



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

ESTUDO DE DISTÚRBIOS IONOSFÉRICOS PROPAGANTES NA REGIÃO F USANDO TÉCNICAS ÓTICAS E DE RÁDIO NA REGIÃO SUL DO BRASIL

**RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
(PIBIC/INPE – CNPq/MCT)**

PROCESSO Nº 158750/2010-1

Michel Baptistella Stefanello - Bolsista PIBIC/INPE – CNPq/MCT

**Laboratório de Mesosfera e Luminescência Atmosférica
LMLA/CRS/CCR/INPE – MCT**

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

E-mail: mstefanello@lacesm.ufsm.br

Dr. Alexandre Alvares Pimenta - Orientador

Divisão de Aeronomia - DAE/CEA/INPE-MCT

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE - MCT

E-mail: pimenta@laser.inpe.br

Santa Maria, Junho 2011



RELATÓRIO FINAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO

PROGRAMA: PIBIC/INPE - CNPq/MCT

PROJETO

ESTUDO DE DISTÚRBIOS IONOSFÉRICOS PROPAGANTES NA REGIÃO F USANDO TÉCNICAS ÓTICAS E DE RÁDIO NA REGIÃO SUL DO BRASIL

PROCESSO Nº 158750/2010-1

Relatório elaborado pelo bolsista:

Michel Baptistella Stefanello - Bolsista PIBIC/INPE – CNPq/MCT

E-mail: mstefanello@lacesm.ufsm.br

Dr. Alexandre Alvares Pimenta – Orientador

Divisão de Aeronomia - DAE/CEA/INPE-MCT

E-mail: pimenta@laser.inpe.br

Dr. Nelson Jorge Schuch - Co-Orientador

Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CCR/INPE – MCT

E-mail: njschuch@lacesm.ufsm.br

Santa Maria, junho de 2011





DADOS DE IDENTIFICAÇÃO:

Título:

**ESTUDO DE DISTÚRBIOS IONOSFÉRICOS PROPAGANTES NA REGIÃO F
USANDO TÉCNICAS ÓTICAS E DE RÁDIO NA REGIÃO SUL DO BRASIL**

Aluno Bolsista no período de dezembro/2010 a Julho/2011:

Michel Baptistella Stefanello

Acadêmico do Curso de Física Licenciatura

Centro de Ciências Naturais e Exatas – CCNE/UFSM

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM

Orientador:

Dr. Alexandre Alvares Pimenta.

Divisão de Aeronomia – DAE/CEA/INPE – MCT

Co-Orientador:

Dr. Nelson Jorge Schuch

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

Colaboradores:

- Dr. Marcelo Barcellos da Rosa – UFSM;
- Dr. Alexandre Pimenta – LASER/INPE – MCT;
- Dr. Nivaor Rodolfo Rigozo – CRS/INPE;
- Dr. Delano Gobbi – DAE/CEA/INPE – MCT;
- Dr. Ricardo Buriti – UFCG, Campina Grande – Paraíba;
- Cristiano Sarzi Machado – LASER/INPE – MCT;
- Carlos Pinto da Silva Neto – Curso de Meteorologia – UFSM;
- Erikson Magno Gomes de Oliveira – Curso de Meteorologia – UFSM;



Cooperação Brasil – Japão em Ciências Espaciais Básicas.

Diretamente envolvido no Projeto:

- Dr. Kazuo Makita – Takushoku University

Local de Trabalho/Execução do projeto:

Laboratório de Mesosfera e Luminescência Atmosférica – CRS/INPE - MCT

Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CCR/INPE – MCT

Trabalho desenvolvido no âmbito da parceria INPE/MCT – UFSM, através do Laboratório de Mesosfera e Luminescência Atmosférica - LMLA/CRS/CCR/INPE - MCT com o Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria - LACESM/CT - UFSM.



