

**SISTEMA LOFAR – NÍVEL DE RÁDIO 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/MCTI)**

Leonardo Zavareze da Costa
(UFSM – Bolsista PIBIC/INPE – CNPq/MCTI)
E-mail: leonardozavareze@gmail.com

Dr. Nelson Jorge Schuch
Orientador
Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais
CRS/CCR/INPE – MCTI
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
INPE - MCTI
E-mail: njschuch@gmail.com

Julho de 2012



DADOS DE IDENTIFICAÇÃO

Título:

**SISTEMA LOFAR – NÍVEL DE RÁDIO INTERFERÊNCIA
NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL EM SÃO MARTINHO
DA SERRA NA FAIXA DE 10-240 MHZ.**

Processo:109400/2012-7

Aluno Bolsista no período de Maio/12 a Julho/12

Leonardo Zavareze da Costa

Acadêmico do Curso de Física Licenciatura

Centro de Ciências Naturais e Exatas – CCNE/UFSM

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM

Orientador:

Dr. Nelson Jorge Schuch

Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRS/CCR/INPE – MCTI

Co-Orientadores:

Dr. Natanael Gomes Rodrigues

Depto. Eletrônica e Computação - DELC /CT-UFSM

Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria do Centro de Tecnologia -
LACESM/CT-UFSM.

Dr. Andrei Piccinini Legg

Colégio Técnico Industrial de Santa Maria - CTISM/UFSM – CRS/CCR/INPE –
MCTI

Colaboradores:

Ciro Alberto Perez Júnior

Acadêmico do Curso de Engenharia Elétrica da UFSM

Cláudio Machado Paulo

Acadêmico do Curso de Física – Licenciatura Plena da UFSM

Dimas Irion Alves

Acadêmico do Curso de Engenharia Elétrica da UFSM

Pedro Ferreira

Acadêmico do Curso de Física da UFSM

Tiago Bremm

Acadêmico do Curso de Física da UFSM



Locais de Trabalho/Execução do Projeto:

- Laboratório de Radiofrequência e Comunicações - LRC/CRS/CCR/INPE – MCTI
- Observatório Espacial do Sul - OES/CRS/CCR/INPE – MCT

Trabalho desenvolvido no âmbito da Parceria e Convênio: INPE/MCT – UFSM, pelo Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria – LACESM/CT – UFSM.



AGRADECIMENTOS

O bolsista agradece a todos os funcionários e servidores do CRS/CCR/INPE – MCTI e do OES/CRS/CCR/INPE - MCTI pela atenção, apoio e infraestrutura disponibilizada. Agradece ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – PIBIC/INPE-CNPq/MCT e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq, bem como ao Coordenador Dr. Ezzat Selim Chalhoub e a Sra. Egidia Inácio da Rosa, Secretária do Programa PIBIC/INPE – CNPq/MCTI, pela incansável preocupação com toda a burocracia, datas limites do Programa para com os bolsistas de I. C. & T do CRS/CCR/INPE - MCTI e pela oportunidade de dar início na vida profissional pela Iniciação Científica e Tecnológica, influenciando diretamente no desenvolvimento acadêmico do aluno.

De forma especial, agradece ao meu Mentor e Orientador do Projeto de Pesquisa, Dr. Nelson Jorge Schuch, Pesquisador Titular Sênior III do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CCR/INPE – MCTI, pela atenção e orientação tanto acadêmica como pessoal e pelo auxílio nos momentos de dúvida. Agradece aos colegas de laboratório *Ciro Perez Júnior, Cláudio Machado Paulo, Dimas Irion Alves, Pedro Ferreira, Tiago Bremm* e todos os colegas de outros laboratórios, não citados aqui, pelo apoio e incentivo ao desenvolvimento do Projeto.

O bolsista agradece a seus amigos, namorada e família, principalmente a seus pais *Valdivia Aneci Zavareze da Costa e Nei Paulo Silva da Costa*, pelo incentivo nos estudos e projetos e pelo aconselhos nos momentos difíceis.



Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil



Estudante
Leonardo Zavareze da Costa



[Link para Currículo Lattes](#)

Dados gerais**Indicadores de produção C, T & A****Dados gerais****Identificação do estudante**

Nome: Leonardo Zavareze da Costa

Nível de treinamento: Graduação

Currículo Lattes: 02/04/2012 14:04

E-mail:

Homepage: <http://www.inpe.br>

Grupos de pesquisa que atua

[Clima Espacial, Interações Sol -Terra, Magnetosferas, Geoespaço, Geomagnetismo: Nanosatélites](#) - INPE (estudante)

Linhas de pesquisa que atua

[AERONOMIA - IONOSFERAS x AEROLUMINESCÊNCIA](#)

[DESENVOLVIMENTO DE NANOSATÉLITES - CubeSats: NANOSATC-BR](#)

[MAGNETOSFERAS x GEOMAGNETISMO](#)

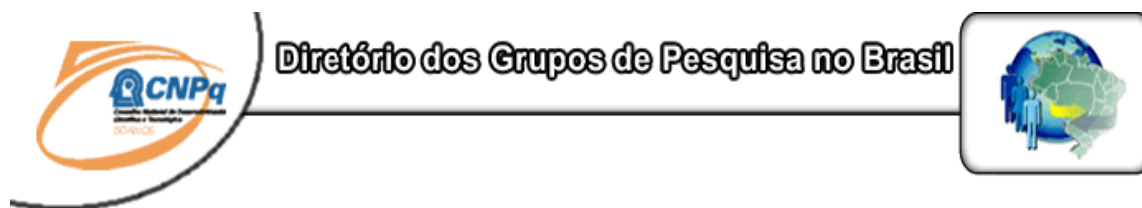
[MEIO INTERPLANETÁRIO - CLIMA ESPACIAL](#)

Orientadores participantes de grupos de pesquisa na instituição

[Nelson Jorge Schuch](#)

Indicadores de produção C, T & A dos anos de 2009 a 2012

Tipo de produção	2009	2010	2011	2012
Produção bibliográfica	0	0	1	0
Produção técnica	0	0	1	0
Orientação concluída	0	0	0	0
Produção artística/cultural e demais trabalhos	0	0	0	0



Grupo de Pesquisa
**Clima Espacial, Interações Sol -Terra, Magnetosferas,
Geoespaço, Geomagnetismo: Nanosatélites**



<u>Identificação</u>	<u>Recursos Humanos</u>	<u>Linhas de Pesquisa</u>	<u>Indicadores do Grupo</u>
----------------------	-------------------------	---------------------------	-----------------------------

Identificação**Dados básicos**

Nome do grupo: Clima Espacial, Interações Sol -Terra, Magnetosferas, Geoespaço, Geomagnetismo: Nanosatélites

Status do grupo: **certificado pela instituição**

Ano de formação: 1996

Data da última atualização: 10/04/2012 15:46

Líder(es) do grupo: Nelson Jorge Schuch - 

Natanael Rodrigues Gomes - 

Área predominante: Ciências Exatas e da Terra; Geociências

Instituição: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Órgão:

Unidade: Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRS

Endereço

Logradouro: Caixa Postal 5021

Bairro: Camobi

CEP: 97110970

Cidade: Santa Maria

UF: RS

Telefone: 33012026

Fax: 33012030

Home page: <http://>

Repercussões dos trabalhos do grupo

O Grupo - CLIMA ESPACIAL, MAGNETOSFERAS, GEOMAGNETISMO:INTERAÇÃO TERRA-SOL, NANOSATÉLITES do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRS/INPE-MCT, em Santa Maria, e Observatório Espacial do Sul - OES/CRS/INPE - MCT, Lat. 29°26'24"S, Long. 53°48'38"W, Alt. 488m, em São Martinho da Serra, RS, criado por Nelson Jorge Schuch em 1996, colabora com Pesquisadores da: UFSM (CT-LACESM), INPE, CRAAM-Universidade P. Mackenzie, IAG/USP, OV/ON e DPD/UNIVAP no Brasil e internacionais do: Japão (Universidades: Shinshu, Nagoya, Kyushu, Takushoku e National Institute of Polar Research), EUA (Bartol Research Institute/University of Delaware e NASA (Jet Propulsion Laboratory e Goddard Space Flight Center)), Alemanha (DLR e Max Planck Institute for Solar System Research), Austrália (University of Tasmania), Armênia (Alikhanyan Physics Institute) e Kuwait (Kuwait University). Linhas de Pesquisas: MEIO INTERPLANETÁRIO - CLIMA ESPACIAL, MAGNETOSFERAS x GEOMAGNETISMO, AERONOMIA - IONOSFERAS x AEROLUMINESCÊNCIA, NANOSATÉLITES. Áreas de interesse: Heliosfera, Física Solar, Meio Interplanetário, Clima Espacial, Magnetosferas, Geomagnetismo, Aeronomia, Ionosferas, Aeroluminescência, Raios Cósmicos, Muons, Desenvolvimento de Nanosatelites Científicos, em especial CubeSats: o NANOSATC-BR1 e NANOSATC-BR2. Objetivos: Pesquisar o acoplamento energético na Heliosfera, mecanismos de geração de energia no Sol, Vento Solar, sua propagação no Meio Interplanetário, acoplamento com as magnetosferas planetárias, no Geoespaço com a Ionosfera e a Atmosfera Superior, previsão de ocorrência de tempestades magnéticas e das intensas correntes induzidas na superfície da Terra, Eletricidade Atmosférica e seus Eventos Luminosos Transientes (TLEs). As Pesquisas base de dados de sondas no Espaço Interplanetário e dentro de magnetosferas planetárias, e de modelos computacionais físicos e estatísticos. Vice-Líderes: Alisson Dal Lago, Nalin Babulau Trivedi, Otávio Santos Cupertino Durão, Natanael



Rodrigues Gomes.

