

## **Caracterização do Nível de Radio Interferência no Observatório Espacial do Sul Em São Martinho da Serra, na Faixa de 10 – 240 Mhz**

Noli José Kozenieski<sup>1</sup> (UFSM, Bolsista PIBIC/CNPq)  
Dr. Nelson Jorge Schuch<sup>2</sup> (CRSPE/INPE - MCT)

### **RESUMO**

Com o objetivo de estudar a probabilidade da participação do Observatório Espacial do Sul OES/CRSPE/INPE - MCT no Projeto LOFAR - *The Low-Frequency Array*, em maio/2003, teve início um estudo de rastreo e monitoramento de frequências na faixa de banda de 10 – 240 MHz, no sítio Observatório, analisando nesta faixa do Espectro a distribuição e natureza dos sinais presentes e suas variações no tempo e confrontar estas observações com dados obtidos em 1992, para estudos da estabilidade do Sítio do Observatório quanto à rádio interferências. LOFAR ou Telescópio para o Novo Milênio é um Radiotelescópio que está sendo planejado para operar na frequência de 10-240 MHz e terá aproximadamente 13.000 antenas dipolo distribuídas em forma de cachos formando 100 estações distribuídas em uma região espiral com 400 quilômetros de diâmetro, permitindo uma agilidade muito grande em frequência, tornando possível observações simultâneas em mais de uma frequência.

Para o rastreo foi criado um sistema de monitoramento remoto, possibilitando o rastreo no Observatório Espacial do Sul, localizado em São Martinho da Serra, RS, através dos laboratórios do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais, em Santa Maria. O sistema tornou viável procedimentos eficientes de varredura do espectro de frequências para sua caracterização, pois estando o Observatório em uma região relativamente isolada para evitar rádio interferências, um rastreo de forma prolongada e contínua seria inviável. Os sinais foram captados através de uma antena dipolo com aterramento virtual, fixada na parte externa do Prédio 2 do Observatório Espacial do Sul, sendo conduzidos através de cabo coaxial até um bloco amplificador, projetado por alunos bolsistas, vinculados ao Projeto RA, sendo posteriormente estudados por um analisador de espectro. Com o uso da Internet um computador, que está no Observatório, é comandado através dos computadores do Laboratório de Eletrônica do CRSPE/INPE - MCT. Os Comandos são enviados ao computador do Observatório que, através do uso de uma interfase GPIB, possui o comando de todas as funções do analisador de espectro, permitindo ser feitos ajustes e mudanças na faixa de observação, de forma remota. Os resultados demonstraram que não existe nenhuma Radio Interferência fora das previstas, sendo que não foi determinado a existência de nenhum sinal anormal presente e através de uma análise comparativa dos dados obtidos nas duas épocas, se constatou que no período de abril de 1992 a maio de 2003, não ocorreram mudanças relevantes em termos de rádio interferências na faixa de frequência de 20 – 200 MHz.

<sup>1</sup> Aluno do Curso de Engenharia Elétrica, UFSM. E-mail: [noli@lacesm.ufsm.br](mailto:noli@lacesm.ufsm.br)

<sup>2</sup> Orientador; Coordenador da implantação do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais.  
E-mail: [njschuch@lacesm.ufsm.br](mailto:njschuch@lacesm.ufsm.br)



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

**INPE-11579-PRE/6965**

**CARACTERIZAÇÃO DO NÍVEL DE RÁDIO INTERFERÊNCIA  
NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL EM SÃO MARTINHO  
DA SERRA, NA FAIXA DE 10 – 240 MHZ**

Noli José Kozenieski

Relatório Final de Projeto de Iniciação Científica  
PIBIC/INPE – CNPq/MCT

INPE  
São José dos Campos  
2004



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

**CARACTERIZAÇÃO DO NÍVEL DE RADIO INTERFERÊNCIA  
NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL EM SÃO MARTINHO  
DA SERRA, NA FAIXA DE 10 – 240 MHZ**

**RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA  
PIBIC/INPE - CNPq/MCT**

**PROTOCOLO N ° 022575/2002-2**

**Noli José Kozenieski (UFSM, Bolsista PIBIC/CNPq)  
E-mail: [noli@lacesm.ufsm.br](mailto:noli@lacesm.ufsm.br)**

**Dr. Nelson Jorge Schuch (CRSPE/INPE, Orientador)  
E-mail: [njschuch@lacesm.ufsm.br](mailto:njschuch@lacesm.ufsm.br)**

**Santa Maria, Maio de 2004**



## **IDENTIFICAÇÃO**

**Bolsista:**

**Noli José Kozenieski**  
**Acadêmico de Engenharia Elétrica**  
**Universidade Federal de Santa Maria – UFSM**

**Protocolo:**

**022575/2002-2**

**Orientador:**

**Dr. Nelson Jorge Schuch – Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais –**  
**CRSPE/INPE - MCT**

**Colaboradores:**

**Prof. Norberto U. V. de Oliveira, M.Sc – LACESM/UFSM**  
**Rafael Krummenauer - Universidade Federal de Santa Maria – UFSM**  
**Thiago Brum Pretto - Universidade Federal de Santa Maria – UFSM**

**Local de Trabalho**

**Laboratório de Eletrônica – CRESPE/INPE - MCT**  
**Observatório Espacial do Sul - Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais -**  
**OES/CRESPE/INPE – MCT.**



## SUMÁRIO

IDENTIFICAÇÃO .....	1
RESUMO.....	5
Capítulo 1 .....	6
1.1. INTRODUÇÃO.....	6
1.2. OBJETIVOS DESSE TRABALHO.....	7
Capítulo 2.....	8
2. DESENVOLVIMENTO TEÓRICO.....	8
2.1. PROJETO RADIOASTRONOMIA.....	8
2.2. RADIOTELESCÓPIO.....	8
2.3. PROJETO LOFAR - <i>The Low-Frequency Array</i> .....	9
2.3.1 CARACTERÍSTICAS DO RADIOTELESCÓPIO LOFAR.....	10
2.3.2. LOCAL PARA INSTALAÇÃO DE EQUIPAMENTOS LOFAR.....	11
Capítulo 3 .....	13
MATERIAIS E MÉTODOS.....	13
3.1. LINGUAGEM C.....	14
3.2.1. CARACTERÍSTICAS DA LINGUAGEM C.....	14
3.2.2. ESTRUTURA DE UM PROGRAMA EM C.....	15
3.2.3. DIRETIVAS DE COMPILAÇÃO.....	15
3.2.4. DECLARAÇÃO DE VARIÁVEIS.....	15
3.2.5. ESTRUTURAS DE CONTROLE.....	15
3.2.6. CRIAÇÃO, COMPILAÇÃO E EXECUÇÃO .....	16
3.2.6.1. CRIAÇÃO DO PROGRAMA.....	17
3.2.6.2. COMPILAÇÃO.....	17
3.2.6.3. EXECUÇÃO DO PROGRAMA.....	18
3.2.7. MODELO DE COMPILAÇÃO DA LINGUAGEM C.....	18



3.2.7.1. PRÉ-PROCESSADOR.....	19
3.2.7.2. COMPILADOR.....	19
3.2.7.3. ASSEMBLER.....	20
3.2.7.4. LINKER.....	20
3.2.7.5. UTILIZAÇÃO DE BIBLIOTECAS.....	20
3.3. ARQUITETURA DE COMPUTADORES.....	21
3.3.1. INTERUPÇÕES.....	21
3.3.2. ESTRUTURAS DE INTERCONEXÃO.....	22
3.3.3. INTERCONEXÃO COM BARRAMENTO - <i>BUS INTERCONNECTION</i> .....	22
3.3.3.1. LINHAS DE DADOS.....	23
3.3.3.2. LINHAS DE ENDEREÇAMENTO.....	23
3.3.3.3. LINHAS DE CONTROLE.....	23
3.3.3.4. OPERAÇÃO DE UM BARRAMENTO.....	24
3.3.3.5. HIERARQUIAS DE MÚLTIPLOS BARRAMENTOS.....	25
3.3.3.6. MÉTODO DE ARBITRAÇÃO.....	26
3.3.3.7. CONTROLE DE TEMPO.....	26
3.3.3.8. TIPO DE TRANSFERÊNCIA DE DADOS.....	27
3.3.5. MEMÓRIA.....	27
3.3.5.1. MÉTODOS DE ACESSO.....	27
3.3.5.2. DESEMPENHO.....	28
3.3.5.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.....	28
3.3.5.4. MEMÓRIA PRINCIPAL.....	29
3.3.6. DISPOSITIVOS DE I/O.....	29
3.3.6.1. FUNÇÕES DO MÓDULO.....	30
3.3.6.2. TÉCNICAS DE OPERAÇÃO.....	30
3.3.7. DMA - DIRECT MEMORY ACCESS.....	30
3.4 INTERFACE GPIB - <i>GENERAL PROPOSE INTERFACE BUS</i> .....	31
3.4.1. CONTROLADOR DO SISTEMA E CONTROLADOR ATIVO.....	31
3.4.2. LISTENERS, TALKERS AND CONTROLLERS.....	32
3.4.3. SINAIS DA INTERFACE.....	33
3.4.3.1. LINHAS DE DADOS.....	33



3.4.3.2. LINHAS DE "HANDSHAKE" .....	34
3.4.3.3. LINHAS DA ADMINISTRAÇÃO DA INTERFACE.....	35
3.4.4. PROTOCOLO "HANDSHAKE GPIB".....	36
3.4.5. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.....	37
<b>Capítulo 4 .....</b>	<b>38</b>
<b>RESULTADOS E ANÁLISE.....</b>	<b>38</b>
4.1. RASTREIO ELETRONICO.....	38
<b>Capítulo 5 .....</b>	<b>49</b>
<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>49</b>
<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>50</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>51</b>



## **RESUMO**

Este Relatório visa descrever as atividades vinculadas ao Programa do PIBIC/INPE – CNPq/MCT, desenvolvidas pelo bolsista **Noli José Kozenieski**, acadêmico do Curso de Engenharia Elétrica, da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, durante o período de **Agosto de 2003 à Julho de 2004**, no Projeto **“Caracterização do Nível de Radio Interferência no Observatório Espacial do Sul em São Martinho da Serra na Faixa de 10 – 240 MHz”**, junto ao Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais, no Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE - MCT.





## **CAPÍTULO 1**

### **1.1. INTRODUÇÃO**

O desenvolvimento deste Relatório é basicamente composto pelo desenvolvimento teórico e prático, de atividades visando a caracterização do nível de radio interferência para estudar a possível instalação de equipamentos do Projeto LOFAR - The Low-Frequency Array, no Observatório Espacial do Sul de São Martinho da Serra.

No desenvolvimento teórico foi feito uma extensa revisão bibliográfica sobre linguagem de programação, circuitos digitais, literatura técnica de manuais de programação de equipamentos e arquitetura de computadores, abrangendo principalmente o barramento GPIB.

O desenvolvimento prático foi contemplado com atividades de campo, como a criação de um sistema de monitoramento remoto, possibilitando o rastreamento no Observatório Espacial do Sul, localizado em São Martinho da Serra, RS, de através dos laboratórios do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais, em Santa Maria.

O sistema de monitoramento remoto tornou viável procedimentos eficientes de varredura do espectro de frequências para sua caracterização, pois estando o OES em uma região relativamente isolada para evitar interferências, um rastreamento de forma prolongada e contínua seria inviável.

### **1.2. OBJETIVOS DESSE TRABALHO**

O objetivo deste trabalho foi realizar um estudo teórico arquitetura de computadores, circuitos digitais, programação em linguagem C e literatura técnica de manuais de programação de equipamentos, possibilitando ao aluno bolsista, embasamento teórico para caracterização do nível de radio interferência no Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE–MCT, município de São Martinho da Serra/RS, através da criação de um sistema de comunicação via *software* com equipamentos como o “Analisador de Espectro”, possibilitando um sistema de rastreamento remoto.



## **CAPÍTULO 2**

### **DESENVOLVIMENTO TEÓRICO**

#### **2.1. PROJETO “RADIOASTRONOMIA”**

Radioastronomia é o estudo de corpos celestes por meio das ondas de rádio naturais por eles emitidas.

Em 1930, Karl Jansky começou a observar ondas vindas do espaço na frequência de 20,5 MHz. E em 1938 Reber repetiu a experiência com ondas de 160 MHz.

Estes estudos nos revelam muitas informações sobre o Sistema Solar, nossa própria Galáxia, Radiogaláxias, Quasares e Cosmologia Observacional, pois muitos fenômenos no Universo mostram-se melhor em uma porção do Espectro Eletromagnético, e pouco ou de modo nenhum em outras partes do Espectro. O céu visto aos “olhos” da radiofrequência difere do céu óptico. A parte mais clara está ao longo da Via Láctea, dez vezes mais forte do que o Sol, e esse tem intensidade muito variável.

Para fazermos nossas observações usamos ondas de rádio, pois nossa Atmosfera é transparente em determinados comprimentos de onda (300nm - 700 nm) e às ondas de rádio com comprimentos de onda aproximadamente de 1mm a 30 m. As ondas de rádio de curto comprimento de onda são absorvidas por moléculas na Atmosfera, e outros comprimentos de onda mais longos são refletidos pelas camadas de partículas carregadas na Ionosfera, na alta Atmosfera a reflexão é a razão porque por muito tempo, os sinais da onda média e curta em rádio podem, ser recebidos em torno do mundo. Para estudar outros comprimentos de onda: raios X, ultravioleta e infravermelho, são usados satélites com telescópios e detectores especiais.

Os sinais emitidos por Radiofontes podem ser recebidos nas parte mais distantes do Universo, entretanto eles sofrem uma grande atenuação, principalmente devido à dispersão de propagação em espaço livre, por isso há necessidade de receptores sensíveis e softwares de computador para controle de telescópios e análise das imagens.

Estas Técnicas são extensamente aplicáveis fora da Astronomia. Radioastronomia é, portanto, importante tanto para pesquisa pura como aplicada na formação e treinamento para cientistas e engenheiros.

