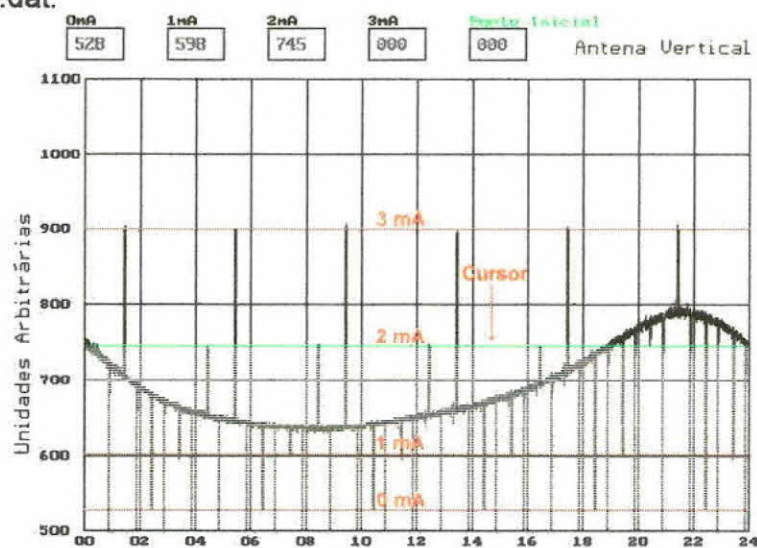


**Figura 4.1.2** - Tela de plotagem individual em tela cheia das curvas de dados.

A partir deste programa, o usuário identifica os pontos referentes à 0, 1, 2 e 3 mA através de um cursor na tela indicado na Figura 4.1.3. Localizados os pontos de calibração, o programa realiza automaticamente a conversão das unidades através de interpolação. Além disso, o programa realiza a retirada dos pontos de calibração que, após a conversão, tornam-se obsoletos. A retirada destes pontos é feita através da entrada pelo usuário de um delta matemático ( $\Delta$ ) através do qual o programa testa se a diferença entre dois pontos consecutivos é maior ou não do que o valor de  $\Delta$  pré-estipulado. Caso a diferença seja maior, então substitui-se o valor do ponto analisado pelo valor do ponto anterior. Além da retirada dos pontos de calibração, esta rotina realiza um primeiro suavizamento da curva de dados como mostram as Figuras 4.1.3 e 4.1.4.

O usuário pode optar para que o resultado da calibração das curvas seja gravado em arquivos individuais para cada antena, isto quer dizer, que

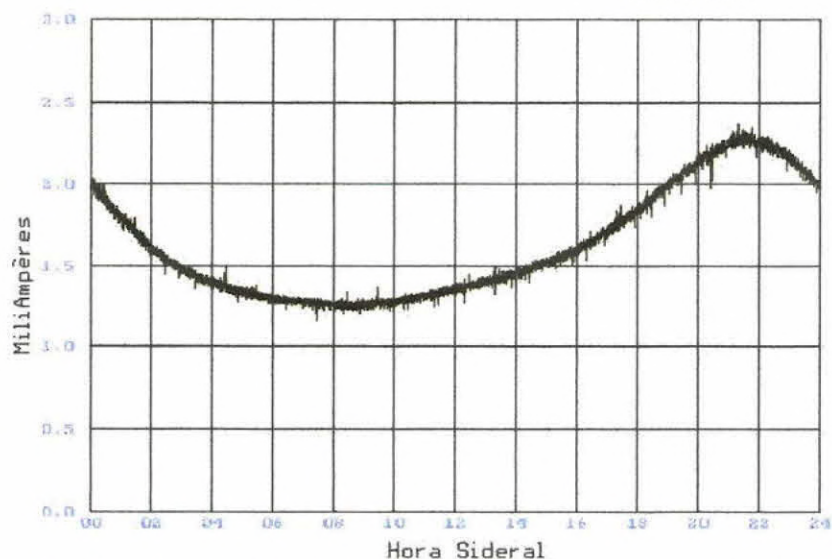
seja criado um arquivo para os dados da antena vertical, outro para a antena direcionada para o sul e outro para a antena direcionada para o oeste. A nomenclatura destes arquivos segue os padrões Cvaammdd.dat, Csaammdd.dat e Coaammdd.dat para os dados das antenas vertical, sul e oeste, respectivamente. A segunda opção disponível seria a gravação dos dados em um arquivo único que conteria o resultado da calibração das três antenas. A nomenclatura deste arquivo único tem a seguinte padronização: Caammdd.dat.



Utilize as teclas <E> e <D> para movimentar o cursor

**Figura 4.1.3 - Identificação dos pontos de calibração através de cursor.**

Calibrado



**Figura 4.1.4 - Curva calibrada (valores em mA) e sem os pontos de calibração.**

#### 4.1.4 Conclusões

Os programas computacionais descritos neste relatório estão sendo utilizados na redução e pré-análise dos dados dos Riômetros do INPE que estavam instalados e operando na Estação Comandante Ferraz na Antártica, contribuindo inclusive na dissertação de Mestrado de C. G. M. Brum, baseada em um estudo da curva do dia quieto para os Riômetros do INPE na Antártica. Faz-se necessário implementar rotinas de suavização matemática bem como rotinas de cálculo e plotagem das curvas de absorção. Estas rotinas estão sendo realizadas por programas matemáticos comerciais e não-dedicados e que têm se mostrado, em certos casos, lentos se comparados com programas especialmente desenvolvidos para desempenhar tais funções. O programa para conversão temporal pode ser utilizado, com algumas alterações, em outros tipos de dados que necessitem da hora sideral. Também com algumas alterações, estes programas poderão ser utilizados pelos pesquisadores do CRSPE e LACESM visto que, são realizadas pesquisas utilizando Riômetros no Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE - MCT. Atualmente estuda-se a utilização de linguagens de programação orientadas à objeto de forma a desenvolver-se uma melhor interface para o programa.



