



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

**ESTUDO DAS MARÉS ATMOSFÉRICAS
NA ALTA ATMOSFERA DO SUL BRASILEIRO**

RELATÓRIO FINAL DE PROJETOS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
PIBIC/INPE – CNPq/MCT

PROCESSO Nº 102793/2009-3

Carlos Pinto da Silva Neto - Bolsista PIBIC/INPE – CNPq/MCT
Laboratório de Mesosfera e Luminescência Atmosférica
LMLA/CRS/CIE/INPE – MCT
Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais
CRS/CIE/INPE – MCT
E-mail: cpsneto@lacesm.ufsm.br

Dr. Barclay Robert Clemesha - Orientador
Divisão de Aeronomia
DAE/CEA/INPE-MCT
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
INPE - MCT
E-mail: brc@laser.inpe.br

Santa Maria, Junho de 2009



RELATÓRIO FINAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO PROGRAMA: PIBIC/INPE - CNPq/MCT

PROJETO

ESTUDO DAS MARÉS ATMOSFÉRICAS NA ALTA ATMOSFERA DO SUL BRASILEIRO

Relatório elaborado por **Carlos Pinto da Silva Neto** relatando as atividades desenvolvidas.

PROCESSO Nº 102793/2009-3

Carlos Pinto da Silva Neto - Bolsista PIBIC/INPE – CNPq/MCT
E-mail: carlospsneto@lacesm.ufsm.br

Dr. Barclay Robert Clemesha – Orientador
Divisão de Aeronomia - DAE/CEA/INPE-MCT
E-mail: brc@laser.inpe.br

Dr. Nelson Jorge Schuch - Co-Orientador
Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CIE/INPE – MCT
E-mail: njschuch@lacesm.ufsm.br



DADOS DE IDENTIFICAÇÃO

Título do Projeto:

**ESTUDO DAS MARÉS ATMOSFÉRICAS NA ALTA ATMOSFERA
DO SUL BRASILEIRO**

Processo CNPq/MCT: 102793/2009-3

Bolsista:

Carlos Pinto da Silva Neto

Acadêmico do Curso de Meteorologia Bacharelado

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM

Orientador:

Dr. Barclay Robert Clemesha.

Divisão de Aeronomia – DAE/CEA/INPE - MCT

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE/MCT

Co-Orientador:

Dr. Nelson Jorge Schuch

Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CIE/INPE-MCT

Colaboradores:

- Engenheiro Fernando Morais Santos
DAE/CEA/INPE – MCT
- Cássio Espindola Antunes
Acadêmico do Curso de Engenharia Elétrica da UFSM



Local de execução do projeto:

- Laboratório de Mesosfera e Luminescência Atmosférica - CRS/CIE/INPE/MCT, em Santa Maria, RS.
- Trabalho desenvolvido no âmbito da parceria: INPE/MCT – UFSM através do Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria – LACESM/CT/UFSM, em Santa Maria, RS.



Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil



Grupo de Pesquisa
Ciências Atmosféricas - Ozônio x Radiação - Energias Renováveis



[Identificação](#)

[Recursos Humanos](#)

[Linhas de Pesquisa](#)

[Indicadores do Grupo](#)

Identificação

Dados básicos

Nome do grupo: Ciências Atmosféricas - Ozônio x Radiação - Energias Renováveis

Status do grupo: **certificado pela instituição**

Ano de formação: 1992

Data da última atualização: 04/06/2009 15:13

Líder(es) do grupo: Nelson Jorge Schuch - nelson.schuch@pq.cnpq.br

Damaris Kirsch Pinheiro - damariskp@gmail.com

Área predominante: Ciências Exatas e da Terra; Geociências

Instituição: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Órgão: Coordenação de Gestão Científica - CIE

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

E-mail: njschuch@lacesm.ufsm.br

Home page: <http://>

Repercussões dos trabalhos do grupo



Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CIE/INPE – MCT
Relatório Final de Atividades 2009

O Grupo de Pesquisa - Ciências Atmosféricas - Ozônio x Radiação - Energias Renováveis, do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRS/INPE - MCT, em Santa Maria, e Observatório Espacial do Sul - OES/CRS/INPE - MCT, Latitude: 29°26'24"S, Longitude: 53°48'38"W, Altitude 488m, em São Martinho da Serra, RS, colabora com pesquisadores do INPE(CEA e CPTEC), da USP(DM/ICB e IAG), do DBG/CB-UFRN, do LACESM-UFSM e internacionais: Japão (Universidades de Takushoku e Rikkyo) e EUA(NASA). Linhas de Pesquisas: CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS: OZÔNIO x RADIAÇÃO, ENERGIAS RENOVÁVEIS. Pesquisa: a composição, a estrutura, os processos físicos-químicos, dinâmicos, eletricidade atmosférica e(TLEs), o potencial energético renovável e o transporte de energia, com medidas in situ e fenômenos: Atmosféricos, Biosféricos e Genéticos. O Programa de Monitoramento do Ozônio Atmosférico - PMOA, criado por Nelson Jorge Schuch em maio de 1992, executado em Convênio: CRS/INPE-MCT - LACESM/CT-UFSM, objetiva: a análise de sua concentração; o comportamento de sua "camada", a +/- 25 Km no RS, suas correlações com: Radiação Ultravioleta (UV-A, UV-B); gases traçadores (NO₂ / SO₂ / CO₂); aerossóis - queimadas; dados físicos e meteorológicos de sondagens troposféricas e estratosféricas; precipitação de partículas na Anomalia Magnética do Atlântico Sul - AMAS.

Pesquisa e monitoramento da Radiação Ultravioleta - UV: UV-A (400-320 nm), UV-B (320 e 280 nm). Pesquisa da sensibilidade à Radiação UV: de seu Espectro de Ação; obtenção de Dose; do Índice Ultravioleta, I-UV; efeitos biológicos da Radiação UV-B em: nível celular, humanos, animais, vegetais, ecossistemas aquáticos. Pesquisa de Energias Renováveis com ênfase nas fontes solar e eólica. Vice-Líderes: Damaris K. Pinheiro, Marcelo B. da Rosa, Enio B. Pereira.

Recursos humanos

Pesquisadores

Total: 21

André Passaglia Schuch	Fernando Ramos Martins
Augusta Maria Passaglia Schuch	Lucymara Fassarella Agnez Lima
Barclay Robert Clemesha	Marcelo Barcellos da Rosa
Caitano Luiz da Silva	Marcelo Pizzuti Pes
Carlos Frederico Martins Menck	Nelson Jesus Ferreira
Damaris Kirsch Pinheiro	Nelson Jorge Schuch
Daniel Vinicius Fiorin	Neusa Maria Paes Leme
Enio Bueno Pereira	Nivaor Rodolfo Rigozo
Ezequiel Echer	Plínio Carlos Alvalá
Fernanda de São Sabbas Tavares	Ricardo André Guarnieri
Fernando Luís Guarnieri	

Estudantes

Total: 11

Ana Marceli Soares	Nadiara Pereira
Carlos Pinto da Silva Neto	Naiara Tatiane Hupfer
Eduardo Weide Luiz	Pabulo Henrique Rampelotto
Elenice Kall	Rodrigo Brackmann
Gustavo Pereira Guerra	Rodrigo da Rosa Azambuja
Marcio Ceconi	

Técnicos

Total: 2

Eduardo Ceretta Dalla Favera - Ensino Profissional de nível técnico - Técnico em Computação



Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CIE/INPE – MCT
Relatório Final de Atividades 2009

Vinicius Ceregati Costa - Graduação - \Outra Função

Linhas de pesquisa	Total: 2
<ul style="list-style-type: none">• Ciências Atmosféricas: Ozônio x Radiação• Energias Renováveis	

Relações com o setor produtivo	Total: 0
--------------------------------	----------

Indicadores de recursos humanos do grupo	
Integrantes do grupo	Total
Pesquisador(es)	21
Estudante(s)	11
écnico(s)	2



Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil



Linha de Pesquisa
Ciências Atmosféricas: Ozônio x Radiação

Linha de pesquisa

Ciências Atmosféricas: Ozônio x Radiação

Nome do grupo: [Ciências Atmosféricas - Ozônio x Radiação - Energias Renováveis](#)

Palavras-chave: Efeitos Biológicos da Radiação Solar - UV; Espessuras Óticas de Aerossóis; Monitoramento Ambiental; Ozônio Estratosférico; Ozônio Troposférico; Radiação Solar e Ultravioleta - UV;

Pesquisadores:

[André Passaglia Schuch](#)
[Augusta Maria Passaglia Schuch](#)
[Barclay Robert Clemesha](#)
[Caitano Luiz da Silva](#)
[Carlos Frederico Martins Menck](#)
[Damaris Kirsch Pinheiro](#)
[Daniel Vinicius Fiorin](#)
[Ezequiel Echer](#)
[Fernanda de São Sabbas Tavares](#)
[Fernando Luís Guarnieri](#)
[Lucymara Fassarella Agnez Lima](#)
[Marcelo Barcellos da Rosa](#)
[Nelson Jesus Ferreira](#)
[Nelson Jorge Schuch](#)
[Neusa Maria Paes Leme](#)
[Nivaor Rodolfo Rigozo](#)
[Plínio Carlos Alvalá](#)
[Ricardo André Guarnieri](#)

Estudantes:

[Ana Marcell Soares](#)
[Carlos Pinto da Silva Neto](#)
[Elenice Kall](#)
[Gustavo Pereira Guerra](#)
[Marcio Ceconi](#)
[Nadira Pereira](#)
[Naiara Tatiane Hupfer](#)
[Pabulo Henrique Rampelotto](#)
[Rodrigo da Rosa Azambuja](#)

Árvore do conhecimento:

Ciências Exatas e da Terra; Geociências; Ozônio; Ozônio;
Ciências Exatas e da Terra; Geociências; Fenômenos Físico - Químicos da Atmosfera;
Ciências Exatas e da Terra; Geociências; Influência na Radiação UV;

Setores de aplicação:

Produtos e serviços voltados para a defesa e proteção do meio ambiente, incluindo o desenvolvimento sustentado



Objetivo:

Monitoramentos: Ozônio, Radiação Solar, Ultravioleta: UV-A (400-320 nm), UV-B (320-280nm), efeitos biológicos-genéticos. Aeronomia dos fenômenos físico-químico, dinâmica, eletricidade atmosférica e (TLEs). Análise da concentração do Ozônio; comportamento de sua "camada", a +/- 25 Km no RS, suas correlações com: Radiação Ultravioleta (UV-A, UV-B); gases traçadores; aerossóis; dados de sondagens troposféricas e estratosféricas; precipitação de partículas na AMAS. Vice-Líder: Damaris K. Pinheiro



Grupo de Pesquisa
Clima Espacial, Magnetosferas, Geomagnetismo:
Interações Terra - Sol, NanoSatC-Br



[Identificação](#)

[Recursos Humanos](#)

[Linhas de Pesquisa](#)

[Indicadores do Grupo](#)

Identificação

Dados básicos

Nome do grupo: Clima Espacial, Magnetosferas, Geomagnetismo: Interações Terra - Sol, NanoSatC-Br

Status do grupo: **certificado pela instituição**

Ano de formação: 1996

Data da última atualização: 23/06/2009 11:43

Líder(es) do grupo: Nelson Jorge Schuch - nelson.schuch@pq.cnpq.br

Natanael Rodrigues Gomes - natanael.gomes@lacesm.ufsm.br

Área predominante: Ciências Exatas e da Terra; Geociências

Instituição: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Órgão: Coordenação de Gestão Científica - CIE

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

E-mail: njschuch@lacesm.ufsm.br

Home page: <http://>

Repercussões dos trabalhos do grupo



Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CIE/INPE – MCT
Relatório Final de Atividades 2009

O Grupo - CLIMA ESPACIAL, MAGNETOSFERAS, GEOMAGNETISMO:INTERAÇÃO TERRA-SOL 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, DPD/UNIVAP e SEFET/GO, 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 (University of Greifswald e Max Planck Institute for Solar System Research), Austrália (Australian Government Antarctic Division e 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, NANOSATC-BR. Áreas de interesse: Heliosfera, Física Solar, Meio Interplanetário, Clima Espacial, Magnetosferas, Geomagnetismo, Aeronomia, Ionosferas, Aeroluminescência, Raios Cósmicos, Muons, Pequenos Satélites Científicos. 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: 42

Ademar Michels	Jean Pierre Raulin
Alan Prestes	Joao Paulo Minussi
Alicia Luisa Clúa de Gonzalez	Jose Humberto Andrade Sobral
Alisson Dal Lago	Juliano Moro
Antonio Claret Palerosi	Mangalathayil Ali Abdu
Barclay Robert Clemesha	Marcelo Barcellos da Rosa
Caitano Luiz da Silva	Marco Ivan Rodrigues Sampaio
Carlos Roberto Braga	Marcos Vinicius Dias Silveira
Clezio Marcos De Nardin	Nalin Babulau Trivedi
Cristiano Max Wrasse	Natanael Rodrigues Gomes
Delano Gobbi	Nelson Jorge Schuch
Eurico Rodrigues de Paula	Nivaor Rodolfo Rigozo
Ezequiel Echer	Odin Mendes Junior
Fabiano Luis de Sousa	Osmar Pinto Junior
Fábio Augusto Vargas dos Santos	Otavio Santos Cupertino Durão
Fernanda de São Sabbas Tavares	Pawel Rozenfeld
Fernando Luís Guarnieri	Petrônio Noronha de Souza
Gelson Lauro Dal' Forno	Polinaya Muralikrishna
Hisao Takahashi	Rajaram Purushottam Kane
Ijar Milagre da Fonseca	Severino Luiz Guimaraes Dutra
Jean Carlo Santos	Walter Demetrio Gonzalez Alarcon

Estudantes

Total: 33

Aline Seeger Santos	Jose Fernando Thuorst
Bernardo Henz	Josemar de Siqueira
Carlos Pinto da Silva Neto	Lilian Piecha Moor
Cassio Espindola Antunes	Lucas Antunes Tambara
Cássio Rodinei dos Santos	Lucas Lopes Costa
Celito Muck Felipetto	Lucas Ramos Vieira



Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CIE/INPE – MCT
Relatório Final de Atividades 2009

Claudio Machado Paulo	Luis Fernando Nicolini
Cristiano Sarzi Machado	Nikolas Kemmerich
Edson Rodrigo Thomas	Rafael Lopes Costa
Eduardo Escobar Bürger	Ricardo Cartier dos Santos
Eduardo Weide Luiz	Rodrigo da Rosa Azambuja
Felipe Cipriani Luzzi	Rubens Zolar Gehlen Bohrer
Fernando de Souza Savian	Tardelli Ronan Coelho Stekel
Guilherme Aluizio Steffens Lorensen	Thalis José Girardi
Guilherme Grams	Tiago Jaskulski
Guilherme Simon da Rosa	Willian Rigon Silva
Igor Freitas Fagundes	

Técnicos	Total: 2
-----------------	-----------------

Eduardo Ceretta Dalla Favera - Ensino Profissional de nível técnico - Técnico em Computação
Vinicius Ceregati Costa - Graduação - \Outra Função

Linhas de pesquisa	Total: 4
---------------------------	-----------------

- [AERONOMIA - IONOSFERAS x AEROLUMINESCÊNCIA](#)
- [Desenvolvimento de CubeSats - NANOSATC-BR](#)
- [MAGNETOSFERAS x GEOMAGNETISMO](#)
- [MEIO INTERPLANETÁRIO - CLIMA ESPACIAL](#)

Relações com o setor produtivo	Total: 0
---------------------------------------	-----------------

Indicadores de recursos humanos do grupo	
---	--

	Integrantes do grupo	Total
Pesquisador(es)		42
Estudante(s)		33
Técnico(s)		2



Linha de Pesquisa

AERONOMIA - IONOSFERAS x AEROLUMINESCÊNCIA

Linha de pesquisa

AERONOMIA - IONOSFERAS x AEROLUMINESCÊNCIA

Nome do grupo: [Clima Espacial, Magnetosferas, Geomagnetismo: Interações Terra - Sol, NanoSatC-Br](#)

Palavras-chave: Aeronomia/Aeroluminescência-Fotômetros/Imageadores; Anomalia Magnética do Atlântico Sul - AMAS; Eletrojato Equatorial; Interações Sol - Terra; Ionosfera - Digissonda - Radares; Mesosfera - Radares - Rastros Meteóricos;

Pesquisadores:

[Barclay Robert Clemesha](#)
[Caitano Luiz da Silva](#)
[Clezio Marcos De Nardin](#)
[Cristiano Max Wrasse](#)
[Delano Gobbi](#)
[Eurico Rodrigues de Paula](#)
[Fábio Augusto Vargas dos Santos](#)
[Fernanda de São Sabbas Tavares](#)
[Gelson Lauro Dal' Forno](#)
[Hisao Takahashi](#)
[Jean Pierre Raulin](#)
[Mangalathayil Ali Abdu](#)
[Marcelo Barcellos da Rosa](#)
[Marco Ivan Rodrigues Sampaio](#)
[Nelson Jorge Schuch](#)
[Nivaor Rodolfo Rigozo](#)
[Polinaya Muralikrishna](#)

Estudantes:

[Carlos Pinto da Silva Neto](#)
[Cássio Rodinei dos Santos](#)
[Claudio Machado Paulo](#)
[Cristiano Sarzi Machado](#)
[Edson Rodrigo Thomas](#)
[Eduardo Weide Luiz](#)
[Felipe Cipriani Luzzi](#)
[Guilherme Aluizio Steffens Lorenset](#)
[Guilherme Grams](#)
[Lilian Piecha Moor](#)
[Rodrigo da Rosa Azambuja](#)
[Thalis José Girardi](#)

Árvore do conhecimento:

Ciências Exatas e da Terra; Geociências; Aeronomia;
Ciências Exatas e da Terra; Geociências; Interações Sol - Terra;
Ciências Exatas e da Terra; Geociências; Geofísica Espacial;

Setores de aplicação:

Aeronáutica e espaço



Objetivo:

Aeronomia dos fenômenos físicos, químicos, dinâmica e eletricidade da Atmosfera e seus(TLEs), observando com radares, GPS, imageadores, fotômetros e aeroluminescência (ventos) das ondas atmosféricas: planetárias, de gravidade e marés; Pesquisas com radares e digissonda da dinâmica da Troposfera, Estratosfera, Ionosfera e Alta Atmosfera, investigando o acoplamento vertical e transporte de energia do Sistema Atmosfera-Ionosfera na Região Sul Brasileira. Vice-Líder: Marcelo Barcellos da Rosa.



AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente os meus familiares, meu pai Tristão Pinto da Silva Neto e Mãe Judite Maria Torquato, que tanto me apoiaram e incentivaram a cursar Meteorologia. Agradeço em especial minha namora Kariani Regina Savegnago por todo incentivo e exemplo na vida acadêmica e pessoal.

Ao Dr. Clemesha, meu orientador, Pesquisador Titular do DAE/CEA/INPE-MCT, em São José dos Campos, SP, por tamanha atenção prestada durante a realização do trabalho.

Um agradecimento especial ao Dr. Nelson Jorge Schuch, meu co-orientador, pela confiança e atenção dedicados a mim e orientações, não só acadêmicas e profissionais, mas também pessoais.

Ao colega do projeto Cassio Espindola Antunes que sempre esteve presente para me auxiliar.

Aos colegas de Laboratório, Cristiano Sarzi Machado, Thalís José Girardi e Rodrigo Azambuja, pela amizade e companheirismo.

Meus sinceros agradecimentos: (i) aos funcionários, servidores e Chefia do CRS/INPE – MCT pelo apoio e pela infra-estrutura disponibilizada; (ii) ao Programa PIBIC/INPE – CNPq/MCT pela aprovação do Projeto de Pesquisa, que me permitiu dar os primeiros passos na iniciação científica e tecnológica, propiciando grande crescimento profissional; (iii) ao Coordenador Dr. José Carlos Becceneri e a Secretária do Programa PIBIC/INPE – CNPq/MCT, Sra. Egidia Inácio da Rosa, pelo constante apoio, alertas e sua incansável preocupação com toda a burocracia e datas limites do Programa para com os bolsistas de I. C. & T do CRS/INPE - MCT.