## 2.2. RADIOTELESCÓPIOS

Um Radiotelescópio consiste em uma ou mais antenas de recepção direcional conectada a amplificadores muito sensíveis. A forma das antenas pode variar muito, muitas são parabólicas com superfícies muito precisas, outras tem a aparência às antenas da televisão. Na figura 2.1 podemos observar uma das Antenas do Protótipo Radiotelescópio do Observatório Espacial do Sul em São Martinho da Serra.

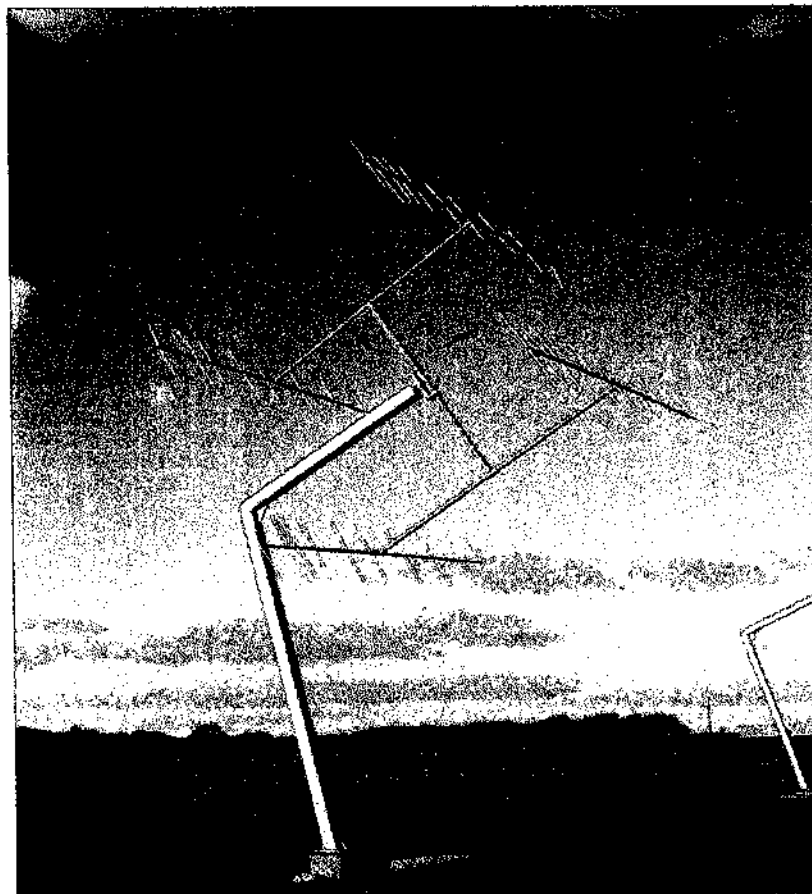


Figura 2.1 – Antena do Radiotelescópio no Observatório Espacial do Sul em São Martinho da Serra



A precisão desses telescópios depende da relação do tamanho do telescópio e do comprimento de onda da fonte de rádio a ser observada, a fim de fazer essa precisão ser a melhor possível o computador examina os dados, faz a correlação e através desses dados mapas de alta resolução usando técnicas de processamento de imagem.

### **2.3. PROJETO LOFAR - *The Low-Frequency Array***

O LOFAR - *The Low-Frequency Array* ou Telescópio Para o Novo Milênio é um Radiotelescópio que está sendo planejado para operar na frequência de 10-240 MHz.

Estão sendo avaliados vários locais, de potencial, para instalação do LOFAR, como o sudoeste dos Estados Unidos, Austrália e nos Países Baixos. Esta sendo estudado a possibilidade de o Brasil através do Centro Regional de Pesquisas Espaciais e do seu Observatório Espacial do Sul, de participar deste grande empreendimento, com a devida adequação do Projeto Radioastronomia, para as características do Sistema Receptor do LOFAR, visando a instalação de 1 ou 2 estações no Sul de Brasil, permitindo estudos de VLBI de rádio-fontes e regiões especialmente selecionadas.

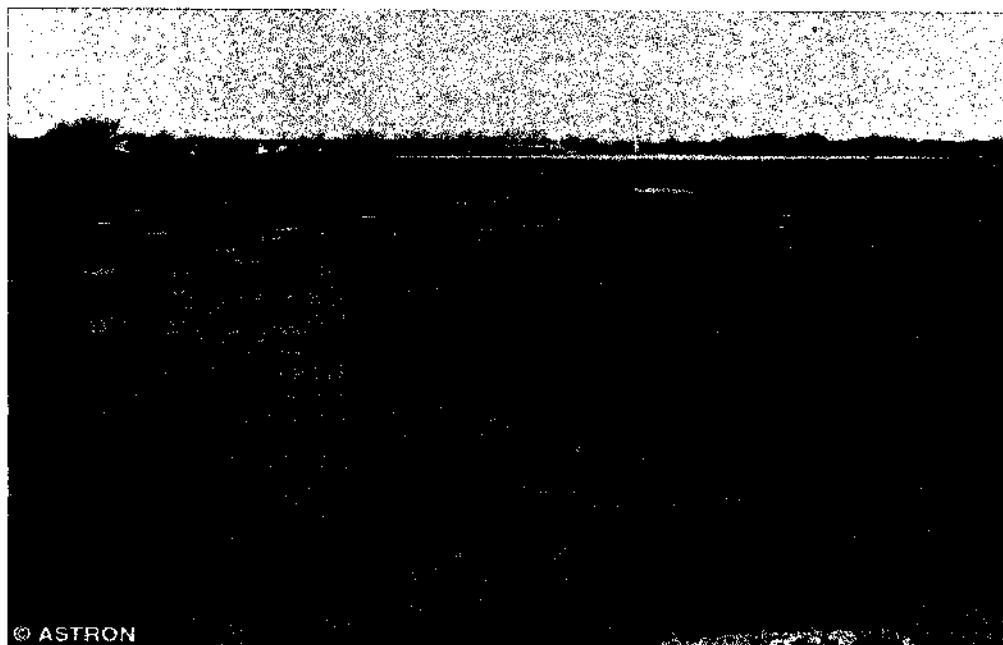


Figura 2.2. – Sistema de antenas do Radiotelescópio LOFAR

[ <http://web.haystack.mit.edu/lofar/technical.html> ]

### 2.3.1. CARACTERÍSTICAS DO RADIOTELESCÓPIO LOFAR

Terá aproximadamente 13,000 antenas dipolo distribuídas em forma de cachos formando 100 estações distribuídas de forma espiral numa região de 400 quilômetros de diâmetro, Figura 2.4.a. O sistema de transmissão de dados será através de fibra-ótica tornando possível ao sistema manipular terabits de dados por segundo. Este rádio telescópio possuirá uma agilidade muito grande em frequência, tornando possível observações simultâneas em mais de uma frequência.

LOFAR utilizará dois tipos de antenas para duas faixas de frequências diferentes. Uma antena do tipo dipolo ativo que opera na faixa de frequência de 10-90 MHz e outra baseada na combinação de uma grade 4x4 de dipolos que opera na faixa de frequência de 110-240 MHz, figura 2.3.b.

Para alcançar as metas de sensibilidade do Projeto LOFAR serão usadas de 10.000 à 15.000 antenas de cada tipo. Serão agrupadas em "estações", como mostra a Figura 2.3.b, com diâmetros de aproximadamente 100 metros cada. Os sinais de cada estação serão digitalizados e a interferometria será executada entre as estações e não entre antenas.

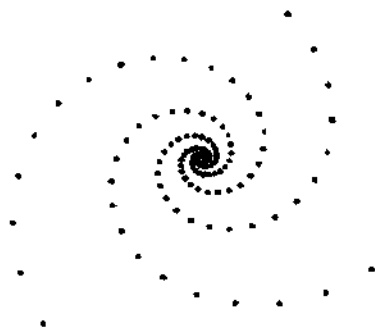


figura 2.3.a – Distribuição das estações

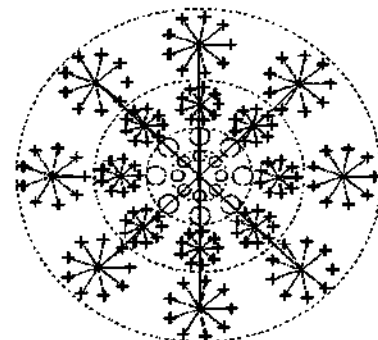


Figura 2.3.b – Estrutura de uma Estação

[ <http://web.haystack.mit.edu/lofar/technical.html> ]

Através de Transformação de Fourier e filtros digitais, se reduzirá a frequência de para 2 ou 4 MHz e os dados serão transportados através de fibras ópticas até um FPGA.

Para produzir imagens de objetos astronômicos com alta fidelidade, os dados do LOFAR precisarão ser corrigidos, devido os efeitos de propagação da Ionosfera.



Para fazer esta correção ionosférica, haverá um sistema de interatividade entre as diversas estações, mostradas na Figura 2.4.a. A Figura 2.4.b. nos mostra os caminhos dos raios de recepção de cada estação em relação a Ionosfera.



Figura 2.4.a – Distribuição das antenas numa das Estações do LOFAR

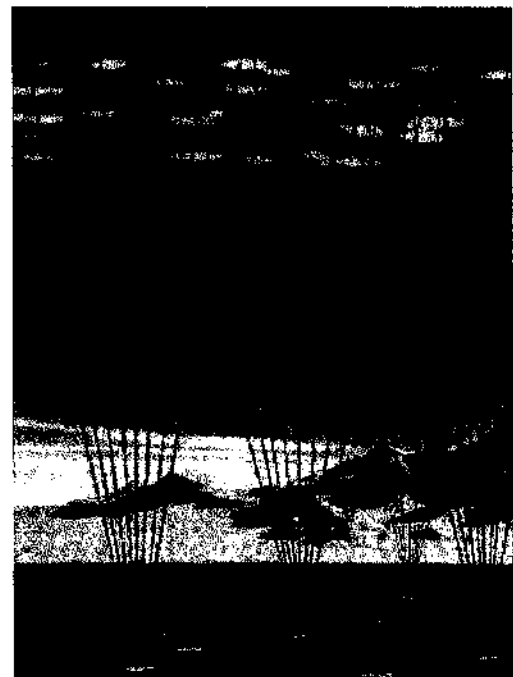


Figura 2.4.b – Caminho dos sinais de observação de Estações individuais, permitindo alta precisão da tomografia da Ionosfera para calibração do sistema

[ <http://web.haystack.mit.edu/lofar/technical.html> ]

### 2.3.2. LOCAL PARA INSTALAÇÃO DE EQUIPAMENTOS LOFAR

Santa Maria é localizada em uma descontinuidade geológica, ao Norte existem planaltos, os quais se estendem até ao Norte do Brasil. Em direção ao Sul inicia-se uma grande planície que vai à direção da Patagônia e aos Andes Argentinos.

No estudo de rádio interferência no campus da Universidade Federal de Santa Maria, os resultados não foram bons. A rádio interferência produzida neste local é muito alta, principalmente devido a esta área estar localizada próxima à Base Aérea de Santa Maria e devido à existência de rádio interferência produzida na própria Universidade.



Por isso os equipamentos LOFAR deverão ser instalados no Observatório Espacial do Sul. Na região escolhida, praticamente não existe níveis internos de interferência de radiação eletromagnética produzida pelo homem, uma vez que fica bem afastada dos centros urbanos. Por tanto a região/sítio do Observatório Espacial do Sul, tem as características:

**Região escolhida:**

- Rincão dos Negrinhos
- Norte de Santa Maria
- Município de São Martinho da Serra
- Distância de 55 Km via estrada BR158 do Campus da UFSM

**Coordenadas Geográficas:**

- Latitude: 29° 26' 24",06 Sul
- Longitude: 53° 48' 38",98 Oeste
- Altitude: 488,70 metros

**Coordenadas Magnéticas:**

- Latitude: 19° 13' 48" Sul
- Longitude: 16° 30' Leste
- Inclinação: 32°,99 Sul
- Campo Magnético Total: 22,800 nT



## **CAPÍTULO 3**

### **MATERIAIS E MÉTODOS**

O método para esse estudo foi primeiro definir um plano de estudo, que contemplou uma revisão bibliográfica em literatura especializada e atividades de “laboratório” e de “campo” pertinentes ao Projeto.

Na realização deste estudo, foi feito um estudo geral sobre o Projeto LOFAR e seus principais Subprojetos tais como; antenas, receptores, digitalização e correlação.

Após a compreensão do projeto LOFAR foi feita uma extensa revisão bibliográfica circuitos digitais e literatura técnica de manuais de programação de equipamentos tais como o “analisador de espectro”, sendo este um dos equipamentos usados no sistema de rastreamento.

Foi realizada uma extensa revisão bibliográfica sobre linguagem de programação em C, simultaneamente com a revisão bibliográfica sobre arquitetura de computadores, tendo uma grande ênfase na interface GPIB, estudada para o sistema de monitoramento.

O desenvolvimento prático foi contemplado com atividades de campo, como o rastreamento de radiofrequências no Observatório Espacial do Sul, bem como a criação de um sistema de monitoramento remoto, possibilitando o rastreamento no OES, localizado em São Martinho da Serra, através dos laboratórios do CRSPE/INPE – MCT, em Santa Maria.

Os materiais de pesquisa usados foram literatura técnica de manuais de programação, pesquisa na internet, publicações, apostilas e livros de aquisição própria, da biblioteca setorial do CRSPE/INPE – MCT e da UFSM.





### **3.1. LINGUAGEM C**

A linguagem C é uma linguagem de baixo nível, genérica. Foi desenvolvida *por* programadores *para* programadores tendo como meta características de flexibilidade e portabilidade. O C é uma linguagem que nasceu juntamente com o advento da teoria de *linguagem estruturada* e do *computador pessoal*. Assim tornou-se rapidamente uma linguagem “popular” entre os programadores. O C foi usado para desenvolver o sistema operacional UNIX, e hoje esta sendo usada para desenvolver novas linguagens, entre elas a linguagem C e Java.

A linguagem C é uma das mais rápidas dentre as popularmente usadas, só perdendo para o assembler, porém esta possuindo alta complexidade.