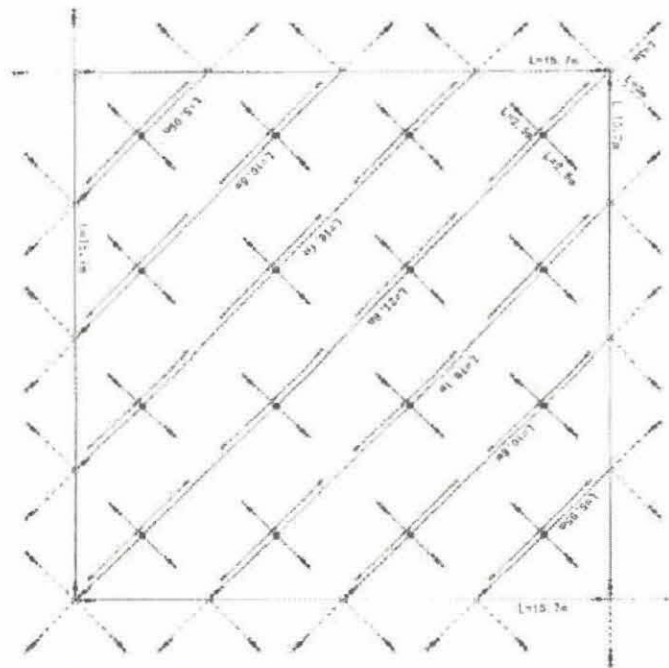
## **4.2 Sub-Projeto: Instalação, Operação e Pré-Análise de Dados do Riômetro Imageador do OES**

### **4.2.1 Introdução**

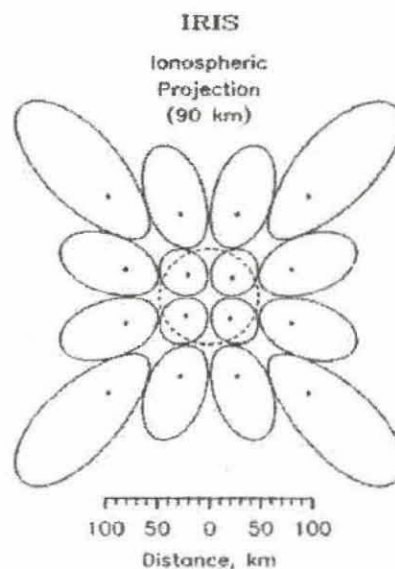
Um dos instrumentos com o qual o bolsista teve oportunidade de trabalhar foi com o Riômetro Imageador, recentemente adquirido através de Convênio Científico Internacional Brasil-Japão em Ciências Espaciais e Atmosféricas. Por isto, o bolsista realiza uma descrição resumida das principais características deste equipamento, demonstrada logo a seguir.

### **4.2.2 Antena**

O riômetro imageador instalado no OES/CRSPE/INPE - MCT consiste de uma rede bidimensional (4X4) de 16 antenas, do tipo dipolo simples de meia onda, para 38.2 MHz. Cada elemento é um dipolo linearmente polarizado e locado à uma distância, sobre a superfície, correspondente à um quarto de onda. A separação horizontal dos elementos é de 0.5 comprimento de onda ao longo de cada um dos dois eixos perpendiculares sendo um dos eixos alinhado ao norte-sul geomagnético. Cada dipolo está conectado à um estube para o casamento de impedância em  $50\Omega$ . Os sinais captados pelas 16 antenas são enviados à um combinador de fase (Matriz de Butler) através de cabos coaxiais de mesmo comprimento. A Figura 4.2.1, mostra a disposição dos 16 elementos da rede de antenas. Os feixes de recepção resultantes da rede de antenas são mostrados na Figura 4.2.2, como projeções horizontais dos contornos de -3dB dos principais feixes à uma altura de 90 km. A partir dessa figura pode-se observar que uma área de aproximadamente 200km X 200km pode ser monitorada pelo riômetro imageador.



**Figura 4.2.1** - Representação da disposição dos 16 elementos dipolos da antena do riômetro imageador instalado e em operação no Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE – MCT, em São Martinho da Serra – RS.



**Figura 4.2.2** - Projeção estimada dos contornos de -3dB dos principais feixes de recepção do riômetro imageador, instalado e em operação no Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE – MCT, em São Martinho da Serra – RS, à uma altitude de 90 km.

#### **4.2.3 O Sistema Defasador**

A rede de antenas é utilizada para formar 16 feixes de recepção em desejadas direções e que exige um processo de defasamento de sinais. O sinal de cada antena enviado à um sistema de defasamento de sinal (Matriz de Butler), onde estes sinais sofrem desvios de fase proporcionais à sua posição na rede de antenas e combinados de forma a obter-se quatro canais de saída para serem enviados ao receptor.

#### **4.2.4 Receptor**

O receptor que realiza o condicionamento dos 4 sinais gerados pela Matriz de Butler, consiste, na verdade, de quatro receptores idênticos com as mesmas características de um receptor de riômetro convencional

Durante a operação do riômetro imageador é possível utilizar-se três modos de operação chamados de "modo de observação", "modo de calibração" e "AGC - Auto Gain Control". A operação para adquirir os dados de intensidade de ruído cósmico é definido como modo de observação, enquanto que no modo de calibração sinais do gerador de ruído são utilizados. As saídas dos sinais de ruído são amostradas e arquivadas com os dados de observação e são utilizados para examinar os ganhos do receptor em análises posteriores. O modo AGC providencia um ajuste de ganho do receptor para reduzir o desvio de ganho pela comparação dos níveis de sinal detectado com um nível estável de referência gerado internamente. Durante a operação no modo de operação, este modo é mudado para os modos de calibração e ACG em um intervalo determinado pelo computador de controle.