Estudante

Michel Baptistella Stefanello

Dados gerais

Indicadores de produção C, T & A

Dados gerais

Identificação do estudante

Nome: Michel Baptistella Stefanello

Nível de treinamento: Graduação

Currículo Lattes: 24/05/2011 16:05

E-mail:

Homepage:

Grupos de pesquisa que atua na instituição

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

Linhas de pesquisa que atua

[AERONOMIA - IONOSFERAS x AEROLUMINESCÊNCIA](#)

[MEIO INTERPLANETÁRIO - CLIMA ESPACIAL](#)

Orientadores participantes de grupos de pesquisa na instituição

[Alexandre Alvares Pimenta](#)

Indicadores de produção C, T & A dos anos de 2008 a 2011

Tipo de produção	2008	2009	2010	2011
Produção bibliográfica	0	0	0	0
Produção técnica	0	0	0	0
Orientação concluída	0	0	0	0
Produção artística/cultural e demais trabalhos	0	0	0	0

Objetivo:

Aeronomia dos fenômenos físicos, químicos, dinâmica 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.



Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil



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: 30/05/2011 17:58

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: Coordenação de Gestão Científica - CIE **Unidade:** Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRS

Endereço

Logradouro: Caixa Postal 5021

Bairro: Camobi

Cidade: Santa Maria

Telefone: 33012026

CEP: 97110970

UF: RS

Fax: 33012030

Home page: http://

Repercussões dos trabalhos do grupo

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: 48
Ademar Michels	Jean Carlo Santos	
Adriano Petry	Jean Pierre Raulin	
Alan Prestes	Joao Paulo Minussi	
Alexandre Alvares Pimenta	Jose Humberto Andrade Sobral	
Alicia Luisa Clúa de Gonzalez	Juliano Moro	
Alisson Dal Lago	Lucas Ramos Vieira	
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	
Cassio Espindola Antunes	Nalin Babulal Trivedi	
Clezio Marcos De Nardin	Natanael Rodrigues Gomes	
Cristiano Max Wrasse	Nelson Jorge Schuch	
Cristiano Sarzi Machado	Nivaor Rodolfo Rigozo	
Delano Gobbi	Odim Mendes Junior	
Eurico Rodrigues de Paula	Osmar Pinto Junior	
Ezequiel Echer	Otavio Santos Cupertino Durão	
Fabiano Luis de Sousa	Pawel Rozenfeld	
Fábio Augusto Vargas dos Santos	Petrônio Noronha de Souza	
Fernanda de São Sabbas Tavares	Polinaya Muralikrishna	
Fernando Luís Guarnieri	Rafael Lopes Costa	
Gelson Lauro Dal' Forno	Rajaram Purushottam Kane	
Hisao Takahashi	Severino Luiz Guimaraes Dutra	
Ijar Milagre da Fonseca	Walter Demetrio Gonzalez Alarcon	
Estudantes		Total: 25
Bruno Knevitx Hammerschmitt	Lucas Camponogara Viera	
Cássio Rodinei dos Santos	Lucas Lopes Costa	
Claudio Machado Paulo	Lucas Lourencena Caldas Franke	
Dimas Irion Alves	Mauricio Rosa de Souza	
Edson Rodrigo Thomas	Michel Baptistella Stefanello	
Eduardo Escobar Bürger	Nikolas Kemmerich	
Eduardo Weide Luiz	Pietro Fernando Moro	
Felipe Cipriani Luzzi	Roger Hatwig de Lima	
Guilherme Grams	Rubens Zolar Gehlen Bohrer	
Guilherme Simon da Rosa	Tális Piovesan	
Igor Freitas Fagundes	Tardelli Ronan Coelho Stekel	
José Paulo Marchezi	William do Nascimento Guareschi	
Leonardo Zavareze da Costa		
Técnicos		Total: 2
Fernando Sobroza Pedroso - Graduação - \Outra Função		
Henrique Sobroza Pedroso - Graduação - Analista de Sistemas		
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)

48

Estudante(s)

25

Técnico(s)

2



Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil



ia
A

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:

[Alexandre Alvares Pimenta](#)
[Barclay Robert Clemesha](#)
[Caitano Luiz da Silva](#)
[Clezio Marcos De Nardin](#)
[Cristiano Max Wrasse](#)
[Cristiano Sarzi Machado](#)
[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:

[Cássio Rodinei dos Santos](#)
[Claudio Machado Paulo](#)
[Dimas Irion Alves](#)
[Edson Rodrigo Thomas](#)
[Eduardo Weide Luiz](#)
[Felipe Cipriani Luzzi](#)
[Guilherme Grams](#)
[Leonardo Zavareze da Costa](#)
[Lucas Camponogara Viera](#)
[Michel Baptistella Stefanello](#)
[Pietro Fernando Moro](#)
[Tardelli Ronan Coelho Stekel](#)
[William do Nascimento Guareschi](#)

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 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.



Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil



MEIO INTERPLANETÁRIO - CLIMA ESPACIAL

Linha de pesquisa

MEIO INTERPLANETÁRIO - CLIMA ESPACIAL

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

Palavras-chave: Campo Magnético Interplanetário; Muons; Raios Cósmicos; Tempestade Geomagnética;

Pesquisadores:

[Adriano Petry](#)
[Alan Prestes](#)
[Alexandre Alvares Pimenta](#)
[Alicia Luisa Clúa de Gonzalez](#)
[Alisson Dal Lago](#)
[Carlos Roberto Braga](#)
[Cassio Espindola Antunes](#)
[Ezequiel Echer](#)
[Fernando Luís Guarnieri](#)
[Jean Pierre Raulin](#)
[Juliano Moro](#)
[Lucas Ramos Vieira](#)
[Marcos Vinicius Dias Silveira](#)
[Nelson Jorge Schuch](#)
[Nivaor Rodolfo Rigozo](#)
[Rajaram Purushottam Kane](#)
[Severino Luiz Guimaraes Dutra](#)
[Walter Demetrio Gonzalez Alarcon](#)

Estudantes:

[Bruno Knevez Hammerschmitt](#)
[Claudio Machado Paulo](#)
[Dimas Irion Alves](#)
[Eduardo Escobar Bürger](#)
[Guilherme Grams](#)
[José Paulo Marchezi](#)
[Leonardo Zavareze da Costa](#)
[Lucas Camponogara Viera](#)
[Mauricio Rosa de Souza](#)
[Michel Baptistella Stefanello](#)
[Nikolas Kemmerich](#)
[Pietro Fernando Moro](#)
[Roger Hatwig de Lima](#)
[Tális Piovesan](#)
[Tardelli Ronan Coelho Stekel](#)
[William do Nascimento Guareschi](#)

Árvore do conhecimento:

Ciências Exatas e da Terra; Geociências; Geofísica Espacial;
Ciências Exatas e da Terra; Astronomia; Astrofísica do Sistema Solar;
Ciências Exatas e da Terra; Geociências; Instrumentação Científica;

Setores de aplicação:

Aeronáutica e Espaço

Objetivo:

Pesquisar e prover em tempo real com o Telescópio Multidirecional de Raios Cósmicos-Muons, 2x(4mx7m),



>50GeV, no Observatório Espacial do Sul, o monitoramento de muons e fenômenos das interações Sol-Terra, a previsão no Geoespaço de eventos solares e distúrbios geofísicos, graves efeitos das tempestades e subtempestades geomagnéticas sobre dispositivos e sistemas tecnológicos afetando equipes de trabalho e equipamentos na superfície da Terra e no Espaço. Vice-Líder: Alisson Dal Lago.



AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a Deus e a minha família.

Ao Dr. Nelson Jorge Schuch do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/INPE-MCT, pelo apoio que ele tem prestado em todos os campos.

Ao Dr. Alexandre Álvares Pimenta do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE/MCT, pela dedicação e orientação nas minhas atividades de Iniciação Científica;

Ao mestrando em Geofísica Espacial Cristiano Sarzi Machado por todo apoio que me deu e pela sua amizade.