Recursos humanos	
Pesquisadores	Total: 51
Adriano Petry	Jose Humberto Andrade Sobral
Alexandre Alvares Pimenta	Juliano Moro
Alicia Luisa Clúa de Gonzalez	Lilian Piecha Moor
Alisson Dal Lago	Lucas Lopes Costa
Andrei Piccinini Legg	Lucas Ramos Vieira
Antonio Claret Palerosi	Mangalathayil Ali Abdu
Barclay Robert Clemesha	Marco Ivan Rodrigues Sampaio
Carlos Roberto Braga	Marlos Rockenbach da Silva
Cassio Espindola Antunes	Nalin BabulalTrivedi
Clezio Marcos De Nardin	Natanael Rodrigues Gomes
Cristiano Sarzi Machado	Nelson Jorge Schuch
Delano Gobbi	Nivaor Rodolfo Rigozo
Eduardo Escobar Bürger	Odim Mendes Junior
Eurico Rodrigues de Paula	Otavio Santos Cupertino Durão
Ezequiel Echer	Pawel Rozenfeld
Fabiano Luis de Sousa	Petrônio Noronha de Souza
Fernanda de São Sabbas Tavares	Polinaya Muralikrishna
Fernanda Gusmão de Lima Kastensmidt	Rajaram Purushottam Kane
Geilson Loureiro	Renato Machado
Gelson Lauro Dal' Forno	Ricardo Augusto da Luz Reis
Guilherme Simon da Rosa	Rubens Zolar Gehlen Bohrer
Gustavo Fernando Dessbesell	Severino Luiz Guimaraes Dutra
Hisao Takahashi	Tardelli Ronan Coelho Stekel
Igor Freitas Fagundes	Walter Demetrio Gonzalez Alarcon
Jean Pierre Raulin	William do Nascimento Guareschi
João Baptista dos Santos Martins	
Estudantes	Total: 24
Adilson José Rambo Pilla	Leonardo Zavareze da Costa
Ândrei Camponogara	Lucas Camponogara Viera
Bruno Knevitx Hammerschmitt	Lucas Lourencena Caldas Franke
Cássio Rodinei dos Santos	Magdiel Schmitz
Claudio Machado Paulo	Maurício Ricardo Balestrin
Dimas Irion Alves	Mauricio Rosa de Souza
Edson Rodrigo Thomas	Michel Baptistella Stefanello
Felipe Cipriani Luzzi	Pietro Fernando Moro
Fernando Landerdahl Alves	Tális Piovesan
Guilherme Paul Jaenisch	Tiago Bremm
Iago Camargo Silveira	Vinícius Deggeroni
José Paulo Marchezi	William Ismael Schmitz
Técnicos	Total: 0
Linhas de pesquisa	Total: 4
<ul style="list-style-type: none">• AERONOMIA - IONOSFERAS x AEROLUMINESCÊNCIA• DESENVOLVIMENTO DE NANOSATÉLITES - CubeSats: NANOSATC-BR• MAGNETOSFERAS x GEOMAGNETISMO	



- [MEIO INTERPLANETÁRIO - CLIMA ESPACIAL](#)

Relações com o setor produtivo	Total: 2
--------------------------------	----------

- [ALPHA SOUTH AMERICA - REPRESENTACOES E CONSULTORIA AEROESPACIAL LTDA - ASARCA PPROV](#)
- [Lunus Comércio e Representação Ltda - LUNUS](#)

Indicadores de recursos humanos do grupo	
Integrantes do grupo	Total

Pesquisador(es)	51
Estudante(s)	24
Técnico(s)	0

RESUMO

O Relatório apresenta as atividades e os estudos referentes ao Projeto “SISTEMA LOFAR – NÍVEL DE RÁDIO INTERFERÊNCIA NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL EM SÃO MARTINHO DA SERRA NA FAIXA DE 10 – 240 MHz” (Processo nº109400/2012-7), com vigência de Maio a Julho de 2012, realizados por Leonardo Zavareze da Costa, aluno do curso de Física – Licenciatura Plena, da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, bolsista no Programa PIBIC/INPE – CNPq/MCT. O Projeto visa continuar as atividades do Programa de Monitoramento do Nível da Rádio Interferência, na região do Observatório Espacial do Sul OES/CRS/CCR/INPE – MCTI (OES: 29,4° S, 58,3° W), em São Martinho da Serra, RS. Considerando resultados de monitoramentos anteriores, verifica-se que o sítio do OES foi qualificado como apto para receber arranjos interferométricos semelhantes aos utilizados no projeto holandês, LOw Frequency ARray (LOFAR), que trabalha na faixa de frequências de 10-240 MHz. Foi desenvolvido um radiointerferômetro de baixo custo com base nos conceitos do LOFAR *Prototype Station* (LOPES). O radiointerferômetro é composto por duas antenas ativas, um receptor analógico de rádio frequência e um correlacionador digital, trabalha na faixa de 20 a 80 MHz e está em fase de testes no OES. O Relatório apresenta uma revisão bibliográfica sobre temas referentes à radioastronomia, o LOFAR, o funcionamento do circuito da antena, receptor, correlacionador e as novas propostas de aperfeiçoamento para o interferômetro do OES. O estudo e o desenvolvimento da pesquisa, manutenção e construção de circuitos, é realizado no Laboratório de Radiointerferência e Comunicações – LRC, do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CCR/INPE – MCTI, em Santa Maria, RS.



SUMÁRIO

SUMÁRIO	10
LISTA DE FIGURAS	13
INTRODUÇÃO	12
CAPÍTULO 1	13
RADIOASTRONOMIA	13
1.1 - <i>Introdução</i>	13
1.2 - <i>Radioastronomia</i>	13
1.3 - <i>Instrumentos Utilizados</i>	14
1.4 - <i>Emissões de Radiação</i>	16
PROJETO LOFAR	16
1.5 - <i>LOFAR</i>	16
1.5.1 - <i>Diagrama de Irradiação de Antenas</i>	17
CAPÍTULO 2	19
ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO	19
2.1 - <i>Espectro Eletromagnético</i>	19
METODOLOGIA PARA O MONITORAMENTO.....	21
3.2 - <i>Metodologia para o monitoramento</i>	21
CAPÍTULO 3	23
PROTÓTIPO DE RADIOINTERFERÔMETRO DESENVOLVIDO, TESTES E RESULTADOS.....	23
3.1 - <i>Protótipo de Radiointerferômetro Desenvolvido</i>	23
3.1.1 - <i>Antena Ativa</i>	23
3.1.1.1 - <i>Circuito da Antena Ativa</i>	24
3.1.2 - <i>Receptor</i>	25
3.1.3 - <i>Correlacionador Digital</i>	27
CAPÍTULO 4	28
NOVAS PROPOSTAS PARA O PROJETO.....	28
4.1 - <i>Desenvolvimento de um receptor digital</i>	28
4.1.1 - <i>Justificativa</i>	28
4.2 - <i>Desenvolvimento de novas etapas para a transmissão e processamento dos dados</i>	29
CAPÍTULO 5	30
ATIVIDADES DESENVOLVIDAS DURANTE A VIGÊNCIA DA BOLSA.....	30
CAPÍTULO 6	33
CONCLUSÃO.....	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 – RADIOTELESCÓPIO DE ANTENA PARABÓLICA PROPOSTO POR REBER.....	14
FIGURA 1.2 – RADIOTELESCÓPIO DE ARECIBO, PORTO RICO, COM 305 METROS DE DIÂMETRO.....	15
FIGURA 1.3 – DIAGRAMA DE REPRESENTAÇÃO DAS ESTAÇÕES DO LOFAR EUROPEU	17
FIGURA 1.4 – REPRESENTAÇÃO DE UM DIAGRAMA DE IRRADIAÇÃO EM FORMA POLAR.....	18
FIGURA 2.1– DIAGRAMA DE REPRESENTAÇÃO DO ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO.....	19
FIGURA 2.2 – CARACTERÍSTICA DO ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO NA REGIÃO DO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL, EM SÃO MARTINHO DA SERRA, RS, NA FAIXA DE 10-240 MHZ, EM 2003 E EM 2009	20
FIGURA 2.3 – COMPARAÇÃO ENTRE AS MEDIDAS DO MONITORAMENTO DO ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO POR UMA ESTAÇÃO DO LOFAR EUROPEU, EM 2000, E PELA ESTAÇÃO INSTALADA NO OES, EM 2009.....	21
FIGURA 2.4 – CONJUNTO COMPUTADOR-ANALISADOR EM FASE DE TESTES NO CRS, EM MAIO DE 2012.....	22
FIGURA 3.1 – DIAGRAMA DA ESTRUTURA BÁSICA DO ARRANJO INTERFEROMÉTRICO PROPOSTO.....	23
FIGURA 3.2 – DIAGRAMA DE REPRESENTAÇÃO DA ANTENA ATIVA.....	24
FIGURA 3.3 – DIAGRAMA DE REPRESENTAÇÃO DA ANTENA PROPOSTA POR CAPPELLEN (2007) E DESENVOLVIDA POR ROSA (2009)	24
FIGURA 3.4 – REPRESENTAÇÃO DO DIAGRAMA DO CIRCUITO COMPLETO DA ANTENA ATIVA	25
FIGURA 3.5 – DIAGRAMA DA TOPOLOGIA BÁSICA DO RECEPTOR PROPOSTO26	
FIGURA 3.6 – DIAGRAMA DO CIRCUITO COMPLETO DO RECEPTOR PROPOSTO.....	26
FIGURA 3.7 – IMAGEM DA TELA DO <i>SOFTWARE</i> DE CORRELAÇÃO.....	27