O receptor bem como o sistema de faseamento estão alocados ao centro da rede antenas.

#### **4.2.5 Sistema de Aquisição de Dados**

O sistema de controle e aquisição de dados é feita por um computador dedicado (PC 98Note) situado no Laboratório de Aeronomia no prédio principal do OES à uma distância de aproximadamente 200 metros do receptor.

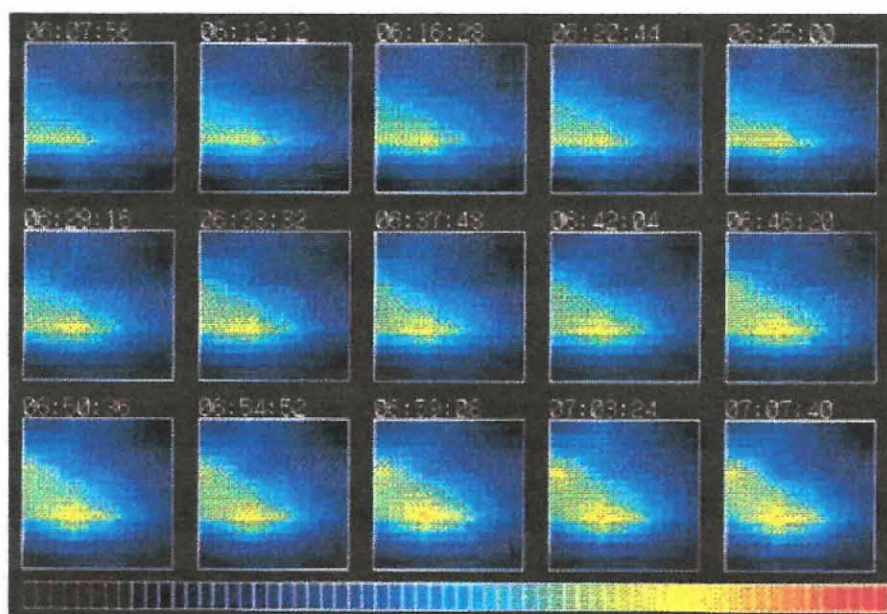
O PC de controle no prédio envia sinais digitais ao sistema de faseamento para escolha dos feixes das antenas e para sistema receptor mudar os modos de operação. Neste mesmo tempo, os valores de tensão das 4 saídas do receptor são amostrados e convertidos em sinais digitais por uma paca de conversão analógica para digital de 12 bits.

O gerenciamento da amostragem, controle e plotagem dos dados é feita pelo software Rio44A -V.2.0 onde atualmente está setado o intervalo de

amostragem da placa de aquisição para 1 segundo e o intervalo de varredura de imagem para 4 segundos. O software possibilita a plotagem em tempo real das variações temporais da intensidade de ruído cósmico na forma de imagens bidimensionais ou na forma de curvas distintas de intensidade de ruído cósmico captado por cada antena.

#### 4.2.6 Conclusões

Todo o sistema receptor bem como de aquisição de dados está operando de forma contínua. Os dados, que inicialmente estavam sendo gravados em discos magneto-óticos, agora estão sendo gravados em discos rígidos removíveis. Esta foi uma medida tomada devido a problemas frequentes na gravação dos discos óticos. A Figura 4.2.3 mostra um exemplo dos dados de intensidade de ruído cósmico obtidos com o riômetro imageador.



**Figura 4.2.3** - Exemplo de dados de intensidade de ruído de rádio cósmico obtidos com o Riômetro Imageador, instalado e em operação no Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE – MCT, em São Martinho da Serra – RS.

### 4.3 Sub-Projeto: Instalação, Operação e Pré-Análise dos Dados de um Medidor UV-B (UV-B Radiometer MS-210W)

#### 4.3.1 Introdução

Mais recentemente, o OES/CRSPE/INPE - MCT obteve, também através de Cooperação Internacional Brasil-Japão, um medidor de radiação Ultra-Violeta com faixa de operação centrada na banda B. Este instrumento vem se juntar aos demais já instalados no OES na tentativa de se investigar os efeitos da Anomalia Magnética do Atlântico Sul sob a Média e Alta Atmosfera.

A camada de Ozônio tem um papel importante na proteção da vida animal e plantas agindo de forma a absorver a radiação ultra-violeta presente na luz solar.

A radiação ultra-violeta é, normalmente, dividida dentro de três faixas: UV-A (315 a 400 nm), UV-B (280 a 315 nm) e UV-C (acima de 280 nm). Dentre estas faixas, o UV-A não é absorvido pela camada de Ozônio e, desta forma, é constante independente de variações da quantidade de Ozônio. O UV-C, ao contrário, é fortemente absorvido pela camada de Ozônio e, com isto, não chega à superfície terrestre. Já o UV-B, que depende do conteúdo de Ozônio, tem uma grande influência em materiais e na vida humana.

#### 4.3.2 O UV-B Radiometer

O medidor de UV-B (UV-B radiometer modelo MS-210W) tem uma resposta espectral que é ideal para medidas da quantidade total de radiação do tipo UV-B.

Sabe-se que a radiação UV-B pode causar danos em genes bem como câncer de pele. Com isto, existe o UV-B radiometer modelo MS-210D, o qual é especialmente desenvolvido para obter-se uma resposta espectral adequada ao espectro de ação biológica de interesse.