SUMÁRIO

RESUMO.....	1
1. INTRODUÇÃO	2
2. ATMOSFERA TERRESTRE	3
2.1 – DINÂMICA ATMOSFÉRICA	5
2.1.1-MARÉS ATMOSFÉRICAS.....	5
2.1.2- MODELOS NUMÉRICOS	7
2.1.2.1 – O MODELO GSWM	7
3.TÉCNICAS OBSERVACIONAIS.....	8
3.1 – TÉCNICA DO RADAR.....	9
3.2.1 ALCANCE DO ECO	11
3.2.2 PRINCÍPIO DOPPLER	11
4. O RADAR SKIYMET.	11
4.1 O RADAR METEÓRICO SKIMET.....	11
4.1.1 ESPECIFICAÇÕES DO EQUIPAMENTO.....	15
4.2. A TÉCNICA INTERFEROMÉTRICA	17
4.3 A REGIÃO METEÓRICA.....	17
4.4 O PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DO RADAR.	18
5.DADOS DO RADAR	20
5.1 PROGRAMA “WINDS ANALYSIS”	21
6.CONCLUSÃO	24
7.BIBLIOGRAFIA	25



Índice de Figuras

FIGURA 1-ATMOSFERA TERRESTRE DISTRIBUÍDA EM CAMADAS. FONTE: KATO(1980, p.2).....	4
FIGURA 2-GEOMETRIA DA REFLEXÃO – FUNCIONAMENTO DE UM RADAR COM UMA ANTENA TRANSMISSORA (X T) E UM PAR DE ANTENAS RECEPTORAS (X1 R) E (X 2 R), SEPARADAS POR UMA DISTÂNCIA D. O ALVO ESTÁ A UMA ALTURA Z EM RELAÇÃO AO SOLO E DISTÂNCIA RADIAL R R E ÂNGULO ZENITAL B, EM RELAÇÃO ÀS ANTENAS RECEPTORAS. FONTE: ADAPTADO DE TOKUMOTO (2002, P. 81).....	10
FIGURA 3-: ARRANJO TÍPICO DAS ANTENAS DO SKIYMET. AS DIMENSÕES MOSTRADAS SÃO PARA FREQUÊNCIA DE OPERAÇÃO DE 35.24MHZ. FONTE: SKIYMET METEOR RADAR REFERENCE MANUAL.	13
FIGURA 4-DIAGRAMA DE BLOCO DO HARDWARE DO RADAR METEÓRICO – SKIYMET DE SANTA MARIA, RS. FONTE: SKIYMET METEOR RADAR REFERENCE MANUAL.	14
FIGURA 5-SISTEMA DE ANTENAS: TRANSMISSORA (1) E RECEPTORA (2) DO RADAR METEÓRICO –SKIYMET, DO CRS/CIE/INPE – MCT, INSTALADO NO “CAMPUS” DA UFSM, SANTA MARIA, RS.....	14
FIGURA 6-ESQUEMA REPRESENTANDO O FUNCIONAMENTO DO RADAR METEÓRICO. FONTE: ADAPTADA DE ADAPTADA DE GENESIS SOFTWARE (2001B).	20
FIGURA 7-PROGRAMA “WINDS ANALYSIS”, CAPAZ DE EFETUAR CÁLCULOS COM GRANDES QUANTIDADES DE DADOS, CALCULA AS COMPONENTES DO VENTO EM DIVERSAS FAIXAS DE ALTURA EM DIVERSOS INTERVALOS DE TEMPO PRÉ DEFINIDOS. .	22
FIGURA 8-PROGRAMA “WINDS ANALYSIS” APÓS PRESSIONADO O BOTÃO “EXECUTE”	23
FIGURA 9-FIG.INTERFACE DO PROGRAMA “WINDS ANALYSIS”, QUE PLOTA OS GRÁFICOS DAS COMPONENTES ZONAL E MERIDIONAL DOS VENTOS PARA DIFERENTES FAIXAS DE ALTURA.....	23



RESUMO

A região da Média Atmosfera é diariamente atingida por milhares de partículas provenientes do espaço. Tais partículas, conhecidas como meteoróide, ao entrarem na atmosfera terrestre, devido ao atrito, essas partículas sofrem um processo de fragmentação ou evaporação, produzindo luz e ionização. Assim, este fenômeno é conhecido como Meteoro.

O estudo da dinâmica dessa Região é possibilitado devido ao fato que os átomos e moléculas neutras deslocam essa trilha de ionização e à característica dos traços ionizados podem ser detectados por radares meteorológicos. Observando-se o comportamento desses ventos com o tempo, é possível estudar as marés atmosféricas, a qual é a principal responsável pela variação diurna dos ventos na região.

O Radar– *VHF All-Sky Interferometric Meteor Radar* – SkiMET, adquirido pelo Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CIE/INPE – MCT e instalado no Campus da Universidade Federal de Santa Maria é um radar que utiliza técnica interferométrica. Ele é composto por 1 antena transmissora e 5 antenas receptoras, estas antenas são alinhadas 3 a 3 em formato de cruz e com espaçamento de 2λ e $2,5\lambda$, tal organização possibilita uma minimização de ambigüidade da direção dos meteoros. O radar SKiMET, funciona desde 2004. Esse sistema possui uma repetição muito alta de pulsos (PRF), acima de 2000 Hz, tal característica possibilita a determinação de parâmetros como por exemplo a velocidade de entrada do meteoro na atmosfera e aumenta o número de meteoros detectados. O radar de Santa Maria opera com uma frequência de 35,24 MHz.

Os pulsos eletromagnéticos transmitidos pelo radar, são refletidos na forma de ecos pelos rastros ionizados e para cada eco meteorológico o radar determina vários parâmetros através de correlações entre sinais das antenas e do atraso do pulso eletromagnético fornecendo informações sobre a natureza do meteoro, como: a altura, azimute e velocidade radial dos ventos que transladam essa trilha ionizada



1. INTRODUÇÃO

Este relatório tem como objetivo relatar as atividades realizadas pelo aluno de iniciação científica **Carlos Pinto da Silva Neto**, estudante de Meteorologia da UFSM, durante o período relativo a 01/04/2009 a 31/07/09, junto ao seu orientador Dr. Barclay Robert Clemesha no radar de rastros meteóricos – SKiYMET. Dando prosseguimento as atividades iniciadas pelo aluno **Tiago Domingos dos Santos**, que por motivos pessoais solicitou afastamento do projeto.

Durante esse período fez se necessário ao aluno adquirir conhecimentos físicos da alta e média atmosfera e sua dinâmica e também conhecimentos teóricos relativos ao Radar de Rastros Meteóricos – All-Sky interferometric Radar Meteor – SKiYMET. Tal instrumento foi adquirido pelo Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais-CRS/CIE/INPE – MCT e instalado provisoriamente no campus da Universidade Federal de Santa Maria, com a finalidade de ser usado como ferramenta de estudo da atmosfera, mediante a Ação1275, do PNAE1998-2007, PPA2000-2003. Esse instrumento é de maior importância para o Projeto de Pesquisa desenvolvida pelo bolsista.



2. ATMOSFERA TERRESTRE

A atmosfera é o envoltório da terra, mantida assim devido à ação da gravidade, composta basicamente por uma mistura de gases, vapor d'água e partículas, e a sua presença que possibilita vida em nosso planeta. A medida que se avança em altitude verifica-se uma rarefação dos gases presentes. Em valores aproximados, pode-se dizer 50% da massa total da atmosfera está contida nos primeiros 5 km de altitude; abaixo de 20 km concentra-se 95% do ar existente. Essa rarefação do ar que possibilita estabelecer um limite físico externo para Atmosfera. Por exemplo, a 120 km de altitude o livre percurso médio das moléculas é estimado aproximadamente 3 metros, mas ainda assim existe Atmosfera. Em relação ao raio da Terra, essa camada é bastante fina, representando apenas 1,6% desse raio.

Sob o ponto de vista termodinâmico a atmosfera é um sistema aberto, ou seja, há intercâmbio entre a superfície terrestre e o espaço. Os gases atmosféricos estão sob a ação direta de radiação solar, e devido a isto a atmosfera é dividida em camadas distintas, cada qual com suas próprias características químicas e físicas.

A primeira camada, ou seja, a única que está em contato com a superfície terrestre é chamada de **Troposfera**. Ela se estende até aproximadamente 15 km de altitude, e sua temperatura decresce com a altitude. Nessa camada ocorrem essencialmente todos os fenômenos que em conjunto caracterizam o tempo, por isso é a camada mais importante para a meteorologia.

A camada seguinte, compreendida entre 15 e 50 km, é chamada de **Estratosfera**, sua temperatura cresce com a altura. É nessa camada que o ozônio, gás de suma importância para a vida, está concentrado. Sabe-se que o excesso de radiação solar ultravioleta, que passaria a atingir a superfície da Terra, caso a concentração de ozônio diminuísse, causaria grandes queimaduras na epiderme dos seres vivos, aumentando drasticamente a incidência de câncer de pele.



Localizada na faixa de 50 e 90 km de altitude, a terceira camada, chamada de **Mesosfera**, a temperatura volta a decrescer com a altitude.

A próxima camada, cujo tem como característica o aumento da temperatura com altitude, situada entre 90 e 400 km, é chamada de **Termosfera**. A camada mais externa, situada a cima de 400 km de altitude é chamada de **Exosfera**. Nessa faixa, a densidade é extremamente baixa, e a temperatura atinge valores assintoticamente constante, conhecido como temperatura exosférica. Os limites de cada camada são denominados pausas e estão localizados nos limites superior e inferior entre uma camada e outra, têm como característica o gradiente térmico nulo. A Figura 1 ilustra esta estratificação vertical da atmosfera em função da temperatura.