A mestranda em Física Lilian Piecha Moor pelo apoio na realização desse trabalho, e também por sua amizade.

Ao aluno de graduação Thalís José Girardi pelo apoio, auxílio e por sua amizade.

Meus sinceros agradecimentos:

Aos funcionários, servidores do CRS/CCR/INPE – MCT e do LACESM/CT – UFSM pelo apoio e pela infra-estrutura disponibilizada.

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.

Ao Coordenador Dr. Ezzat Selim Chalhoub 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.

De maneira geral, agradeço a todos que de alguma forma colaboraram com a execução deste trabalho.



“Se enxerguei mais longe, foi porque me apoiei nos ombros de gigantes”

(Isaac Newton)



RESUMO

O Relatório apresenta atividades desenvolvidas pelo bolsista **Michel Baptistella Stefanello**, acadêmico do curso de Física Licenciatura, da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, durante o período de Dezembro de 2010 a Julho de 2011, com o seguinte tema de pesquisa: ***“ESTUDO DE DISTURBIOS IONOSFÉRICOS PROPAGANTES NA REGIÃO F USANDO TÉCNICAS DE ÓTICA E DE RÁDIO NA REGIÃO SUL DO BRASIL.”***

As atividades desenvolvidas, contaram com a colaboração da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM – através do Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria – LACESM/CT – UFSM – em parceria com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE/MCT – através do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CCR/INPE-MCT –, em Santa Maria, RS e do Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CCR/INPE - MCT – em São Martinho da Serra, RS. Durante o período o bolsista auxiliou, na montagem do equipamento “all-sky” LOLA/OES/CRS/CCR/INPE - MCT, no Observatório Espacial do Sul e no Laboratório de Mesosfera e Luminescência Atmosférica – LMLA/CRS/CCR/INPE - MCT, em Santa Maria, RS, e o bolsista fez a revisão bibliográfica de todos os assuntos relacionados ao seu projeto de pesquisa.



SUMÁRIO

SUMÁRIO	15
LISTA DE FIGURAS	16
CAPITULO 1	17
INTRODUÇÃO	17
CAPÍTULO 2	18
RELAÇÃO SOL TERRA	18
2.1 <i>Campo Magnético</i>	18
2.2 <i>Magnetosfera</i>	19
2.3 <i>Anomalia Magnética do Atlântico Sul (AMAS)</i>	19
CAPÍTULO 3	21
ATMOSFERA TERRESTRE	21
3.1 <i>Atmosfera Neutra</i>	21
3.2 <i>Ionosfera</i>	22
CAPITULO 4	24
LUMINESCÊNCIA ATMOSFÉRICA	24
4.1 <i>Emissões</i>	24
4.2 <i>Irregularidades na região F da ionosfera</i>	26
4.3 <i>Imageador "All-Sky"</i>	27
4.4 <i>Câmera CCD</i>	29
CAPITULO 5	30
PRINCIPAIS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	30
CAPITULO 6	31
PRINCIPAIS ATIVIDADES A CONCLUIR	31
CAPITULO 7	32
CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
REFERÊNCIAS	33

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Ilustração das linhas de Campo Magnético terrestre.18Fonte: Fonte: www.ingv.it/temi-ricerca/la-terra/	18
Figura 2.2 – Ilustração das linhas de Campo Magnético terrestre.	19
Fonte: Fonte: http://www.nasa.gov/	19
Figura 2.3 – Campo Geomagnético total para o ano de 2000. O contorno da cor azul destaca a Anomalia Magnética do Atlântico Sul.	20
Fonte: http://bloglaurabotelho.blogspot.com/2010/02/saa-anomalia-do-atlantico-sul.html	20
Figura 3.1 – Perfil vertical da Atmosfera Terrestre mostrando suas camadas	21
Fonte: Adaptada de Brasseur e Solomon (1986, p. 33).....	21
Figura 4.1: As camadas de emissão de aeroluminescência estão representadas esquematicamente, juntamente com o perfil de temperatura da atmosfera da Terra.	24
Fonte: Maekawa (2000, p.4).	24
Tabela 4.1 – Emissão atmosférica do oxigênio atômico.	25
Fonte: Pimenta (2003) p.67.....	25
Figura 4.2 – Deslocamento de uma bolha de plasma ao longo do equador magnético.	27
Fonte: http://www.ondascurtas.com/images/bolhaionosferica.jpg	27
Figura 4.3 – Equipamento instalado no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/INPE - MCT –, em São Martinho da Serra, RS - Imagem interna do equipamento.	28
Figura 4.4 – Equipamento instalado no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/INPE - MCT –, em São Martinho da Serra, RS - Imagem externa do equipamento.	28
Figura 4.5 - A roda de filtros de interferência. Sob a mesma, encontra-se uma unidade eletrônica de controle.	29