#### 4.3.3 Princípio de Medição

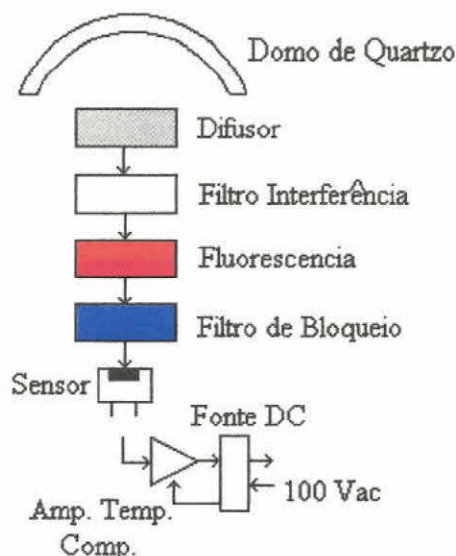
A quantidade de radiação UV-B que chega à superfície é algo em torno de 0,15% da radiação global total. O ponto importante do medidor de UV-B é remover a radiação solar de outros comprimentos de onda de forma que somente o UV-B seja detectado.

No sistema óptico, a radiação solar incidente em um *domo de quartzo* é então difuso por um Teflon *difusador*, e somente a radiação UV-B é transmitida após passar por um *filtro de interferência*. Após a radiação ser transmitida através do filtro de interferência, ela é então convertida em fluorescência de largo comprimento de onda ao se chocar com uma *lente fluorescente*. A

radiação de maior e menor comprimentos de onda são removidas pelo *filtro de bloqueio* e a radiação fluorescente restante é transmitida ao *sensor*.

A radiação fluorescente é então convertida em corrente, amplificada por um pré-amplificador e o sinal de saída é um nível de tensão DC de 0 à 10 mV (ou 0 à 1V). Um circuito compensador de temperatura está embutido junto ao circuito de medida.

Os vários estágios que compõe o sistema de medição podem ser vistos no diagrama mostrado na Figura 4.3.1 abaixo.

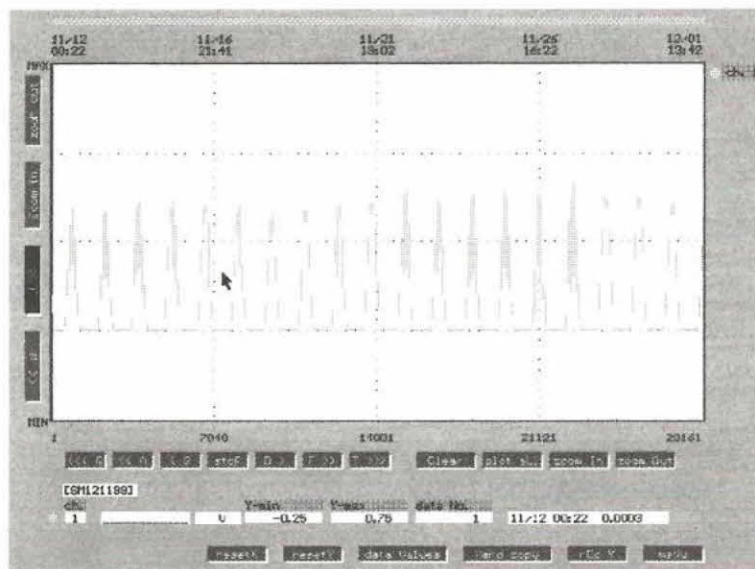


**Figura 4.3.1** - Diagrama mostrando os vários estágios que compõe o Medidor UV-B, instalado e em operação no Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE – MCT, em São Martinho da Serra – RS.

#### 4.3.4 O Software de Controle e Aquisição de Dados do Medidor UV-B: DataMark Assist

A saída (em nível DC) do medidor UV-B é conectada à um Data Logger (Datamark LS-2000) com capacidade para aproximadamente 23 dias de dados (para gravação de dados a cada um minuto). Por sua vez, este Data Logger é conectado a um microcomputador via porta serial padrão RS-232.

O controle do Data Logger é realizado por meio de um software (Datamark Assist). Através deste software pode-se setar alguns parâmetros tais como: intervalo de amostragem e unidades das medições (Volts ou unidades arbitrárias) e realizar transferência dos dados do Data Logger para o PC.



**Figura 4.3.2** - O software DataMark Assist possibilita ao usuário visualizar os dados através de gráficos como o mostrado acima obtido do computador de controle do Sistema UV-B, instalado e em operação no Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE – MCT, em São Martinho da Serra – RS.

O software também possibilita a visualização dos dados através de gráficos como é possível observar pela Figura 4.3.2 ou diretamente através da tabela de valores.

#### 4.3.5 Os Arquivos de Dados

Ao serem gravados em disco, os dados são salvos com em arquivos de extensão .dt2 com uma configuração própria do software Assist. Contudo este software possibilita a conversão dos arquivos .dt2 em arquivos textos de quatro colunas (linha de dados, dia, hora e dados).

O nome dos arquivos .dt2 é escolhido pelo usuário e atualmente optou-se pela seguinte padronização:

UVddmmaa.dt2

Onde

UV - refere-se à Ultravioleta

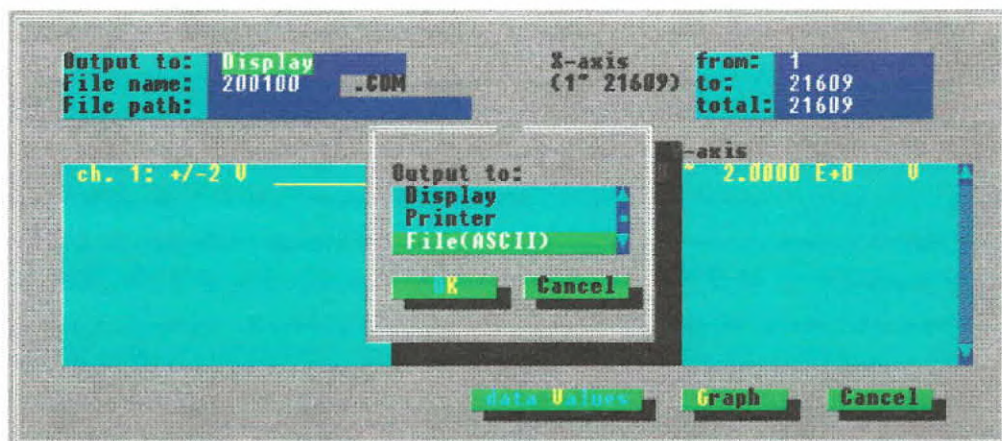
dd - refere-se ao ultimo dia de aquisição de dados.