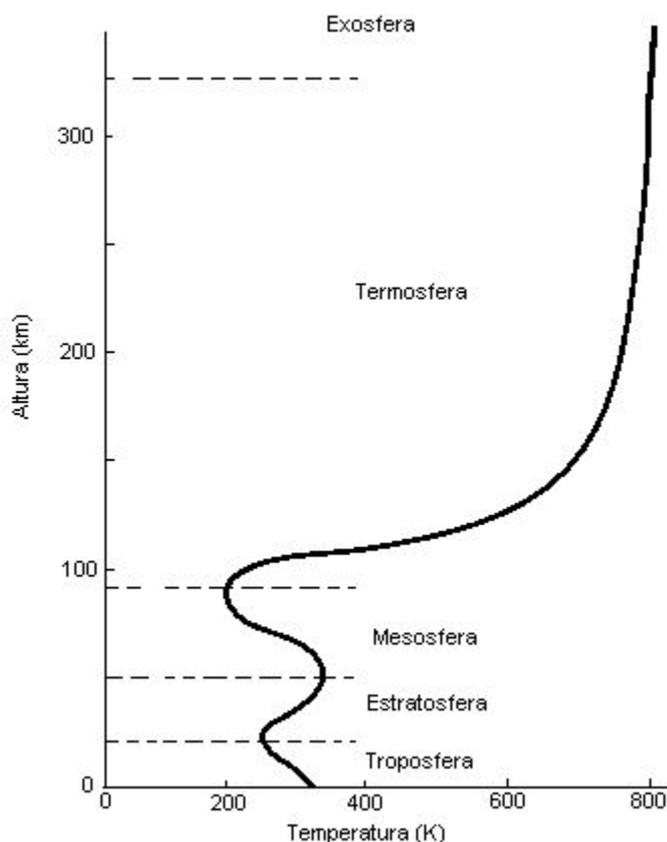


Figura 1-Atmosfera terrestre distribuída em camadas. Fonte: Kato(1980, p.2)

As camadas mais externas da Atmosfera, a Mesosfera, Termosfera e Exosfera, possuem uma notável diferenciação quando comparadas com as camadas mais baixas, e possuem



também como característica uma proporção significativa de átomos e moléculas de gás ionizado (eletricamente carregado) que juntas constituem a Ionosfera.

A Ionosfera possui pequeno impacto sobre o tempo, mas por apresentar uma densidade alta de íons e elétrons tem grande influencia sobre a transmissão de ondas eletromagnéticas. Seus limites não são bem definidos. A cima da Ionosfera está situada uma região onde o campo magnético terrestre controla o transporte de íons e elétrons, conhecida como Magnetosfera.

Até aproximadamente 100 km, a mistura de gases que constituem a Atmosfera é praticamente constante, ou seja, a proporção de mistura de certo gás se mantém em relação com a altura. Esta proporção inferior da Atmosfera é a chamada Homosfera, na qual predomina a difusão turbulenta. A 100 km tem-se uma região de transição, a Turbopausa, acima da qual predomina a difusão molecular.

2.1 – DINÂMICA ATMOSFÉRICA

A radiação incidente na superfície da terra não é uniforme devido ao ângulo de inclinação da terra e pelo movimento de rotação e translação. essa distribuição desigual é responsável pelo acúmulo de energia em pontos diferentes da superfície atmosférica. Isto gera oscilações complexas na atmosfera que para atingir um balanço de energia transporta calor dos trópicos para os pólos.

As principais oscilações são: os ventos médios, as ondas de gravidade, as ondas planetárias e as marés atmosféricas.

Ventos Médios – São gerados a partir do desequilíbrio de pressão decorrente do balanço entre a energia solar absorvida na forma de radiação ultravioleta e a energia emitida na forma de radiação infravermelha. São oscilações de períodos longos.

Ondas de Gravidade – Possuem períodos curtos, da ordem de minutos ou horas.

2.1.1-MARÉS ATMOSFÉRICAS



O interesse em estudar essas oscilações nasceu da analogia com as marés oceânicas. Marés Atmosféricas são assim como as oceânicas, oscilações com períodos e subperíodos do dia solar e lunar.

Isaac Newton foi o primeiro a fornecer explicações satisfatórias para o fenômeno de marés oceânicas, sugerindo que essas poderiam ser causadas pela atuação das forças gravitacionais da lua e do sol, combinadas com a força centrífuga gerada pela rotação da terra. Newton também fez referência sobre a possibilidade de existência de marés atmosféricas. Mas, segundo ele, seriam muito fracas para serem detectadas experimentalmente.

O estudo destas marés foi retomado novamente no séc. XVII, por Laplace, que incluiu no seu tratado sobre Mecânica Celeste de 1799 (Chapman e Lindzen, 1970). Neste trabalho, ele defendia que a existência das subidas e descidas das marés oceânicas se devia à presença de um corpo forçante que geraria a atração gravitacional (sol ou lua) e da profundidade do mar local. Posteriormente essa teoria se tornou mais apropriada para explicar marés atmosféricas do que oceânicas, devido às limitações das condições de contorno do mar. (Chapman e Lindzen, 1970).

No ano de 1825, Laplace estudando medidas de pressão em diversas estações, concluiu que a origem destas marés é térmica, isso devido ao seu período corresponder ao meio dia solar. Porém, ainda existia um problema não solucionado, a maré atmosférica, apresenta um ciclo semi diurno, enquanto o seu forçante, o aquecimento solar apresenta um ciclo diurno, com o máximo ao meio dia. Lord Kelvin foi o primeiro a apresentar uma explicação. Concordando com Laplace sobre a origem térmica das marés atmosférica, elaborou a teoria da Ressonância, na qual propõe que deveriam existir modos livres de oscilações com períodos próximos a 12 horas. Esta suposição deriva do fato de que os períodos de ressonância são dependentes da estrutura térmica da atmosfera, sendo esta baseada a perfis pouco precisos na época, que permitia a existência de modos de ressonância próximos de 12 horas. Posteriormente, com a utilização de foguetes nos estudos atmosféricos, após Segunda Guerra Mundial, descobriu-se que não havia modos ressonantes próximos há 12 horas.

Com base em observações, começou-se a aceitar que a principal causa das marés solares seria a absorção da radiação solar pelo ozônio da estratosfera e pelo vapor d'água na



troposfera, cujos efeitos na pressão superficial, gerados pela componente semi-diurna, seriam mais intensos que os gerados pela componente Diurna.

2.1.2- MODELOS NUMÉRICOS

A Teoria Clássica das Marés foi estabelecida considerando-se que a Atmosfera pudesse estar repartida em modos de oscilações horizontais, cada qual com sua estrutura vertical associada.

A partir de 1970, os estudos teóricos de marés atmosféricas incluíram muitos processos físicos que não foram considerados na Teoria Clássica, como a difusão turbulenta e molecular do calor e momento, resfriamento newtoniano, forças eletrodinâmicas, variações na composição, interações com Ventos Médios e gradientes meridionais de temperatura (PRETTO, 2007)

2.1.2.1 – O MODELO GSWM

O Modelo GSWM - Global -Scale - Wave –Model, é descrito por Hagan et al. (1995, 1999, 2000). Constitui-se em um modelo numérico, bidimensional, linearizado para o cálculo das componentes horizontais, zonal e meridional e vertical do vento entre o solo e a Termosfera.

O Modelo GSWM utiliza as previsões de Marés e Ondas Planetárias como soluções para as equações linearizadas de Navier-Stokes. As Marés e Ondas Planetárias entram como perturbações, com períodos e números de ondas zonais característicos, sobre os Ventos Médios.

Considera que as Marés Atmosféricas são termicamente forçadas pela absorção do H_2O , (infravermelho), na Troposfera, O_3 , (no ultravioleta), principalmente na Estratosfera O_2 e N_2 , (bandas de Schumann- Runge), na Baixa Termosfera e O , na Atmosfera Superior, (ultravioleta extremo), na Alta Termosfera (Tokumoto, 2002).



3. TÉCNICAS OBSERVACIONAIS

Diversas técnicas são empregadas para observar os movimentos das camadas de ar da Atmosfera. Tais técnicas são baseadas em medir parâmetros de fenômenos que ocorrem na atmosfera, como por exemplo, ventos e ondas.

Muitas técnicas são utilizadas no estudo de meteoros, podemos citar:

Observação visual:

Esta é o método mais antigo, é utilizado um telescópio, ou até mesmo era observado meteoros a olho nu. Uma simples contagem, feita pelo observador, em intervalos de uma hora, é convertida em taxa horária zenital (THZ) de meteoros, sendo essa a maior contribuição dessa técnica.

Fotografia:

Essa técnica foi primeiro utilizada em 1885, por L. Weinek que tirou uma fotografia de um meteoro em Praga, República tcheca.

Televisão:

O sistema *Low Light Level Television (LLTV)* foi desenvolvido para o estudo dos meteoros. Podemos considerar esse sistema intermediário entre o fotográfico e o radiométrico, com radares.

Esse sistema tem um pequeno campo de visão, o que reduz o número de trilhas registradas e não permite uma boa qualidade na razão sinal-ruído para meteoros débeis e só pode ser usadas em noites escuras e limpas.

Espectroscopia:

As linhas espectrais de meteoros são em sua maioria de emissão com baixo potencial de excitação. As duas componentes mais comuns e intensas são as linhas do dubleto de sódio, cor amarela, e do tripleto de magnésio, cor verde.

A análise de um espectro meteórico consiste em três etapas: a determinação da escala de comprimento de onda e identificação das linhas; a calibração das intensidades das linhas; e a interpretação Física do Espectro. O objetivo dessa análise é conhecer a composição química do meteoróide que originou o meteoro (PRETTO, 2007).



A principal técnica de observação da atmosfera desse trabalho de pesquisa é a Técnica do Radar, descrita a abaixo.

3.1 – TÉCNICA DO RADAR

Radar é o anacrônico das palavras **RA**dio **D**etection **A**nd **R**anging, e é uma palavra bastante comum no dia a dia. O Radar é um equipamento eletrônico que detecta a presença, direção, altura e distância de objetos através de onda eletromagnética refletida.