#### **3.2.1. CARACTERÍSTICAS DA LINGUAGEM C**

Entre as principais características do C, podemos citar:

- O C é uma linguagem de baixo nível com uma sintaxe bastante estruturada e flexível tornando sua programação bastante simplificada.
- Programas em C são compilados, gerando programas executáveis.
- O C compartilha recursos tanto de alto quanto de baixo nível, pois permite acesso e programação direta do microprocessador. Com isto, rotinas cuja dependência do tempo é crítica, podem ser facilmente implementadas usando instruções em Assembly. Por esta razão o C é a linguagem preferida dos programadores de aplicativos.
- O C é uma linguagem estruturalmente simples e de grande portabilidade. O compilador C gera códigos mais enxutos e velozes do que muitas outras linguagens.
- Embora estruturalmente simples, com poucas funções intrínsecas o C não perde funcionalidade pois permite a inclusão de uma farta quantidade de rotinas do usuário. Os fabricantes de compiladores fornecem uma ampla variedade de rotinas pré-compiladas em bibliotecas.



### **3.2.2. ESTRUTURA DE UM PROGRAMA EM C**

Um programa em C é constituído de um cabeçalho, um bloco de instruções principal e documentação do programa.

Na documentação do programa constam os comentários, e o cabeçalho contem as diretivas do compilador onde se definem o valor de constantes simbólicas, declaração de variáveis, inclusão de bibliotecas, declaração de rotinas, etc.

### **3.2.3. DIRETIVAS DE COMPILAÇÃO**

Em C, existem comandos que são processados durante a compilação do programa. Estes comandos são genericamente chamados de *diretivas de compilação*. Estes comandos informam ao compilador do C basicamente quais são as constantes simbólicas usadas no programa e quais bibliotecas devem ser anexadas ao programa executável. Por exemplo a diretiva `#include` diz ao compilador para incluir na compilação do programa outros arquivos. Geralmente estes arquivos contem bibliotecas de funções ou rotinas do usuário

### **3.2.4. DECLARAÇÃO DE VARIÁVEIS**

Em C, como na maioria das linguagens, as variáveis devem ser declaradas no início do programa. Estas variáveis podem ser de vários tipos: `int`, inteiro, `float`, real de simples precisão, dentre outras.

### **3.2.5. ESTRUTURAS DE CONTROLE**

A linguagem C permite uma ampla variedade de estruturas de controle de fluxo de processamento. Duas estruturas das estruturas básicas, decisão e repetição, são muito semelhantes às estruturas usadas nas pseudo-linguagem algorítmicas:



**Estrutura de Decisão:** Permite direcionar o fluxo lógico para dois blocos distintos de instruções conforme uma condição de controle.

Pseudo-linguagem	Linguagem C
<b>se</b> <i>condição</i>	<b>if</b> ( <i>condição</i> )
<b>então</b> <i>bloco 1</i>	<i>bloco 1</i> ;
<b>senão</b> <i>bloco 2</i>	<b>else</b>
<b>fim se</b>	<i>bloco 2</i> ;

**Estrutura de Repetição:** Permite executar repetidamente um bloco de instruções ate que uma condição de controle seja satisfeita.

Pseudo-linguagem	Linguagem C
<b>faça</b>	<b>do</b>
<i>bloco</i>	<i>bloco</i> ;
<b>até</b> <i>condição</i>	<b>while</b> ( <i>condição</i> )

### 3.2.6. CRIAÇÃO, COMPILAÇÃO E EXECUÇÃO

Os estados de desenvolvimento de um programa em C são geralmente:

- Criação do programa fonte, texto;
- Compilação desse programa, para a sua tradução para código executável ;
- Execução do código produzido.

No caso da detecção de qualquer erro em qualquer dos estados, todos eles deverão ser repetidos desde o início.

### **3.2.6.1. CRIAÇÃO DO PROGRAMA**

A criação dos programas fonte em linguagem C faz-se com o auxílio de um editor de texto genérico, ou específico de um ambiente de desenvolvimento. Em geral, os arquivos de texto produzidos deverão ter a extensão “.C” , para poderem ser reconhecidos automaticamente pelo compilador como sendo arquivos contendo código fonte em C. Obviamente o conteúdo dos arquivos deverá verificar rigorosamente a sintaxe da linguagem C.

### **3.2.6.2. COMPILAÇÃO**

A compilação dos programas em C faz-se através da invocação de um compilador, por exemplo no UNIX, o comando `cc`. O comando de compilação deverá ser seguido pelo nome do arquivo que contém o código fonte, geralmente com a extensão `.C`. É também comum colocar como parâmetros de chamada do compilador, várias opções de compilação, por exemplo no UNIX, a indicação do nome do arquivo executável com o resultado da compilação.

Assim uma compilação básica poderia ser executada no UNIX através do comando “`cc program.c`”, onde `program.c` é o nome do arquivo contendo o código fonte.

Se existirem erros de sintaxe no código fonte, o compilador irá detectá-los e indicará a sua localização junto com uma breve descrição do erro. Erros na lógica do programa apenas poderão ser detectados durante a execução do mesmo. Se o programa não contiver erros de sintaxe o compilador produzirá código executável. Tratando-se de um programa completo o código executável é colocado, por defeito, num arquivo chamado `a.out`, isto no UNIX.

### 3.2.6.3. EXECUÇÃO DO PROGRAMA

Durante a execução podem tornar-se evidentes mais alguns erros: erros de execução, por exemplo divisão por zero, ou erros que levem a que o programa não se comporte como esperado. Neste caso é necessário voltar à edição do programa fonte para corrigir a sua lógica, e depois efetuar também uma nova compilação para produzir a nova versão do código executável.

### 3.2.7. MODELO DE COMPILAÇÃO DA LINGUAGEM C

Serão salientados aqui os pontos principais do modelo de compilação da linguagem C.

Esse modelo está ilustrado através na Figura 3.3.

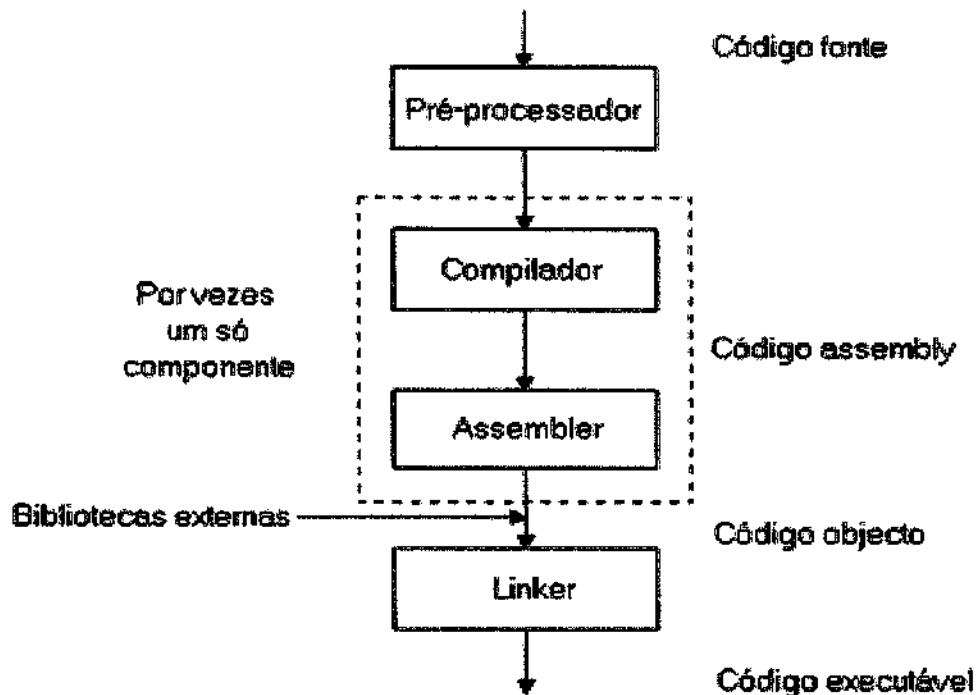


Figura 3.3 – Modelo de compilação em c.



### 3.2.7.1. PRÉ-PROCESSADOR

O pré-processador atua apenas ao nível do código fonte, modificando-o. Trabalha apenas com texto. Algumas das suas funções são:

- remover os comentários de um programa;
- interpretar directivas especiais a si dirigidas, que começam pelo carácter #.

Por exemplo:

- `#include` - insere o conteúdo de um arquivo de texto no arquivo corrente. Esses arquivos são usualmente designados por cabeçalhos, *header files* e têm a extensão `.h`:
  - `#include <math.h>` - Insere o conteúdo do arquivo `math.h` com a declaração das funções matemáticas da biblioteca standard.
  - `#include <stdio.h>` - Idem para as funções standard de entrada/saída.
- `#define` - define um nome simbólico cujas ocorrências no arquivo serão substituídas por outro nome ou constante:
  - `#define MAX_ARRAY_SIZE 100` - substitui todas as ocorrências de `MAX_ARRAY_SIZE` por 100.

### 3.2.7.2. COMPILADOR

Alguns compiladores traduzem o código fonte recebido do pré-processador para linguagem assembly, também texto. No entanto são também comuns os compiladores capazes de gerarem diretamente código objeto, instruções do processador em código binário.



### **3.2.7.3. ASSEMBLER**

O assembler traduz código em linguagem assembly (texto) para código objeto. Pode estar integrado no compilador. O código objecto é geralmente armazenado em arquivos com a extensão .o (Unix) ou .obj (ms-dos).

### **3.2.7.4. LINKER**

Se o programa referencia funções da biblioteca *standard* ou outras funções contidas em arquivos com código fonte diferentes do principal, que contém a função *main*, o linker combina todos os objectos com o resultado compilado dessas funções num único arquivo com código executável. As referências a variáveis globais externas também são resolvidas pelo linker.

### **3.2.7.5. UTILIZAÇÃO DE BIBLIOTECAS**

A linguagem C é muito compacta. Muitas das funções que fazem parte de outras linguagens não estão diretamente incluídas na linguagem C. Temos como exemplo as operações de entrada/saída, a manipulação de *strings* e certas operações matemáticas.

A funcionalidade correspondente a estas e outras operações não faz parte integrante da linguagem, mas está incluída numa biblioteca externa, bastante rica e *standard*. Todas essas operações são executadas por via da invocação de funções externas definidas nessa biblioteca *standard*.

Qualquer programador poderá desenvolver a sua própria biblioteca de funções, podendo até substituir algumas das funções *standard*, e também utilizar outras bibliotecas comerciais já existentes.

### 3.3. ARQUITETURA DE COMPUTADORES

Arquitetura se refere aqueles atributos do sistema que são visíveis ao programador. O computador é formado basicamente por uma unidade de processamento central, CPU, memória principal, dispositivos I/O e interconexões. Tal conjunto tem por função o processamento armazenamento e movimentação de dados fazendo uso de um sistema de controle.

A Figura 3.1 mostra o diagrama esquemático das interações entre os diferentes módulos.

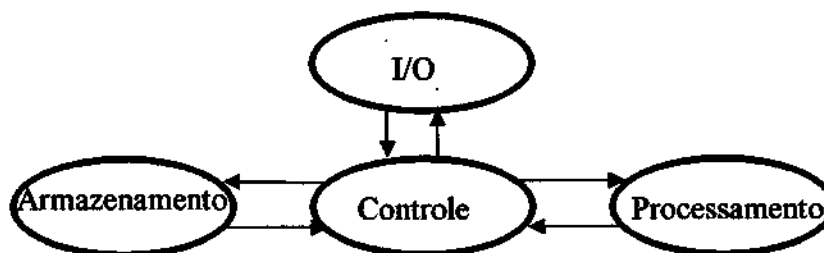


Figura 3.1 – Diagrama Esquemático das Interações

Na memória são armazenadas instruções e dados que interagem com a CPU, onde estão o PC - *Program Counter*, IR - *Instruction Register*, MAR - *Memory Address Register*, MBR - *Memory Buffer Register*, I/O AR - *I/O Address Register*, I/O BR - *I/O Buffer Register*.

#### 3.3.2. INTERUPÇÕES

São mecanismos que possibilitam outros módulos, tais como unidades de I/O ou de memória, interromper a seqüência de eventos sendo executada pelo processador, de forma a melhorar o desempenho.

Na execução de um programa o processador o inicia executando a primeira instrução, depois verifica se há algum sinal de interrupção, caso não haja, é realizada a busca da próxima instrução. Caso haja um sinal de interrupção, o processador armazena as informações do programa que está sendo executado e passa a executar as instruções



de um programa para tratar a interrupção. Após o término da execução do programa da interrupção, o processador volta a executar o programa inicial.

Teremos casos de interrupções múltiplas quando ocorrer de mais de um dispositivo enviar um sinal de interrupção ao processador, e este sinal chegar enquanto o processador está tratando uma interrupção. Para este caso teremos que aplicar procedimentos de desabilitação e hierarquia de interrupções.

### **3.3.3. ESTRUTURAS DE INTERCONEXÃO**

São as coleções de caminhos que conectam os módulos básicos de um computador, o processador, a memória e o I/O, e realizam transferências do tipo:

- memória para processador: o processador lê dados ou instruções da memória;
- processador para memória : o processador escreve dados na memória;
- I/O para processador: o processador lê dados do dispositivo de I/O;
- processador para I/O: o processador envia dados para o dispositivo de I/O;
- I/O para memória: o dispositivo de I/O escreve dados diretamente na memória;
- memória para I/O: o dispositivo de I/O busca dados diretamente da memória.

### **3.3.4. INTERCONEXÃO COM BARRAMENTO**

Um barramento é um caminho de comunicação que conecta dois ou mais dispositivos e cuja característica principal é o de ser um meio de transmissão compartilhado, isto é, um sinal transmitido para um dispositivo está disponível para todos os demais dispositivos

É constituído de várias linhas de comunicação onde somente um dispositivo por vez pode transmitir dígitos binários por várias linhas

Um barramento de sistema, system bus, conecta os principais componentes de um computador, processador, memória e I/O, sendo tipicamente constituído de 50 a 100 linhas separadas, que são classificadas de acordo com as funções que executam, linha de dados, linha de endereçamento, linha de controle e linhas de alimentação.

A Figura 3.2 ilustra as ligações das interconexões aos módulos de memória, dispositivos I/O e CPU.