mm - refere-se ao mês do ultimo dia de aquisição de dados

aa - refere-se ao ano do ultimo dia de aquisição de dados

Por exemplo, caso seja realizada a aquisição dos dados do Data Logger no dia 20 de janeiro de 2000, o nome do arquivo será UV200100.dt2.

Para a conversão dos dados .dt2 em arquivos do tipo ASCII deve-se escolher o arquivo .dt2 através do menu *Data* e logo após, ainda no menu *Data*, acessar a opção *Settings* e logo após configurar a opção *Output to* para *File (ASCII)* como mostra a Figura 4.3.3.



**Figura 4.3.3** - Conversão de arquivos .dt2 do DataMark Assist em arquivos ASCII de extensão .cdm obtido do computador de controle do Sistema UV-B, instalado e em operação no Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE – MCT, em São Martinho da Serra – RS.

Os arquivos ASCII com extensão .cdm apresentam os dados disponíveis em uma forma similar à mostrada pela Tabela 4.3.1.

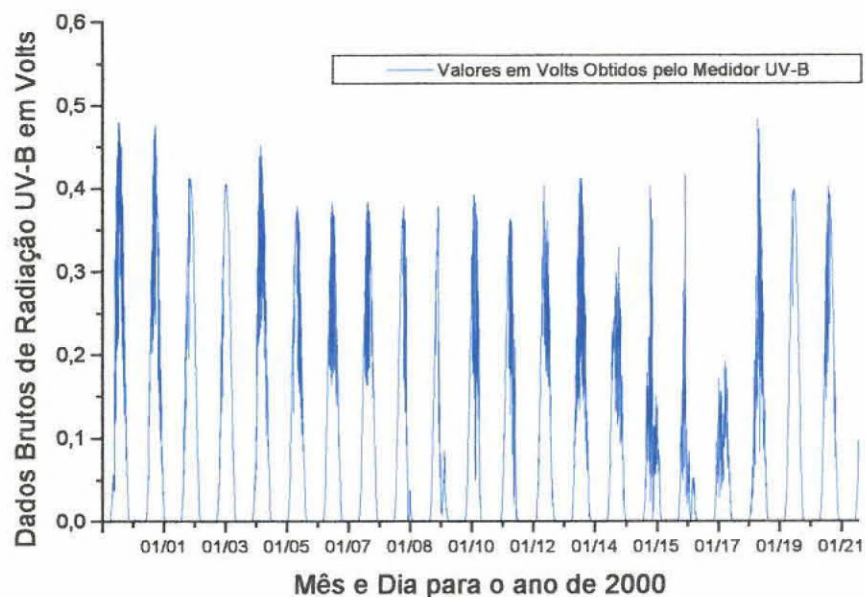
#### 4.3.6 Os Dados

Os dados gravados tanto nos arquivos extensão .dt2 quanto nos arquivos .cdm apresentam os dados com valores em Volts. Para que se tenha um valor real da radiação ultravioleta deve-se transformar estes valores em unidades de Irradiância ( $mW/m^2$ ). Isto é feito através de uma constante de multiplicação fornecida pelo fabricante do medidor UV-B (EKO Instruments). Um exemplo dos dados obtidos com o medidor UV-B (ainda em unidades de Volts) pode ser vista na Figura 4.3.4.



Linha de Dados	Dia	Hora	Valores dos Dados
19214	01/13	12:36	0.2044
19215	01/13	12:37	0.2104
19216	01/13	12:38	0.2154
19217	01/13	12:39	0.2158
19218	01/13	12:40	0.2206
19219	01/13	12:41	0.2211
19220	01/13	12:42	0.2222
19221	01/13	12:43	0.2231
19222	01/13	12:44	0.2259
19223	01/13	12:45	0.2259
19224	01/13	12:46	0.2256
19225	01/13	12:47	0.2104

**Tabela 4.3.1** - Exemplo da disposição dos dados em um arquivo extensão .cdm gerado pelo software DataMark Assist utilizando dados obtidos pelo Sistema UV-B, instalado e em operação no Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE – MCT, em São Martinho da Serra – RS.



**Figura 4.3.4** - Exemplo de gráfico mostrando os dados de radiação UV-B obtidos pelo medidor UV-B, instalado e em operação no Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE – MCT, em São Martinho da Serra – RS. Os valores são mostrados em unidades de volts.

#### **4.3.7 Conclusões**

Foi realizada a instalação do medidor UV-B com sucesso, contudo alguns estão observados alguns valores negativos nos dados brutos (em volts). Além disso faz-se necessário desenvolver-se um software que realize automaticamente a conversão dos dados em volts para miliwatts por metro quadrado ( $mW/m^2$ ). Faz-se necessário também, uma comparação com dados de outros instrumentos medidores de radiação solar para que se possa validar os dados.

## 5 PRODUÇÃO TÉCNICO - CIENTÍFICA

---

Durante este semestre do Projeto o bolsista pôde publicar alguns resultados de suas pesquisas. Logo abaixo são listadas as referências destas publicações. Ao final deste relatório (Apêndice Único) estão anexadas cópias dos certificados de apresentação já disponíveis dos trabalhos listados.