Em 1925, foi primeiro adotado essa ferramenta para estudar a Atmosfera, acima de 80 km. Mas até o fim da segunda guerra mundial as pesquisas tiveram que esperar, porque radares disponíveis e a capacidade de aprimorá-los estarem sendo utilizados para fins militares, muitos meteoros detectados neste período eram confundidos com aviões. Porém notou-se que os ecos dos meteoros em relação aqueles originados por aviões eram bem mais curtos, sendo de minutos para aviões e milissegundos para meteoros. E também pelo fato que o alvo de encontrava a dezenas de quilômetros para aviões e centenas de quilômetros para meteoros. Com o fim da Segunda Guerra, as pesquisas utilizando radares voltaram a acontecer novamente.

Existem duas técnicas básicas para radares: bi-estático ou forward-scatter, está consiste em ter um transmissor situado a centenas de quilômetros de distancia dos receptores. E o mono-estático ou backscatter, onde o transmissor permanece no mesmo local dos receptores.

Tal técnica é uma ferramenta poderosa capaz de detectar e localizar objetos em condições climáticas adversas e identificar meteoros produzidos por partículas de massas tão pequenas quanto 10^{-6} g. Tal característica não é suprida em outras técnicas. Entre 70 e 110 km de altura, existe a presença de meteoróides, que ao entrarem na Atmosfera Terrestre sofrem um processo de desintegração e passam a ser chamados de meteoros. As camadas ionizadas que são deixadas pelo processo de ablação de meteoros têm a propriedade de refletir sinais de radar. O mecanismo de reflexão depende da densidade de elétrons livres na trilha meteórica. Quando a densidade linear de elétrons em uma trilha ionizada é suficientemente alta, o meteoro é dito sobredenso e quando a



densidade linear de elétrons livres é baixa, o meteoro é dito subdenso (Tsutsumi, 1995). Uma onda eletromagnética consegue penetrar em um raio subdenço, mas não em um sobredenso.

Os parâmetros fornecidos pelo radar são a posição angular, a velocidade do meteoro e distâncias radiais. A posição angular do meteoro pode ser determinada a partir da direção de chegada, ou fase, da frente de onda refletida pela trilha de ionização, Figura 2.

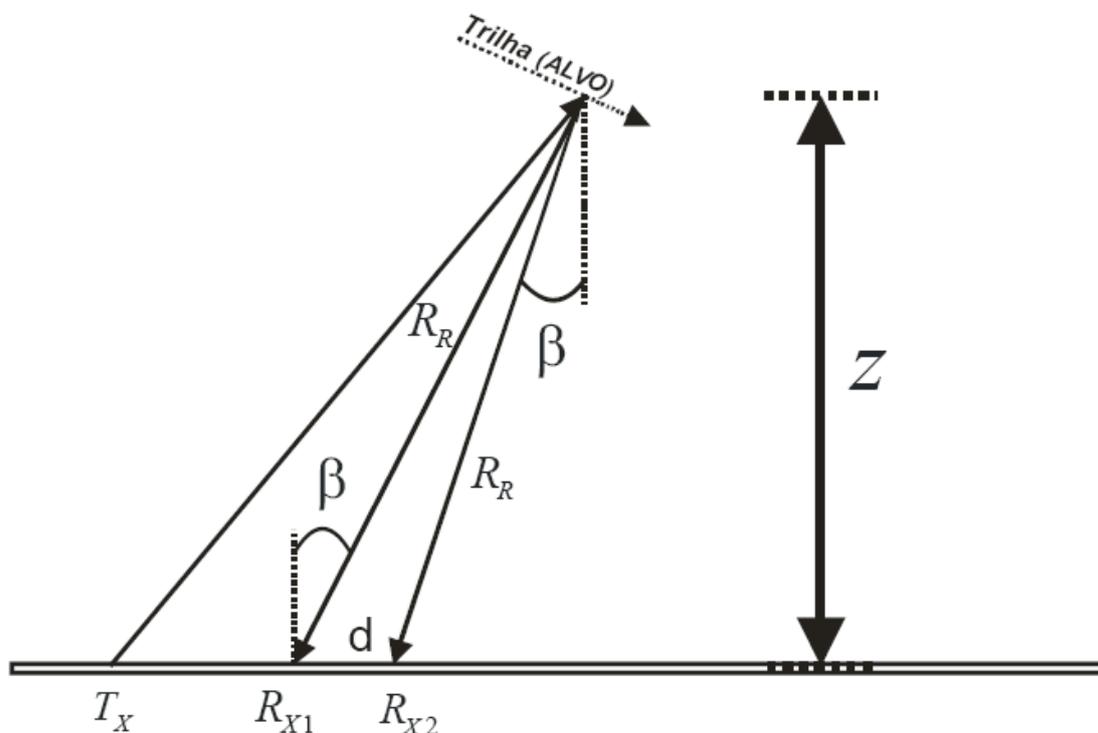


Figura 2-Geometria da Reflexão – Funcionamento de um radar com uma antena transmissora (X T) e um par de antenas receptoras (X1 R) e (X 2 R), separadas por uma distância d. O alvo está a uma altura z em relação ao solo e distância radial R R e ângulo zenital b, em relação às antenas receptoras. FONTE: Adaptado de Tokumoto (2002, p. 81).

Dependendo das características do meio pelo qual os pulsos transmitidos se propagam, estes podem ser refletidos ou espalhados. Os pulsos refletidos são detectados pelo radar como ecos.



3.2.1 ALCANCE DO ECO

O radar tem como uma das funções, determinar a distância em que o alvo (trilha meteórica) está no momento que o sinal eletromagnético é refletido. Essa distância é determinada através da medida de tempo de atraso do sinal refletido pelo alvo em relação ao sinal transmitido. O alcance é calculado pela fórmula abaixo:

$$R_R = \frac{cT_R}{2}$$

Onde c é a velocidade da luz no vácuo e T_R é o intervalo de tempo entre o sinal transmitido e o sinal recebido. Pode-se também, determinar a altura do meteoro a partir do ângulo zenital β .

$$Z = R_R \cos \beta$$

3.2.2 PRINCÍPIO DOPPLER

Através do deslocamento Doppler do sinal refletido por vários traços meteóricos, os radares meteóricos determinam ventos na mesosfera. A expressão do deslocamento Doppler em frequência dos ecos meteóricos é dada por:

$$f_d = -\frac{2f_R}{c} V_R$$

Onde f_d é a frequência Doppler, f_R é a frequência do radar e V_R é a velocidade radial de afastamento ou aproximação do eco em relação ao radar.

4. O RADAR SKIYMET.

4.1 O RADAR METEÓRICO SKIMET



O radar de rastros Meteóricos – “HF/VHF *All-Sky Interferometric Meteor Radar-SKiYMET*” é um sistema utilizado para observar meteoros e/ou objetos artificiais, que são atraídos pelo campo gravitacional da Atmosfera Terrestre.

O SKiYMET é desenvolvido em parceria pelas empresas Mardoc Inc, do Canadá e Genesis Software Pty, da Austrália e utiliza uma técnica de rádiointerferometria.

Este radar opera com uma repetição muito alta de pulsos (PRFs), ultrapassando 2000Hz. Tal taxa de pulsação permite a determinação de parâmetros que não eram acessíveis aos sistemas antigos, como por exemplo, a velocidade de entrada do meteoro.

Pode-se dividir o hardware do radar em duas partes, o sistema de antenas e o radar propriamente. O sistema de antenas é composto por uma antena Yagi de 3 elementos para a transmissão e 5 antenas Yagi de 2 elementos para recepção, Figura 5. Estas antenas são alinhadas 3 a 3 em formato de cruz e com espaçamento de 2λ e $2,5\lambda$, utilizando uma técnica interferométrica, Figura 3, tal organização possibilita uma minimização de ambigüidade da direção dos meteoros. O radar SkiMET, está instalado no Campus da Universidade Federal de Santa Maria, funciona desde 2004 e opera com uma frequência de 35,24MHz.



Notes:

Array can consist of either Linear Polarised antenna or Circular Polarised antenna by adding orthogonal set of antenna elements (as shown).

