

## ESTUDO DE DISTÚRBIOS IONOSFÉRICOS ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DE INSTRUMENTAÇÃO NA FAIXA DE HF

*Eduardo Rogério Marchesan<sup>1</sup>, Marlos Rockenbach da Silva<sup>2</sup>, Fabiano da Silveira Rodrigues<sup>3</sup> e Nelson Jorge Schuch<sup>4</sup>.*

### RESUMO

Um dos meios utilizados no monitoramento da Ionosfera é através da recepção de ondas de rádio. Estas ondas podem ser tanto naturais, como aquelas produzidas por elementos tais como relâmpagos, planetas, estrelas, etc., quanto artificiais como as que são produzidas por um outro transmissor e estações transmissoras de rádio.

O Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria - LACESM/CT/UFSM adquiriu através de uma Cooperação Científica Internacional em Ciências Espaciais Básicas e Atmosféricas, juntamente com o Observatório Espacial do Sul - OES do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRSPE/INPE - MCT e Instituições Japonesas, rádios - receptores de sinais de Média e Alta Frequência (MF e HF) com o objetivo de implantar um sistema, simples e de baixo custo, para realizar estudos dos efeitos ocasionados por distúrbios ionosféricos sobre as radiocomunicações na faixa de HF, em latitudes médias (-30°Sul).

O sistema implantado consiste de um rádio-receptor, modelo NRD - 535 da JRC, controlado por microcomputador via interface serial RS-232. O software implementado realiza a alternância de frequências de recepção, pré - definidas pelo usuário, armazenando a potência do sinal detectada pela antena, organizando os dados obtidos em arquivos diários. O estudo será realizado através da análise da potência de sinal captado, identificando perdas de sinal causadas por distúrbios ionosféricos. A faixa de frequência estudada compreende a da radiodifusão e a de navegação, transmitidas por estações transmissoras situadas a diferentes distâncias e diferentes direções do local de instalação.

O equipamento, instalado no Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE (29°26'24"S, 53°48'38"O), está operando de forma contínua e sistemática, que permite ser verificada a possível influência de distúrbios ionosféricos sobre a rádio - propagação na Região Sul do País, tanto no modo de propagação por meio do guia de ondas Terra - Ionosfera, quanto na propagação via reflexão ionosférica.

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, bolsista PIBIC - CNPq/INPE do Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE - MCT - [eduardo@lacesm.ufsm.br](mailto:eduardo@lacesm.ufsm.br);

<sup>2</sup>Acadêmico do Curso de Física da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM - Estagiário do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE no Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE - MCT - [marlos@lacesm.ufsm.br](mailto:marlos@lacesm.ufsm.br);

<sup>3</sup>Mestrando do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - DAE/INPE - [fabiano@dae.inpe.br](mailto:fabiano@dae.inpe.br);

<sup>4</sup>Orientador, Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRSPE/INPE - [njschuch@lacesm.ufsm.br](mailto:njschuch@lacesm.ufsm.br);



**MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS  
COORDENAÇÃO DE ENSINO, DOCUMENTAÇÃO E PROGRAMAS  
ESPECIAIS - CEP  
CENTRO REGIONAL SUL DE PESQUISAS ESPACIAIS - CRSPE**

**Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – PIBIC/  
INPE - CNPq**

## **RELATÓRIO FINAL 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:  
Eduardo Rogério Marchesan**

**Orientador:  
Nelson Jorge Schuch**

**Santa Maria, Julho de 2001.**

**Dados de Identificação**

<b>Bolsista:</b>	<b>Eduardo Rogério Marchesan</b> <b>Universidade Federal de Santa Maria – UFSM</b> <b>Curso: Engenharia Elétrica – Opção: Eletrônica</b>
<b>Orientador:</b>	<b>Dr. Nelson Jorge Schuch</b> <b>Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – INPE</b>
<b>Local de Trabalho /Execução do Projeto:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>■ <b>Laboratório de Aeronomia - LAE/LACESM/UFSM</b></li><li>■ <b>Observatório Espacial do Sul - CRSPE/OES/INPE</b></li><li>■ <b>Laboratório de Eletrônica e Radiofrequência - LERF/LACESM/UFSM</b></li></ul>
<b>Participantes da Cooperação Brasil-Japão em Ciências Espaciais Básicas no Projeto:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>■ <b>Dr. Kazuo Makita - National Institute of Polar Research</b></li><li>■ <b>Dr. Masanori Nishino - Nagoya University</b></li><li>■ <b>Eng. Francisco Amaral Wendt - Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria</b></li><li>■ <b>Eng. Norberto U. V. de Oliveira - Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria</b></li><li>■ <b>Dr. João Carlos Furtado – Laboratório de Aeronomia – LAE/LACESM/UFSM</b></li></ul>
<b>Colaboradores:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>■ <b>Dr. Eurico de Paula – Divisão de Aeronomia - DAE</b> <b>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE</b></li></ul>



## Índice

<b>1. Resumo</b>	<b>5</b>
<b>2. Introdução</b>	<b>6</b>
2.1 Objetivo do Projeto Radioastronomia	7
2.2 Objetivo da Cooperação Científica Internacional Brasil-Japão em Ciências Espaciais Básicas e Ciências Atmosféricas	7
2.3 Objetivo do Projeto 'Desenvolvimento e Análise de Metodologia Instrumental e Técnicas para Observações a partir da Superfície Terrestre de Parâmetros Ionosféricos'	8
<b>3. Desenvolvimento Teórico</b>	<b>9</b>
3.1 O Laboratório de Aeronomia	9
3.2 A Ionosfera	9
3.3 A importância do estudo da Ionosfera	12
3.4 Rádio - Sinais na Faixa de Altas Frequências	14
3.4.1 Propagação de Ondas de Alta Frequência (HF)	15
3.4.2 A Propagação por Reflexão Ionosférica	16
3.5 O Sistema GPS	17
3.5.1 Evolução da Navegação por Satélites	17
3.5.2 Estrutura do GPS	18
3.5.2.1 Segmento Espacial	18
3.5.2.2 Segmento de Controle	20
3.5.2.3 Segmento do Usuário	21
3.5.3 Discrepâncias sujeitas no GPS: Erro de Propagação na Ionosfera	21
3.5.4 Tipos de receptores GPS	22
3.5.5 Aplicações do GPS	23
<b>4. Desenvolvimento Prático</b>	<b>25</b>
4.1 Princípio da Instrumentação Aplicada ao Monitoramento Ionosférico	25
4.1.1 Sistema Genérico	25
4.1.1.1 A Antena	26
4.1.1.2 O Receptor	28
4.1.1.3 O Registrador	28
4.1.1.4 Outros Dispositivos	29
4.1.2 A Instrumentação da Área de Monitoramento Ionosférico do LAE	30



<b>4.2 Receptor de Ondas MF/HF</b>	<b>31</b>
4.2.1 Descrição Geral	32
4.2.2 Características Gerais do Receptor Utilizado	32
4.2.2.1 Interface Serial	33
4.2.2.2 Antena	35
4.2.3 Software Desenvolvido para Controle e Aquisição de Dados	35
4.2.3.1 Comandos Enviados pelo PC ao Rádio - Receptor	36
4.2.3.2 Algoritmo do Software de Controle e Aquisição Desenvolvido	37
4.2.3.3 Software para Conversão dos Dados	38
<b>4.3 Estudo das Irregularidades Ionosféricas Utilizando Receptores GPS</b>	<b>41</b>
4.3.1 Introdução	41
4.3.2 O Monitor de Cintilação	43
4.3.2.1 Objetivo do Monitor de Cintilação	43
4.3.2.2 Características Gerais do Hardware	43
4.3.2.3 O Software de Controle e Aquisição de dados	45
<b>4.4 Participação em Palestras e Seminários</b>	<b>48</b>
<b>4.5 Apresentação em Congressos e Encontros de Iniciação Científica</b>	<b>50</b>
<b>5. Conclusões</b>	<b>52</b>
<b>6. Referências Bibliográficas</b>	<b>54</b>
<b>7. Anexos</b>	<b>57</b>

# 1. Resumo

Este relatório descreve as atividades executadas no Projeto "Desenvolvimento e Análise de Metodologia Instrumental e Técnicas para Observações a partir da Superfície Terrestre de Parâmetros Ionosféricos" no período Agosto de 2000 a Fevereiro de 2001. As atividades aqui descritas trazem informações com relação a objetivos, técnicas empregadas para execução e resultados obtidos com o emprego das mesmas.

Para melhor compreensão dos conteúdos e procedimentos que aqui se encontram, este relatório é constituído das seguintes partes:

- Uma introdução geral;
- Um desenvolvimento teórico, onde serão revistos alguns conceitos básicos acerca da ionosfera e também os princípios da instrumentação necessários para a melhor compreensão das técnicas empregadas para medição de parâmetros ionosféricos;
- Uma seção onde serão descritas as atividades práticas realizadas durante o período mencionado;
- Uma conclusão final, onde serão apresentados os resultados esperados e/ou atingidos.

Cabe ressaltar que estas atividades foram desenvolvidas, principalmente, junto ao Laboratório de Aeronomia - LAE do LACESM/CT/UFSM - OES/CRSPE/INPE.

## 2. Introdução

O Laboratório de Aeronomia - LAE está implementando uma infraestrutura de pesquisa para observações contínuas e sistemáticas da Ionosfera do Sul do País no Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE, localizado à aproximadamente 45 km de Santa Maria – RS (29°S, 53°O). O INPE vem realizando diversos tipos de observações ionosféricas a muitos anos e em vários pontos do Território Brasileiro e Antártico. Como o Território Brasileiro é muito extenso, diversos tipos de eventos ionosféricos podem ser observados. Estes eventos são basicamente variações da densidade eletrônica ionosférica capazes de causar efeitos em sinais de rádio que utilizem a Ionosfera como Guia de Onda ou, em enlaces via reflexão ionosférica ou ainda, em enlaces via satélite, onde o sinal deve ultrapassar a Ionosfera (propagação transionosférica).

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".

Neste relatório, serão descritas atividades relacionadas à:

- Instalação, operação de um sistema GPS no OES para estudo das irregularidades ionosféricas;
- Instalação, operação de um Receptor de Ondas MF/HF no OES, para realizar observações mais específicas da propagação de ondas via reflexão ionosférica.

## **2.1 Objetivo do Projeto Radioastronomia**

O objetivo do Projeto Radioastronomia RA é a construção de um rádiointerferômetro 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 rádiointerferométricas, visando ao desenvolvimento de pesquisas e recursos humanos em Ciências da Terra e do Espaço, priorizando a Astrofísica e a Geofísica Espacial entre outras áreas do saber.