### 5.1 Publicações Internacionais

1. **The Galactic Cosmic Rays as Source of Ionization in the Ionospheric D-Region in the Middle and High Latitudes;** Brum, C.G.M.; **F.S. Rodrigues;** Medrano, R. A. B.; Abdu, M. A.; **Submetido ao COSPAR2000 para apresentação em forma de Painel;** 33rd COSPAR Scientific Assembly. 16-23 July 2000 Warsaw-Poland.
2. M. Nishino, K. Makita, K. Yumoto, **F. S. Rodrigues** and N. J. Schuch; **Ground-Based Observations of High-Energetic Electron Precipitation in the Brazilian Geomagnetic Anomaly Region (Painel);** Meeting of the Japanese Society of Geomagnetism and Earth, Planetary and Space Sciences (SGEPSS); November 9-12, 1999.

### 5.2 Publicações Nacionais

1. **Fabiano da Silveira Rodrigues,** Kazuo Makita, Masanori Nishino, Mangalathayl Ali Abdu, Hisao Takahashi e Nelson Jorge Schuch; **Implantação de Instrumentação para Monitoramento Ionosférico;** XIV Congresso de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharias - CRICTE'99; Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Santa Maria - RS; 09,10 e 11 de Junho de 1999.
2. **Fabiano da Silveira Rodrigues,** Nelson Jorge Schuch e Sinval Domingos; **Estudo da Interferência Eletromagnética no Observatório Espacial do Sul - CRSPE/INPE em São Martinho da Serra - RS.;** V Seminário de Iniciação Científica do INPE (V SICINPE); INPE - São José dos Campos - SP; 01 e 02 de julho de 1999.

3. **Fabiano da Silveira Rodrigues**, Eduardo Rogério Marchesan, Christiano Garnett Marques Brum, Nelson Jorge Schuch e João Carlos Furtado; **A Colaboração do Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria - LACESM/CT/UFSM na Redução e Análise de Dados de Pesquisas da Alta Atmosfera na Antártica**; II Feira das Profissões da UFSM; UFSM - Santa Maria - RS; 15 a 18 de setembro de 1999.
4. **Fabiano da Silveira Rodrigues**, Eduardo Rogério Marchesan, Kazuo Makita, Masanori Nishino, Mangalathayl Ali Abdu e Nelson Jorge Schuch; **Pesquisas da Alta Atmosfera utilizando Rádio-Propagação: O Convênio INPE/UFSM e a Participação de Institutos/Universidades Japonesas**; II Feira das Profissões da UFSM; UFSM - Santa Maria - RS; 15 a 18 de setembro de 1999.
5. **Fabiano da Silveira Rodrigues**, Fabio Augusto Vargas dos Santos, Gustavo R. Wrasse, Eduardo Rogério Marchesan, Cristiano Max Wrasse, Christiano Garnett Marques Brum, José Henrique Fernandez, Kazuo Makita, Masanori Nishino, Hisao Takahashi, Mangalathayl Ali Abdu e Nelson Jorge Schuch.; **O Laboratório de Aeronomia - LAE: Estrutura, Linhas de Pesquisa e Cooperações**; XIV Jornada Acadêmica Integrada, XIII JAI - UFSM; UFSM - Santa Maria - RS; 11 e 12 de novembro de 1999.
6. **Fabiano da Silveira Rodrigues**, Kazuo Makita, Masanori Nishino, Mangalathayl Ali Abdu, , José Henrique Fernandez, Christiano Marques Brum Garnett e Nelson Jorge Schuch.; **Evidência de Distúrbios na Propagação de Ondas de Rádio na Faixa de 0.4 à 80 kHz**; XIV Jornada Acadêmica Integrada, XIII JAI - UFSM; UFSM - Santa Maria - RS; 11 e 12 de novembro de 1999.
7. Eduardo Rogério Marchesan, **Fabiano da Silveira Rodrigues**, Masanori Nishino, Nelson Jorge Schuch e João Carlos Furtado; **O Monitoramento Ionosférico no Observatório Espacial do Sul - Instrumentação**; IV Encontro de Iniciação Científica; Universidade de Taubaté - São José dos Campos - RS; 19 a 21 de outubro de 1999.
8. Eduardo Rogério Marchesan, **Fabiano da Silveira Rodrigues**, Christiano Garnett Marques Brum, Nelson Jorge Schuch e João Carlos

Furtado; **Software para Redução de Dados de Riômetro**; IV Encontro de Iniciação Científica; Universidade de Taubaté - São José dos Campos - RS; 19 a 21 de outubro de 1999.

9. Eduardo Rogério Marchesan, **Fabiano da Silveira Rodrigues**, Kazuo Makita, Masanori Nishino, Mangalathayl Ali Abdu, Nelson Jorge Schuch e João Carlos Furtado; **Aplicação de Técnicas e Instrumentação para Medição de Parâmetros Ionosféricos no Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE**; 3º Encontro Nacional de Iniciação Científica da UNIVAP - INIC 99; Universidade do Vale do Paraíba - UNIVAP - São José dos Campos - SP; 21 e 22 de outubro de 1999.