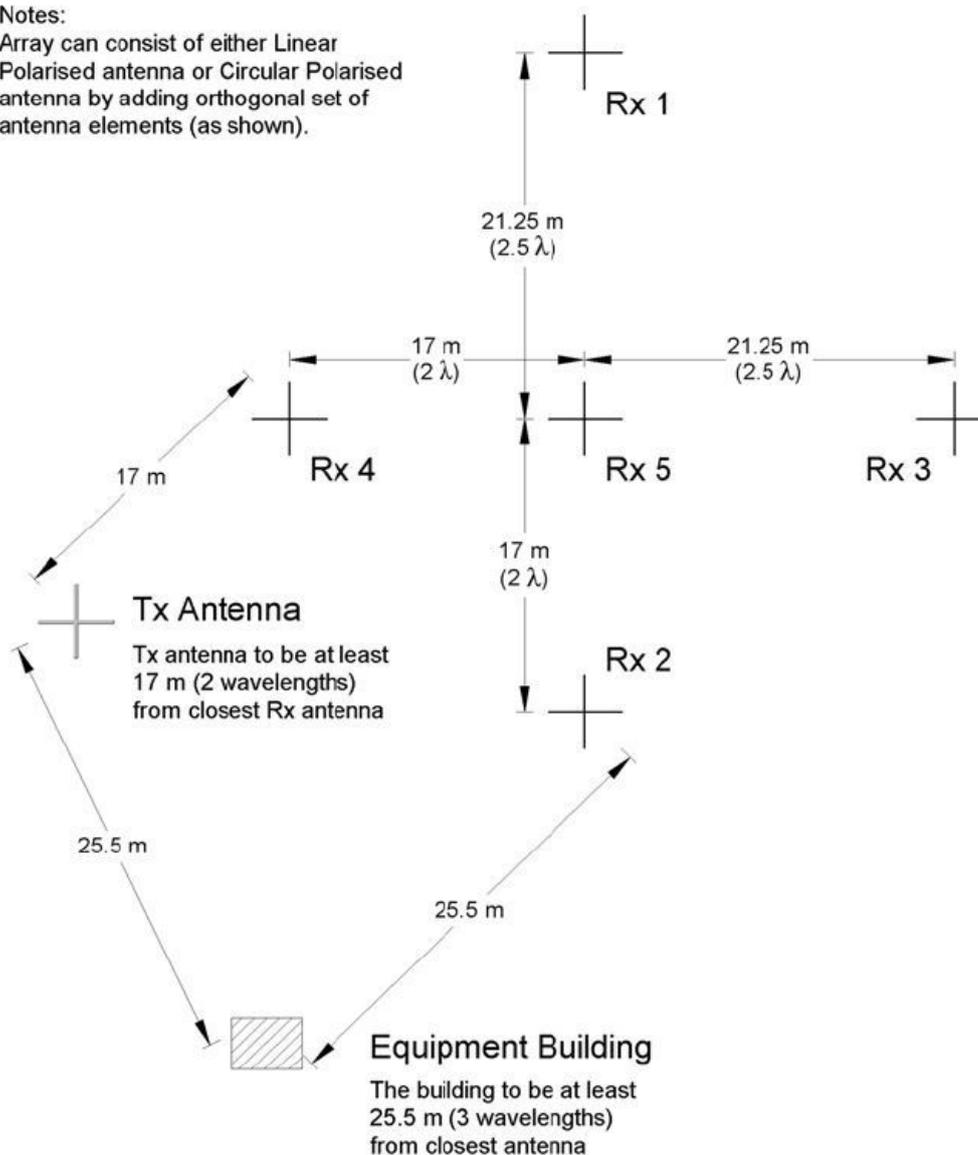


Figura 3-: Arranjo Típico das Antenas do SKiYMET. As dimensões mostradas são para frequência de operação de 35.24MHz. FONTE: SKiYMET Meteor Radar Reference Manual.

A segunda parte do hardware possui um transmissor operando em modo pulsado, 5 canais receptores, unidades de síntese de frequência e controle de ganho, Figura 4. O sistema de aquisição de dados é composto por 5 buffers de memória e de digitalização de alta velocidade; temporizadores e controladores dos módulos eletrônicos, Figura 6.

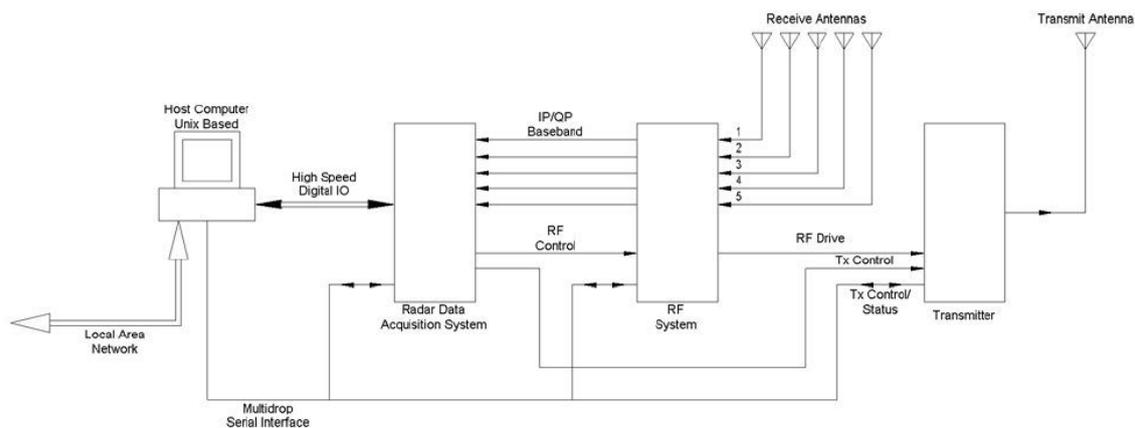


Figura 4-Diagrama de Bloco do Hardware do Radar Meteorológico – SKiYMET de Santa Maria, RS. FONTE: SKiYMET Meteor Radar Reference Manual.

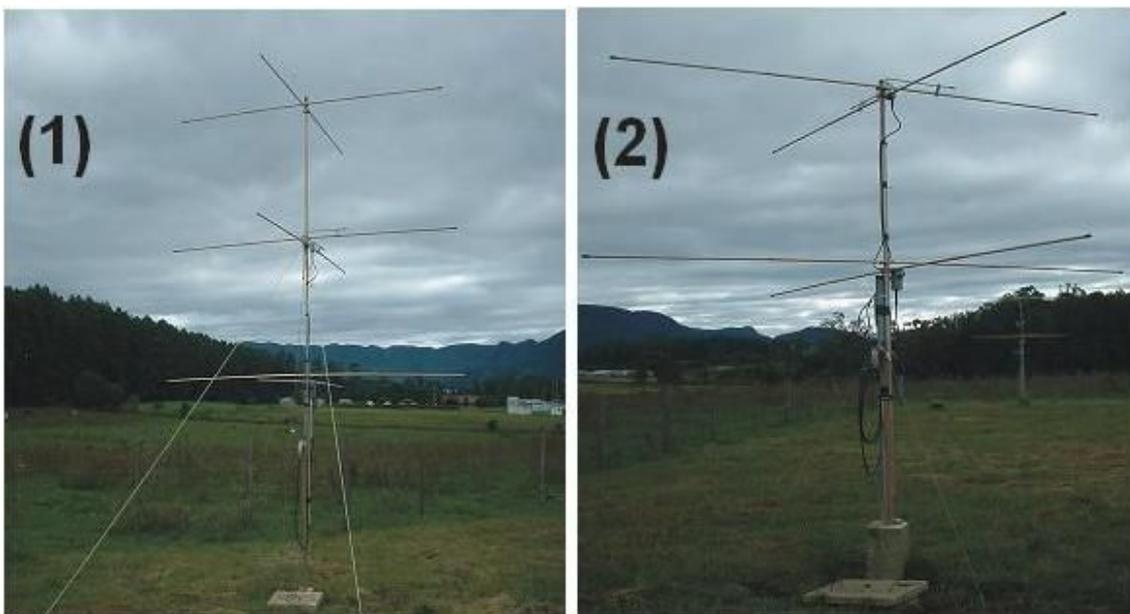


Figura 5-Sistema de Antenas: Transmissora (1) e Receptora (2) do Radar Meteorológico – SKiYMET, do CRS/CIE/INPE – MCT, instalado no “Campus” da UFSM, Santa Maria, RS.

FONTE: Adaptado de (PRETTO), (2007, p. 42)

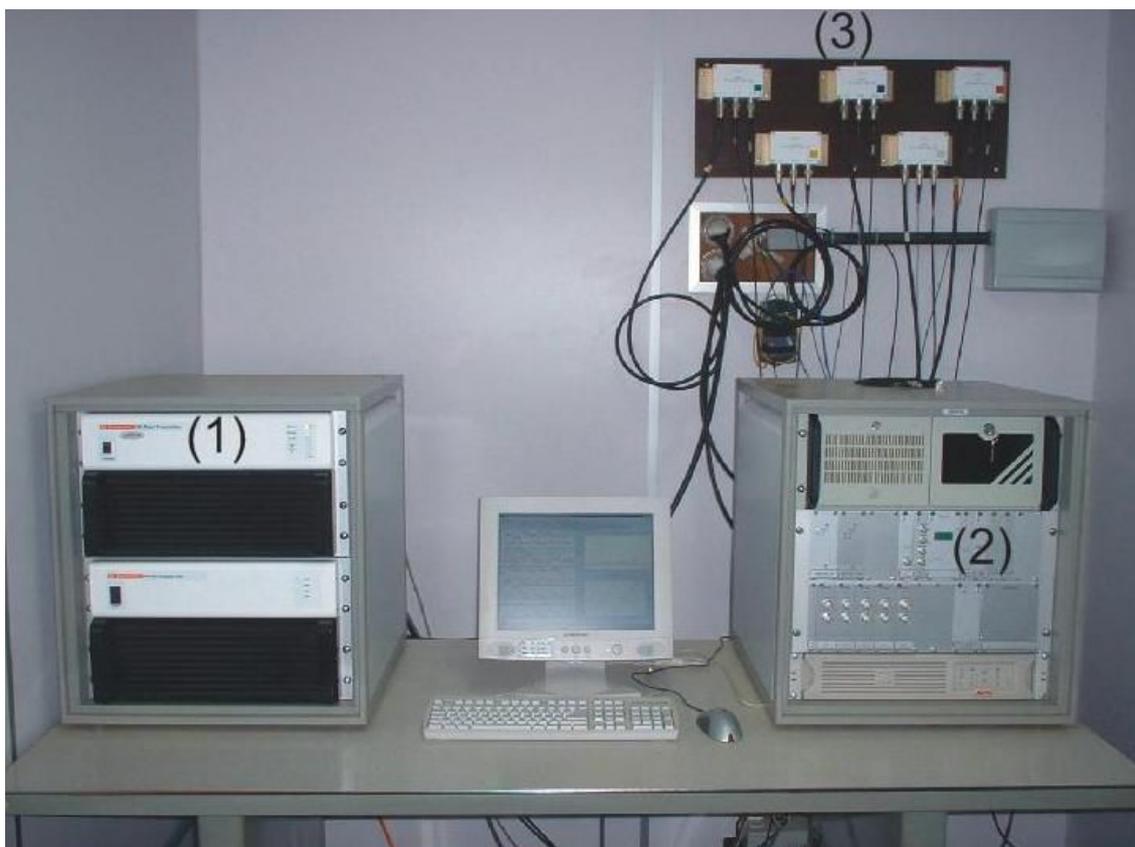


Figura 6 - Sistema Transmissor (1), Sistema de Controle e Aquisição de Dados (2) e Sistema Receptor (3) do Radar Meteorológico – SKiYMET, do CRS/CIE/INPE – MCT, instalado no “Campus” da UFSM, em Santa Maria, RS. FONTE: Adaptado de (PRETTO), (2007, p. 41).

4.1.1 ESPECIFICAÇÕES DO EQUIPAMENTO

Sistema de antenas:

Transmissão:

- 1 antena Yagi de 3 elementos, cabos alimentadores passa baixa.