## **2.2 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.



### **2.3 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. Desenvolvimento Teórico**

Esta seção pretende fazer uma revisão teórica sobre alguns conceitos, necessários para melhor se compreender a forma de execução deste Projeto.

#### **3.1 O Laboratório de Aeronomia**

No Laboratório de Aeronomia (LAE/ LACESM/UFMS – OES/ CRSPE/INPE) dá-se o estudo de regiões atmosféricas 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 a outros corpos do sistema solar [Kockarts, G.; 1999].

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

- Luminescência Atmosférica
- Monitoramento Ionosférico

Este estudo é baseado na instrumentação para monitoramento ionosférico. Desta forma, é necessário ser esclarecer o principal objeto de estudo destes equipamentos: a Ionosfera e a razão do seu estudo.

#### **3.2 A Ionosfera**

O termo ionosfera é aplicado à região atmosférica que se estende desde 50 até 1000Km em relação à superfície da Terra. A ionosfera é caracterizada pela grande concentração de elétrons livres que, embora sejam responsáveis pelas mais importantes características da ionosfera, eles estão em menor concentrações relativamente às partículas neutras existentes na região.

As partículas carregadas na ionosfera são produzidas, sobretudo pela radiação ultravioleta e, em menor grau, pelo raio-x solar e pelos raios cósmicos. Estas várias formas de radiação são capazes de decompor moléculas em átomos e separar os elétrons das moléculas e átomos para formar íons positivos. O número de elétrons por centímetro cúbico aumenta com a altura, até atingir um máximo em aproximadamente 300Km de altura.

Nas regiões superiores da ionosfera, os elétrons livres e os íons positivos não se recombinam rapidamente para formar partículas neutras, pois a concentração de partículas é muito baixa. Além disso, os íons atômicos que predominam nestas regiões recombinam-se com elétrons muito mais lentamente do que com íons moleculares. Por este motivo, mesmo na ausência de radiação ionizante, estas regiões continuam a existir embora a concentração de elétrons e íons esteja reduzida.

A densidade eletrônica varia continuamente e de acordo com ela temos as divisões da ionosfera em diversas regiões.

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  $1216 \text{ \AA}$ . 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].

A nomenclatura das regiões ionosféricas em função da densidade eletrônica está indicada na Figura 3.2. As alturas e as densidades numéricas

indicadas deverem 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.

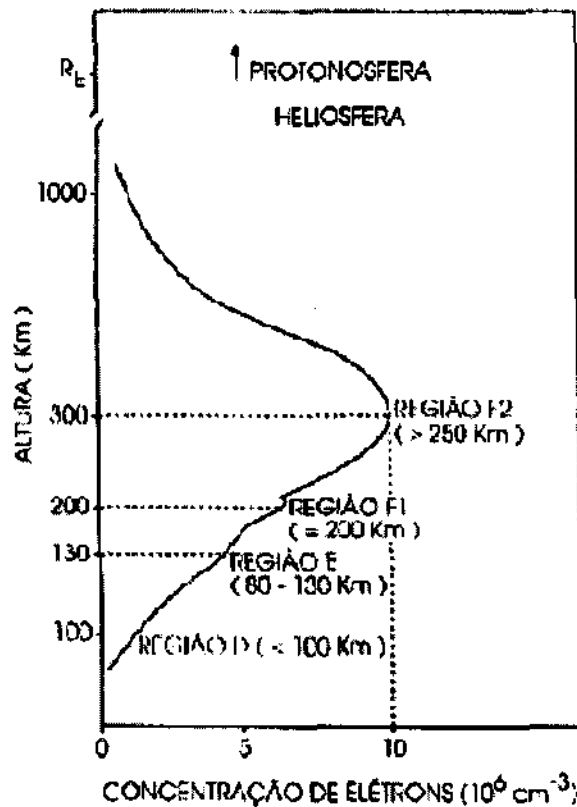


Figura 3.2 - Nomenclatura e localização das camadas ionosféricas.

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

As ondas de rádio são refletidas na ionosfera em alturas que dependem da frequência de onda e da densidade do meio: as comunicações por este intermédio são chamadas de radiocomunicações ionosféricas; as ondas de frequências mais altas (VLF, UHF, microondas, etc.) atravessam a ionosfera e se perdem no espaço, ou são utilizadas nas comunicações com espaçonaves que se encontram na órbita da Terra ou no meio interplanetário.

### **3.3 A Importância do Estudo da Ionosfera**

A ionosfera representa um laboratório natural de física de plasmas, onde são estudados diversos fenômenos como o crescimento de instabilidades, a propagação de ondas de gravidade, a geração e evolução de bolhas de plasma, etc. Em suma, a importância do estudo da Ionosfera dá-se 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, na área de Engenharia. 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 a 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 fotoelétron/íon positivo. O fotoelétron perde energia e, em subsequente equilíbrio térmico compõe com o íon livre o plasma ionosférico. Durante a noite, elétrons e íons se recombinam aos poucos tornando 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].

### 3.4 Rádio - Sinais na Faixa de Altas Frequências

O Espectro Eletromagnético compreende diversos tipos de radiação eletromagnética, desde raios  $\gamma$  (frequências superiores à 1018 Hertz) até micropulsões geomagnéticas (frequência de alguns Hertz). Ondas de rádio são aquelas ondas eletromagnéticas cujo comprimento de onda ( $\lambda$ ) é da ordem de alguns metros até várias centenas de metros. A banda de rádio está dividida em diversas faixas bem definidas. Estas faixas de frequência são indicadas na Tabela 3.4.

Faixa	Frequências	Comprimento de Onda ( $\lambda$ )
ELF – <i>Extremely High Frequencies</i>	< 3 kHz	> 100 km
VLF – <i>Very Low Frequencies</i>	3 – 30 kHz	100 – 10 km
LF – <i>Low Frequencies</i>	30 – 300 kHz	10 – 1 km
MF – <i>Medium Frequencies</i>	300 – 3000 kHz	1000 – 100 m
HF – <i>High Frequencies</i>	3 – 30 MHz	100 – 10 m
VHF – <i>Very High Frequencies</i>	30 – 300 MHz	10 – 1 m
UHF – <i>Ultra High Frequencies</i>	300 – 3000 MHz	1000 – 100 mm
SHF – <i>Super High Frequencies</i>	3 – 30 GHz	100 – 10 mm
EHF – <i>Extremely High Frequencies</i>	30 – 300 GHz	10 – 1 mm

Tabela 3.4 – Faixas de frequências dentro da banda de rádio.

Fonte: Baseado em [ITU, 1998], pág. 29.

Pela Tabela 3.4, os sinais são classificados como Alta Frequência (HF) quando a frequência se encontra entre 3 e 30 MHz, ou os comprimentos de onda entre 100 e 10 km respectivamente. Estações de radiodifusão que utilizam modulação em amplitude (AM) frequentemente utilizam uma onda

moduladora nesta faixa de frequência. Estações radioamadoras também utilizam extensamente esta faixa de frequência. Desta forma, sinais nesta grandeza de frequência são o objetivo do experimento a ser descrito neste Relatório.

### **3.4.1 Propagação de Ondas de Alta Frequência (HF)**

A propagação de ondas de rádio está diretamente relacionada á: (i) frequência do sinal em operação e (ii) o meio no qual o sinal se propaga (Troposfera, Ionosfera ou Espaço). Com isto, as técnicas para a radiocomunicação devem ser utilizadas de acordo com estes fatores. Em propagação próxima à superfície terrestre, ondas de rádio com frequência inferiores à 30 MHz são afetadas principalmente pelas características do solo e pela Ionosfera. Neste caso a Troposfera (camada atmosférica que se estende aproximadamente até 10 km de altitude) não apresenta grande influência sobre a propagação. Na faixa de VLF e LF, em frequências abaixo de aproximadamente 100 kHz ( $\lambda > 3$  km), a propagação é feita por meio do Modo de Guia de Onda, no qual o rádio – sinal se propaga através de um canal formado pela superfície terrestre e pela porção mais baixa da Ionosfera (em torno de 70 à 90 km de altitude). Ondas de rádio com frequências superiores na faixa de LF, MF e HF até 30 MHz podem propagar-se ao longo da superfície terrestre (propagação por onda terrestre) ou por sucessivas reflexões entre a Terra e a Ionosfera (propagação por onda espacial). Com isto, ondas terrestres são utilizadas em sistemas de rádio – navegação e em radiodifusão para curtas distâncias. Ondas espaciais podem ser utilizadas em comunicações a grandes distâncias na faixa de MF e HF. Desta forma, Ondas Curtas podem se propagar tanto como ondas terrestres quanto como ondas espaciais. A Tabela 3.4.1 mostra os principais modos de propagação para as diferentes faixas de rádio.



Banda	Principal Modo de Propagação
ELF	Guia de Onda – Onda Terrestre
VLF	Guia de Onda – Onda Terrestre
LF	Guia de Onda – Onda Espacial - Onda Terrestre
MF	Onda Espacial – Onda Terrestre
HF	Onda Espacial
VHF	Linha de Visada
UHF	Linha de Visada
SHF	Linha de Visada
EHF	Linha de Visada

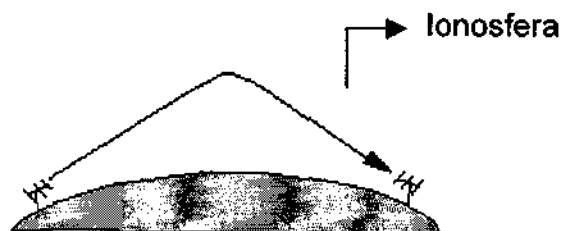
**Tabela 3.4.1 – Principais modos de propagação para as diferentes faixas de freqüências na banda de rádio.**

Fonte: Baseado em [ITU, 1998], pág. 29.

### 3.4.2 A Propagação por Reflexão Ionosférica

A Ionosfera é muito importante na propagação em Altas Freqüências (HF). Os comprimentos de onda de freqüências nesta faixa são curtos o suficiente para que o meio ionosférico não mude muito em uma distância de alguns comprimentos de onda.

As ondas em freqüências médias e até mesmo altas sofrem a ação da reflexão ionosférica, ou seja, as ondas são refletidas ao se chocarem com a Ionosfera como é ilustrado na Figura 3.4.2.