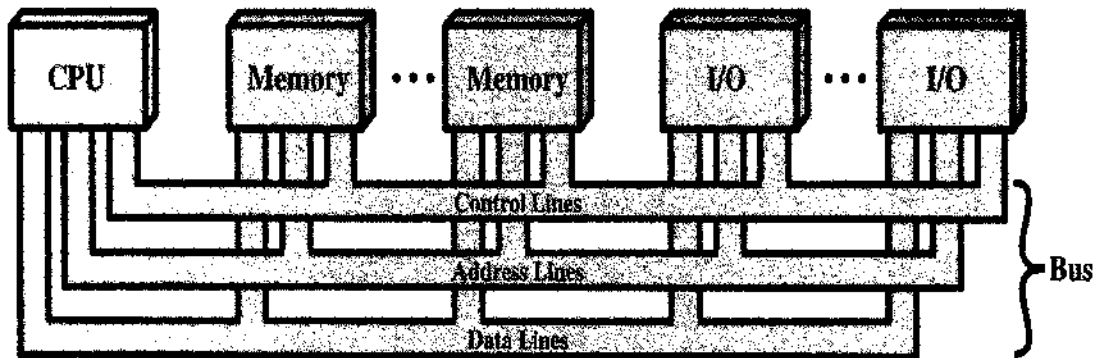


Figura 3.2- ligações de interconexões

As linhas dados são usadas para que haja troca de dados entre os diversos módulos e são designadas de barramento de dados “*data bus*”.

O barramento de dados consiste tipicamente de 8, 16 ou 32 linhas separadas, sendo que o número de linhas é identificado como sendo a largura do barramento de dados.

### 3.3.4.2. LINHAS DE ENDEREÇAMENTO

São usadas para determinar a fonte dos dados sendo lidos ou escritos. São usados no endereçamento de localizações da memória ou de portas de I/O.

### 3.3.4.3. LINHAS DE CONTROLE

São usadas para controlar o acesso e o uso das linhas de dados e de endereçamento, pois estas são usadas por todos os dispositivos conectados.

Os sinais de controle transmitem informações de comando e de sincronismo entre os módulos indicando a validade das informações dos dados e de endereçamento.

Desempenham as seguintes funções:

- Escrita na memória “*memory read*”: faz com que os dados contidos no barramento sejam escritos no endereço de memória especificado;
- Leitura da memória “*memory write*”: faz com que os dados do endereço de memória especificado sejam copiados para o barramento;
- Escrita no I/O “*I/O write*”: faz com que dados no barramento sejam enviados para o endereço da porta de I/O;
- Leitura de I/O “*I/O read*”: faz com que dados da porta de I/O especificada sejam copiados para o barramento;
- Confirmação de transferência “*transfer ACK*”: indica que dados foram aceitos para serem colocados ou retirados do barramento;
- Pedido de linha “*bus request*”: indica que um módulo precisa tomar controle do barramento;
- Linha concedida “*bus Grant*”: indica que o pedido de requisição de um módulo para tomar o controle do barramento foi concedido;
- Pedido de interrupção “*interrupt request*”: indica que uma interrupção foi solicitada;
- Confirmação de interrupção “*interrupt ACK*”: confirma que um pedido de interrupção foi reconhecida;
- Clock: usada para sincronizar as ações;
- Reset: usada para reinicializar todos os módulos

#### **3.3.4.4 OPERAÇÃO DE UM BARRAMENTO**

Se um módulo deseja enviar dados para outro módulo, inicialmente ele deve obter a permissão para usar o barramento e só então enviar os dados.

Se um módulo deseja receber informações de um outro módulo ele deve obter a permissão para usar o barramento, enviar um sinal de requisição e esperar pela resposta do outro módulo.

### 3.3.4.5. HIERARQUIAS DE MÚLTIPLOS BARRAMENTOS

Se muitos dispositivos forem conectados a um mesmo barramento, o desempenho do sistema será prejudicado, pois o aumento da velocidade de operação dos dispositivos não pode ser compensada pelo aumento da largura dos barramentos.

Para se minimizar este problema, são usados sistemas hierarquizados de múltiplos barramentos.

Uma Interface Expansora de Barramento, “Expansion Bus Interface”, armazena temporariamente dados transferidos entre o barramento de sistema e os controladores de I/O do barramento de expansão. Com este arranjo, é possível se isolar o tráfego entre o processador/memória do tráfego de I/O.

A Figura 3.3 mostra as ligações deste arranjo.

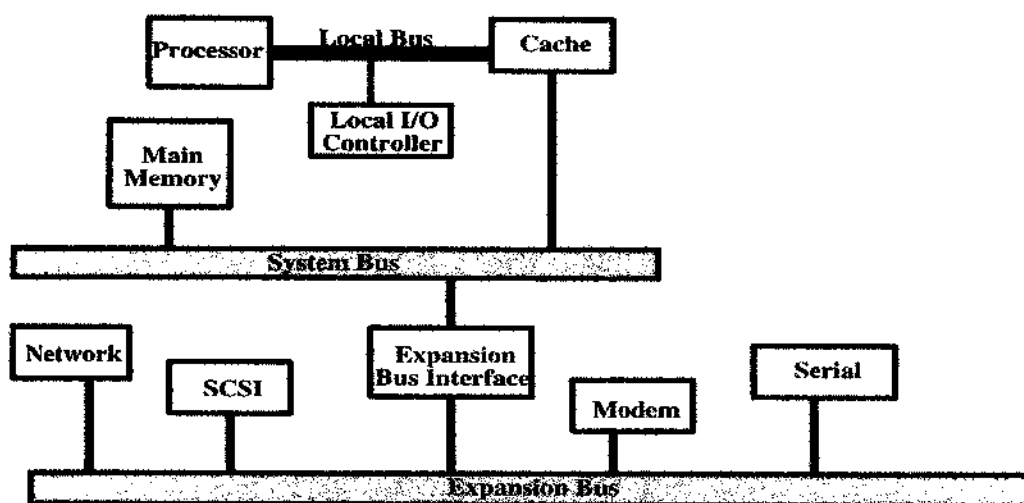


Figura 3.3 - Arquitetura tradicional do Barramento

Com o aumento da velocidade de alguns dispositivos, teve-se que criar um barramento de alta velocidade que é integrado ao sistema através de uma ponte entre este barramento e os demais módulos do sistema, mantendo ainda o isolamento dos diversos serviços. Tal arranjo é conhecido como Arquitetura de Mezzanino, mostrado na Figura 3.4.

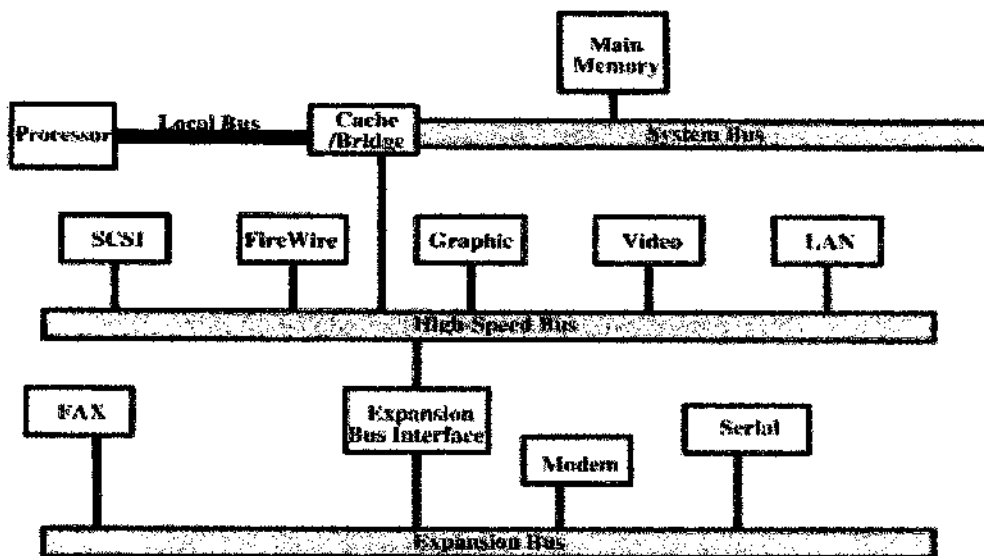


Figura 3.4 – Arquitetura de Mezanino

### 3.3.4.6. MÉTODO DE ARBITRAÇÃO

Será do tipo centralizado quanto somente um dispositivo, designado controlador de barramento, “*bus controler*”, ou árbitro é responsável pela alocação de tempo do barramento ou do tipo distribuído quando não há um controlador único, sendo que em cada instante, um dispositivo pode controlar o uso do barramento. Este dispositivo é chamado de mestre, “*máster*”.

### 3.3.4.7. CONTROLE DE TEMPO

Pode ser Síncrono ou assíncrono.

No síncrono a ocorrência de um evento no barramento é determinada por um clock. Existe uma linha de clock que tramite seqüências alternadas de 0s e 1s.

No assíncrono a ocorrência de um evento no barramento depende da ocorrência prévia de um outro evento.



### **3.3.4.8. TIPO DE TRANSFERÊNCIA DE DADOS**

A transferência dos dados pode ocorrer como:

- Escrita;
- Leitura;
- Leitura-modificação-escrita: leitura de dados seguida da escrita de dados no mesmo endereço;
- Leitura-após-escrita: após feita a colocação dos dados é feita uma leitura no mesmo endereço, para se realizar uma confirmação;
- Bloco: um ciclo de endereçamento é seguido por vários ciclos de dados.

### **3.3.6. MEMÓRIA**

#### **3.3.6.1. MÉTODOS DE ACESSO**

Pode ser acessada de forma direta, seqüencial, aleatória ou associativa.

O método seqüencial feito através de processo linear organizado em registros usando um mecanismo de escrita e leitura compartilhado. O tempo de acesso é variável e depende das buscas anteriores.

Pelo método direto, os dados são armazenados em forma de blocos endereçáveis. São procurados os blocos e em seguida é realizada uma busca seqüencial. O tempo de acesso depende das buscas anteriores, unidades de disco.

No método aleatório cada posição endereçável de memória tem um mecanismo de leitura/escrita. O tempo de acesso é independente dos acessos anteriores e é constante, memória principal.

Pelo método associativo ocorre a busca da informação a partir da comparação entre palavras ao invés da identificação por um endereço, o endereço é parte da informação. O tempo de acesso é independente dos acessos anteriores, caches.



### **3.3.6.2. DESEMPENHO**

O desempenho é determinado por fatores como o tempo de acesso, ciclo de tempo da memória e taxa de transferência.

O tempo de acesso para memórias RAM é o tempo levado para se escrever, ou deixar disponível um dado, a partir, do instante em que um endereço foi apresentado, para as outras memórias, é o tempo levado para se posicionar o mecanismo de leitura/escrita.

O Ciclo de tempo da memória consiste do tempo de acesso mais o tempo necessário para que o dispositivo possa realizar um novo procedimento de leitura/escrita.

A taxa de transferência é a taxa com que os dados podem ser lidos ou escritos na memória. Para RAMs, é o inverso do ciclo de tempo e para memórias não RAMs, têm-se:

$$TN=TA+N/R$$

onde: TN é o tempo médio de leitura ou escrita de N bits; TA é o tempo de acesso médio, N é o número de bits e R a taxa de transferência em bits por segundo(bps).

### **3.3.6.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS**

Podem ser do tipo voláteis ou não voláteis.

Nas voláteis a informação decai ou é imediatamente perdida quando a energia é desligada. As não voláteis a informação não necessita de alimentação de energia para ficar armazenada.



#### **3.3.6.4. MEMÓRIA PRINCIPAL**

Podem ser do tipo *Random-access memory* (ram), *read-only memory* (rom), *programmable rom* (prom), *erasable programmable rom* (eprom), *electrically erasable programmable rom* (eeprom) ou Memória *FLASH*.

**RANDOM-ACCESS MEMORY (RAM):** É volátil e usada para armazenamento temporário. Faz uso de capacitores, portas lógicas e sistemas de compensação. Por ser mais simples, têm mais célula por unidade de área e é mais barata.

**READ-ONLY MEMORY (ROM):** Não é volátil e é usada em programas do sistema que estão permanentemente disponíveis. Para estas memórias há o custo de fabricação das máscaras (padrão dos elementos a serem inseridos).

**PROGRAMMABLE ROM (PROM):** Não é volátil e pode ser escrita somente uma vez usando um sistema semelhante a fusíveis.

**ERASABLE PROGRAMMABLE ROM (EPROM):** Não é volátil e a incidência de radiação ultravioleta apaga toda a informação armazenada.

**ELECTRICALLY ERASABLE PROGRAMMABLE ROM (EEPROM):** Não volátil e usa o próprio barramento para as atualizações. O tempo de vida útil é dependente do número de atualizações.

**MEMÓRIA FLASH:** Não volátil e usa processos elétricos para se apagar a informações. O tempo de vida útil é dependente do número de atualizações.

#### **3.3.7. DISPOSITIVOS DE I/O**

Existe uma variedade muito grande de periféricos com métodos de operação e formatos de dados diferentes e as velocidades de transferência suportadas pelos periféricos são muito inferiores as da memória e do processador.

Para resolver estes problemas usa-se de um módulo de conexão I/O, para conectar um periférico ao barramento.



### **3.3.7.1. FUNÇÕES DO MÓDULO**

- O módulo desempenha as funções de:
- Controle nas operações via barramento;
- Comunicação com o processador;
- Comunicação com os periféricos;
- Bufferização de dados para não ocupar o barramento com transferências lentas;
- Detecção de erros de operação, tais como “problemas na impressora” ou “erro ao acessar o disco”, e erros de transmissão.
- Simplificação no uso dos dispositivos pelo processador, por ex., uso de comandos read e write.

### **3.3.7.2. TÉCNICAS DE OPERAÇÃO**

O processador executa diretamente os comandos de I/O (*programmed I/O*) ou encaminha um comando de I/O e passa a executar outras instruções, sendo interrompido quando a operação terminar (*interrupt-driven I/O*).

O módulo de I/O e a memória também podem trocar informações sem o envolvimento do processador (*DMA - Direct Memory Access*).

### **3.3.8.DMA - DIRECT MEMORY ACCESS**

É incluído um módulo no barramento do sistema que executa operações independente do processador.

Como o módulo de DMA realiza as operações de I/O via barramento do sistema, ele deve utilizá-lo quando o processador não o está utilizando ou impedir que o processador o use temporariamente.