Recepção:

- 5 antenas Yagi de 2 elementos espaçado para formar um interferômetro $2,0\lambda$ ou $2,5\lambda$.

Sistema Transmissor:

- Estado sólido, refrigerado a ar com potência de 12 kW, operando em modo pulsado;



- Frequência fixa de operação de 35,24 MHz;
- Ciclo ativo de 15 %;
- Geração digital de pulsos;
- Largura de pulsos de 13,3 μ s;
- Protegido contra superaquecimento, ciclo ativo excessivo e potência refletida excessiva.

Sistema de Controle de Aquisição de Dados:

- 5 receptores com detecção coerente de componentes de fase/quadratura;
- PRF de 2144 Hz;
- Intervalo de altura de 70 a 140 Km;
- Intervalo de amostragem de 2 Km;
- Digitalização de 12 bits;
- Relógio GPS em tempo real chaveado, para temporização exata;
- Computador com plataforma UNIX, interligado à INTERNET permitindo o acesso remoto, o controle e a transferência de dados;
- *Software* incluindo aquisição de dados, detecção, análise, amostragem e controle do sistema. Funções de controle e amostragem on-line.

Características Gerais:

- Tensão exigida: 110/120 ou 220/240 V \pm 10 %, 50-60 Hz, fase simples;
- Potência dissipada – Transmissor: 500 VA (aprox.);
- Potência dissipada – Sistema de aquisição de dados (c/ PC): 300 VA;
- Condições de operação – Transmissor: 30°C
- Condições de operação – Sistema de aquisição de dados: 35°C 16ax.
- Sistema de aquisição de dados incluindo o PC
- Dimensões – Sistema de Aquisição de Dados: 604 mm de altura x 553



mm de largura x 600 mm de profundidade;

- Peso: 40 kg (aprox.).

4.2. A TÉCNICA INTERFEROMÉTRICA

Os sinais que chegam às antenas receptoras, separadas entre si por uma distância d possuem um pequeno atraso de tempo dados por $d \sin \beta / c$, onde c é a velocidade da luz no espaço livre. Este atraso é apresentado como uma diferença de fase entre as antenas:

$$\Delta \varphi = \frac{2\pi}{\lambda_R} d \sin \beta$$

Onde λ_R é o comprimento de onda do radar. Na ausência de ruídos as diferenças de fase são determinadas pela correlação cruzada complexa de dois sinais de voltagem. Como pode ser visto na Equação acima a direção do eco pode ser determinada por $\Delta \varphi$, e pela análise da taxa de variação das fases dos sinais no tempo (deslocamento Doppler) pode-se determinar a velocidade radial do traço meteórico (Thayaparam, 1995).

4.3 A REGIÃO METEÓRICA

A região da média atmosfera, entre 70 e 110 km, Mesosfera – Baixa Termosfera – MLT, é atingida por milhões de partículas provenientes do espaço. Ao penetrarem na atmosfera, devido ao atrito, sofrem um processo de evaporação e fragmentação, passando a ser denominadas meteoros, com produção de luz e ionização.

Uma fonte de tais partículas são os cometas, que sofrem ablação devido a radiação solar e assim deixam suspensas no meio interplanetário partículas que são capturadas pela terra durante o movimento de órbita terrestre.



Os meteoros incidem de duas maneiras na atmosfera terrestre, aleatoriamente na forma de meteoros esporádicos e de forma mais organizada de chuva de meteoros.

A maior parte da massa detectada é representada pelos meteoros esporádicos, em torno de 10^{15} partículas diárias, em quanto as chuvas de meteoros representam 1/3 dessa massa.

As chuvas de meteoros recebem sua denominação devido ao seu radiante, assim, para citar alguns exemplos, chamar-se-ão Taurídeos se forem proveniente da direção da Constelação de Touro (Taurus), Perseídeos, da Constelação de Perseu, Geminídeos da Constelação de Gêmeos (Gemini), os Quadrantídeos de uma constelação obsoleta chamada “Quadrans Muralis” localizada próxima a Constelação de Dragão.

A Distribuição destes meteoros se apresentam de forma desigual para diferentes alturas, com máximo em torno de 93Km, caindo até quase zero em 70 e 110 km

4.4 O PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DO RADAR.

Os radares meteóricos determinam ventos na mesosfera a partir do deslocamento Doppler do sinal refletido pelos traços ionizados deixados pelo processo de ablação de meteoros, que persistirem tempo suficiente para se fazer medidas de ventos. Estes sinais refletidos são oriundos de uma antena transmissora que emite radiação eletromagnética sobre um ângulo sólido grande, cuja potencia são determinadas de acordo com o tipo de radar. A radiação é refletida em forma de ecos ao se chocarem com o rastro ionizado deixado pelo meteoro ao sofrer ablação, e posteriormente carregado pelos ventos neutros.

Os traços ionizados provenientes do processo de ablação dos meteoros podem ser detectados por radares meteóricos, possibilitando o estudo da dinâmica dessa região. Isso é possível devido ao fato que os átomos e moléculas neutras deslocam essa trilha de ionização. Observando-se o comportamento desses ventos com o tempo, é possível estudar as marés atmosféricas, a qual é a principal responsável pela variação diurna dos ventos na região MLT.



No intervalo de 80 a 100 km os efeitos do campo magnético sobre a dinâmica das partículas, podem ser desprezados e desta forma, os traços meteóricos se movimentam exclusivamente sob a ação dos ventos neutros. A translação dos elétrons vão produzir um efeito Doppler, no sinal refletido pelo traço meteórico.

A partir desse deslocamento, da posição do meteoro determinada pelo ângulo de chegada e o atraso do eco, podemos determinar :a velocidade radial da trilha meteórica, sua posição, velocidade e direção dos ventos que a transportou.

Para fazermos a determinação dos ventos por medidas de radar temos que assumir a existência de ventos uniformes na altura desejada, com aproximadamente 1 km de espessura, com a mesma direção e velocidade de ventos.É estabelecido, então, um sistema de coordenadas polares esféricas com o eixo z na direção vertical,. A velocidade do vento é dada por \vec{V} , vetor que possui uma componente vertical V_z , componente zonal V_x e uma componente zonal V_y .O ângulo azimutal é definido por ζ e o ângulo zenital, por β .Temos então que:

$$V_R = (V_x \cos \zeta + V_y \sin \zeta) \sin \beta + V_z \cos \beta$$

Quando se divide ambos os membros por $\sin \beta$, temos:

$$V_R / \sin \beta = (V_x \cos \zeta + V_y \sin \zeta + V_z \cot \beta) \sin \beta$$

Para determinarmos os valores das componentes de \vec{V} , temos que fazer uma regressão múltipla em: $V_R / \sin \beta$ em relação a $\cos \zeta, \sin \zeta$ e $\cot \beta$.

A Figura 7 ilustra o princípio de funcionamento do radar, acima descrito

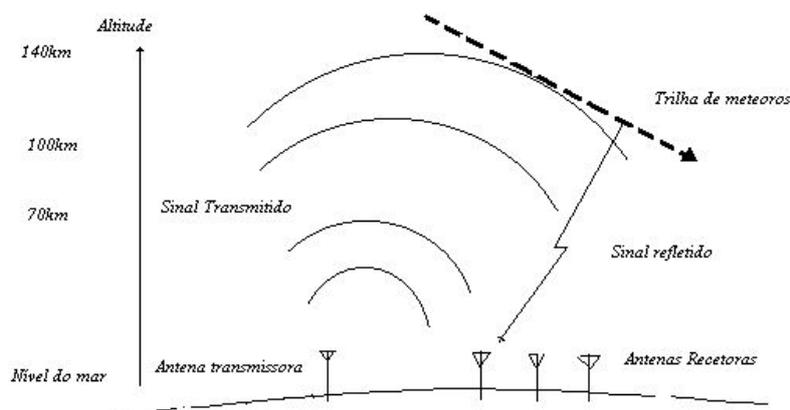


Figura 7-Esquema representando o funcionamento do radar meteorológico. FONTE: adaptada de Adaptada de Genesis Software (2001b).

5.DADOS DO RADAR

O assunto abordado nesse capítulo é sobre os dados fornecidos pelo radar e os programas utilizados para analisá-los.

As ferramentas de programação de aquisição de dados opera em um ambiente operacional UNIX e utiliza uma interface gráfica para exibir os resultados em tempo real. Os programas monitoram as condições de operação do Radar Meteorológico registrando em um arquivo, em disco, os dados de desempenho do Sistema.

Esse sistema é capaz de registrar 5000 meteoros por dia e possibilita a determinação e o estudo de ventos da média Atmosfera, 80 – 100 km de altura, de temperaturas e de velocidades de entrada de meteoros; além de possibilitar o mapeamento com sua distribuição angular de radiantes dos meteoros em condições de chuvas meteóricas. Os dados são armazenados em arquivos em disco no próprio PC do sistema e podem ser acessados remotamente.

Para acessar os dados remotamente é necessário utilizar um programa como o “WinSCP3”, que é um cliente utilizado para transferir arquivos de um local para um computador remoto. Quando o programa está aberto, para acessar o computador do radar é necessário informar o IP deste computador e a senha. É necessário acessar o computador do radar diariamente para checar se o radar está online, ou seja, esteja funcionando sem maiores problemas, e que existam arquivos recentes. O radar grava um arquivo do tipo "mp20070921.santamaria.mpd ", onde a parte numérica é a data do dia, acrescentando os dados de cada meteoro detectado em seqüência.



5.1 PROGRAMA “WINDS ANALYSIS”

Através da correlação de informações coletados pelo radar, o próprio radar efetua cálculos e informa: a velocidade radial, os ângulos zenital e azimutal, o alcance do alvo, a altura e os atrasos entre os sinais transmitidos e recebidos. As informações geradas pelos cálculos internos do radar, são registradas em arquivos brutos (extensão: *.mpd) e de ventos (extensão: *.hwd).

Surgem ambigüidades nos dados do radar quando não é possível determinar com certeza a posição do traço ionizado. Podem ocorrer ecos meteóricos em posições distintas que provoquem mesmas diferenças de fases nos pares de antenas receptoras, neste caso o radar pode interpretar como sendo ecos de mesma direção. Dados com ambigüidade maior que 1 são descartados.