**Figura 3.4.2 - A reflexão ionosférica.**

Esta propriedade é muito utilizada na radiodifusão comercial para se transmitir a longas distâncias. Este tipo de transmissão é conhecida por *transmissão via reflexão ionosférica*. Ondas de menor energia (menor frequência) são mais susceptíveis à reflexão ionosférica visto que não possuem a energia suficiente para transpô-la. Então para *transmissões transionosféricas* (que atravessam a Ionosfera) se utiliza ondas de energia mais elevada como é caso das ondas em frequências muito altas (VHF).

### **3.5 O Sistema GPS**

Neste primeiro período de Atividade-Bolsa o aluno bolsista trabalhou com a implantação de um conjunto de Sistemas Receptores GPS – Global Positioning System (Sistema de Posicionamento Global) no Observatório Espacial do Sul, para estudo das irregularidades ionosféricas. Desta forma, o bolsista achou necessário conhecer um pouco mais sobre o Sistema GPS. Um pouco do conhecimento adquirido pelo bolsista pode ser obtido nas páginas a seguir.

#### **3.5.1 Evolução da Navegação por Satélites**

Os sistemas de rádio-navegação começaram com torres de transmissão baseados na superfície da Terra. Os sistemas baseados em Terra começaram com os sistemas RDF (Radio Direction Finding) e sistemas de Hiperbólicas. O sistema RDF é simples e fácil de entender. Simplesmente o operador sintonizava para uma estação de rádio conhecida, usando uma antena direcional, onde o sinal se apresentasse mais forte, era lá que a antena transmissora se situava. O procedimento era repetido com outra estação de rádio. O operador calculava a sua posição descobrindo onde se situava.

O sistema de Hipérbólicas era mais complexo. Este sistema usava coordenadas de transmissão de duas ou mais estações de rádio. Ele funciona baseando-se no fenômeno de que todos os pontos onde a diferença entre sinais de rádio vindas de estações diferentes formava uma hipérbole onde essa diferença de frequência se mantinha. Ele possibilitava montar um mapa exibindo várias hipérbolas (as hipérbolas são linhas que indicam uma diferença constante entre diferentes estações de rádio). O usuário usava o equipamento de rádio para escutar o sinal de rádio, então iguala a diferença encontrada por uma hipérbole apropriada no mapa. Isto determinava ao usuário algum lugar ao longo de um arco na Terra. Este processo é repetido usando um segundo par de estações para determinar outra hipérbole. O usuário determina a posição achando o ponto no mapa onde as duas hipérbolas se intersectavam.

Os sistemas NAVSTAR e GLONASS usam o princípio tridimensional: latitude, longitude e altura. O receptor GPS do usuário, recebe informações de distância dele em relação a cada um de uma série de satélites. Conhecendo-se as posições dos satélites, e a sua posição em relação a eles, o usuário pode calcular a sua posição.

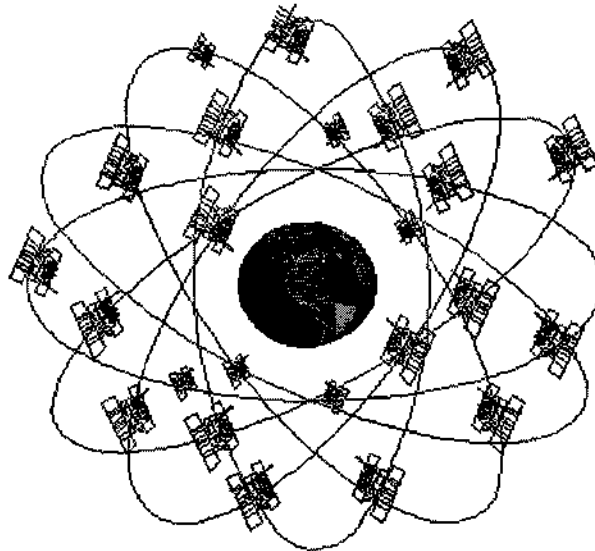
### **3.5.2 Estrutura do GPS**

O GPS, para o seu funcionamento, é formado por 3 segmentos:

#### **3.5.2.1 Segmento Espacial**

Formado pelos satélites que estão em órbita. Consiste de 24 satélites, em 6 órbitas diferentes com 4 satélites em cada órbita. Os satélites percorrem uma órbita em torno da Terra a cada 12 horas, a uma altitude de aproximadamente 20.200 Km, cada satélite têm 28 graus de visualização sobre a Terra e estão inclinados 55 graus em relação à linha do Equador. Vários pontos da Terra por alguns momentos são visualizados por 6 a 10 satélites focalizando a mesma área. Isto fornece redundância, desde que apenas 4

satélites são requeridos para uma determinação tridimensional de posição. Na Figura 3.5.2.1, temos basicamente a distribuição de cada órbita em relação à Terra .



**Figura 3.5.2.1 - Distribuição das Órbitas dos Satélites GPS em Relação ao Planeta Terra**

Fonte:<http://www.geocities.com/capecanaveral/lab/9947/orbits.htm>

#### 3.5.2.1.1 Satélites GPS

Os satélites foram construídos em vários blocos, cada um com características particulares, incorporando novas mudanças ou desenvolvimento de equipamentos/tecnologia de sua época.

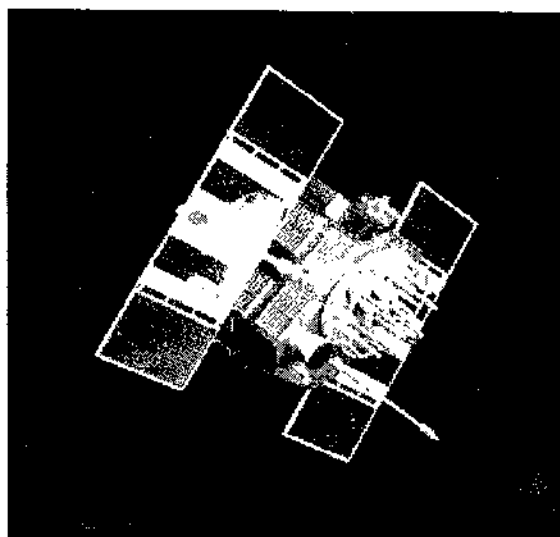


Figura 3.5.2.1.1 – Satélite GPS

Fonte: <http://www.geocities.com/capecanaveral/lab/9947/sv3.htm>

### **3.5.2.2 Segmento de Controle**

Todos os 24 satélites são controlados pelo Segmento de Controle que está em Terra. Este controle é feito por uma estação de controle Master localizado no Colorado, nos Estados Unidos. Ele é responsável por monitorar o rastro dos satélites com o auxílio de 5 estações de monitoramento espalhados pelo Planeta, processando todos os dados e então enviando a correção e sinais de controle para os satélites. O segmento de controle monitora a performance total do sistema, corrige posições do satélite e reprograma o sistema com o padrão necessário.

A determinação desse número de satélites circulando o globo, mais os planos de órbita dos satélites, junto com a estrutura de comando e controle, faz com que o GPS assegure que um número mínimo de 4 satélites sempre estará disponível para oferecer, seja de dia ou de noite, em qualquer lugar da superfície da Terra, uma leitura precisa de posição de determinado objeto (através de um receptor - um GPS Receiver). O mesmo aspecto de precisão espacial com o mínimo de recurso necessário oferecendo uma informação segura, é assegurado na localização de cada estação de monitoramento,

assegurando a posição exata de cada satélite, supervisionando-o a todo o momento. Estes dois fatores são necessários para assegurar uma precisão tridimensional na determinação da posição/localização geográfica.

### **3.5.2.3 Segmento do Usuário**

O Segmento do Usuário do GPS consiste dos fabricantes de GPS Receivers e a comunidade de usuários. Os GPS Receivers convertem os sinais dos satélites em posição, velocidade, e tempo estimado. Quatro satélites, no mínimo, são requeridos para computar as quatro dimensões: x, y, z (posição) e t (tempo). Os GPS Receivers são usados para orientação à navegação, posicionamento, disseminação do tempo, e outros recursos. A navegação é a função primária do GPS, e são usados por usuários de aeronaves, navios, veículos, e por indivíduos que usam o receptor portátil ("de bolso").

Também é usado por observatórios astronômicos, por empresas de telecomunicações, e laboratórios científicos; podendo configurar sinais controlados por frequências específicas para um determinado propósito, estudo ou experiência. Como exemplo, projetos têm sido feitos para medir parâmetros da atmosfera terrestre.

### **3.5.3 Discrepâncias sujeitas no GPS: Erro de Propagação na Ionosfera**

A ionosfera refrata transmissões de satélite UHF da mesma maneira que refrata transmissões VLF, L/MF e HF, mas em menor proporção. Visto que um sinal refratado pode gerar uma maior distância (vindo torto, em curva, em vez de reto, direto sem distorções) do que um sinal vindo em linha reta, o sinal acusará mais tempo ao ser detectado (aumentando o valor da variável tempo decorrido), induzindo a um erro na distância encontrada (acusando maior distância em relação ao satélite). Sabemos que o sinal refratado na ionosfera é

inversamente proporcional ao quadrado de suas frequências. Isto significa que a alta frequência oferece uma menor refração e disto, induz um erro menor no cálculo da distância real. Os satélites GPS transmitem em duas frequências UHF diferentes, 1.575,42 MHz e 1.227,60 MHz onde cada frequência será afetada (refratada) de forma diferente pela ionosfera e pela atmosfera em suas diversas camadas, evitando problemas de distorção de distância. Comparando a distorção entre as duas frequências, o valor da distorção da ionosfera pode ser calculado diretamente. Conhecendo o valor da distorção que foi induzida, o fator de correção é introduzido no sistema e efetivamente é corrigido o erro de propagação na ionosfera, levantando a distância real em relação ao satélite. A arquitetura do sistema GPS ainda utiliza outra técnica para minimizar o problema da refração causado pela atmosfera, que é o uso do DGPS (Diferencias GPS), que são métodos de eliminar erros na leitura de um GPS Receiver oferecendo maior precisão. Este processo se baseia no princípio de que a maioria dos erros vistos pelos receptores GPS são comuns em determinado local. Estes erros comuns são causados por fatores tais como variação de clock e mudanças nas condições de propagação das ondas de rádio na ionosfera.

### **3.5.4 Tipos de receptores GPS**

Em suma, os mais utilizados são:

- Placas para uso no computador: Estes receptores são projetados para serem instalados dentro do computador, num slot do equipamento. Há placas-receivers baseados em micros IBM-PC, fabricados pela Novatel; e para outros padrões pela GEC-Plessey.
- Uso Portátil: Uma grande variedade destes modelos está disponível. Muitos são projetados para um propósito específico tais como navegação terrestre, marítima, aviação e ainda, para a indústria de mapas.