INTRODUÇÃO

O Relatório descreve as atividades realizadas no Projeto **SISTEMA LOFAR – NÍVEL DE RADIOINTERFERENCIA NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SULEM SÃO MARTINHO DA SERRA NA FAIXA DE 10-240 MHZ** (Processo número 109400/2012-7), com vigência de Maio de 2012 a Julho de 2012. As atividades foram realizadas pelo aluno **Leonardo Zavareze da Costa**, autor do Relatório e aluno dos Cursos de Física Licenciatura Plena (UFSM) e de Técnico em Eletrotécnica (CTISM/UFSM), bolsista PIBIC no período de Maio de 2012 a Julho de 2012.

O Projeto de Pesquisa visa continuar as atividades do Programa de Monitoramento do Nível da Rádio Interferência, na região do Observatório Espacial do Sul OES/CRS/CCR/INPE – MCTI (OES: 29,4° S, 58,3° W), em São Martinho da Serra. Por resultados anteriormente obtidos, comprova-se que a região do OES está livre de interferência de Rádio Frequência intensa. Foi desenvolvido, por bolsistas anteriores, um arranjo interferométrico que está em fase de testes no OES. O arranjo envolve, basicamente, os seguintes componentes: antena ativa, receptor analógico e correlacionador digital. O estudo sobre arranjo, junto com a pesquisa para aperfeiçoar o sistema e o monitoramento são realizados no Laboratório de Radiofrequência e Comunicações, do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRS/CCR/INPE–MCTI, em Santa Maria, RS.

O Relatório foi dividido em seis capítulos:

O Capítulo 1 e o Capítulo 2 apresentam uma revisão bibliográfica referente (a) à Radioastronomia, (b) ao projeto europeu *LOW Frequency ARray* (LOFAR), (c) ao Espectro Eletromagnético e a metodologia utilizada para monitoramento do espectro no OES.

O Capítulo 3 apresenta o arranjo interferométrico desenvolvido, testes realizados e resultados.

O Capítulo 4 refere-se às novas propostas para aperfeiçoar o arranjo interferométrico e o monitoramento do espectro eletromagnético.

O Capítulo 5 apresenta as atividades desenvolvidas pelo bolsista durante o período de vigência da bolsa e o Capítulo 6 apresenta as conclusões sobre o Projeto e as referências bibliográficas utilizadas nas pesquisas.

CAPÍTULO 1

RADIOASTRONOMIA E PROJETO LOFAR

1.1 - Introdução

O Capítulo 1 aborda uma breve revisão teórica sobre a Radioastronomia, seu histórico e suas mudanças desde o início do estudo sobre esse tema. Aborda definições e objetivos do projeto holandês, *LOW Frequency ARray*(LOFAR), e do interferômetro desenvolvido, por bolsistas anteriores, no Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CCR/INPE – MCTI. O LOFAR é uma fundamental base de pesquisas para o desenvolvimento do interferômetro que passa por fase de testes e será instalado no Observatório Espacial do Sul, em São Martinho da Serra, Rio Grande do Sul.

1.2 – Radioastronomia

É comum imaginar que o Universo é silencioso e calmo, porém, isso não se confirma quando utilizamos equipamentos adequados e precisos para receber sinais das fontes localizadas no espaço (ANDREOLLA, 2010). A Radioastronomia objetiva estudar e monitorar os corpos celestes, suas medidas e as medidas entre os corpos por meio das ondas de rádio. As ondas de rádio são um tipo de radiação eletromagnética com comprimento de onda maior e frequência menor do que a radiação infravermelha.

A faixa de frequências para o monitoramento dos corpos estende-se desde as ondas em *Very Low Frequency*(VLF), com quilômetros de comprimento de onda, até as microondas, com frações do milímetro de comprimento de ondas. Grande parte do conhecimento atual sobre o universo é devido à radioastronomia. Podemos adotar, por exemplo, o descobrimento de variadas fontes de emissão não visíveis localizadas no espaço (os objetos que emitem radiação no espaço são, muitas vezes, diferentes dos objetos óticos, como as estrelas e as galáxias comuns).

Os astrônomos de todo o mundo estudam como funciona o Universo. Hoje em dia, isso se faz através de uma combinação de vários instrumentos e sub-campos de pesquisa, usando abordagens diversificadas como telescópios colocados em terra, no espaço, sondas robóticas e cálculos teóricos e simulações. Eles estudam o Universo não apenas para aprofundar nossa

compreensão do cosmos, mas também para desenvolver outros campos da ciência e da tecnologia. (ANDREOLLA, 2010, p.3)

1.3 – Instrumentos Utilizados

Os instrumentos utilizados, atualmente, para monitorar e coletar dados provenientes dos corpos celestes, são os radiotelescópios. O primeiro radiotelescópio de antena parabólica foi construído por Grote Reber, engenheiro e rádio amador, que percebeu que a intensidade dos sinais que eram recebidos na época, por antenas simples, era muito fraca. Seguindo os princípios da ótica geométrica, sugeriu que poderia criar uma antena que recebesse sinal de uma grande área do espaço, concentrando todos os sinais em um foco (o receptor) e somando-os logo após (ANDREOLLA, 2010). A Figura 1.1 apresenta o radiotelescópio proposto por Reber.

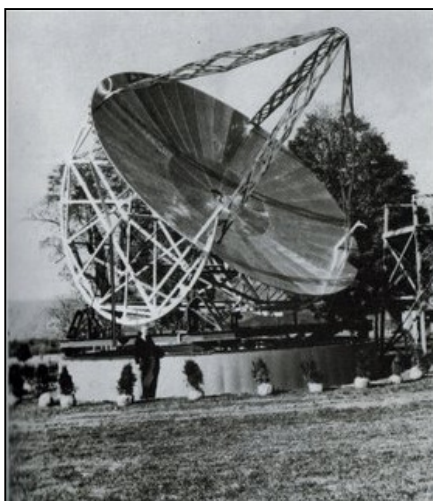


Figura 1.1 – Radiotelescópio de antena parabólica proposto por Reber.

Fonte: <http://www.n1maa.com/Reber.html> (Junho de 2012)

A primeira diferença vista dos radiotelescópios para os telescópios óticos comuns é o seu tamanho: estes têm até 10 metros de diâmetro, enquanto que, aqueles podem ter várias centenas de diâmetro. Como proposto por Reber, podem ser formados por discos parabólicos com um receptor central e também podem ser organizados em conjuntos, formando grandes estações de antenas interligadas.