O processador envia informações ao módulo de DMA do tipo:

- Identificação se o pedido é de leitura ou escrita;
- O endereço do dispositivo envolvido;

### **3.4. INTERFACE GPIB - *GENERAL PROPOSE INTERFACE BUS***

Esta interface foi desenvolvida para conectar e controlar instrumentos programáveis oferecendo uma interface padrão para a comunicação de instrumentos de diferentes fontes, desde então, tem evoluído para o padrão ANSI/IEEE-488.2-1987. A interface rapidamente foi ganhando popularidade na indústria da computação e por causa da sua versatilidade o comitê do IEEE trocou seu nome para “GPIB - General Propose Interface Bus”.

Quase todos os instrumentos podem ser usados com a especificação IEEE-488, porque ele não diz nada sobre a própria função do instrumento ou sobre a forma de seus dados. Os sinais passam através do bus IEEE-488 e através dos instrumentos que são definidos no padrão. Os instrumentos não tem o controle completo sobre a interface. Frequentemente o controlador de bus diz a interface o que tem que fazer. O controlador ativo desenvolve as funções de controle do bus para todos os instrumentos.

#### **3.4.1. CONTROLADOR DO SISTEMA E CONTROLADOR ATIVO**

Quando o sistema é energizado a interface IEEE-488 que é programada como Controlador do Sistema carrega o Controlador Ativo. O Controlador do Sistema tem entre outras coisas a capacidade de enviar os comando Interface Clear - IFC e Remote Enable - REN. O comando IFC “reseta” todos os dispositivos na interface e devolve o comando para o Controlador do Sistema. Pôr outro lado REN permite aos dispositivos conectados na interface responder uma vez que tenham sido endereçados. O Controlador do Sistema pode opcionalmente passar o controle para outro controlador o qual então passa a ser o Controlador Ativo.

### **3.4.2. LISTENERS, TALKERS AND CONTROLLERS**

Existem três tipos de dispositivos que podem ser conectados a interface IEEE-488, "Listeners, Talkers and Controllers". Alguns dispositivos incluem mais de uma destas funções. O padrão permite que um máximo de 15 dispositivos sejam conectados no mesmo bus. A cada dispositivo é assinalado um único endereço primário no intervalo de 0-30, "setando" o switches no dispositivo. Um endereço secundário também pode ser especificado no intervalo de 0-30.

O menor tamanho que pode ter um sistema é aquele que tem um controlador e um dispositivo talker ou listener, exemplo: HP 700 com um interface IEEE-488 e um voltímetro.

É possível ter mais de um Controlador no bus, barramento, mas só um pode ser o controlador ativo. O controlador ativo pode passar o controle para outro controlador com o qual este outro controle passa a estar orientado pelo novo controlador ativo. O Listener é o dispositivo que pode receber dados do bus quando é autorizado pelo Controlador e o Talker transmite dados através do bus quando é autorizado. O Controlador pode instalar um Talker e um grupo de Listeners com qual é possível enviar dados entre grupos de dispositivos.

### **3.4.3. SINAIS DA INTERFACE**

A interface IEEE-488 esta composta de 16 linhas de sinais e 8 de gnd. As 16 linhas de sinais são divididas em 3 grupos, 8 linhas de dados, 3 linhas de handshake e 5 linhas de administração. Todas as linhas operam com níveis TTL, mas usam uma lógica negativa porque as linhas são alimentada por driver com coletor aberto. Isto significa que um nível de voltagem menos de 0.8V corresponde a um nível lógico 1, e um nível de voltagem maior que 2.5V corresponde a um nível lógico 0.

A saída de um circuito com coletor aberto, conecta diretamente os coletores dos transistores de saída. O emissor do transistor é conectado ao terra. Quando o transistor está ativo, a saída é aterrada. Quando o transistor está cortado, a saída está flutuando. Para adequada operação do Bus as saídas dos drivers de linha são conectada a +5V através de transistores, de modo que quando os drivers estão inativos as linhas do Bus estão em +5V. A figura 3.5 mostra a estrutura geral e os sinais da interface GPIB.

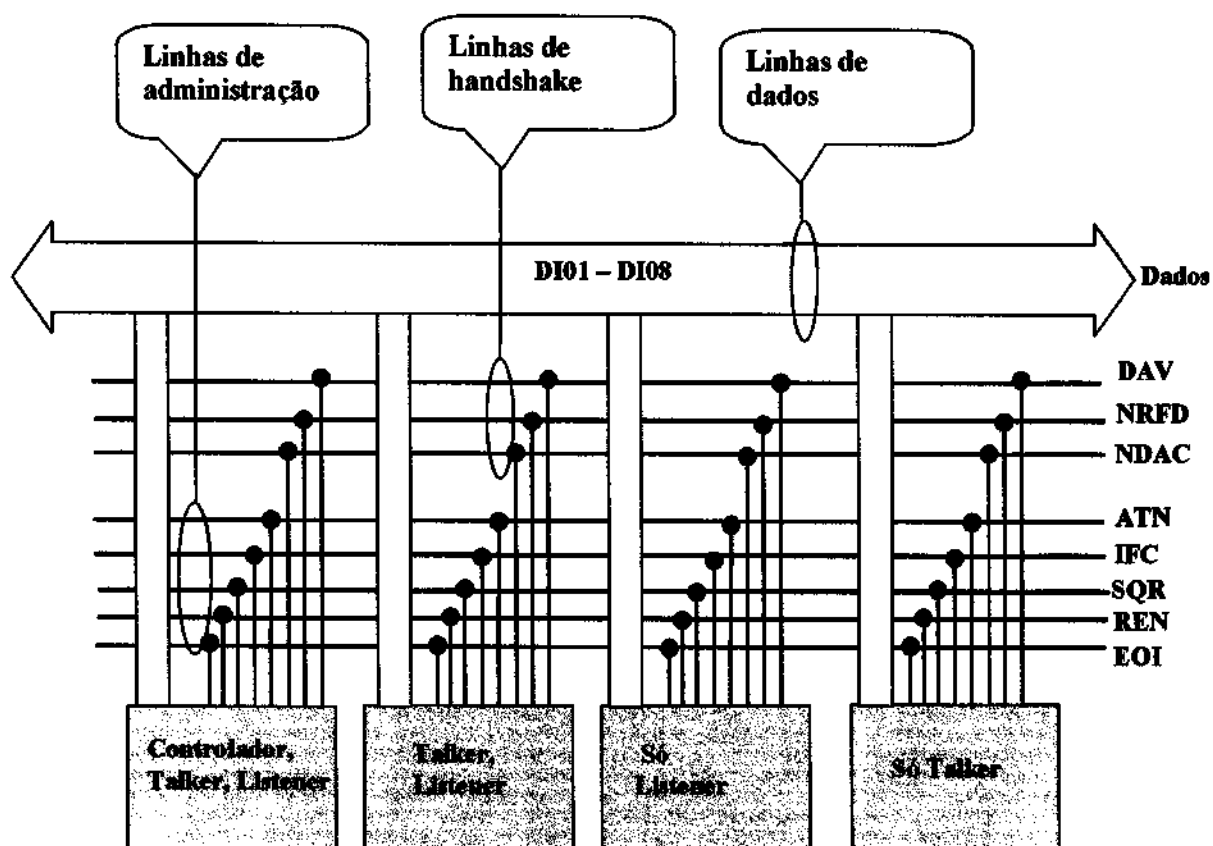


Figura 3.5 - Estrutura geral da interface GPIB

### 3.4.3.1. LINHAS DE DADOS

As linhas DIO1 a DIO8 são usadas para transferências de endereços, controle de informação e dados. Os formatos para endereços e controle são definidos pelo padrão IEEE-488. Os formatos de dados são indefinidos podem ser ASCII, com o sem paridade, ou binários. DIO1 é o bit menos significativo, corresponde ao bit 0.

### 3.4.3.2. LINHAS DE “HANDSHAKE”

As 3 linhas de “handshake”, NRFD, NDAC e DAV, controlam a transferência de bytes da mensagem entre cada dispositivo e formam o método para reconhecimento da transferência de dados. Este processo de handshake garante que os bytes na linha de dados são enviados e recebidos sem erros de transmissão o qual é uma das características do bus IEEE-488. Segue abaixo a descrição de cada uma das linhas de handshake.

- **DAV - Data Valid** – Dav é uma das três linha de handshake que controla a transmissão de dados no GPIB. Um nível lógico 1, nível de voltagem menor que 0.8V, na DAV indica que os dados estão disponível nas linhas de dados.
- **NFRD - Not Ready For Data** – NFRD é outra das três linha de handshake que controla a transmissão de dados no GPIB. Os dispositivos que recebem dados usam NFRD para indicar quando estes estão pronto para receber os dados. Quando todos os dispositivos estão pronto para receber os dados eles liberam a linha NFRD, que desta forma vai para o nível lógico 0, nível de voltagem maior que 2.5V, ou seja um nível lógico na linha NFRD indica que todos os dispositivos estão pronto para receber dados.
- **NDAC - Not Data Accepted** - NDAC é a terceira linha de handshake que controla a transmissão de dados no GPIB. Os dispositivos que recebem dados para indicar ao dispositivo que transmite os dados que estes já foram lidos. Quando todos os dispositivos leram os dados a linha NDAC é libera e vai para o nível lógico 0, nível de voltagem maior que 2.5V.



### 3.4.3.3. LINHAS DA ADMINISTRAÇÃO DA INTERFACE

As 5 linhas de administração da interface, ATN, EOI, IFC, REN, SRQ, manejam o fluxo de controle e dados através da interface. Segue abaixo a descrição de cada uma das linhas de administração.

- **ATN - Attention** – ATN é usada pelo o dispositivo que controla o bus, controlador ativo, para assinalar que um comando está sendo enviado. Um nível lógico 1 (nível de voltagem menor do que 0.8V) em ATN indica que os bytes que estão sendo transmitidos pelo controlador são comandos.
- **IFC - Interface Clear** – IFC é usada pelo controlador do bus par iniciar todos os dispositivos no bus. Um nível de voltagem baixo, nível lógico 1, faz com que todos os dispositivos conectado no bus seja *resetados* para os seus estados iniciais.
- **SQR - Service Request** – SQR é usada pelos dispositivos no bus para assinalar ao controlador uma solicitação de serviço. Um dispositivo no bus pode também usar a linha SQR para assinalar que um a tarefa terminou, um erro ocorreu na sua operação, que ele tem dados a serem transmitidos, ou por um números de outras razões. Quando um dispositivo que controla o bus detectar um nível baixo em SQR ele deve pesquisar, poll, os dispositivos que estão solicitando serviço.
- **REN - (Remote Enable)** – REN é usada pelo controlador do bus para habilitar os dispositivos receberem os comandos ou dados da GPIB. Um nível baixo na linha REN habilita todos os dispositivos conectados no bus a serem controlados pela GPIB.
- **EOI - (End Or Identify)** – EOI tem duas funções. Qualquer dispositivos transmitindo dados no bus pode usar a linha EOI, puxar para um nível baixo de voltagem, para assinalar o fim de uma transmissão de dados.

EOI é usada pelo controlador para iniciar uma pesquisa paralela, “parallel poll”. Quando ambos ATN e EOI são levadas a um nível baixo de voltagem, um pesquisa paralela é executada, fazendo com que os dispositivos configurados para isto, parallel poll apresentem bits de status nas linhas de dados.

### 3.4.4. PROTOCOLO “HANDSHAKE GPIB”

Os dados são transmitidos na interface GPIB um byte por vez. As linhas de handshake DAV, DRFD e NDAC gerenciam a transferência de byte pelo o “handshake”, aperto de mão, entre os dispositivos que transmitem e recebem dados. O processo de “handshake” garante que um byte é colocado no “bus” somente quando todos os dispositivos estão prontos, que os dispositivos “listening” só podem ler o “bus” quando os dados são válidos, e que os dispositivos que transmiti os dados mantenham seus dados no bus até que todos os dispositivos “listening” os tenham lido. Para ilustrar esta operação de “handshake” nos apresentamos na Figura 3.6 o diagrama de tempo dos sinais de dados e de “handshake”.

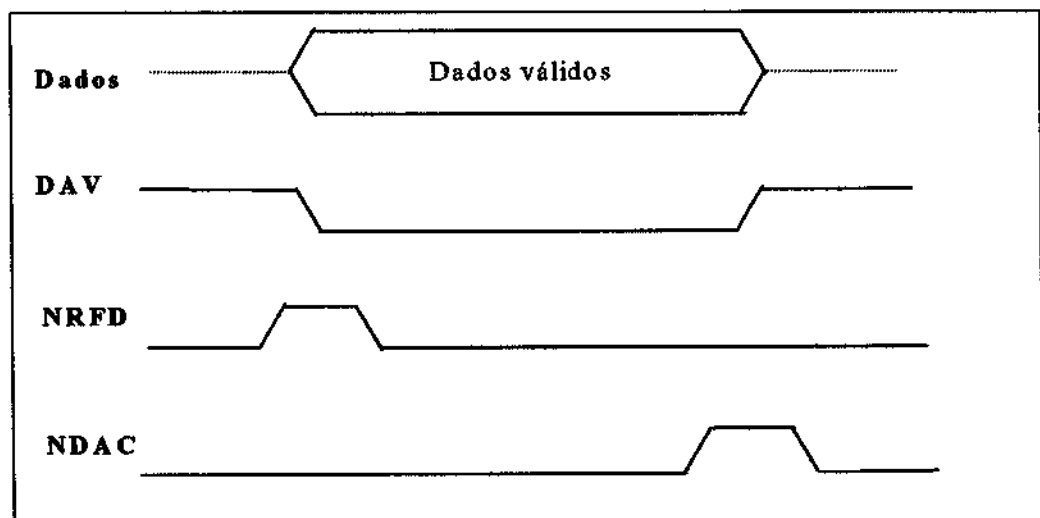


Figura 3.6 - Diagrama de tempo dos sinais de “handshake”

Antes de colocar qualquer dado no “bus”, o dispositivo transmissor deve esperar que a linha NRFD suba para um nível alto, nível lógico 0. Como a linha NRFD é alimentada por coletores abertos ela somente vai para um nível alto após todos os dispositivos liberarem a linha, lógica “wire-AND”. Assim quando NRFD é alto todos os dispositivos estão pronto para receber dados.