- **Para Mapeamento:** Estes receivers são projetados para mapear lugares para posterior inclusão em Bancos de Dados, mapas ou desenhos.
- **Módulos OEM:** São simples placas de GPS Receivers que são projetados para ser incorporados em outros equipamentos. Muitos são equipados com uma ou duas portas seriais RS-232, no qual o usuário é responsável pela programação da unidade e interpretação do sinal gerado.
- **Marinha:** Estes receivers são usados exclusivamente para navegação marítima.
- **Na Aviação:** Instalado no painel de instrumentos da aeronave. É utilizado para navegação e determinação da atitude de voo.

### **3.5.5 Aplicações do GPS**

Os sistemas GPS encontram aplicações em:

- **Monitoramento de Abalos-Sísmicos:** Projeto elaborado pela Southern Califórnia Integrated GPS Network (SCIGN), usando as taxas de deformação dos sinais emitidos pelos satélites GPS como entrada, para calcular a probabilidade de riscos sísmicos em alguma região. Esse estudo está sendo feito na região metropolitana de Los Angeles, depois que se descobriu que abalos sísmicos provocam alteração no campo gravitacional da região atingida, ou antes de acontecer o terremoto, e as ondas de rádio sofrem distorções com essas alterações, podendo denunciar a ocorrência do terremoto com algumas horas de antecedência;
- **Aplicação na Meteorologia:** Os objetivos do GPS/Meteorology são experimentos usando o sinal dos satélites GPS para sondar membros ativos na atmosfera, através de observações contínuas no sinal GPS. O GPS/MET gera informações para a previsão da meteorologia, estudo do clima e outros campos de pesquisa. O GPS/MET faz uso do GPS para detectar variáveis na atmosfera da Terra. Os cientistas têm demonstrado que, usando GPS Receivers



baseados em terra, o GPS/MET é capaz de dar precisamente a medida de vapor d'água em um determinado lugar;

- **Localização para Resgate:** Acionando um helicóptero-médico. O serviço usa um GPS Receiver para guiar helicópteros ambulância para o lugar do acidente. Isto é particularmente útil em áreas rurais/florestais/desérticas onde a navegação visual por marcos (referências) em terra, são esparsos (escassos) e o terreno é pouco diferenciado em áreas vastas;

- **Aplicações Industriais;**

- **Uso militar do GPS:** Coordenadas de ataque; navegação marítima, aérea e terrestres; orientação e controle para mísseis balísticos, marcação para artilharia, bombardeio de aeronaves, defesa aérea, trilhar submarinos, localizar minas, localização de radares inimigos, procura e resgate, logística;

- **Uso do GPS na Aviação;**

- **Topografia Oceânica:** O Ocean Topography Experiment (TOPEX/Poseidon) é um projeto entre EUA e França para desenvolver e operar um sistema avançado de satélites dedicado a observar os oceanos da Terra. O TOPEX/Poseidon foi lançado pelo foguete Ariane em Agosto/92 na Guiana Francesa. O satélite fornece a profundidade dos oceanos com precisão de 5 cm. O satélite TOPEX usa os dados do GPS, para constantemente ficar posicionado exatamente no centro da Terra. Isto permite medições da profundidade dos oceanos tomando como referência o centro da Terra;

- **Roteirista de viagens.**

## **4. Desenvolvimento Prático**

Esta Seção descreve as atividades efetuadas pelo bolsista durante o período Agosto de 2000 a Fevereiro de 2001.

### **4.1 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 MF/HF;
- Riômetros, etc.

#### **4.1.1 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 4.1.1 - Bloco esquemático de um sistema rádio-receptor para fins de estudos aplicados à Aeronomia.**

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 um pouco mais sobre cada um destes estágios principais, analisando-se mais a fundo as suas funções e as suas inter-relações.

#### **4.1.1.1 A Antena**

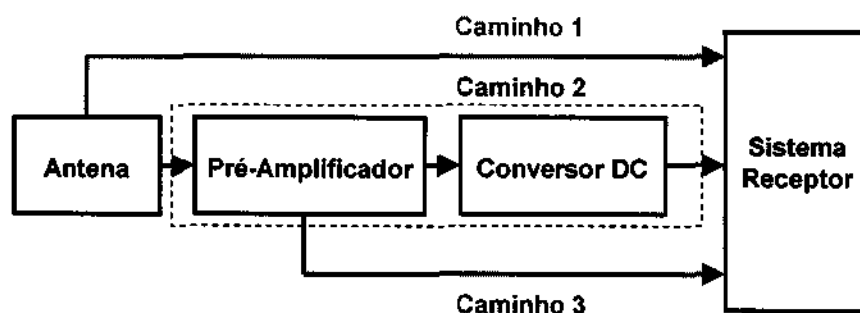
A antena tem como função principal transformar a onda eletromagnética em um sinal elétrico. Existem vários tipos de antenas e a escolha desta está intimamente ligada ao *tipo de sinal à ser captado* e a *região de cobertura do sinal à ser estudado*.

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.

Como exemplo, 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 já 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. Então, muitas vezes, o sinal de dado utiliza um caminho diferente do original que seria o caminho 1, representado na Figura 4.1.1.1 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 então de pré-amplificador e então 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 4.1.1.1 - 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.

#### **4.1.1.2 O Receptor**

O receptor é responsável pelo condicionamento ou tratamento do sinal. Nele estará 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.

#### **4.1.1.3 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 à 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 a 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.

#### **4.1.1.4 Outros Dispositivos**

Além dos dispositivos discutidos anteriormente, a instrumentação utilizando rádio-receptores pode utilizar outros dispositivos que auxiliam na

aquisição de dados e monitoramento tais como temporizadores, geradores de padrões, etc.

#### **4.1.2 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/UFMS 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;
- Receptor de ondas MF/HF;
- Receptores GPS;
- Riômetro;
- Riômetro Imageador.

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

Neste relatório somente serão descritas as atividades relacionadas à implantação, no OES, do Receptor de ondas MF/HF e, também, do sistema GPS que será utilizado para estudo de irregularidades ionosféricas, visto que os demais receptores já tiveram suas descrições relatadas em relatórios anteriores enviados a apreciação do INPE/CNPq.

## 4.2 Receptor de Ondas MF/HF

O receptor de ondas MF/HF realiza a captação de vários sinais, transmitidos via reflexão ionosférica por várias estações de rádio comercial, cuja potência de transmissão é conhecida, e analisa a potência de sinal captado. A partir destes valores de potência pode-se analisar a contribuição da ionosfera para a transmissão por reflexão e também se fazer pesquisas no estudo de distúrbios ionosféricos.

O sistema implantado no OES consiste de um rádio-receptor (do tipo comercial utilizado para recepção AM e FM) controlado por microcomputador via porta paralela.

O sistema consiste basicamente em um controle de troca dos canais de frequência do receptor por microcomputador utilizando uma interface paralela. Isto é feito por um software instalado em um PC do tipo Notebook. O receptor, modelo NRD - 535 da JRC, é mostrado na Figura 4.2.

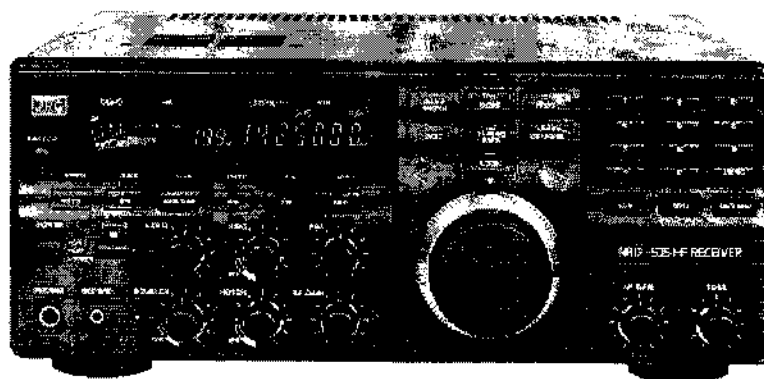


Figura 4.2 - Rádio-receptor de ondas MF/HF do OES/CRSPE-INPE.

Com a visita do Doutor Japonês Kazuo Makita, em agosto de 2000, o OES recebeu o modelo NDR 545, semelhante ao anterior, com apenas algumas modificações em algumas funções do mesmo, bem como na interface visual. Atualmente, o PC está coletando dados o bolsista está desenvolvendo um novo programa para o controle do rádio.



#### **4.2.1 Descrição Geral**

Com o objetivo de montar um sistema simples, de fácil instalação e de baixo custo para o estudo dos efeitos de distúrbios ionosféricos sobre as radiocomunicações na faixa de HF, o Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria – LACESM/CT/UFSM adquiriu através de uma Cooperação Científica Internacional em Ciências Espaciais Básicas e Atmosféricas, juntamente com o Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRSPE/INPE - MCT e diversas Instituições Japonesas, dois rádio – receptores de sinais de Média e Alta Frequência (MF e HF) para o desenvolvimento do sistema. Em princípio o sistema deve realizar automaticamente a alternância de frequências de recepção, pré - definidas pelo usuário e obter a potência do sinal captado, armazenando os valores em arquivos diários de dados para posterior análise. O estudo será realizado através da análise da potência de sinal captado, de forma a poder-se identificar perdas de sinal causadas por distúrbios ionosféricos.

#### **4.2.2 Características Gerais do Receptor Utilizado**

Em princípio, utilizou-se apenas um dos dois rádios – receptores adquiridos. O receptor utilizado neste Projeto foi o modelo NRD - 535 da *Japan Radio Company - JRC*, cuja principal característica é a possibilidade do controle de suas funções através de um PC. Este controle é feito através da porta serial (padrão RS-232). A faixa de operação deste receptor é de 100 kHz até 29.99 MHz. O segundo receptor tem as mesmas características do primeiro, contudo trata-se de um modelo mais recente (NRD – 545) desenvolvido com tecnologia DSP (“*Digital Signal Processing*”) e será utilizado assim que o primeiro sistema for completamente testado. A Figura 4.2.2 representa o sistema desenvolvido.