CAPITULO 1

INTRODUÇÃO

Aeroluminescência é definida como a radiação ótica amorfa continuamente emitida pela atmosfera de um planeta (CHAMBERLAIN, 1961). Ela ocorre entre 80 e 300 km de altitude, através da radiação eletromagnética devido aos processos de reações fotoquímicas e iônicas.

A observação desse fenômeno é de muita importância para obter possíveis informações sobre a alta atmosfera. As medidas e variações nos mostram informações de processos físicos como propagação de ondas, temperaturas, e reações químicas entre os elementos presentes na atmosfera.

Primeiro foi efetuada uma revisão bibliográfica teórica sobre Clima Espacial e Interações Sol-Terra, Campo Magnético Terrestre, Anomalia Magnética do Atlântico Sul, Camadas da Atmosfera.

Após, foram estudados manuais técnicos e pesquisas, teses e dissertações relacionadas ao equipamento “all-sky” em operação no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CCR/INPE – MCT.

CAPÍTULO 2

RELAÇÃO SOL – TERRA

2.1 Campo Magnético Terrestre

O Campo Geomagnético pode ser entendido como a composição de um dipolo magnético excêntrico (como uma barra imantada) localizado no centro da terra. Acredita-se que a componente principal do Campo Geomagnético origina-se no interior da Terra, resultante de correntes, que fluem em um núcleo metálico em estado de fusão. Essas correntes seriam oriundas de uma ação equivalente a de um dínamo de auto-excitação, que estaria presente no núcleo terrestre, representando mais de 90% da intensidade total do Campo Magnético da Terra. A Figura 2.1 é uma representação do Campo Magnético terrestre.

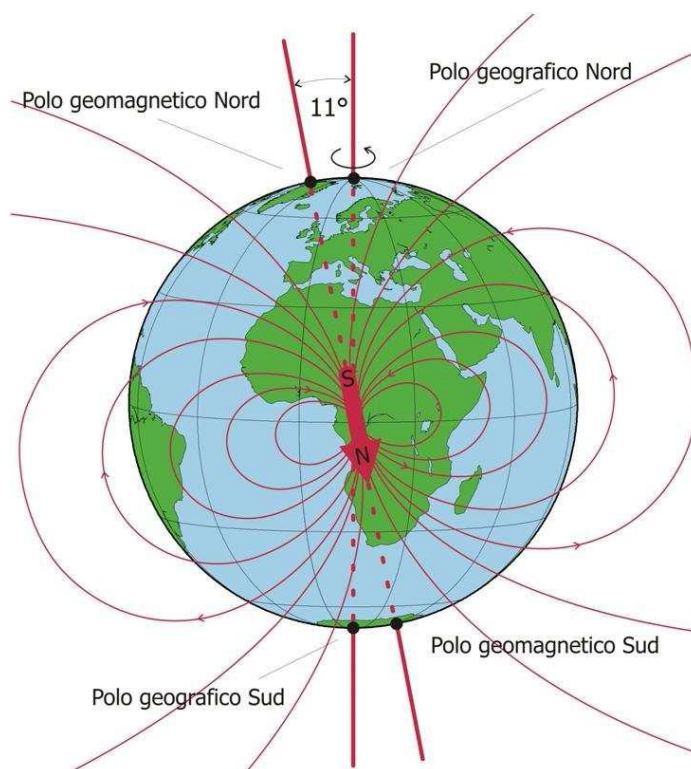


Figura 2.1 – Ilustração das linhas de Campo Magnético terrestre.