O tamanho dos radiotelescópios é justificado pelo fato de as ondas de rádio apresentarem um comprimento maior que as ondas de luz visível. De acordo com

ROSA (2009), “o tamanho gigantesco torna as buscas mais sensíveis e permite que os astrônomos descubram radio fontes cósmicas ainda não detectadas, com intensidade muito tênue para serem avistadas com telescópios menores”. Na Figura 1.2, é apresentado o radiotelescópio de Arecibo, em Porto Rico, com 305 m de diâmetro.



Figura 1.2 – Radiotelescópio de Arecibo, em Porto Rico, com 305 m de diâmetro.

Fonte: <http://www.naic.edu/public/about/photos/hires/aoviews.html> (Junho de 2012)

As desvantagens que os radiotelescópios apresentam se encontram na dificuldade para orientação e locomoção do sistema. Neste ponto destaca-se o LOFAR, que é, em resumo, um projeto que envolve um conjunto de várias pequenas antenas organizadas em grupos de estações e com as mesmas funções de um radiotelescópio. De acordo com ANDREOLLA (2010), quando realizamos a associação de antenas, formamos os chamados rádio interferômetros, em que, é possível ‘somar’ todos os sinais obtidos, aumentar a qualidade do processamento e expandir a área de observação.

Comparando os sistemas comuns de radiotelescópios e o projeto LOFAR, nota-se que, na primeira situação, todos os sinais são recebidos em uma única antena, que tem área limitada, refletidos para o receptor e processados. Na situação do LOFAR, várias pequenas antenas, dispostas em uma grande área (que pode cobrir países inteiros), realizam a função do disco parabólico, recebendo os sinais e enviando-os para um receptor que os processará.

1.4 – Emissões de radiação

A Física prevê que, em qualquer corpo com temperatura acima do zero Kelvin (-273,6 °C), ocorrerá emissão de radiação eletromagnética e, de acordo com Andreolla (2010), essa radiação poderá ser captada com equipamentos próprios, específicos para cada frequência emitida pela radiação do corpo. A intensidade da emissão de radiação eletromagnética de um corpo é diretamente proporcional à temperatura a que este corpo está exposto, devido à agitação térmica de suas moléculas. Corpos mais quentes emitem menores comprimentos de ondas, como a luz azul ou a violeta, do espectro visível. Os corpos frios emitem radiação nos maiores comprimentos de onda, como a luz vermelha.

A velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas é diretamente proporcional à sua frequência e seu comprimento de onda. A radiação chamada síncrotron, é produzida por cargas elétricas que se movem em velocidade próxima a da luz e podem revelar a presença de jatos de plasma em alta velocidade e intensos campos magnéticos, normalmente presentes em manchas solares ou magnetosferas planetárias.

1.5 – Projeto LOFAR

O Projeto holandês *LOW Frequency ARray*(LOFAR), mantido pelo *Netherlands Institute for Radio Astronomy*(ASTRON), é um trabalho que envolve um radiotelescópio digital que trabalha nas faixas de frequência de 10 – 240 MHz. O sistema envolve, basicamente, um radiotelescópio digital que é simulado por um computador central conectado a um conjunto de várias antenas, organizadas em estações, com um raio de até 350 km de diâmetro. Com este sistema, objetiva-se aumentar a sensibilidade nas pesquisas em observações astronômicas.

Como o LOFAR é o primeiro radiotelescópio digital de grande porte, envolve tecnologia sofisticada de aquisição e correlação de dados. Os sinais eletromagnéticos captados pelas antenas, depois de serem digitalizados, são transferidos ao computador central que irá processá-los e simular a grande antena convencional. A transmissão dos dados das antenas para o computador central é feita via cabos de fibra óptica. O conjunto de antenas do LOFAR é disposto em estações, organizadas em grandes espirais, como representado no diagrama da Figura 1.3.

A primeira estação do LOFAR já foi construída em Exloo, próximo aos Países Baixos, em 2006. Um conjunto de 96 antenas foi organizado em quatro estações e essa instalação permitiu testes de desempenho do LOFAR e simulações de novas estações. O objetivo do Projeto LOFAR é utilizar a grande rede de sensores para realizar levantamentos sobre o Universo e abrir uma ‘janela’ de alta resolução do espectro eletromagnético, na faixa de frequências de 10 a 240 MHz.

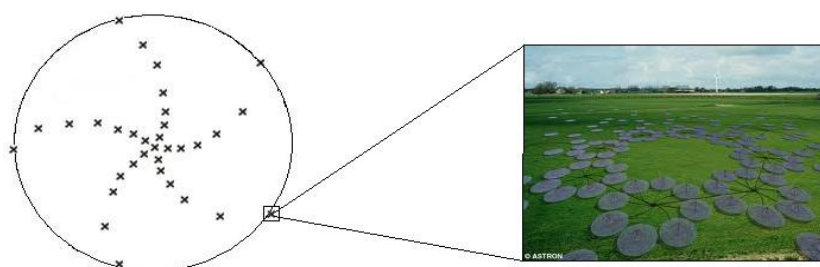


Figura 1.3 – Diagrama de representação das estações do LOFAR europeu.
Fonte: <http://elementy.ru/news/25620>; <http://www.greenstone-institute.eu> (2012)

A direção de observação é controlada eletronicamente via atrasos de fases entre as antenas. O LOFAR pode observar em várias direções simultaneamente, o que permite uma operação multiusuário. Essa técnica é a chamada Matriz Faseada (*Phased Array*) e esta adaptação para a radioastronomia rendeu prêmios Nobel de Física para Martin Ryle e Antony Hewish. Neste método, um grupo de antenas operando sob diferentes fases capta os sinais observados de tal forma que seus ruídos variam e o diagrama de radiação padrão do conjunto é reforçado na direção desejada, minimizando os sinais nas direções dos lóbulos secundários indesejáveis. (ROSA, 2009)

1.5.1 – Diagrama de Irradiação de Antenas

O diagrama de irradiação é uma representação gráfica da forma como a energia eletromagnética se distribui no espaço. Este diagrama deve ser feito a uma distância tão pequena que as próprias dimensões da antena possam ser desprezíveis em face à distância de medição. Para serem melhores visualizados, os diagramas são normalmente representados pela distribuição de energia nos planos elétrico e magnético, e podem ser expostos de forma tridimensional, polar ou retangular (TSM ANTENAS,2004).

Nos planos utilizados, os diagramas devem ser expostos com uma amostragem de 360 graus. São chamados lóbulos da antena os períodos entre dois pontos de mínimo consecutivo, sendo que o de maior amplitude é o lóbulo principal, que define o ganho

máximo da antena. Na Figura 1.4 temos uma representação de um diagrama de irradiação polar.

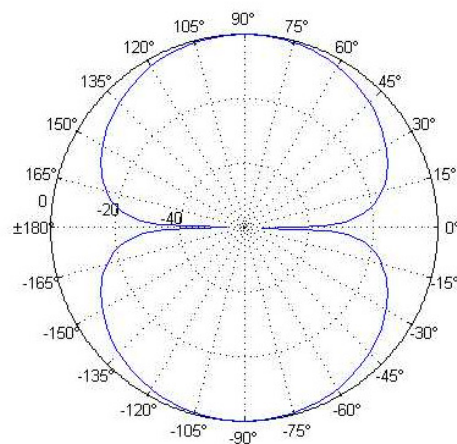


Figura 1.4 – Representação de um diagrama de irradiação em forma polar.

Fonte : <http://www.blog.stanisce.info> (Junho de 2012)

CAPÍTULO 2

ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO E METODOLOGIA PARA MONITORAMENTO

2.1 – Espectro Eletromagnético

O Espectro Eletromagnético representa a distribuição da intensidade de radiação eletromagnética com relação aos fatores que diferem as ondas entre si: o comprimento de onda e a frequência. Desde a época de James Clerk Maxwell, físico e matemático britânico de 1800, que realizou estudos importantes sobre ondas eletromagnéticas, os estudos sobre essas ondas estão evoluindo. Atualmente, definimos as ondas eletromagnéticas como sendo uma combinação dos campos elétrico e magnético. O espectro de luz visível é apenas uma pequena parte do Espectro Eletromagnético, que é representado no diagrama da Figura 2.1.