Uma vez que NRFD é alto o dispositivo transmissor pode colocar dados nas linhas de dados do bus. O transmissor faz isto colocando um nível baixo, nível lógico 1 na linha DAV. Quando cada dispositivos, receptor, detecta um nível baixo na linha DAV, ele ler os dados e libera a linha NDAC. Logo após o último dispositivo Ter lido os dados a linha NDAC vai para o nível alto, nível lógico 0, sinalizado para o dispositivo transmissor que os dados foram aceitos por todos. E, finalmente o transmissor pode remove os dados da linha de dados do bus e libera a linha DAV.

### **3.4.5. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS**

É possível ligar dispositivos de forma linear, Estrela (*star*) ou em forma combinada usando fios blindados de 24 condutores. Os fios do padrão IEEE-488 tem dois conectores do tipo plug e receptáculos no seus extremos. Este é um conector da Amphenol CHAMP ou Cinch Series 57 do tipo MICRO RIBBON.

O IEEE-488 especifica um comprimento máximo do fio de comunicação de 20 metros com não mais de 15 dispositivos conectados no bus. A máxima separação entre quaisquer dois dispositivos é de 4 metros e uma separação média de 2 metros no bus inteiro. Existe disponível extensores que aumentam o comprimento do bus e expansores que aumentam o número de dispositivos que podem ser conectados ao bus.



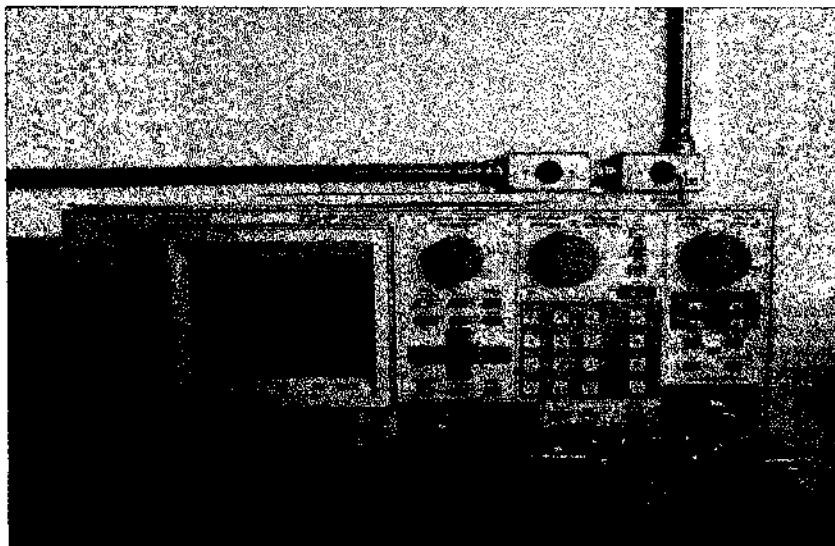
## **CAPÍTULO 4**

### **RESULTADOS E ANÁLISES**

#### **4.1. RASTREIO ELETRÔNICO**

Em maio/2003, teve início um estudo de rastreamento e monitoramento de frequências na faixa de banda de 10 – 240 MHz, no Observatório Espacial do Sul, com o objetivo de analisar nesta faixa do Espectro a distribuição e natureza dos sinais presentes e suas variações no tempo e confrontar estas observações com dados obtidos em 1992, para estudos da estabilidade do Sítio do Observatório quanto a rádio-interferências.

Para o monitoramento foi usado o equipamento “Espectrum Analyzer” da Tektronix modelo 2754P, com o qual é possível delimitar uma faixa de frequência de observação e determinar para os sinais observados sua frequência e potência. O equipamento “espectrum analyzer” é mostrado na Figura 4.1.



**Figura 4.1 – Analisador de espectro – Modelo 2754P TEKTRONIX do  
Laboratório de Eletrônica do CRSPE/INPE – MCT**

Os sinais foram captados através de uma antena dipolo com aterramento virtual, fixada na parte externa do Prédio 2 do Observatório Espacial do Sul, sendo conduzidos

através de cabo coaxial até um bloco amplificador, projetado por alunos bolsistas, vinculados ao Projeto RA, sendo posteriormente analisados pelo “Spectrum Analyzer”.

A antena e o bloco amplificador são mostrados na Figura 4.2 e Figura 4.3 respectivamente.

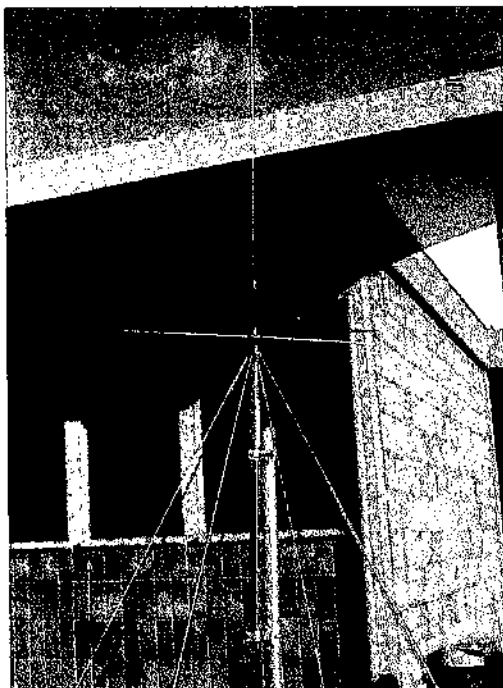


Figura 4.2 – Antena Monopolo, no Observatório Espacial do Sul do CRSPE/INPE – MCT

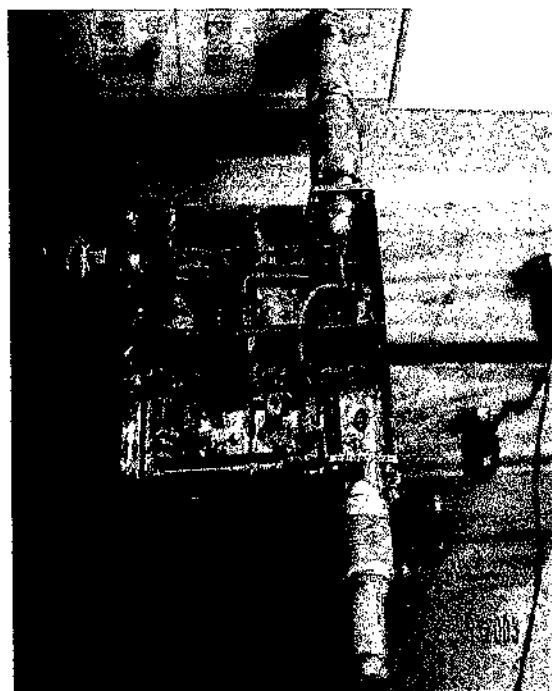


Figura 4.3 – Sistema de amplificação do Projeto no Observatório Espacial do Sul do CRSPE/INPE - MCT

Foi efetuada uma varredura de toda a banda espectral, para uma melhor observação do comportamento das frequências nesta faixa. Posteriormente para melhor visualização dos sinais emitidos, o rastreio foi feito em várias etapas com variações de frequência de 10 MHz ou 20MHz.

Na primeira etapa do projeto o rastreio era feito de forma manual, sendo que o aluno bolsista tinha que se deslocar de Santa Maria para o Observatório Espacial do Sul em intervalos regulares afim de fazer as varreduras. Cada sinal de valor considerável presente nesta faixa foi marcado e plotado num gráfico fazendo uso de uma “Ploter Color” Pro da Hewlett Packard, conectada com o “Spectrum Analyzer” através de uma porta GPIB. Cada gráfico possui a frequência, potência do sinal medido. A Ploter usada é mostrada na Figura 4.4.

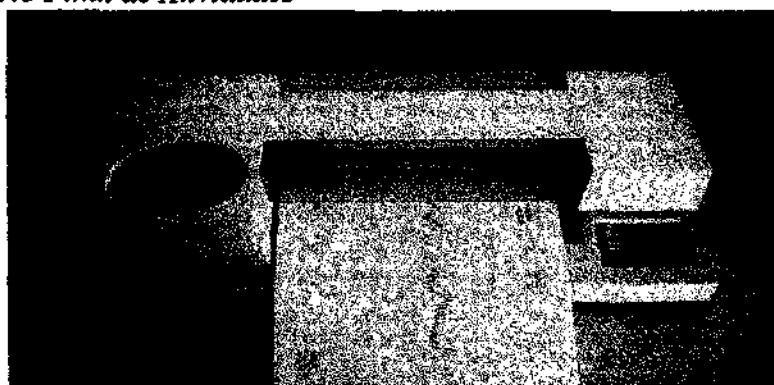


Figura 4.4 – Ploter Color Pro da Hewlett Packard

Posteriormente foi implantado um sistema de monitoramento remoto, com o qual era possível com o uso da internet comandar um computador, que estava no Observatório, através dos computadores do Laboratório de Eletrônica do CRSPE/INPE - MCT. Os Comandos são enviados ao computador do Observatório que, através do uso de uma interface GPIB, possui o comando de todas as funções do equipamento “spectrum Analyzer”, permitindo ser feitos ajustes e mudanças na faixa de observação, de forma remota.

A Figura 4.5 e Figura 4.6 nos mostram gráficos obtidos durante um monitoramento em 2003, onde pode-se observar os sinais encontrados na faixa de frequência de 100 – 110 MHz e de 110 – 180 MHz, respectivamente. Os sinais observados na Figura 4.5, foram identificados como emissoras de rádio da região e a Figura 4.6, nos mostra que na faixa de frequência de 115 – 180 MHz, não existe nenhum sinal de valor significativo nesta banda de frequências do Espectro Magnético.

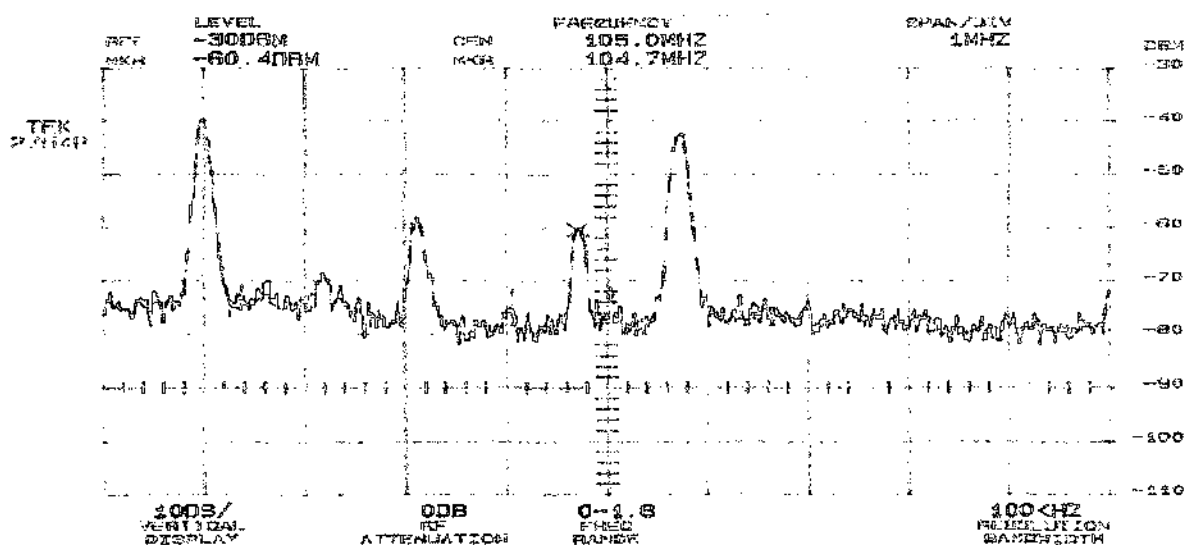


Figura 4.5 – Gráfico dos sinais na largura de banda de 100 – 110 MHz, coletados em 2003, no Observatório Espacial do Sul do CRSPE/INPE –MCT.

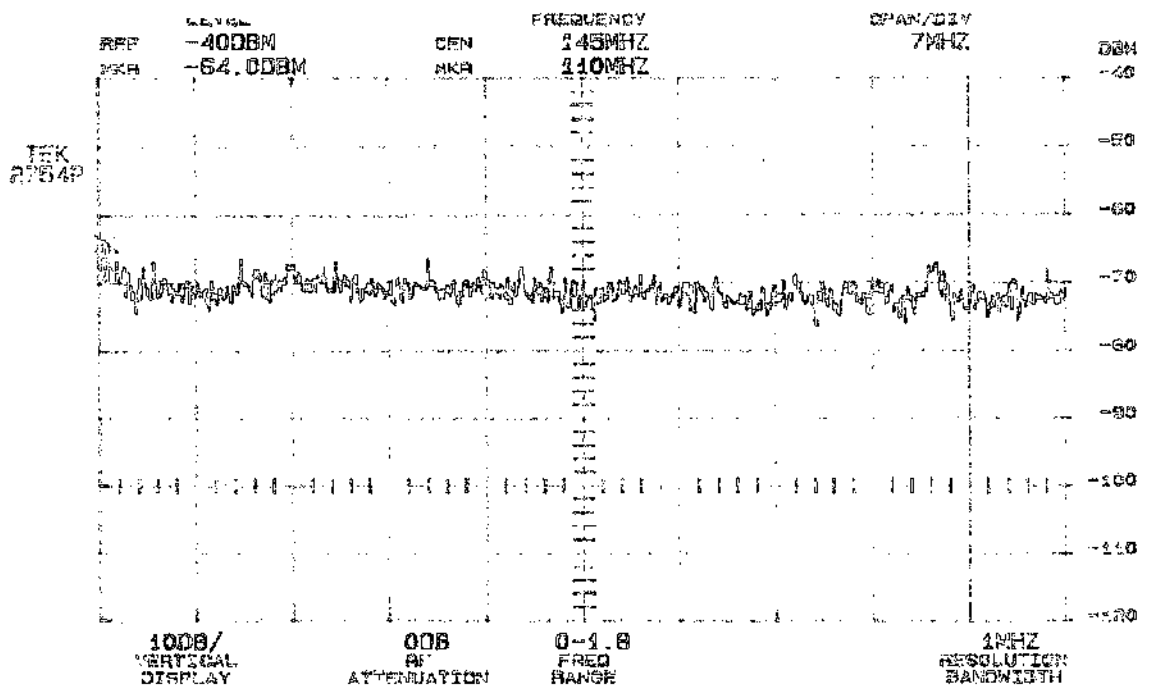


Figura 4.6 - Gráfico dos sinais na largura de banda de 110 – 180 MHz coletados em 2003, no Observatório Espacial do Sul do CRSPE/INPE –MCT.