## **6 CONCLUSÕES FINAIS**

---

Ao final deste relatório pode-se chegar a alguns resultados gerais que são listados a seguir:

- Observatório Espacial do Sul – OES/CRSP/INPE - MCT necessitaria da obtenção de um instrumento para medição direta do perfil vertical ou conteúdo total ionosférico para realizar-se maiores comparações de dados juntos aos demais instrumentos já instalados e operantes.
- Os sistemas de aquisição de dados utilizados pelo LAE, obtidos na sua maioria pela Cooperação Internacional Brasil-Japão, apresentam muita instabilidade, principalmente quanto ao uso de drives de discos magneto-ópticos, sendo mais confiável o uso de discos rígidos removíveis.
- Quanto ao sub-projeto "Colaboração do Laboratório de Aeronomia - LAE, LACESM/CT/UFSM - OES/CRSPE/INPE na Redução e Análise de Dados de Pesquisas da Alta Atmosfera na Antártica" onde o LAE colabora no desenvolvimento de softwares para redução e análise de dados de riômetros pode-se dizer que os programas computacionais estão sendo utilizados na redução e pré-análise dos dados dos Riômetros do INPE que estavam instalados na Estação Antártica Brasileira Comandante Ferraz. E como já fora dito no tópico 4.1.4, faz-se ainda necessário implementar algumas rotinas. Estas rotinas estão sendo realizadas por programas matemáticos comerciais e não-dedicados e que têm se mostrado, em certos casos, lentos se comparados com programas especialmente desenvolvidos para desempenhar tais funções. Estes programas poderão ser utilizados pelos pesquisadores do CRSPE e LACESM visto que são realizadas pesquisas utilizando Riômetros no Observatório Espacial do Sul.
- Relacionado aos dois demais sub-projetos descritos neste relatório: "Instalação, Operação e Pré-Análise de Dados do Riômetro Imageador do OES" e "Instalação, Operação e Pré-Análise dos Dados de um Medidor UV-B (UV-B Radiometer MS-210W)" pode-se dizer que a instalação, bem como operação, destes dois instrumentos foram realizadas de forma satisfatória sendo que seus dados poderão ser de grande valor com relação as pesquisas da Média e Alta Atmosfera na Região da Anomalia Magnética Brasileira.
- Através das diversas atividades realizadas pelo acadêmico pôde-se perceber um avanço tanto profissionalmente, quanto nas relações intra-pessoais demonstrado, principalmente, por meio do ótimo desempenho

acadêmico obtido neste semestre; na satisfatória interação com os demais colegas de laboratório e com grupos de pesquisa de outros institutos, podendo até mesmo, firmar algumas cooperações. Também é evidenciado o avanço obtido pelo bolsista através do alto número de publicações, resultado do esforço em alcançar-se os objetivos deste Projeto.

*Relatório muito bom.  
Relatório aprovado.*

*Santa Maria 07/02/2000*

*Nelson Jorge Schuch*  
Responsável pela Implantação  
Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRSPE  
INPE - RE/DIR - 391

## **7** AGRADECIMENTOS

---

Antes de finalizar este relatório não poderia deixar de agradecer as contribuições do Doutorando Christiano Garnett Marques Brum da Divisão de Aeronomia do INPE e do Doutorando José Henrique Fernandez do Centro de Rádio Astronomia e Aplicações Espaciais - CRAAE pelas preciosas trocas de informação e pesquisas conjuntas.

Além disso faz-se um agradecimento especial ao Dr. Nelson Jorge Schuch pelo apoio e confiança que deposita em seus alunos bolsistas.



## **8** REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

1. Kockarts, G.; **Definition of Space Aeronomy**; <[http://www.oma.be/BIRA-IASB/Institute\\_overview/Definition/definition.html](http://www.oma.be/BIRA-IASB/Institute_overview/Definition/definition.html)>
2. Piazza L. R.; **Estudo de Eventos Trimp: Um Projeto Multinacional**; Ciências Espaciais e da Atmosfera na Antártica/Trabalhos do Simpósio de Serra Negra; Transtec Editorial; São José dos Campos, SP; 1995.
3. Kirchhoff, V. W. J. H.; **Introdução à Geofísica Espacial**, Editora da Universidade de São Paulo; São Paulo; 1991.
4. 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.
5. Brum, C. G. M.; **A Importância do 'Dia Quietos' na Absorção Ionosférica da Camada-D da Ionosfera e sua Aplicação para os Riômetros da Estação Antártica Comandante Ferraz**; Proposta de dissertação de mestrado sob orientação do Dr. René A. Medrano-Balboa; São José dos Campos - SP; 1998.
6. 8447F Amplifier 0.1 - 1300 MHz; **Operation and Service Manual**; Hewlett Packard.
7. Bernard, G.; **Electronic Circuits and Applications**; McGraw-Hill, Inc.; 1982.
8. Boylestad, R; Nashelsky, L.; **Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos**; Editora Prentice-Hall do Brasil LTDA; Rio de Janeiro, RJ; 1982.
9. Garnett, C.M.B.; **Tese de Mestrado: "A Importância do Dia Quietos na Absorção Ionosférica da Camada D da Ionosfera e sua Aplicação para os Dados de Riômetros da Estação Antártica Comandante Ferraz"**; Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos; SP; 1998.
10. Garnett, C.M.B.; **Trabalho de Graduação: "Software para Análise de Dados de Absorção Ionosférica de Ruído Cósmico na Antártica"**; Escola de Engenharia Industrial - EEI; São José dos Campos; SP; 1995.