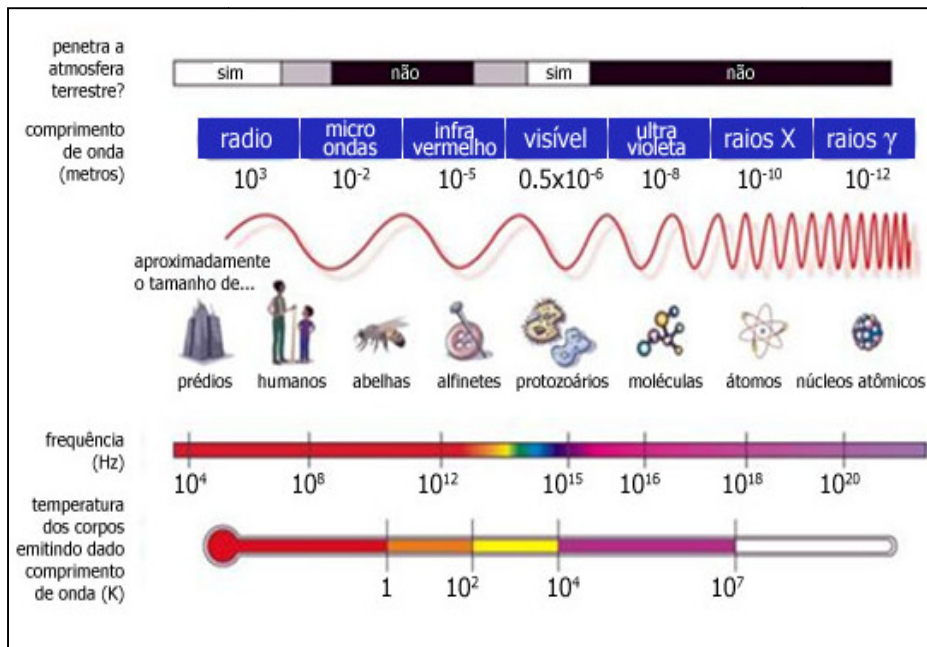


Figura 2.1 – Diagrama de representação do Espectro Eletromagnético

Fonte: http://www.ced.ufsc.br/men5185/trabalhos/63_lampadas/incand/funcao03.htm

O espectro visível é subdividido a partir da cor: o vermelho, que apresenta maiores comprimentos de ondas, fica em uma extremidade e o violeta, com os menores

comprimentos de onda, fica na outra extremidade. O sistema visual dos animais terrestres, incluindo o homem, é capaz de captar apenas uma banda de radiações do espectro eletromagnético (entre 400 nm e 700 nm).

Analisando os resultados obtidos, em diferentes períodos, por bolsistas de I. C. & T. anteriores, no monitoramento do Espectro Eletromagnético da região do OES, em São Martinho da Serra, e desconsiderando alguns sinais de redes rádiodifusoras locais, em AM e FM, encontrados nas faixas de 20 a 200 MHz, é verificado que o Espectro Eletromagnético, na faixa de frequência de 10 a 240 MHz, vem se mantendo livre de interferência de rádiofrequência intensa (RFI) desde 1992. Os gráficos da Figura 2.2 mostram a característica do Espectro Eletromagnético na região do OES em 2003 e em 2009, respectivamente. Para melhor entendimento dos gráficos, podemos considerar que

A presença de sinais de emissoras de radiodifusão em FM nas faixas de 87 - 108 MHz, de sinais de retransmissoras de TV em VHF, nas faixas de frequência de 54 - 72 MHz, 76 - 87,4 MHz e 174 - 216 MHz, são regulamentados pela ANATEL (2008), portanto, sua ocorrência era esperada. As interferências encontradas são referentes a sinais artificiais que são reconhecidos e regulamentados pela ANATEL, o que caracteriza o Observatório Espacial do Sul como livre de radio interferências desconhecidas. (ROSA, 2009)

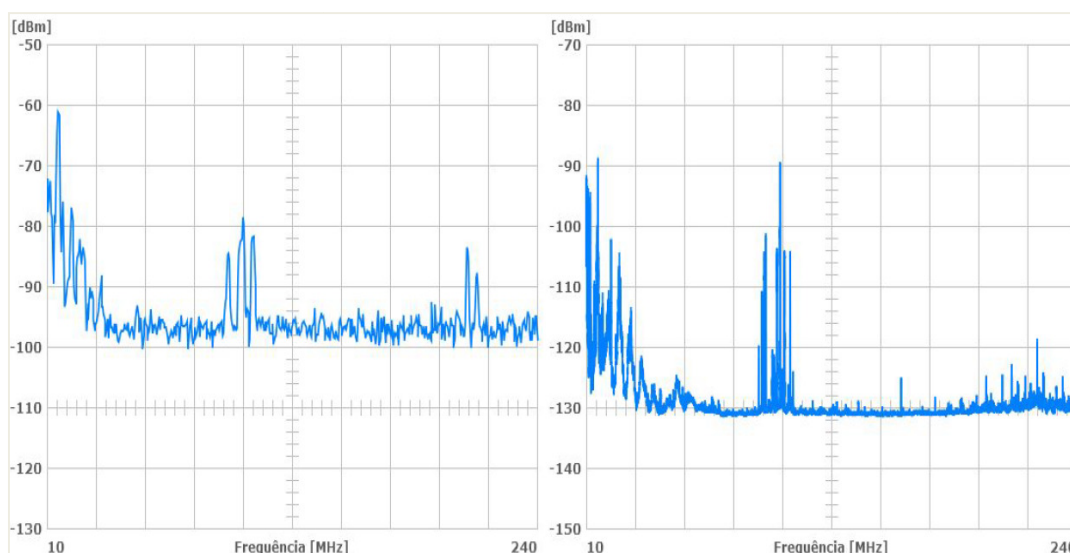


Figura 2.2– Característica do Espectro Eletromagnético na região do Observatório Espacial do Sul, em São Martinho da Serra, RS, na faixa de 10-240 MHz, em 2003 e em 2009.

Fonte: ROSA, 2009.

Nas faixas de frequências próximas aos 50 MHz, também são esperados sinais de RFI, pois, elas são faixas de comunicação utilizadas por radioamadores, já regulamentadas pela ANATEL para esses fins. Na Figura 2.3, é apresentada uma comparação entre as medidas feitas no monitoramento do Espectro Eletromagnético no OES (10-240 MHz) e em uma estação do LOFAR europeu (10-150 MHz). A faixa da

estação do LOFAR está representada em verde. A linha azul representa a característica do Espectro Eletromagnético no OES.

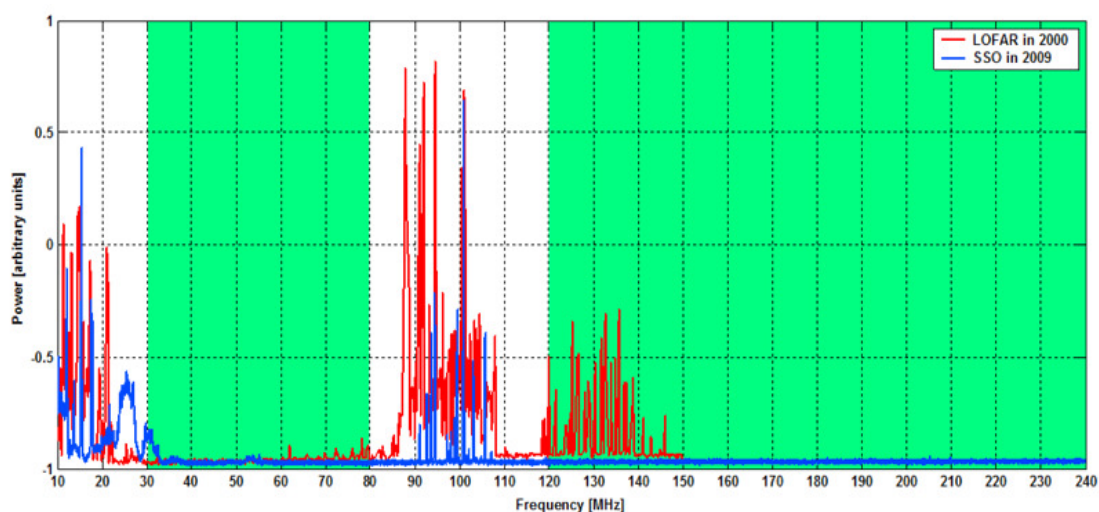


Figura 2.3 – Comparação entre as medidas do monitoramento do Espectro Eletromagnético por uma estação do LOFAR europeu, em 2000, e pela estação instalada no OES, em 2009.

Fonte: ROSA (2009)

2.2 - Metodologia para monitoramento

Para realizar o monitoramento do espectro eletromagnético e mensurar o nível de rádio interferência na região do OES, foi utilizado um analisador de espectro Tektronix 2754p, do Laboratório de Radiofrequência e Comunicações LRC – CRS/CCR/INPE – MCTI, um microcomputador e uma antena omnidirecional *D130*. A antena é conectada ao analisador, via cabo coaxial e o analisador é conectado ao computador, via barramento GPIB. A Figura 2.4 mostra o conjunto analisador-computador em fase de testes, no Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais CRS/CCR/INPE - MCTI, em Maio de 2012.