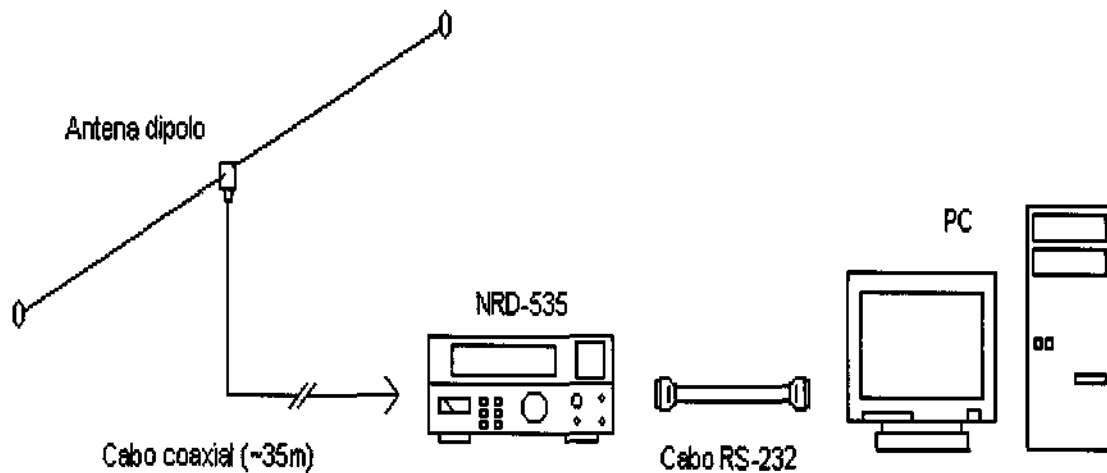


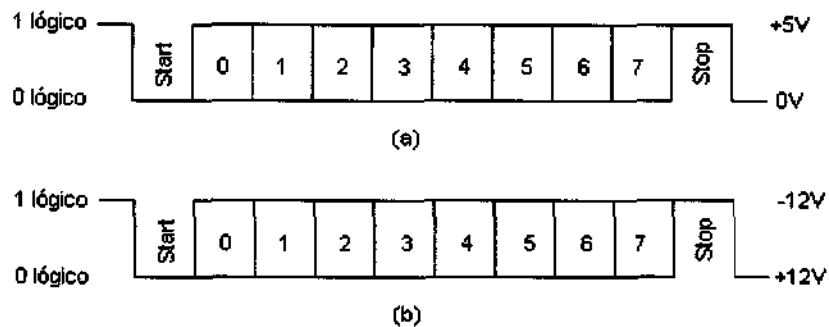
Figura 4.2.2 – Esquema representando o sistema desenvolvido.

#### 4.2.2.1 Interface Serial

A porta serial consiste de um dispositivo de entrada/saída de dados do PC pelo qual os bits são transmitidos em série e assincronamente, ou seja, não existe um sinal de *clock* ao qual os dados de transmissão/recepção estejam associados.

Na transmissão serial são necessários apenas três condutores: um para transmissão de dados (TX); um para recepção de dados (RX) e uma referência (GND). Desta forma a comunicação serial é muito utilizada em sistemas de transmissão de dados para curtas distâncias e que exijam um baixo número de condutores. Neste tipo de transmissão, um bit identifica seu início e 1 ou 2 bits identificam seu fim. Um caracter de dados geralmente consiste de 7 ou 8 bits. Dependendo da configuração da transmissão um bit de paridade é enviado após o envio de cada dado, para checar erros nos caracteres de dados. E por fim, 1 ou 2 *stop* bits são enviados.

A Figura 4.2.2.1 mostra o protocolo utilizado para envio serial de dados.



**Figura 4.2.2.1 - Protocolo de comunicação serial: 8 bits de dados, 1 stop bit e sem paridade. (a) Mostra a transmissão sendo feita com níveis lógicos TTL, contudo a porta serial do PC utiliza valores de tensão como os mostrados em (b).**

Fonte: baseado em [*Interfacing the Serial / RS232 Port V5.0*,  
<http://www.senet.com.au/~cpeacock>]

Antes de iniciar uma transmissão ou recepção de dados pela porta serial de um PC, alguns parâmetros devem ser configurados e/ou setados:

- **Bit de paridade:** Na comunicação pode-se optar ou não pelo uso de um bit verificador de erro na transmissão. Este bit indica se o número de bits em estado “alto” a serem enviados é ímpar ou par.
- **Stop Bit:** Quantos bits serão utilizados para indicar o fim da transmissão.
- **Bits de Dados:** Indica quantos bits, entre um bit de início de transmissão (start bit) e um bit de fim de transmissão (stop bit), são utilizados para enviar um carácter. Podem ser 7 ou 8.
- **Baud Rate:** Indica qual a taxa de transmissão em que os bits serão enviados. Pode assumir os seguintes valores: 50, 300, 600, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600 e 115200 bps.



Para o rádio receptor utilizado neste Projeto os parâmetros de comunicação serial foram setados, segundo sugerido pelo manual de instruções do equipamento [*Japan Radio Co., LTD*], com os seguintes valores:

- Bit de paridade: não utilizado
- Stop bit: 1 bit
- Bits de Dados: 8 bit
- Baud Rate: 4800 bps

#### **4.2.2.2 Antena**

Para a recepção dos sinais a serem monitorados, optou-se por utilizar uma antena do tipo dipolo de meia - onda para a frequência de 9 MHz, porque esta apresenta pouca diretividade, já que se deseja captar sinais de várias direções, e por ser uma antena de fácil construção e montagem. Esta antena foi instalada à aproximadamente 35 metros do Laboratório de Aeronomia, onde se instalou o rádio receptor juntamente com o paciente para aquisição de dados, no Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE - MCT, em São Martinho da Serra - RS (29°S, 53°O). A instalação no OES possibilita um baixo nível de ruído e uma ampla área de cobertura da antena, visto que não existem obstáculos tais como construções, árvores, etc. A feixe de recepção das antenas está aproximadamente sobre o eixo Nordeste – Sudoeste.

#### **4.2.3 Software Desenvolvido para Controle e Aquisição de Dados**

Com a possibilidade de interface serial entre o rádio - receptor e um PC, desenvolveu-se um programa computacional em linguagem C para controle do rádio e aquisição dos valores de potência do sinal captado.

O programa efetua a troca sistemática das frequências sendo monitoradas pelo sistema e adquire os dados de potência de sinal captado (em valores que devem ser convertidos posteriormente em unidades S ou dBm. Os dados então são gravados em arquivos diários cuja disposição é mostrada na Tabela 4.2.3.

Este programa envia ao rádio, através de códigos definidos no manual do equipamento, comandos para as mais diversas funções tais como: seleção da frequência de recepção, controle do ganho de RF, controle do volume, entre outros. Além disto, o receptor envia ao PC os valores de potência do sinal recebido quando um determinado comando é enviado ao receptor.

Tempo	Freq. 1	Freq. 2	Freq. 3	Freq. 4	Freq. 5
11:47:10.05	140	169	098	092	098
11:47:20.04	139	169	107	099	101
11:47:30.04	141	171	102	089	100
11:47:40.04	140	170	101	092	103
11:47:50.03	139	169	096	091	099
11:48:00.03	141	170	103	092	098
11:48:10.03	141	170	096	088	100
11:48:20.02	142	171	106	096	101
11:48:30.02	140	169	098	087	101
11:48:40.02	142	170	097	085	107
11:48:50.01	144	172	096	091	101

**Tabela 4.2.3 - Disposição dos dados de potência do sinal recebido, gravados em um arquivo gerado pelo programa computacional desenvolvido para o sistema descrito.**

#### **4.2.3.1 Comandos Enviados pelo PC ao Rádio - Receptor**

Segundo o manual do rádio - receptor existem aproximadamente 40 diferentes comandos que podem ser enviados pelo PC ao rádio - receptor. Estes comandos possibilitam executar todas as funções disponíveis na parte frontal do receptor via software. O formato dos comandos enviados para controlar tanto o NRD - 535 quanto o NRD - 545 segue o esquema abaixo:

Item de Controle	Informação de Controle	<CR>
------------------	------------------------	------

Um ou dois caracteres constituem o item de controle; a informação de controle é constituída de caracteres numéricos cujo comprimento depende do item de controle; CR representa o delimitador <Carriage Return>.

No programa desenvolvido, os comandos mais utilizados foram:

Comando	Descrição
FMMKKKHHH <CR>	Este comando informa ao receptor que ele deve ser sintonizado na frequência MMKKKHHH que vai desde 100,000 kHz até 29,999.999 MHz
M <CR>	Este comando informa ao receptor que ele deve enviar ao PC o valor de intensidade de sinal captado naquele momento para a frequência em operação

**Tabela 4.2.3.1 - Principais comandos utilizados no desenvolvimento do programa computacional para controle e aquisição de dados do receptor utilizado neste Projeto.**

#### **4.2.3.2 Algoritmo do Software de Controle e Aquisição Desenvolvido**

A seguir é mostrado um resumo do algoritmo que representa o software de controle e aquisição de dados desenvolvido pelo ex-acadêmico, hoje Engenheiro Fabiano da Silveira Rodrigues, que se encontra desenvolvendo Programa de Mestrado, no curso de Pós-Graduação em Geofísica Espacial do INPE, durante o período de estágio curricular supervisionado, efetuado no LACESM/CT/UFSM e no OES/CRSPE/IPE, para graduação no curso Superior em Engenharia Elétrica, cujo título é "Montagem de Experimento para Observação de Sinais de Radiodifusão na Faixa de Altas Frequências (HF) e Análise dos Primeiros Resultados Obtidos".