A figura 4.7 e figura 4.8 nos mostram gráficos obtidos no início da década de 1990, durante um monitoramento em 30/04/1992, onde pode-se observar sinais basicamente de rádio AM e FM locais, encontrados nas faixas de frequência de 20 – 200 MHz e 148 – 154 MHz respectivamente.

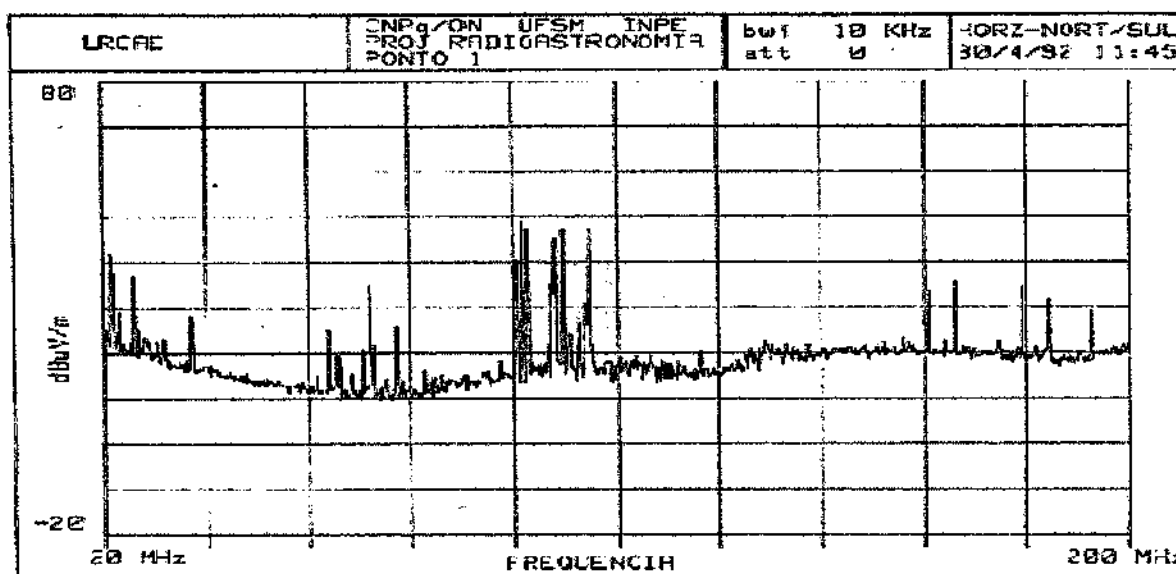


Figura 4.7 - Gráfico dos sinais na largura de banda de 20 – 200 MHz, coletados em 1992, no Observatório Espacial do Sul do CRSPE/INPE –MCT

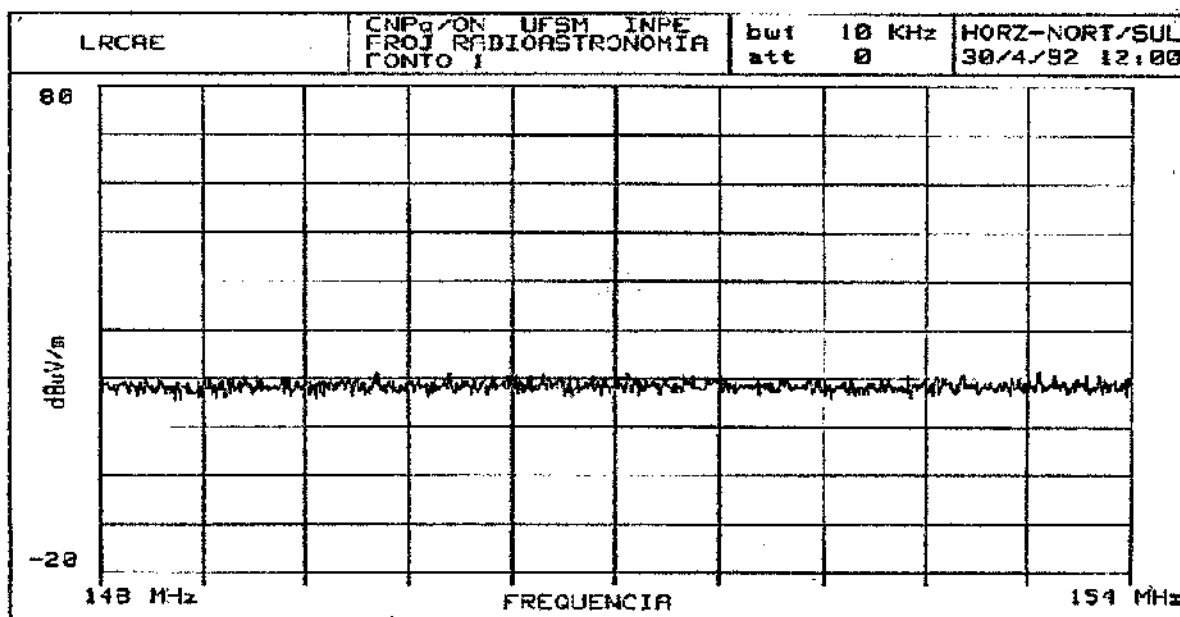


Figura 4.8 - Gráfico dos sinais na largura de banda de 148 – 154 MHz, coletados em 1992, no Observatório Espacial do Sul do CRSPE/INPE –MCT

Foi feita uma análise comparativa dos dados obtidos nas duas épocas, onde se constatou que no período de abril de 1992 a maio de 2003, não ocorreram mudanças relevantes em termos de rádio interferências na faixa de frequência de 20 – 200 MHz. Observamos que a faixa de frequência de 140 - 180 MHz permanece limpa, conforme observamos nos gráficos na Figura 4.8 quando comparados com o da Figura 4.6 .

Através dos dados obtidos neste monitoramento geramos a Tabela 4.1, onde observamos a frequência de cada sinal, sua intensidade relativa, característica e seu tempo de presença.

SINAL		Característica	Tempo de presença
Frequência (MHz)	Potencia (DB)		
11.8	-47.2	Aleatório	Longa duração
13.7	Variável	Contínuo	Permanente
15.4	variável	Contínuo	Permanente
16.9	variável	Contínuo	Permanente
17.7	-40.4	Contínuo	Permanente

*Relatório Final de Atividades*

19.8	-49.2	Aleatório	Curta duração
21.6	-24.4	Contínuo	Permanente
24.5	variável	Aleatório	Curta duração
24.7	variável	aleatório	Curta duração
26.3	variável	aleatório	Curta duração
27.7	variável	aleatório	Curta duração
43.0	variável	Contínuo	Permanente
52.1	-57.6	Aleatório	Longa duração
93.5	-63.0	Aleatório	Longa duração
98.9	-58.4	Contínuo	Permanente
101.0	-54.1	Contínuo	Permanente
102.8	-61.6	Contínuo	Permanente
103.2	-58.0	Contínuo	Permanente
104.7	-54.3	Contínuo	Permanente
105.7	-57.7	Contínuo	Permanente
128.5	-62.8	Contínuo	Permanente
132.1	-56.8	Aleatório	Curta duração
145.4	-66.0	Aleatório	Longa duração
181.5	-57.3	Aleatório	Longa duração
185.8	-69.1	Aleatório	Longa duração
193.3	-70.2	Aleatório	Longa duração
205.4	-47.2	Contínuo	Permanente
208.9	-68.4	Aleatório	Longa duração
209.8	-50.4	Aleatório	Longa duração
216.1	-70.4	Contínuo	Permanente
233.7	-68.0	Contínuo	Permanente

Tabela 4.1 – Sinais de Radio interferência observados coletados em 2003, no Observatório Espacial do Sul do CRSPE/INPE –MCT

Segundo a ANATEL - Agência Nacional de Telecomunicações, as destinações de frequências são distribuídas conforme as figuras 4.9, 4.10 e 4.11.

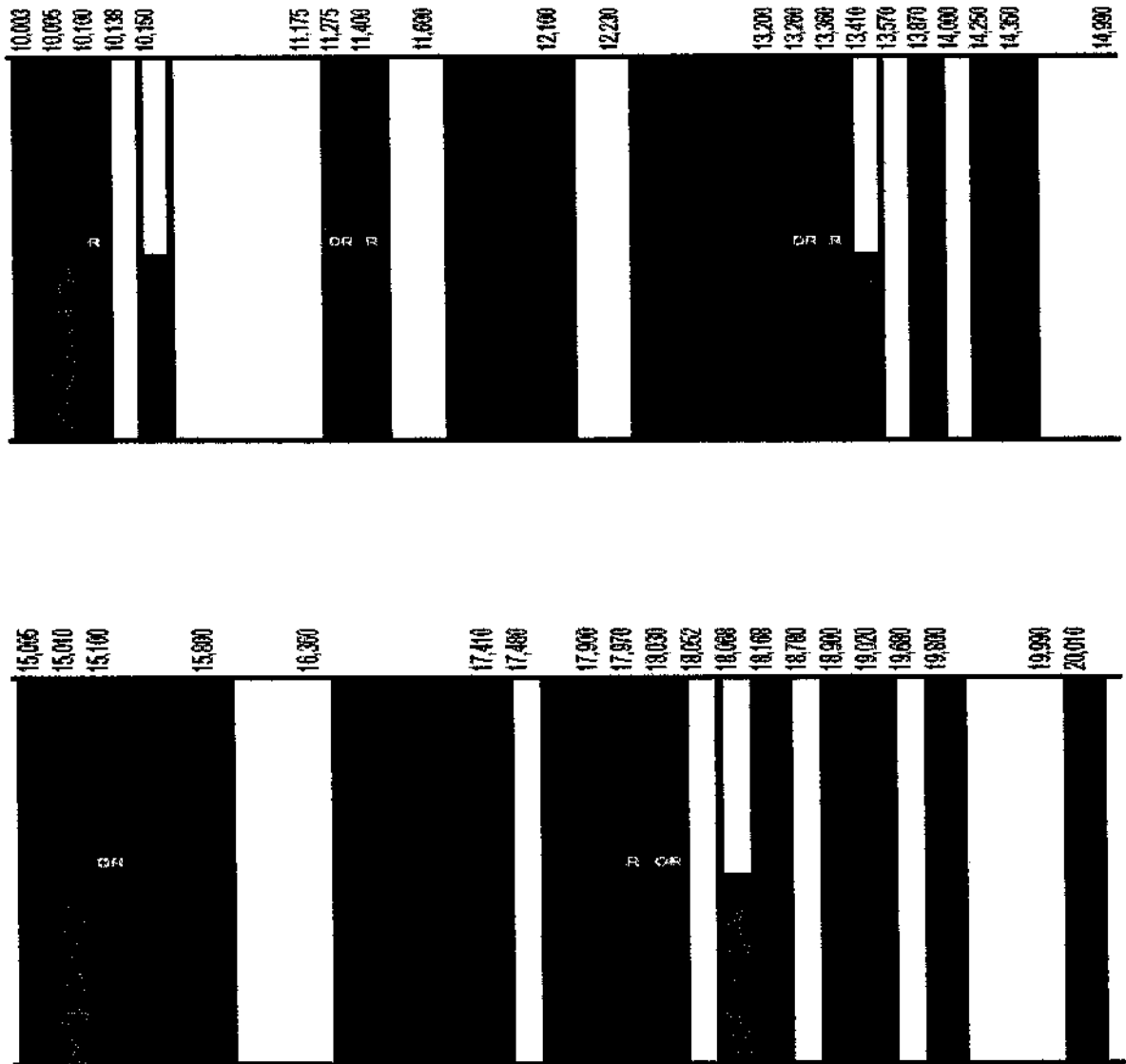


Figura 4.9 – Destinação das bandas de frequências de 10.0 – 20.0 MHz segundo a ANATEL - Agência Nacional de Telecomunicações