O analisador de espectro Tektronix 2754P pode trabalhar numa faixa de frequências que vai de 10 kHz até 21 GHz, com uma precisão de 5%. Tem resolução de largura de banda de 1 kHz até 3 MHz. O barramento GPIB utilizado, é do padrão IEEE 488.2 e realiza as transmissões dos dados digitais, já tratados pelo analisador de espectro, para o computador. Essa comunicação foi possível após a instalação de uma placa controladora de GPIB, no barramento ISA do computador.



Figura 2.4 – Conjunto computador-analisador em fase de testes no CRS, em Maio de 2012.

O computador, com um processador *Pentium II* (1997), é responsável pela plataforma para desenvolvimento da interface lógica para a aquisição dos dados do monitoramento espectral. O programa utilizado para acompanhar o monitoramento é o *Quimera*, desenvolvido por ROSA (2009).

No OES, em São Martinho da Serra, a antena omnidirecional foi instalada próximo ao prédio seis. O sistema foi operado remotamente e os sinais que eram recebidos iam sendo enviados para o CRS, em Santa Maria, via rede de internet. Devido a condições pouco favoráveis e alguns problemas nas conexões de rede, os bolsistas anteriores tiveram que se deslocar ao OES e reativar o sistema algumas vezes.

CAPÍTULO 3

PROTÓTIPO DE RÁDIO INTERFERÔMETRO DESENVOLVIDO, TESTES E RESULTADOS

3.1 – Protótipo de Rádio interferômetro desenvolvido

O Protótipo de Rádio interferômetro desenvolvido por ROSA (2009) é composto por:

- Antena Ativa;
- Receptores analógicos;
- Correlacionador digital.

O arranjo segue a estrutura básica exposta na Figura 3.1.

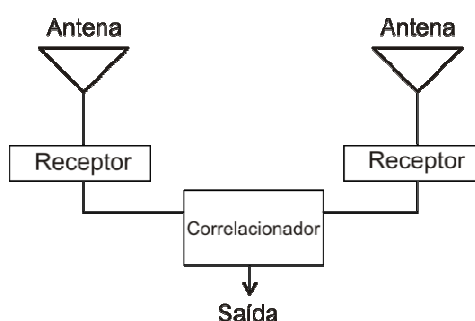


Figura 3.1 – Diagrama da estrutura básica do arranjo interferométrico

3.1.1 – Antena Ativa

A antena ativa é formada, basicamente, por uma estrutura disposta em forma de um dipolo-V invertido, presa ao chão, e composta por dois fios de cobre, um mastro de PVC e uma estrutura, também de PVC, localizada no ponto mais alto do dipolo, que aloja o circuito ativo da antena. A antena tem sua estrutura representada no diagrama da Figura 3.3. De acordo com ELLINGSON (2005), para frequências inferiores a 100 MHz, o dipolo filamentar é preferível, em relação à instalação de diversas antenas complexas com ampla largura de feixe e de banda, por apresentar um baixíssimo custo de desenvolvimento e pouca manutenção. As antenas com ampla largura de feixe e

banda fazem parte dos novos conceitos de radiotelescópios como o LOFAR. Na Figura 3.2, temos um diagrama de representação da antena ativa.

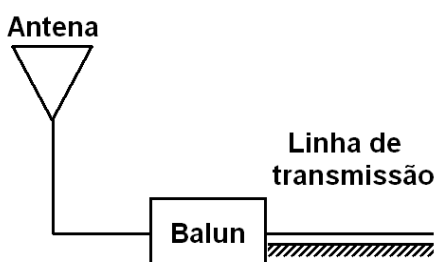


Figura 3.2 – Diagrama de representação da antena ativa.

Fonte: ROSA (2009)

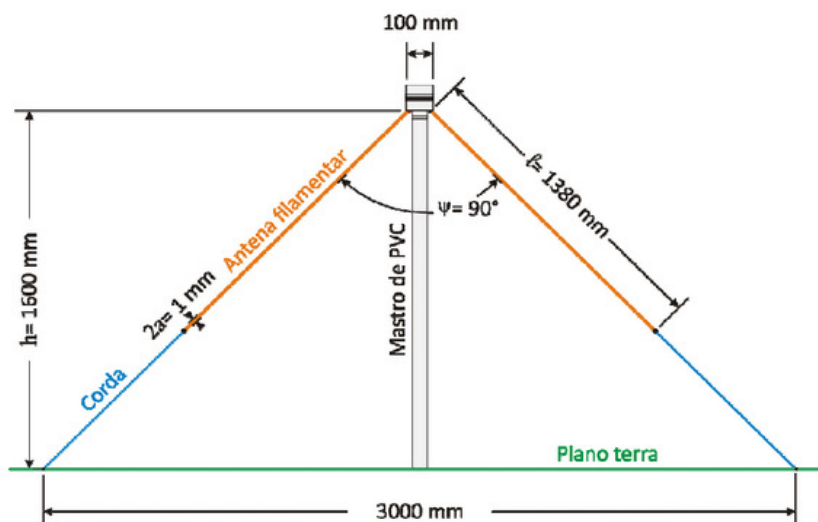


Figura 3.3 – Diagrama de representação da antena proposta por CAPPELLEN (2007) e desenvolvida por ROSA (2009).

Fonte: ROSA (2009).

3.1.1.1 – Circuito da Antena Ativa

O circuito que compõe a antena ativa realiza a filtragem do sinal, a amplificação, a conversão da linha balanceada para a linha desbalanceada e a transformação do sinal para os 50 Ω da impedância do cabo coaxial da linha de transmissão. Na pré-amplificação do sinal, são utilizados amplificadores *Mini Circuits* MAR-8, que apresentam alto ganho, impedâncias de entrada e saída de 50 Ω e baixa figura de ruído (ROSA,2009). A Figura 3.4 mostra um diagrama de representação do circuito completo da antena ativa.

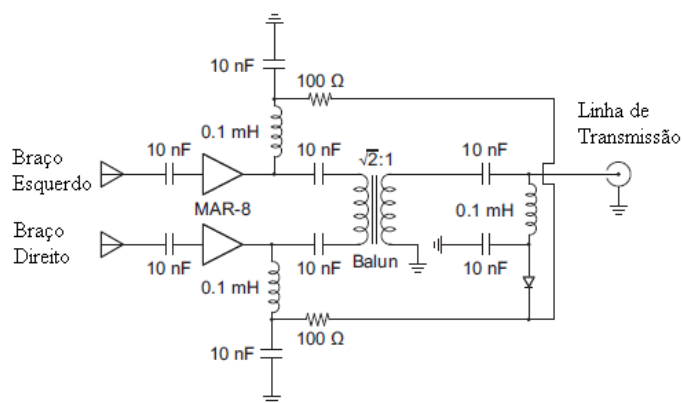


Figura 3.4 – Representação do diagrama do circuito completo da antena ativa.

Fonte: Adaptação de ROSA (2009).

No circuito, é utilizado um *balun* (*balanced to unbalanced*) do tipo transformador, que conecta linhas de diferentes impedâncias, realizando as etapas de desbalanceamento da linha e casamento de impedâncias. Segundo ROSA (2009), um *balun* pode converter os sinais elétricos que são equilibrados, em relação ao terra, em sinais desequilibrados e vice-versa. Para alimentar os pré-amplificadores, foi utilizado um circuito *bias-tee*, que permite inserir energia de corrente contínua em um sinal de corrente alternada de RF. O circuito *bias-tee* envolve, basicamente, um indutor de alimentação DC, um capacitor que mantém essa corrente contínua e um diodo interno para evitar danos.

Basicamente, acompanhando o circuito representado na figura 3.4, o sinal entra pelos braços da antena; passa pelos capacitores de 10 nF, que atuam como filtros; é pré-amplificado pelos amplificadores MAR-8; passa por outros capacitores de 10 nF; entra no *balun*, que realizará o casamento de impedâncias, tornando a impedância final em 50 Ω . Após sair do *balun* o sinal é filtrado novamente e vai até a linha de transmissão, o cabo coaxial. O cabo coaxial é, então, conectado no receptor. Além de servir como um filtro para o sinal, os capacitores de 10 nF direcionam a corrente contínua apenas para alimentação dos amplificadores MAR-8, impedindo que a DC circule junto com o sinal.

3.1.2 – Receptor

As funções de captar, filtrar e demodular o sinal de Rádio Frequência (RF) existente no espaço são do receptor. Esse sinal normalmente é de fraca intensidade, logo, precisa-se amplificá-lo para poder eliminar todos os sinais indesejáveis. A

demodulação de um sinal envolve a detecção da informação presente neste sinal. Tendo em vista seu baixo custo, utiliza-se a topologia de um receptor super-regenerativo no projeto. A faixa de frequência de operação do receptor proposto é de 20-80 MHz.