11. Johnson, D. E.; Hilburn, L. J.; Johnson, J. R.; **Fundamentos de Análise de Circuitos Elétricos**; Quarta Edição; Editora Prentice-Hall do Brasil LTDA; Rio de Janeiro; RJ; 1994.
12. 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.
13. 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.
14. Malvino, A. P.; **Eletrônica**, Editora McGraw-Hill; São Paulo; SP;1986.
15. Nishino, M.; Tanaka, Y.; Oguti, T.; Yamagishi, H & Holtet J. A.; **Initial observation results with imaging riometer at Ny-Alesund (L=16)**; Proceedings of the NIPR Symposium on Upper Atmosphere Physics; No 6; Tokyo; February; 1993.
16. Ott, H. W.; **Noise Reduction Techniques in Eletronic Systems**; Wiley-Interscience.
17. Schildt, H.; **C, Completo e Total**; Editora Makron - McGraw-Hill; São Paulo; 1996.
18. Schuch, N. J.; Oliveira, N. U. V.; Bortolotto, E.; Sarkis, P. J.; Pinheiro, D. K.; Lüdke, E.; Wendt, F. A.; Trivedi, N. B.; da Costa, J. M.; Kirchhoff, V. J. H.; Dutra, S. L. D.; Sobral, J. H. A.; Abdu, M. A.; Takahashi, H.; **O Observatório Espacial do Sul, Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - OES/CRSPE/INPE, em São Martinho da Serra - RS**, Revista Brasileira de Geofísica, Vol. 15(1), 1997.
19. Satoh, M. & Nishino, M.; **Data Recording of the 4X4 Imaging Riometer – Operation Manual**; Nagoya; 1999.
20. Stauning, P.; **Investigations of Ionospheric Radio Wave Absorption Processes using Imaging Riometer Techniques**; Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics, Vol. 58; No 6, pags 753-764; 1996.



21. Tektronix - **Operating Manual 2754P Spectrum Analyzer**, Oregon, USA, 1986.
22. The American Radio Relay League; **The ARRL Antenna Book**; USA; 1991.
23. Bernard, G.; **Electronic Circuits and Applications**; McGraw-Hill, Inc.; 1982.



## **Apêndice Único**

**Cópia dos Certificados, já disponíveis, de Apresentação de Trabalhos**

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA

**XIV**  
**JORNADA ACADÊMICA**  
**INTEGRADA**

---

**CERTIFICADO**

Certificamos que

**FABIANO DA SILVEIRA RODRIGUES**

participou da **XIV Jornada Acadêmica Integrada**,  
realizada dias 10 e 11 de Novembro de 1999, como

**Apresentador**

do trabalho

**O LABORATÓRIO DE AERONOMIA - LAE:  
ESTRUTURA, LINHAS DE PESQUISA E  
COOPERAÇÕES**

  
Comissão Executiva

Santa Maria, 11 de Novembro de 1999

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA

**XIV**  
**JORNADA ACADÊMICA**  
**INTEGRADA**

---

**CERTIFICADO**

Certificamos que

**FABIANO DA SILVEIRA RODRIGUES**

participou da **XIV Jornada Acadêmica Integrada**,  
realizada dias 10 e 11 de Novembro de 1999, como

**Apresentador**

do trabalho

**EVIDÊNCIA DE DISTÚRBIOS NA PROPAGAÇÃO DE  
ONDAS DE RÁDIO NA FAIXA DE 0.4 À 80 KHz**

  
Comissão Executiva

Santa Maria, 11 de Novembro de 1999

**CERTIFICADO DE PARTICIPAÇÃO**


Certificamos que


*Fabiano da Silveira Rodrigues*

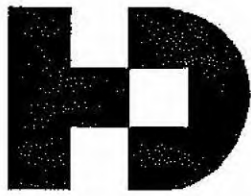
Participou do 3º Encontro Nacional de Iniciação Científica da UNIVAP, no período de 21 a 22 de outubro de 1999,  
com apresentação do trabalho

*Aplicação de técnicas e instrumentação para medição de parâmetros  
ionosféricos no observatório espacial do sul - OESF/INIC/UNIVAP*

São José dos Campos, São Paulo

  
Prof. Dr. Antônio de S. Teixeira Jr.  
Pró-Reitor de Integração Universidade & Sociedade

  
Prof. Dr. Marcos Tadeu T. Pacheco  
Diretor do IP&D




**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**

# **IV ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**

Taubaté, 19 a 21 de outubro de 1999

**CERTIFICADO**

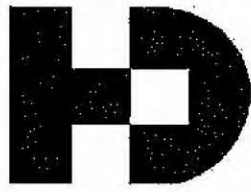
**Fabiano da Silveira Rodrigues** apresentou, na modalidade painel, o trabalho *Software para redução de dados de riômetro*, na qualidade de **Autor**

  
Prof. Dr.ª Maria Júlia Ferreira Xavier Ribeiro  
Pró-reitora de Pesquisa e Pós-graduação

  
Valéria Maria de Sá  
Comissão Executiva

  
Blacca  
Comissão Científica





**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**

## **IV ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**

Taubaté, 19 a 21 de outubro de 1999

**CERTIFICADO**

**Fabiano da Silveira Rodrigues** apresentou, na modalidade painel, o trabalho *O monitoramento ionosférico no observatório espacial do Sul - instrumentação*, na qualidade de Autor.

Profª Drª Maria Júlia Ferreira Xavier Ribeiro  
Pró-reitora de Pesquisa e Pós-graduação

*Maria Júlia Ferreira Xavier Ribeiro*  
Comissão Executiva

*Blanca*  
Comissão Científica

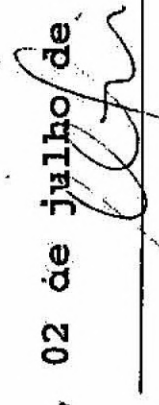


MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

## **PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA - PIBIC/CNPq**

**Conferimos o presente Certificado a FABIANO DA SILVEIRA RODRIGUES por sua participação com o trabalho intitulado ESTUDO DA INTERFERÊNCIA ELETROMAGNÉTICA NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL - CRSPE/INPE, EM SÃO MARTINHO DA SERRA - RS sob a orientação de Dr. Nelson Jorge Schuch e Eng. Sivaldo Domingos no V Seminário de Iniciação Científica do INPE (V SICINPE), realizado em São José dos Campos, S.P., no período de 01 e 02 de julho de 1999.**

São José dos Campos, 02 de julho de 1999.

  
Dr. Mário César Ricci

Presidente do CIBIC/INPE