São utilizados dados em extensão m.p.d para o cálculo das componentes dos ventos. Os ventos possuem componentes no plano horizontal e no plano vertical. Não é realizado a análise das componentes no plano vertical pois a amplitude é muito baixa comparadas com a do plano horizontal. As componentes do plano horizontal são: componentes zonal (Leste-Oeste) e componente meridional (Norte-Sul). As componentes são calculadas através do programa “Winds Analysis”, desenvolvido pelo Dr. Clemesha.

Como os ventos variam consideravelmente de acordo com a altura e a hora do dia, a análise é feita dividindo-se os dados de um dia em 24h e também por altura, variando de 3 a 3km na faixa que vai de 79 km à 112km de altura.

Após abrir o programa, deve-se colocar os arquivos, no local destinado, “Data Fyles for Analysis”, e então pressionar o botão “Execute”, após o programa ser completamente executado, ele informa o número de contagem de meteoros e o número de meteoros rejeitados, Figuras 7 e 8. Os dados podem ser salvos e então visualizados em planilha do “Microsoft Excel”.

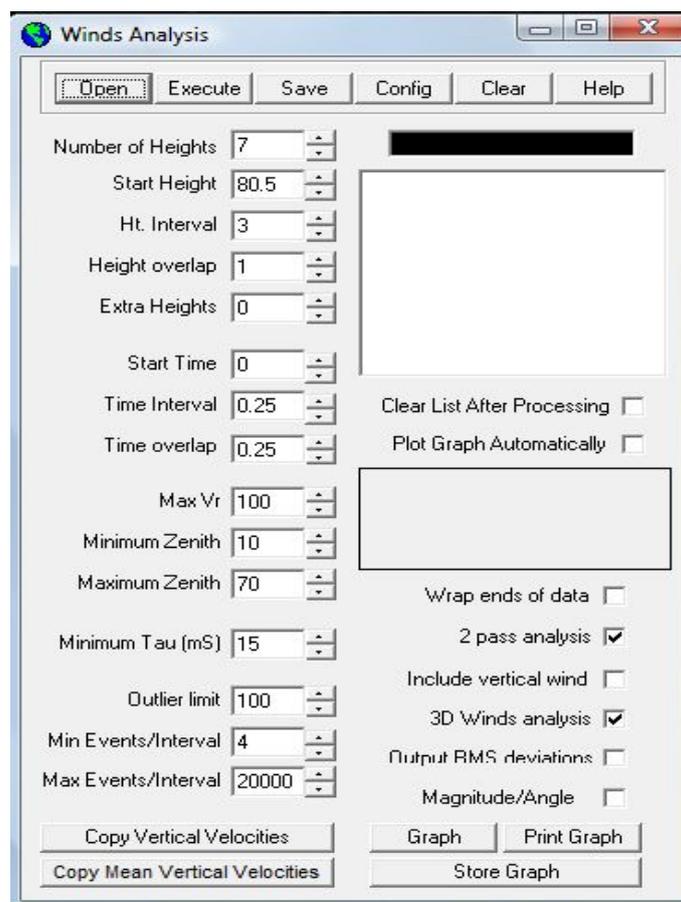


Figura 8-Programa “Winds Analysis”, capaz de efetuar cálculos com grandes quantidades de dados, calcula as componentes do vento em diversas faixas de altura em diversos intervalos de tempo pré definidos.

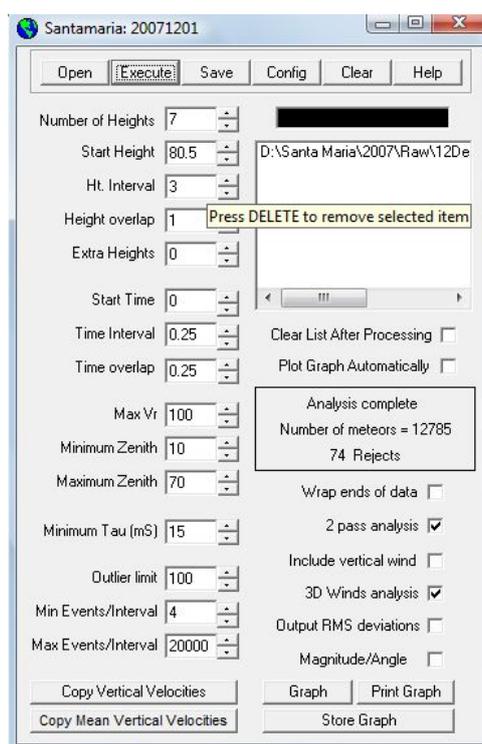


Figura 9-Programa “Winds Analysis” após pressionado o botão “Execute”.

Clicando no botão “Graph” o programa também apresenta gráficos das componentes em diferentes alturas, Figura 9.

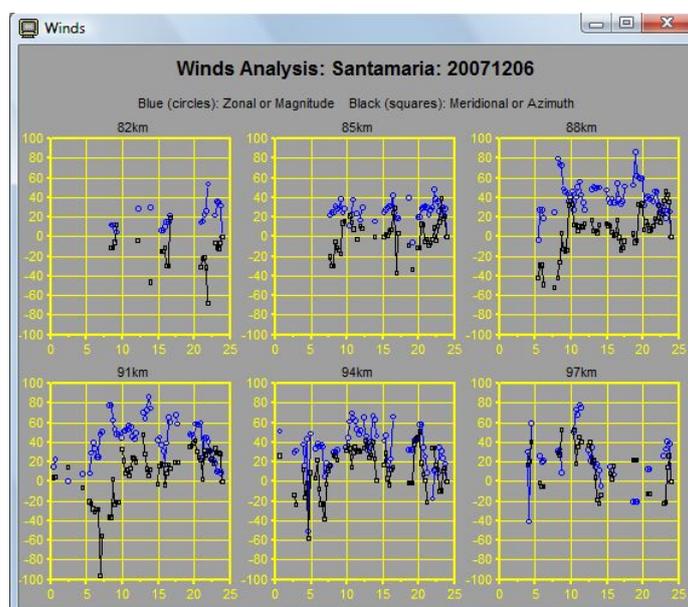


Figura 10-Fig.Interface do Programa “Winds Analysis”, que plota os gráficos das componentes zonal e meridional dos ventos para diferentes faixas de altura.



6. CONCLUSÃO

Durante o período de vigência da Bolsa de Iniciação Científica PIBIC/INPE – CNPq/MCT no Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CIE/INPE – MCT, O bolsista teve a oportunidade de revisar e aprender novos conceitos, anteriormente estranhos, sobre Aeronomia, além de conhecer e trabalhar junto ao sistema do Radar SKiYMET.

O Aluno de iniciação científica nesse projeto, deu continuidade as atividades que estavam sendo desenvolvidas pelo aluno Tiago Domingos dos Santos, que por motivos pessoais pediu desligamento do Projeto.

A participação nessa pesquisa permitiu ao Bolsista uma oportunidade de colocar em prática conhecimentos adquiridos no decorrer do curso de graduação em Meteorologia pela Universidade Federal de Santa Maria, além de despertar um maior interesse na área de pesquisa.

Foi de extrema importância para o aluno de iniciação científica a participação nesse trabalho pois pode acompanhar de perto o trabalho de grandes pesquisadores e podendo assim adquirir maiores conhecimentos multidisciplinares e extracurriculares, que são de extrema importância para seu conhecimento acadêmico.

Algumas considerações finais são registradas:

O Brasil está inserido na rede mundial de Radares, possuindo três radares em funcionamento. Junto com o Radar de Rastros Meteóricos – SKiYMET adquirido pelo CRS/CIE/INPE – MCT e instalado em Santa Maria (29.7°S, 53.7°O), encontra-se em funcionamento os radares de São João do Cariri (7.5°S, 36.5°O), Cachoeira Paulista (22.7°S, 45.0°O). Esses radares são equipamento sofisticados de auxílio a estudos e pesquisas na região da Média Mesosfera.



7. BIBLIOGRAFIA

- Diego dos Santos; Thiago Brum Pretto. **ESTUDO DAS MARÉS ATMOSFÉRICAS NA ALTA ATMOSFERA DO SUL BRASILEIRO - VIAGEM TÉCNICO-CIENTÍFICA A SEDE DO INPE EM SÃO JOSÉ DOS CAMPOS.**
- Diego dos Santos. **ESTUDO DAS MARÉS ATMOSFÉRICAS NA ALTA ATMOSFERA DO SUL BRASILEIRO - RELATÓRIO FINAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA.**
- Elisa Borstmann Jensen. **ESTUDO DAS MARÉS ATMOSFÉRICAS NA ALTA ATMOSFERA DO SUL BRASILEIRO - RELATÓRIO FINAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA.**
- **Radar Systems – Operating System User Manual**, Material Técnico fornecido pela Genesis Software Pty Ltde Mardoc Inc., Versão 1.0, 2002.
- Thiago Brum Pretto. **RADAR DE RASTROS METEÓRICOS, ESTUDO APLICADO DO SISTEMA SKiYMET – RELATÓRIO FINAL DE CONCLUSÃO DE CURSO.**
- Tokumoto, A. S. *Ventos na Região de 80-100 Km de altura sobre Cachoeira Paulista (22,7° W) medidos por Radar Meteorológico.* São José dos Campos: INPE, 2002. (INPE-9126-TDI/815)
- Batista, P. P.; Clemesha, B. R.; Simonich, D. M.; Taylor, M. J.; Takahashi, H.; Gobbi, D.; Medeiros, A. F. d. **Simultaneous lidar observations of a sporadic sodium layer, a "wall even" in the OH and OI5577 airglow images and the meteor winds.** Journal of Atmospheric and Solar Terrestrial Physics, 64:1327-1335, 2002.
- Clemesha, B. R.; Batista, P. P.; Simonich, D. M. **Simultaneous measurements of meteor winds and sporadic sodium layers in the 80 - 110 Km region.** Advances in Space Research, 27(10):1679-1684, 2001.