Um dos problemas com a arquitetura do receptor super-regenerativo é a operação com estabilidade em banda larga e a grande variação de impedância de entrada do receptor (ROSA, 2009). A fim de evitar esses problemas, o circuito do receptor proposto é composto, basicamente, por um *bias tee*, uma rede de casamento de impedância para a faixa de 20-80 MHz, o receptor de RF super-regenerativo e um amplificador de áudio. A topologia básica do receptor é demonstrada no diagrama da Figura 3.5.

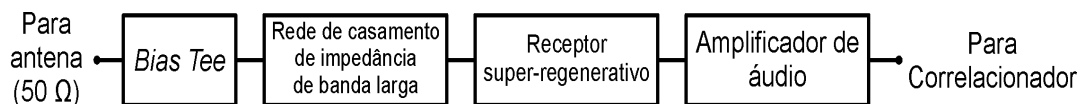


Figura 3.5 – Diagrama da topologia básica do receptor proposto.

Fonte: ROSA (2009)

A topologia básica exposta na Figura 3.5 pode ser mais bem entendida com a Figura 3.6, que mostra um diagrama do circuito completo do receptor com as partes citadas na topologia.

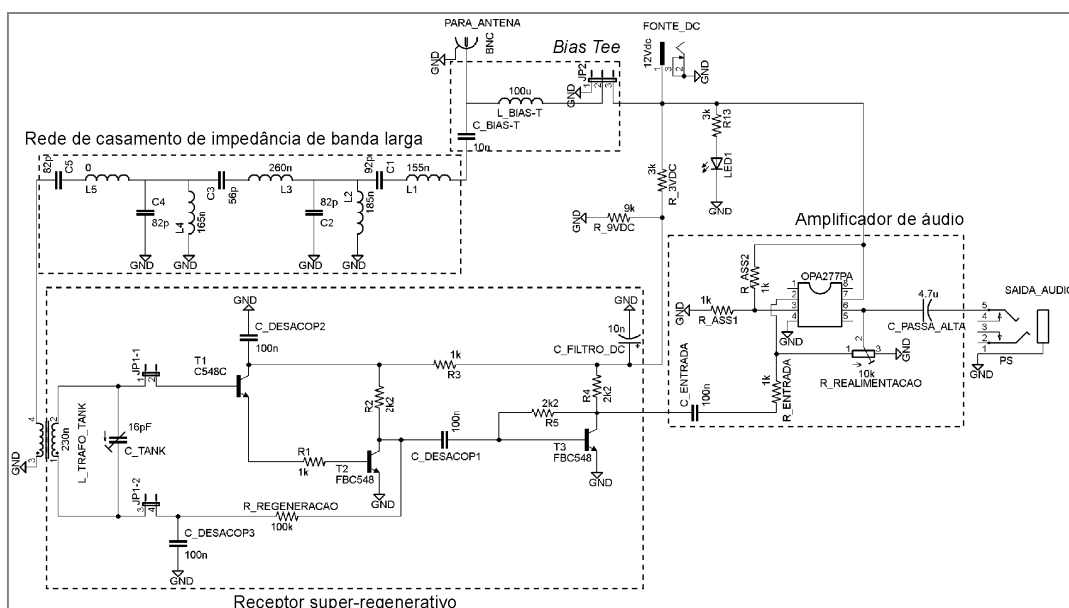


Figura 3.6 – Diagrama do circuito completo do receptor proposto.

Fonte: ROSA (2009).

3.1.3 - Correlacionador Digital

Um correlacionador é um dispositivo que pode combinar os sinais de diversas antenas de um interferômetro. As principais topologias para correlacionadores utilizadas na Radioastronomia são XF e FX, em que, XF representa a topologia na qual a correlação (simbolizada por X) é feita antes da transformada de Fourier (simbolizada por F). O Projeto optou por uma topologia de correlacionador FX, visto que essa é a mesma linha da encontrada no Projeto LOFAR e porque ela demonstra maiores vantagens quando o número de entradas do correlacionador aumenta.

O *software* de correlação está sendo desenvolvido na linguagem de programação C#, visa ser multiplataforma e ainda não apresenta plena operação. Na Figura 3.7, é apresentada a tela principal de aquisição do Correlacionador desenvolvido.

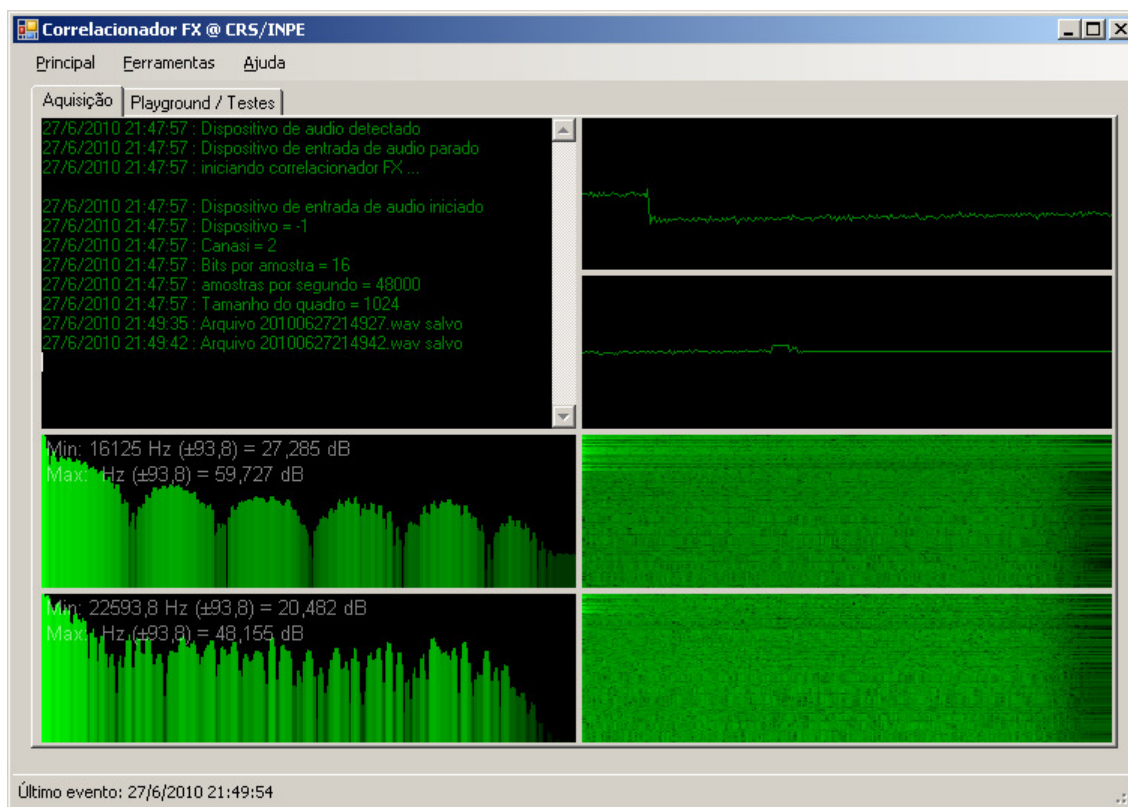


Figura 3.7 – Imagem da tela do *software* de correlação.

Fonte: ROSA (2009)

CAPÍTULO 4

NOVAS PROPOSTAS PARA O PROJETO

4.1– Desenvolvimento de um Receptor Digital

O Projeto de circuito completo do Receptor, proposto por ROSA (2009), envolve um receptor super-regenerativo que é acompanhado de alguns módulos responsáveis, por exemplo, pelo casamento da impedância e pela amplificação de áudio. A proposta para desenvolvimento de um receptor digital objetiva otimizar o funcionamento do conjunto de módulos. Será possível realizar a otimização do sistema a partir da atualização e manutenção dos módulos que acompanham o circuito de recepção, substituindo os atuais componentes eletrônicos por outros que apresentem um funcionamento mais satisfatório.

Os módulos acompanhantes do circuito não serão totalmente alterados, exceto o módulo de recepção analógico. Assim, prevê-se maior confiança na operação e processamento dos sinais.

4.1.1 – Justificativa

A substituição do receptor analógico atual por um receptor digital trará, como benefícios, principalmente, a redução do ruído presente no circuito; a permissão da integração de uma maior quantidade de antenas,; a aquisição de (a) uma maior robustez perante o ruído, (b) uma maior estabilidade na operação com relação às variações climáticas e térmicas que podem ocorrer; a redução dos custos (a) do tratamento de sinais, (b) do desenvolvimento e (c) da manutenção do circuito; e, ainda, permitirá o uso de equipamentos comerciais, como placas de aquisição de baixo custo, que poderão ser desenvolvidas em laboratório. Todos os benefícios que esta atualização prevê, serão complementados com o desenvolvimento de mais algumas etapas no processamento dos sinais.