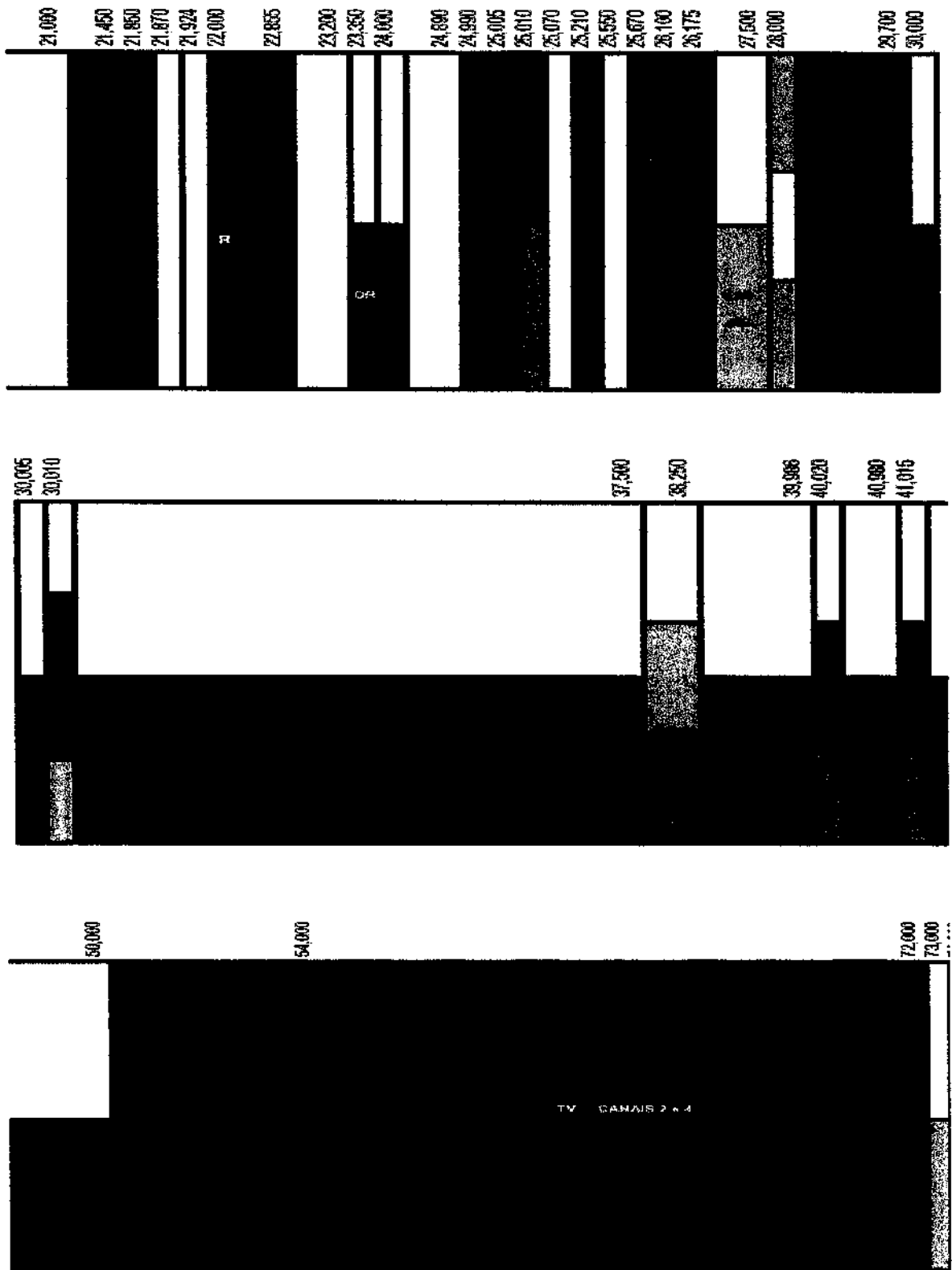


Figura 4.10 - Destinação das bandas de frequências de 21.0 - 73.0 MHz segundo a ANATEL - Agência Nacional de Telecomunicações





Relatório Final de Atividades

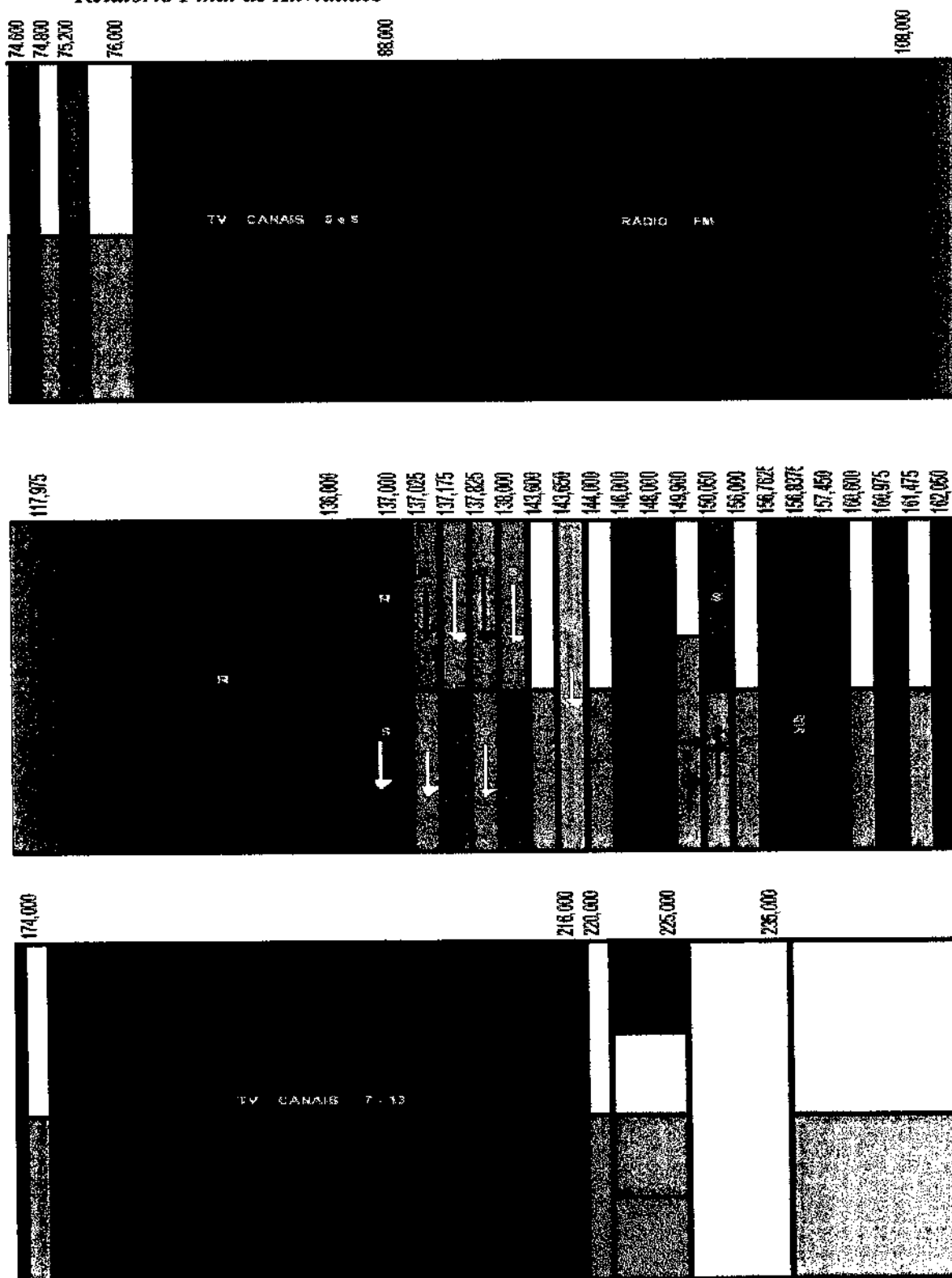























Figura 4.11 – Destinação das bandas de frequências de 74.6 – 235.0 MHz segundo a ANATEL - Agência Nacional de Telecomunicações



Codificação de cores das legendas das Figuras 4.9 – 4.11.

	Não atribuída		Fixo
	Móvel		Fixo aeronáutico
	Móvel Marítimo		Radionavegação
	Móvel Aeronáutico		Radionavegação Marítima
	Móvel Terrestre		Radionavegação Aeronáutica
	Radiodifusão		Radiolocalização
	Radioamador		Auxilio a meteorologia
	Radioastronomia		Radiodeterminação - Satélite
	Operação Espacial		Entre Satélites
	Pesquisa Espacial		Exploração da Terra
	Sinais Horários		

Cada sinal foi caracterizado segundo suas atribuições e destinações, gerando a Tabela 4.2.

SINAL		Atribuições	Destinações
Frequência (MHz)	Potência (DB)		
11.8	-47.6	Radiodifusão	Não regulamentada
13.7	-49.6	Radiodifusão	Não regulamentada
15.4	-22.0	Radiodifusão	Radiodifusão - Ondas Curtas (19 metros)
16.9		Radiodifusão	Móvel Terrestre
17.7	-40.4	Radiodifusão	Limitado Privado (SLP)
19.8	-50.2	Fixo	Limitado Privado (SLP)
21.6	-24.4	Radiodifusão	RADIODIFUSÃO – Ondas Curtas (13 Metros)
24.5		Fixo	Limitado Privado (Slp)
24.7		Fixo	Limitado Privado (Slp)



## Relatório Final de Atividades

43.0	-63.6	Fixo Móvel Terrestre	Limitado Privado (Slp)
52.1	-57.6	Radioamador	Radioamador
93.5	-52.8	Radiodifusão	Radiodifusão Sonora Em Fm
98.9	-58.4	Radiodifusão	Radiodifusão Sonora Em Fm
101.0	-39.6	Radiodifusão	Radiodifusão Sonora Em Fm
103.2	-58.0	Radiodifusão	Radiodifusão Sonora Em Fm
104.7	-60.4	Radiodifusão	Radiodifusão Sonora Em Fm
105.7	-42.4	Radiodifusão	Radiodifusão Sonora Em Fm
110.0	-64.0	Radionavegação Aeronáutica	Não Regulamentada
128.5	-65.1	Móvel Aeronáutico	Não Regulamentada
132.1	-56.3	Móvel aeronáutico	Não Regulamentada
145.4	-66.1	fixo	Limitado Privado (Slp)
181.4	-66.8	Radiodifusão	Radiodifusão De Sons E Imagens E Retransmissão De Televisão
185.8	-69.2	Radiodifusão	Radiodifusão De Sons E Imagens E Retransmissão De Televisão
193.3	-63.6	Radiodifusão	Radiodifusão De Sons E Imagens E Retransmissão De Televisão
205.4	-47.2	Radiodifusão	Radiodifusão De Sons E Imagens E Retransmissão De Televisão
208.9	-64.4	Radiodifusão	Radiodifusão De Sons E Imagens E Retransmissão De Televisão
209.8	-50.4	Radiodifusão	Radiodifusão De Sons E Imagens E Retransmissão De Televisão
216.0	-70.4	Radiodifusão	Radiodifusão De Sons E Imagens E Retransmissão De Televisão
233.7	-68.0	Fixo	Limitado Privado (Slp)

Tabela 4.2 – Destinações e atribuições dos sinais segundo a  
ANATEL - Agência Nacional de Telecomunicações

As radio interferências observadas foram captadas através de aparelhos muito sensíveis, sendo que seus valores em amplitude são relativamente pequenos.

As potências indicadas nas tabelas são relativas, sendo proporcionais ao ganho da antena, atenuação do cabo, ganho do bloco amplificador e ganho interno do equipamento “spectrum analyzer”.



## **CAPÍTULO 5**

### **CONCLUSÃO**

O acadêmico fez uma revisão bibliográfica do conteúdo envolvido no Projeto LOFAR, e neste período conseguiu um embasamento sobre sua implementação, funções e características, bem como as técnicas de Rádio-Interferometria e obteve conhecimentos básicos sobre sistema digital de correlação, arquitetura de computadores, interfase GPIB, programação em linguagem C e na linguagem própria do equipamento “spectrum analyzer”.

Apesar do curto período definido, o bolsista conseguiu desenvolver e implementar um sistema de rastreamento remoto, de forma que foi possível fazer o rastreamento no Observatório Espacial do Sul, localizado em São Martinho da Serra, estando o aluno bolsista no Laboratório de Eletrônica do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais do INPE/MCT, em Santa Maria. O sistema consiste na administração remota de um computador no Observatório, o qual através de uma interfase GPIB controla o “spectrum analyzer” com uma linguagem própria do equipamento, permitindo ser feito ajustes e mudança de parâmetros. Teve um bom desenvolvimento científico, desenvolvendo habilidades de pesquisa, tanto em trabalhos de grupo como individuais. O conhecimento adquirido nessas pesquisas bibliográficas e trabalhos técnicos de bancada e “campo”, não teria aprendido em sala de aula, pois estas atividades ou conteúdos não são ministrados e definidos nas ementas das disciplinas do Curso de Engenharia Elétrica da UFSM. Estes estudos foram importantes para o crescimento profissional e pessoal do bolsista, tanto no aprimoramento técnico como no seu desenvolvimento em áreas de formação pessoal, como liberdades pessoais, auto-estima, autoconfiança, principalmente aprimorou suas habilidades de autodidatismo e liderança em trabalhos em grupo.

Os resultados adquiridos nesse período caracterizam o nível de radio interferência no Observatório Espacial do Sul, servindo para tomada de decisão sobre implementação de equipamentos LOFAR no Observatório Espacial do Sul.

Os resultados demonstraram que não existe nenhuma Rádio Interferência fora das previstas, sendo que não foi determinado a existência de nenhum sinal anormal presente.



## **AGRADECIMENTOS**

Primeiro, gostaria de agradecer ao meu Orientador Dr. Nelson Jorge Schuch pelo apoio e orientação. É importante ressaltar a importância da colaboração, no que diz respeito às dúvidas surgidas durante o estudo e apoio técnico na seleção do material bibliográfico, agradeço aos acadêmicos do curso de Engenharia Rafael Krummenauer, Thiago Brum Pretto e ao Prof. Norberto U. V. Oliveira, que muito me ajudaram para implementação deste Projeto. Meus sinceros agradecimentos ao INPE - MCT/CNPq, pela concessão da bolsa e ao Coordenador do Programa PIBIC, que me oportunizou a dar os primeiros passos na pesquisa científica e um grande crescimento pessoal.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- STEPHEN C. DEWHURST, **Programming in C++**; Meg Cowen;
- MALVINO, A. P., **Eletrônica**, Vol. 2; Ed. McGraw-Hill;
- TOM SHANLEY / DON ANDERSON, **PCI System Architecture**; Mindshare;
- JAMES G. GOTTLING, **Electronics**; Marcel Dekker;
- DESOER, C. A., KUH, E. S., **Teoria Básica de Circuitos**, Ed. Guanabara Dois;
- MOTOROLA SMALL-SIGNAL TRANSISTORS, FETs AND DIODES – Motorola
- Manuais do equipamento “Spectrum analyzer”;
- Relatórios anteriores do P0,8\*-----rojeto;
- Páginas na rede internet:
  1. <http://www.mrao.cam.ac.uk/telescopes/intro.html>
  2. <http://www.mrao.cam.ac.uk/surveys/6C/index.html>
  3. [http://www.facens.br/site/alunos/disciplinas/arq\\_comp](http://www.facens.br/site/alunos/disciplinas/arq_comp)
  4. <http://picasso.dei.isep.ipp.pt/~nsilva/disciplinas/ti/ti1998-1999>
  5. <http://www.di.uminho.pt/~amp/textos/COA/node1.html>
  6. [http://www.gta.ufrj.br/grad/01\\_1/barramento/parte\\_pci.htm](http://www.gta.ufrj.br/grad/01_1/barramento/parte_pci.htm)
  7. <http://developer.apple.com/techpubs/hardware/DeviceManagers>
  8. <http://www.clubedohardware.com.br/pnp2.html>
  9. <http://www.vcc.com>
  10. <http://www.lofar.org>