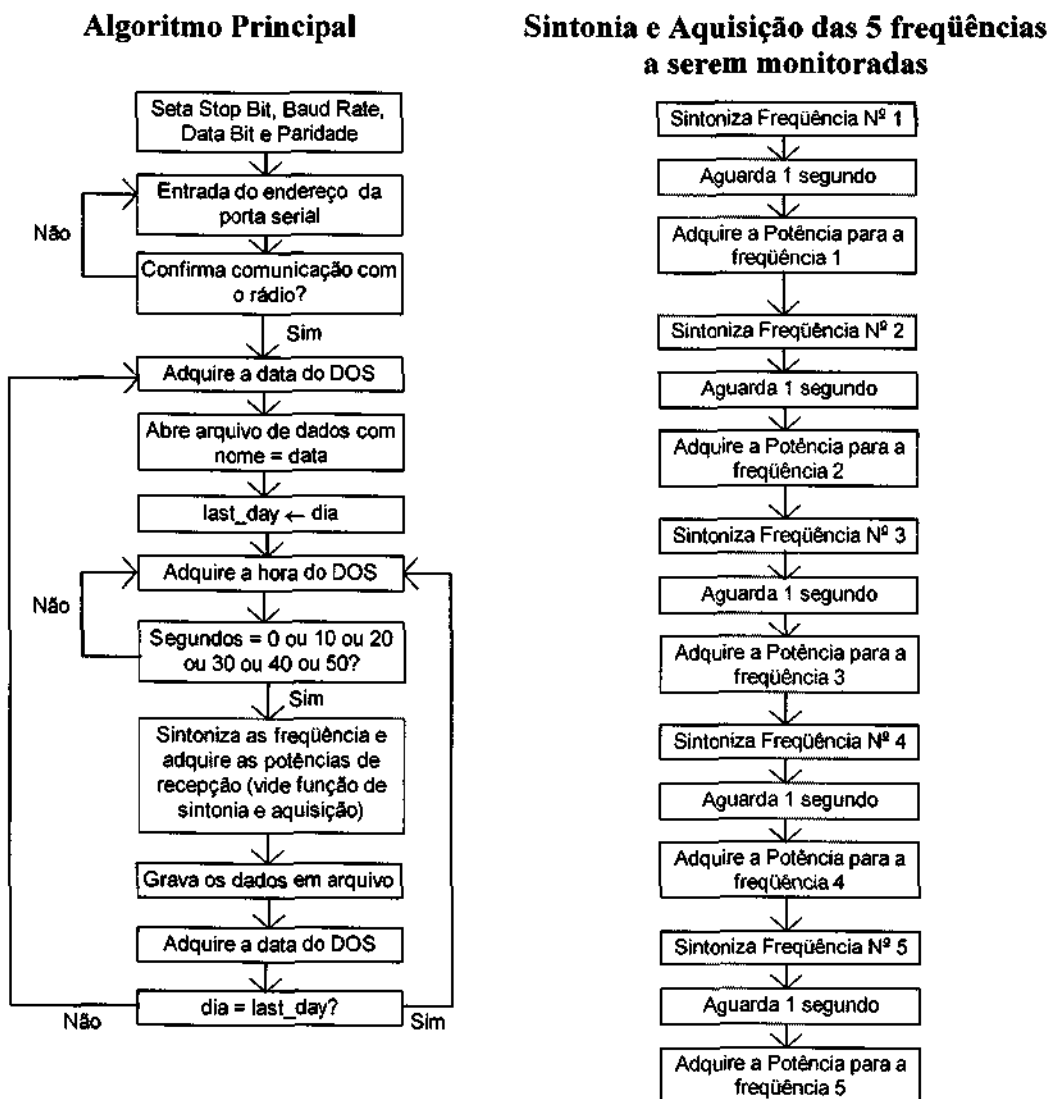


Figura 4.2.3.2 - Algoritmo do software desenvolvido para o controle e aquisição de dados.

#### 4.2.3.3 Software para Conversão dos Dados

Quando o software de controle e aquisição de dados adquire os valores de potência de sinal captado, estes vêm em um formato digital no qual cada valor tem uma certa correspondência com o valor real, em unidades S, que

pode ser visualizado no display de potência de sinal recebido, na porção frontal do rádio – receptor (“S Meter”). Para a conversão destes valores (chamados valores RX) em valores de unidades S foi necessário desenvolver um segundo software que lê os arquivos de dados e gera um segundo arquivo com os valores de potência convertidos de RX para unidades S.

Os medidores S são muito utilizados por radioamadores e servem como uma referência para poderem avaliar a qualidade do sinal recebido. As unidades S podem ser convertidas para decibel com relação à 1 mW (dBm) e também para valores de tensão (Volts). A Tabela 4.2.3.3 mostra a relação entre os valores RX, enviados pelo rádio-receptor ao PC, e as unidades S e dBm (Obs.: A relação entre RX e as unidades S foram obtidas experimentalmente, pois o manual de instruções do equipamento não continha informações suficientes).

RX	Unidades S	dBm
abaixo de 69	57,5	
70	55	
71	52,5	
72	50	
73	47,5	
74	45	
76 e 75	42,5	
77	40	-33
78	37,5	
79	35	
81 e 80	32,5	
82	30	-43
84 e 83	27,5	
85	25	
87 e 86	22,5	
88	20	-53
90 e 89	17,5	
91	15	
92	12,5	
94 e 93	10	-63
96 e 95	9,75	
98 e 97	9,5	
100 e 99	9,25	
101	9	-73
103 e 102	8,5	
105 e 104	8	-79
108 à 106	7,5	
109	7	-85



112 à 110	6,5	
114 à 111	6	-91
117 à 115	5,5	
120 à 118	5	-97
124 à 121	4,5	
127 à 125	4	-103
133 à 128	3,5	
136 à 132	3	-109
142 à 137	2,5	
150 à 143	2	-115
168 à 151	1,5	
Acima de 169	1	-121

**Tabela 4.2.3.3 – Relação entre as potências em valores RX, unidades S e dBm.**

Com isto, o segundo software desenvolvido apenas realiza a conversão dos valores RX para unidades S, com base na tabela 5. Os arquivos de entrada seguem a seguinte nomenclatura, conforme a gravação pelo primeiro software:

**yyyymmdd.dat**

Onde:

yyyy – dígitos do ano

mm – dígitos do mês

dd – dígitos do dia

O arquivo de saída do segundo software segue a seguinte nomenclatura:

**Cyyymmdd.dat**

Onde:

C – identificação de arquivo convertido

yyyy – dígitos do ano

mm – dígitos do mês

dd – dígitos do dia

### **4.3 Estudo das Irregularidades Ionosféricas Utilizando Receptores GPS**

Em novembro de 2000, foi montado um Sistema de Receptores GPS projetados para detectar a cintilação do sinal recebido durante a ocorrência de irregularidades ionosféricas. As irregularidades ionosféricas são enormes regiões rarefeitas do plasma ionosférico, também chamadas de bolhas ionosféricas, que se originam na região equatorial e se expandem ao longo das linhas de campo magnético, podendo atingir dimensões continentais. Estas bolhas afetam consideravelmente os sistemas de telecomunicações e os sistemas de posicionamento global. O receptor GPS provou ser um aparelho simples que fornece a morfologia e estatística de ocorrência de irregularidades ionosféricas. Permite também calcular a velocidade zonal, ou seja, leste-oeste, destas irregularidades e é um instrumento valioso para complementar o estudo das irregularidades efetuado por outros equipamentos, tais como radares ionosféricos, ionossondas, sondas a bordo de satélites e fotômetros.

#### **4.3.1 Introdução**

Em colaboração com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, o Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE instalou, no mês de novembro de 2000, em São Martinho da Serra – RS, um receptor GPS projetado para medir cintilações de amplitude do sinal recebido em 1,57542 GHz (Banda L) durante a incidência de irregularidades ionosféricas. Os dados de GPS estão sendo rotineiramente coletados e posteriormente gravados em CD's. Devido à interferência destas bolhas ionosféricas nos sistemas de posicionamento por GPS e nos sistemas de telecomunicações e devido ao fato de que elas estão aumentando devido ao aumento da atividade solar cujo pico

esta previsto para este ano (2001), é de grande interesse o monitoramento destas bolhas em futuro bem próximo, para estudo de sua morfologia e estatística.

As irregularidades do plasma ionosféricos são geradas na região equatorial por processos de instabilidade do plasma logo após o pôr do sol e podem estender a cerca de 10.000 Km ao longo das linhas de campo magnético e algumas centenas de quilômetros na direção zonal (leste-oeste), formando imensas regiões com rarefação de plasma em seu interior denominadas bolhas ionosféricas. Estas bolhas apresentam campos elétricos zonais intensificados e irregularidades de plasma de vários tamanhos de escala nas suas bordas. Os mecanismos que geram e que determinam a evolução destas irregularidades são bem complexos e maiores estudos, tanto através de medidas de diversos sondadores ionosféricos quanto de teorias e modelos teóricos, se fazem necessários para compreendê-los. As irregularidades ionosféricas, que podem ter dimensões de tamanho de centímetros a quilômetros, causam fortes cintilações na fase e na amplitude dos sinais eletromagnéticos que as atravessam, afetando substancialmente as comunicações entre os satélites e a Terra e os sistemas de posicionamento (GPS). Elas também podem até mesmo causar black-outs nas telecomunicações e erros ou falhas nos sistemas de posicionamento por GPS.

O sistema GPS consiste de 24 satélites operacionais em órbitas circulares e localizados a 20.200 Km de altitude, os quais transmitem sinais em frequências na banda L (1,57542 e 1,2276 GHz) e possibilita o estudo das irregularidades ionosféricas pois os sinais recebidos pelos receptores GPS cintilam ao atravessá-la. As placas de GPS possuem a capacidade de medir a intensidade dos sinais dos satélites GPS na frequência de 1,57542 GHz com uma taxa de 50 amostras/segundo e possuem 12 canais que processam digitalmente o sinal recebido simultaneamente de até 12 satélites que estão acima do horizonte.

### **4.3.2 O Monitor de Cintilação**

O monitor de cintilação ionosférica (SCINTMON) foi desenvolvido por pesquisadores da Universidade de Cornell (EUA) a partir de modificações de um Kit desenvolvido pela GEC Plessey GPS Builder-2TM. Como tal, grande parte da sua operação é semelhante a operação do software que vem com o kit. As modificações mais importantes incluem:

- Inclusão de um arquivo para registrar as cintilações ionosféricas;
- Exibição na tela da taxa estimada da relação sinal ruído.
- Eliminação de todas as partes dos códigos referentes às correções de diferencial.

#### **4.3.2.1 Objetivo do Monitor de Cintilação**

Estudar as irregularidades ionosféricas através da cintilação da amplitude do sinal recebido via sistema de satélites GPS.

#### **4.3.2.2 Características Gerais do Hardware**

O equipamento mínimo necessário consiste de uma antena GPS, computador pentium 100MHz, com hardisk mínimo de 1Gbyte e placa de interface Plessey GPS. Esta consiste de duas partes. A principal, com interface eletrônica de padrão ISA e uma outra, menor que a primeira, montada na placa principal, onde estão os circuitos integrados do GPS. Os jumpers na placa principal determinam o endereçamento do cartão para o processador do computador. Uma placa deste tipo determina o endereço DMA para controle e comunicação com a placa GPS.

Computadores com muitos hardwares e softwares instalados não devem ser utilizados para a operação deste equipamento, pois podem causar

interrupções ou conflitos de memória com o cartão GPS e com o programa do receptor. As conseqüências deste tipo de problema variam desde dos dados acumulados até o travamento do programa do receptor. Por isso, a melhor configuração recomendada para o perfeito funcionamento do computador do GPS e a que utiliza um sistema o mais simples possível, como, por exemplo, placa de vídeo VGA, placa SCSI com o numero de endereço IRQ e DMA setados na própria placa, placa de interface do GPS e sistema operacional DOS.