4.2 – Desenvolvimento de novas Etapas para o processamento dos Sinais

As novas etapas citadas para o processamento dos sinais pretendem otimizar o funcionamento do sistema desenvolvido. Elas envolvem o desenvolvimento de um novo projeto de circuito ativo para as antenas, que possibilitará, depois de desenvolvido e testado, o aumento do número das antenas; a adaptação de conversores analógicos e digitais; o desenvolvimento ou manutenção do correlacionador digital utilizado por ROSA (2009); e, se viável, o desenvolvimento de uma etapa responsável pela compressão dos dados, visto que se pretende trabalhar em tempo real, com taxas de grande porte para atualização e envio de dados.

CAPÍTULO 5

ATIVIDADES DESENVOLVIDAS DURANTE A VIGÊNCIA DA BOLSA

A vigência do Projeto de Pesquisa de Iniciação Científica – PIBIC/CNPq – INPE iniciou em Maio/2012, com a substituição do bolsista anterior, Juliano Andrade. Inicialmente o bolsista realizou uma revisão bibliográfica em artigos, dissertações e teses sobre Radioastronomia, emissão de radiações, componentes de circuitos eletrônicos, Projeto LOFAR, e assuntos relacionados ao projeto de desenvolvimento do protótipo do interferômetro. A revisão bibliográfica foi feita paralelamente à manutenção do conjunto e à integralização do aluno com o Projeto, visto o curto período para entrega de relatórios.

Atualmente, o Bolsista está trabalhando com o estudo e desenvolvimento das melhorias para o protótipo e realiza testes periódicos de calibração com o analisador de Espectro. Todos os testes e estudos sobre o Projeto estão sendo realizados no Laboratório de Rádiofrequência e Comunicações do CRS. Quando o conjunto for reinstalado no OES, em São Martinho, o Bolsista continuará sendo responsável pelo monitoramento do Espectro Eletromagnético, bem como, pelas atividades de todo o arranjo interferométrico.

Durante o período de vigência do Projeto de Pesquisa o acadêmico participou como autor nos seguintes trabalhos, que foram aceitos para apresentação:

COSTA, L. Z.; SCHUCH, N. J.; GOMES, N. R.; LEGG, A. P. Sistema LOFAR – Nível de Rádio Interferência no Observatório Espacial do Sul em São Martinho da Serra na faixa de 10-240 MHz. Em: Seminário de Iniciação Científica do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais, 2012, Santa Maria – RS. II SICCRS, 2012.

COSTA, L. Z.;SCHUCH, N. J.; GOMES, N. R.; LEGG, A. P.; ALVES, D.I.;PEREZ JÚNIOR, C. A. D. Sistema LOFAR – Nível de Rádio Interferência no Observatório Espacial do Sul em São Martinho da Serra na faixa de 10-240 MHz. Em: Jornada Acadêmica Integrada, 2012, Santa Maria – RS. 27ª JAI, 2012.

O bolsista participou como co-autor, dos seguintes trabalhos, que foram aceitos para apresentação em diversos eventos:

ALVES, D.I.; GOMES, N. R.; SCHUCH, N. J.; MACHADO, R.; **COSTA, L. Z.**; PAULO C.M. Estudo da SER para Sistema Cooperativo de Dois Saltos com Modelo de Desvanecimento $\alpha - \mu$. Em: XXX Simpósio Brasileiro de Telecomunicações, 2012, Brasília - DF. XXX SBrT, 2012.

ALVES, D.I.; SCHUCH, N. J.; GOMES, N. R.; MACHADO, R.; DURÃO, O. S. C.; PAULO C.M; **COSTA, L. Z.** Desenvolvimento de um Balanço de Potência para o NANOSATC-BR1. Em: Seminário de Iniciação Científica do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais, 2012, Santa Maria – RS. II SICCRS, 2012.

ALVES, D.I.; SCHUCH, N. J.; GOMES, N. R.; DURÃO, O. S. C.; PAULO C.M; **COSTA, L. Z.** Nanosatc-Br1 Electrical Power Subsystem – Development Of A Power Budget. Em: International Astronautical Congress, 2012, Naples, Italy. IAC 2012.

BREMM, T.;SCHUCH, N. J.; DAL LAGO, A; GOMES, N. R.; MACHADO, R.; ROSA, G. S.; ALVES, D.I.; PAULO C.M; **COSTA, L. Z.** Antennas Optimization for Low Frequency Radio Interferometer for Solar – Terrestrial Interactions and Radio Astronomy. Em: International Astronautical Congress, 2012, Naples, Italy. IAC 2012.

PEREZ JÚNIOR, C. A. D.; SCHUCH, N. J.; GOMES, N. R.; LEGG, A. P; ALVES, D.I.;**COSTA, L. Z.** Pesquisa da Atividade Solar, Interações Sol-Terra com as redes SARINET e SAVNET e Desenvolvimento de uma Estação Protótipo nos Moldes do LOFAR europeu para o Observatório Espacial do Sul. Em: Seminário de Iniciação Científica do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais, 2012, Santa Maria – RS. II SICCRS, 2012.



E o bolsista também participou como autor do seguinte trabalho, que foi enviado e aguarda a data do aceite:

COSTA, L. Z.; SCHUCH, N. J; GOMES, N. R.; PAULO C.M; BOHRER, R.Z.G;
ALVES, D.I. Estação Terrena para o Programa NANOSATC-BR, Desenvolvimento de
Cubesats. Em: Simpósio Brasileiro de Geofísica Espacial e Aeronomia, 2012, São Paulo
– SP. IV SBGEA, 2012.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÃO

No período de **Mai 2012** até **Julho 2012** as atividades do Projeto de Pesquisa foram realizadas pelo aluno **Leonardo Zavareze da Costa** do Curso de Física Licenciatura Plena da UFSM em substituição ao aluno Juliano Andrade. Estas atividades são apresentadas no presente Relatório de Atividades do Projeto: **SISTEMA LOFAR – NÍVEL DE RÁDIO INTERFERÊNCIA NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL EM SÃO MARTINHO DA SERRA NA FAIXA DE 10-240 MHZ** (Processo número **109400/2012-7**) vigência de Maio a Julho de 2012.

O período de atividades de I. C. & T. de Maio a Julho de 2012 foi de grande auxílio para o aluno desenvolver diversas habilidades, principalmente as que são voltadas à pesquisa, desenvolvimento de trabalhos, organização pessoal e em trabalhos em grupo. Toda a revisão bibliográfica ajudou o aluno a compreender mais do assunto estudado e o interessou pela Pesquisa, além de auxiliar nos períodos com aula, visto que alguns assuntos envolvidos no Projeto são envolvidos em aula, no curso de Física Licenciatura Plena da Universidade Federal de Santa Maria.

O Projeto de Pesquisa permitiu que o aluno tivesse acesso aos meios de informação e a uma estrutura que fornecia contato quase diário com vários outros alunos, Professores e Doutores em diferentes áreas do conhecimento, que auxiliaram o aluno no trabalho e em escolhas acadêmicas. Foi possível a participação em eventos científicos e o contato com muitos profissionais de outras áreas e instituições, permitindo uma importante troca de experiências e de ideias, que proporcionou grande crescimento profissional e pessoal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREOLLA, Tina. RADIOASTRONOMIA: FERRAMENTA DE OBSERVAÇÃO DO UNIVERSO, 2010.

CAPPELLEN, W. A.; RUITER, M.; KANT G. W. (2007) Low Band Antenna: Architectural Design Document, ASTRON, LOFAR Project, Doc.id: LOFAR-ASTRON-ADD-009, ver.2.1.

ELLINGSON, S.W. Aug. 2005. Antennas for the Next Generation of Low-Frequency Radio Telescopes, *Antennas and Propagation. IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol.53, n.8, pp. 2480-2489,

ROSA, G. S., Dez. 2010. Relatório de Estágio Supervisionado, Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria, Dept. Eng. Elétrica, Universidade Federal de Santa Maria, Brasil, Relatório Técnico de Estágio de Graduação.

ROSA, G. S. Jul. 2010c. Desenvolvimento de Antenas, Receptores, Correlacionadores e Sistema de Aquisição de Dados para o Interferômetro (20 – 80 MHz) de Baixo Custo – Rádio interferência, Dept. Engenharia Elétrica, UFSM. Monografia de Graduação, Jul. 2010.