Com relação à antena do GPS, a mesma deve ser montada numa placa de aço e colocada sobre um plano onde não haja obstrução da visão do céu. O ideal seria de horizonte a horizonte em todos os ângulos de azimute. Lembrando que o sinal de um GPS tem comprimento de onda de 19cm, logo pode difundir efetivamente de pequenas estruturas.

Quando o sinal do GPS dissipado em obstáculos atinge a antena, a sua interferência com o sinal direto do satélite é chamada *multipath*. Multipath causa variações na amplitude do sinal e altera o código de sincronização que GPS usa para determinar a distância.

O multipath produz variações no sinal o que pode dificultar a distinção da cintilação da amplitude do sinal sob algumas circunstâncias. Existem duas características do multipath que permitem identificá-lo. A primeira, as variações do multipath tendem a se repetir de um dia para o outro desde que o satélite siga a mesma rota do céu em dias sucessivos. E a outra, tipicamente as variações multipath tem maior duração do que as cintilações. Um exemplo disso, os períodos de cintilação equatoriais estão na ordem de décimos de segundos, enquanto as variações multipath ocorrem em escalas de tempo de minutos

Devido ao multipath, deve-se instalar a antena do GPS em campo aberto, ou seja, longe de arvores, prédios, montes, etc., fixando-a de modo que ela resista, principalmente, ao vento.

Entretanto, quando utilizados locais elevados (antenas elevadas), surgirão também problemas de multipath, originado pela natureza defeituosa



da planície do solo, isto é, a reflexão do sinal em buracos no solo para a antena interfere com o sinal direto, até mesmo os sinais de satélite em ângulos de elevações negativos.

O cabo coaxial, que realiza a ligação entre a antena e o receptor, deve ser um cabo de baixa perda, e é conectado aos mesmos por conectores do tipo SMA, que são conectores muito frágeis e, portanto, podem ser facilmente danificados.

#### **4.3.2.3 O Software de Controle e Aquisição de dados**

O programa SCINTMON é controlado em dois modos diferentes. No primeiro modo, as teclas de funções F1 a F12 mostram cada tela específica do programa. A tela F3 mostra os status dos canais e é a primeira tela a ser mostrada, por default, após o programa SCINTMON ser inicializado.

Além das teclas de funções, o programa também é controlado por comandos de duas letras. Para acessar este modo de comando deve-se pressionar a tecla "ESC", e logo a seguir digitar o comando desejado.

Obs.: Não estão descritos neste relatório:

- Instalação do software e setagem de parâmetros;
- Comandos utilizados para controle do programa;
- Tarefas a serem executadas diariamente pelo operador;
- Informações a respeito dos arquivos de dados e cálculo da velocidade zonal.

Para ter acesso a estas informações deve ser consultado o Manual de Operação do Monitor de Cintilação SCINTMON (Manual traduzido por Acácio Cunha Neto, Observatório Espacial de São Luís\_MA).



Na parte central da tela F3 mostra quais são os satélites que estão sendo rastreados em cada um dos 12 canais de cartão GPS. Os indicadores de status mais importantes nesta tela são os indicadores de lock (próximos a última coluna, chamado locks) e o indicador da taxa sinal ruído (última coluna, chamado C/No).

Alguns tempo após a inicialização do programa pelo menos um dos canais deverá mostrar o símbolo "CCBF" na coluna de "lock" e o valor da taxa sinal-ruído (C/No) oscilando tipicamente entre 30 e 40 dB.

### F3 Display

Lat	N 42°26.5998'	Spd	0.44	GDOP	1.9	Svs	7	Wk	065	Date	09/08/96	
Lon	W 76°28.8966'	Hdg	140.2°	PDOP	1.7	Nav	3D	Sec	478066.8	UTC	12:47:35	
Hgt	231.59	ROC	-0.03	VDOP	1.4	HIGH EL	DO	DO	-1548.0	OscErr	0.98	
CH	SV	ELV	AZI	DOPP	NCO	URE	SF	PRerr	PRRerr	ICPerr	LOCKS	C/No
1	14	31	92	1252	-298	32	2	-4.8	-0.5	-6.0	CCBF	39.0
E 2	1	-7	14	799	-748	--	4	.	--	--	C	--
3	27	12	193	-3718	-5269	32	2	22.3	0.3	22.1	CCBF	37.4
E 4	19	-7	171	-3243	-4790	32	4	.	--	--	C	--
5	9	15	316	1743	198	32	2	13.2	0.2	14.6	CCBF	44.1
E 6	24	-2	220	3781	2232	--	.	.	--	--	C	--
7	2	74	161	-659	-2210	32	2	34.4	-0.2	34.1	CCBF	39.8
8	15	28	46	-3143	-4692	4	2	-6.4	0.3	-8.8	CCBF	39.2
9	7	66	311	929	-619	32	2	-12.2	-0.3	-11.9	CCBF	36.6
10	4	31	216	3148	1599	32	2	-35.4	-0.1	-38.2	CCBF	38.2
E11	31	-9	87	-2969	-4517	32	2	.	--	--	C	--
E12	26	-11	270	-2257	-3804	32	3	.	--	--	C	--
F1 Help                      F2-About                      F3-Channel Status            F4-Satellite Summary F5-Processing Status       F6-Fast Log                    F7-RINEX2 Data              F8-Operating Parameters F9-Task Status              F10-Data Log                  F11-Almanac Status         F12-Ephemeris Status 3-D GPS NAVIGATION IN PROGRESS (7 Pseudoranges) ScintMon, Ver. C1.20 (960729)                      GPS builder-2(TM), Config. A-1.3												

Figura 4.3.2.3 – Tela principal do software SCINTMON

A principal recomendação a respeito do programa SCINTMON é que ele somente pode ser executado em ambiente DOS, nunca em WINDOWS, devido a problemas que podem ocorrer, como anteriormente descrito.

O utilitário SCANFILE permite que seja verificado os dados dos arquivos depois que eles forem coletados, fornecendo uma amostragem qualitativa do conteúdo dos arquivos. Com este utilitário pode-se diagnosticar problemas de multipath e identificar a cintilações dos sinais.

#### **4.4 Desenvolvimento de Estrutura para Riômetros em 30 MHz**

Um Riômetro consiste de um simples receptor que registra a intensidade das ondas de rádio emitidas pelas estrelas, através de uma antena direcional. Como se trata de um equipamento simples, de fácil manuseio e de grande utilidade para a verificação da ocorrência de absorção ionosférica, dois novos serão instalados no mês de agosto em locais que serão definidos pelo Dr. Kazuo Makita.

Como este tipo de antena já é usada para a coleta de dados no OES, observou-se que o desgaste dos materiais que formam a estrutura da antena é muito rápido, visto que a mesma fica exposta a todos os tipos de variações climáticas. Com um suporte adequado, evita-se a necessidade de manutenções muito freqüentes na mesma e, também propiciando dados de melhor qualidade durante a aquisição.

Dentro deste contexto, foi proposto implementar uma estrutura para estes novos Riômetros que operam em 30 MHz, recentemente adquiridos através da Cooperação Brasil – Japão em Ciências Espaciais Básicas e Atmosféricas. Deste modo, o bolsista preparou um projeto para a compra de materiais que atendem a requisição anterior. Desta forma, o LAE adquiriu um suporte em alumínio para cada um dos novos Riômetros que deverá ser enviado aos locais de instalação dos mesmos ainda no mês de junho, para ser instalado durante a vinda do Dr. Kazuo Makita ao Brasil no mês de agosto do ano corrente.

#### **4.5 Futuras Ações**

Atualmente, finalizou-se a confecção das estruturas de suporte das antenas dos dois novos Riômetros (30 MHz) a ser instalado e cujo ponto de observação deverá ser determinado nos próximos meses. Com isso há a necessidade de envio dessas estruturas até os locais de instalação, ainda no





mês de julho, já que instalação deve ocorrer durante o mês de agosto durante a vinda do Dr. Kazuo Makita ao Brasil.

Uma outra atividade que deve dar-se início no mês de agosto é a análise dos dados provenientes do receptor de ondas MF/HF para verificar a possível ocorrência de distúrbios ionosféricos sobre a faixa de HF e de irregularidades ionosféricas através do estudo do sinal do monitor de cintilação.

Uma outra tarefa importante a ser feita no período é tentar solucionar o problema com uma registradora de sinais utilizada para registrar os dados captados por um dos Riômetros do OES, que esta inutilizada devido a uma descarga atmosférica que ocorreu no último mês.

#### **4.6 Participação em Palestras e Seminários**

Durante este período de atividade-bolsa, o bolsista participou dos seguintes eventos:

##### **■ VIII Semana Acadêmica do Centro de Tecnologia**

**Palestra:** Introdução ao Uso de Sensores Eletrônicos na Automação Industrial.

**Local:** Centro de tecnologia

**Palestrante:** Prof. Eng. Pedro Andrighetto – Universidade do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUI

**Data:** 20/11/2000

**Palestra:** A formação de Empreendedores no Ambiente Universitário.

**Local:** Centro de tecnologia

**Palestrante:** Eduardo Pereira

**Data:** 22/11/2000

**Palestra:** Entrevistas para Seleção – Novas Tendências

Relatório Final de Atividades



**Local:** Centro de tecnologia

**Palestrante:** Prof. Vânia Maria Flores – Universidade federal de Santa Maria - UFSM

**Data:** 21/11/2000

**Palestra:** Ciência, Tecnologia e Sociedade.

**Local:** Centro de tecnologia

**Palestrante:** Walter Antonio Bazzo

**Data:** 22/11/2000

**Palestra:** Sistemas de Qualidade da CVI Refrigerante Ltda.

**Local:** Centro de tecnologia

**Palestrante:** Eng. Eliane Saibt

**Data:** 22/11/2000

**Palestra:** Introdução aos Dispositivos Lógicos Programáveis – PLD e FPGA.

**Local:** Centro de tecnologia

**Palestrante:** Dr. Eng. Jpsé Renes Pinheiro - UFSM

**Data:** 22/11/2000

**Palestra:** Técnicos X Obscuros: Semelhanças e Diferenças.

**Local:** Centro de tecnologia

**Palestrante:** Maria Luiza Furtado

**Data:** 23/11/2000

**Palestra:** O Comportamento dos Motores de Indução de Gaiola Alimentados por Inversores.

**Local:** Centro de tecnologia

**Palestrante:** Eng. Hugo Melo - WEG

**Data:** 23/11/2000



**Palestra:** A Robótica e suas Implicações na Sociedade.

**Local:** Centro de tecnologia

**Palestrante:** Eng. Ms. Mário Jungbeck

**Data:** 24/11/2000

**Palestra:** Engenharia Biomédica: Experiência Prática do Eng° Clínico em um Hospital.

**Local:** Centro de tecnologia

**Palestrante:** Eng. Luis Antônio Glowacki

**Data:** 24/11/2000

**OBS.:** Os certificados relativos às palestras acima citadas ainda não foram conferidos pela UFSM. Devido a isso, não será enviada a cópia dos mesmos.

#### **4.7 Apresentação em Congressos e Encontros de Iniciação Científica**

Durante este período foram apresentados os seguintes trabalhos:

**Título:** EXPECTATIVAS DE IMPLANTAÇÃO DE UMA REDE DE RIÔMETROS PARA ANÁLISE DA CAMADA 'D' IONOSFÉRICA SOBRE A AMÉRICA DO SUL.

**Local:** XV Congresso de Iniciação Científica e Tecnológica – CRICTE'2000, realizado na Universidade Federal de Rio Grande – FURG.

**Data:** 20 e 21 de Outubro de 2000

**Autores:** Eduardo Rogério Marchesan, Fabiano da Silveira Rodrigues, Masaroni Nishino e Nelson Jorge Schuch

**Título:** OTIMIZAÇÃO DE SOFTWARE PARA REDUÇÃO DE DADOS DE MONITORAMENTO IONOSFÉRICO.

Relatório Final de Atividades



**Local:** XV Jornada Acadêmica Integrada da UFSM, Santa Maria – RS

**Data:** Agosto de 2000

**Autores:** Joedilson Braga de Azevêdo, **Eduardo Rogério Marchesan**, Fabiano da Silveira Rodrigues, Christiano Garnett Marques Brum, Nelson Jorge Schuch, João Carlos Furtado.

**Título:** PERSPECTIVAS PARA A INSTALAÇÃO DE UMA REDE DE RIÔMETROS

**Local:** VII Seminário de Iniciação Científica do INPE – SICINPE 2000, realizado no INPE em São José dos Campos – SP

**Data:** 4 e 5 Julho de 2000

**Autores:** **Eduardo Rogério Marchesan** e Nelson Jorge Schuch

**Título:** LABORATÓRIO DE AERONOMIA: ESTRUTURA, INSTRUMENTAÇÃO E RESULTADOS INICIAIS DE PESQUISAS - CONVÊNIO INPE/UFSM.

**Local:** VII Seminário de Iniciação Científica do INPE – SICINPE 2000, realizado no INPE em São José dos Campos – SP

**Data:** 4 e 5 de Julho de 2000

**Autores:** Fabiano da Silveira Rodrigues e Nelson Jorge Schuch

**Apresentador:** **Eduardo Rogério Marchesan**

Obs.: Será enviada uma cópia dos certificados já disponíveis pelo bolsista. A mesma pode ser encontrada na seção 7 (Anexos).

## 5. Conclusões

O sistema MF/HF, implantado recentemente, será de grande utilidade para se verificar a possível influência dos distúrbios ionosféricos sobre a rádio – propagação em várias faixas de freqüências (ELF, VLF, LF, MF e HF) na Região Sul do País e tanto no modo de propagação por meio do guia de ondas Terra – Ionosfera, quanto na propagação via reflexão ionosférica (ondas espaciais). Com isto, pode-se dizer que distúrbios ionosféricos podem ter uma influência considerável sobre determinados sistemas de rádio – comunicações. As faixas de freqüências estudadas são as mesmas que compreendem a radiodifusão (ondas curtas) e a faixa de navegação. Em suma, faixas de freqüências destinadas a sistemas de comunicação à distância.

Com a instalação dos dois receptores GPS, especialmente desenvolvidos para a observação de cintilações no sinal recebido, espera-se observar os efeitos de bolhas ionosféricas sobre o OES/CRSPE/INPE - MCT. Estes tipos de observações têm sido realizadas pelo INPE, em vários pontos do Território Brasileiro com resultados expressivos. Caso as bolhas ionosféricas sejam detectadas pelos receptores a serem instalados no OES/CRSPE/INPE - MCT, também poderá ser calculada a velocidade de deslocamento das mesmas, bem como fazer-se uma análise da sua dinâmica de surgimento e deslocamento [23,24]. Poderão ser analisados os efeitos da Ionosfera sobre sinais transionosféricos com freqüências na ordem de GHz.

Constatou-se a necessidade de observações ainda mais específicas e intensa da propagação de ondas via reflexão ionosférica. Com isto, o LAE está realizando a instalação de mais um receptor de Ondas Curtas que, associados a microcomputadores através de uma interface serial RS-232, fará, juntamente com a unidade já instalada, o monitoramento da intensidade de sinal captado para várias freqüências transmitidas por estações transmissoras situadas a diferentes distâncias e diferentes direções, em relação ao OES/CRSPE/INPE - MCT.

Faz-se necessário à continuidade de aquisição de dados ionosféricos visto a proximidade do período de máxima atividade solar, previsto para o ano este ano (2001). Durante este período, muitos eventos solares devem acontecer e seus efeitos sobre a Ionosfera devem ser estudados para que se tenha maiores informações sobre a resposta das Radio – Comunicações aos distúrbios ionosféricos.

Ao final de mais um período de atividade-bolsa, o aluno conclui que este trabalho vem engrandecendo para a sua realização pessoal bem como profissional, expresso pela participação no seu grupo de trabalho, desempenho escolar e, também, seminários de Iniciação Científica nas mais diversas Instituições.

## 6. Referências Bibliográficas

1. Boylestad, R; Nashelsky, L.; **Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos**; Editora Prentice-Hall do Brasil LTDA; Rio de Janeiro, RJ; 1982.
2. 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.
3. Brum, C.G.M.; Trabalho de Graduação: "**Software para Análise de Dados de Absorção Ionosférica de Ruído Cósmico na Antártica**"; Escola de Engenharia Industrial; São José dos Campos; SP; 1998.
4. Centro Tecnológico de Mecatrônica; **Fundamentos de Linguagem C**; Caxias do Sul; 1997.
5. Kirchhoff, V. W. J. H.; **Introdução à Geofísica Espacial**, Editora da Universidade de São Paulo; São Paulo; 1991.
6. Medrano-B, R.A.; Pereira, E. B.; **Ciências Espaciais e da Atmosfera na Antártica**; São José dos Campos; SP; 1995.
7. Nishino, M.; Yamagishi, H; Stauning, P.; Rosenberg, T.J.; Holtlet, J.A.; **Location, Spatial Scale and Motion of Radio Wave Absorption in the Cusp-Latitude Ionosphere Observed by Imaging Riometers**; Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, Vol. 59; No 8, pags 903-924; 1997.
8. 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.
9. Shildt, H.; **C, Completo e Total**; Editora Makron – McGraw-Hill; São Paulo; 1996.
10. Stauning, P.; Yamagishi, H; Nishino, M.; Rosenberg, T.J.; **Dynamics of Cusp-Latitude Absorption Events Observed by Imaging Riometers**; J. Geomag. Geoelectr.; No 47; pags 823-845; 1995.

11. Stauning, P.; **Investigations of Ionospheric Radio Wave Absorption Processes using Imaging Riometer Techniques**; Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics, Vol. 58; No 6, pgs 753-764; 1996;

12. Nishino, M.; Tanaka, Oguti, T.; Yamagishi, H.; Holtet, J.A.; **Initial Observation Results With Imaging Riometer at NY-Alesund (L=16)**; NIPR Symposium on Upper Atmosphere Physics, No 6; 1993.

13. 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.

14. 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.

15. 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.

16. 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.

17. Ott, H. W.; **Noise Reduction Techniques in Eletronic Systems**; Wiley-Interscience.

18. Satoh, M. & Nishino, M.; **Data Recording of the 4X4 Imaging Riometer – Operation Manual**; Nagoya; 1999.

19. 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.

20. The American Radio Relay League; **The ARRL Antenna Book**; USA; 1991.

21. 8447F Amplifier 0.1 - 1300 MHz; **Operation and Service Manual**; Hewlett Packard.





22. Rodrigues, F. S.; Relatório Parcial de Atividades: **Desenvolvimento e Análise de Metodologia Instrumental e Técnicas para Observações a partir da Superfície Terrestre de Parâmetros Ionosféricos**; Santa Maria – RS, 2000.

23. de Paula, E. R.; Pallaoro, A. A.; Kintner, P. M.; Beach, T. L.; Kil, H.; Kantor, I. J.; Sobral, J. H. A.; Batista, I. S.; Abdu, M. A.; Oliveira, F. C.; **Ionospheric scintillation effects on DGPS positioning**; VI Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica.

24. Kil, H.; Kintner, P. M.; de Paula, E. R.; Kantor, I. J.; **Global Positioning System measurements of the ionospheric zonal apparent velocity at Cachoeira Paulista in Brazil**; Journal of Geophysical Research, Vol. 105, No A3; pp 5317 – 5327; March 1, 2000.



## **7. Anexos**

- Otimização de Software para Redução de dados de Monitoramento Ionosférico
- Perspectivas para a Instalação de uma Rede de Riômetros

# XV JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA

Ministério da Educação - Universidade Federal de Santa Maria

## CERTIFICADO

Certificamos que

**EDUARDO ROGERIO MARCHESAN**

Participou da **XV Jornada Acadêmica Integrada**,  
realizada nos dias 03, 04 e 05 de outubro de 2000,  
como Co-Autor do trabalho

**OTIMIZAÇÃO DE SOFTWARE PARA REDUÇÃO DE DADOS DE  
MONITORAMENTO IONOSFÉRICO**



---

Comissão Executiva  
Outubro de 2000



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

---


---

**CERTIFICADO DE PARTICIPAÇÃO NO 7º SICINPE – SEMINÁRIO  
DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA - INPE**

*Eduardo Rogério Marchesan*

*participou do 7º SICINPE, realizado no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, nos dias 04 e 05 de julho de 2000, com a apresentação do trabalho intitulado “Perspectiva Para a Instalação de Uma Rede de Riômetros”, orientado pelo Dr. Nelson J. Schuch.*

  
Dr. Ijar Milagre da Fonseca  
Coordenador PIBIC-INPE

  
Dr. Reuven Ophier  
Representante do CNPq