Fonte: www.ingv.it/temi-ricerca/la-terra/.

Devido a interações do Campo Magnético terrestre com o vento solar emitido continuamente pelo sol, em todas as direções, a forma das linhas do campo iguala-se a uma cauda longa de um cometa.

2.2 Magnetosfera

É uma região em que o Campo Magnético domina o movimento do plasma, constituído principalmente de prótons e elétrons. A forma das linhas do Campo Magnético é tal que elas estão achatadas de frente ao sol, pela ação do vento solar, sendo alongadas do lado oposto (KIRCHHOFF, 1991). Podemos ver bem na Figura 2.2. A existência do Campo Geomagnético (e a região originada, a magnetosfera) é essencial para a vida terrestre, uma vez que ele protege a superfície terrestre de partículas de altas energias oriundas dos ventos solares e de parte dos raios cósmicos. O vento solar se choca com o Campo Geomagnético em velocidades supersônicas, como podemos ver na Figura 2.2.

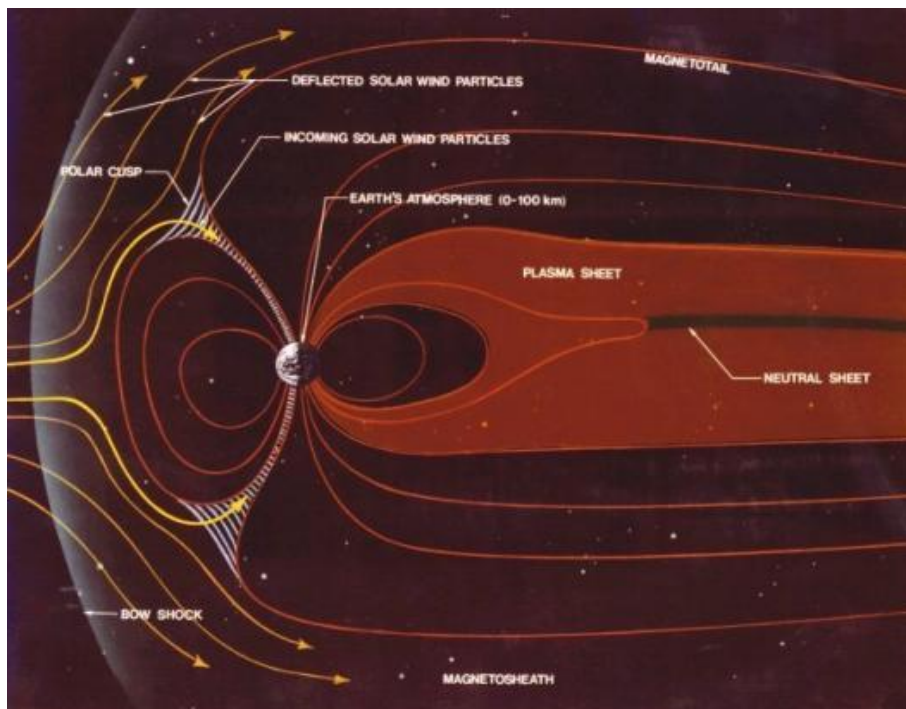


Figura 2.2 – Ilustração das linhas de Campo Magnético terrestre.

Fonte: Fonte: <http://www.nasa.gov/>

2.3 Anomalia Magnética do Atlântico Sul (AMAS)

A Anomalia Magnética do Atlântico Sul (AMAS) descoberta por volta de 1950, encontra-se localizada, como o nome diz sob o Atlântico Sul. Essa área apresenta a menor intensidade do Campo Magnético Terrestre, ao longo da superfície, como mostra a Figura 2.3.

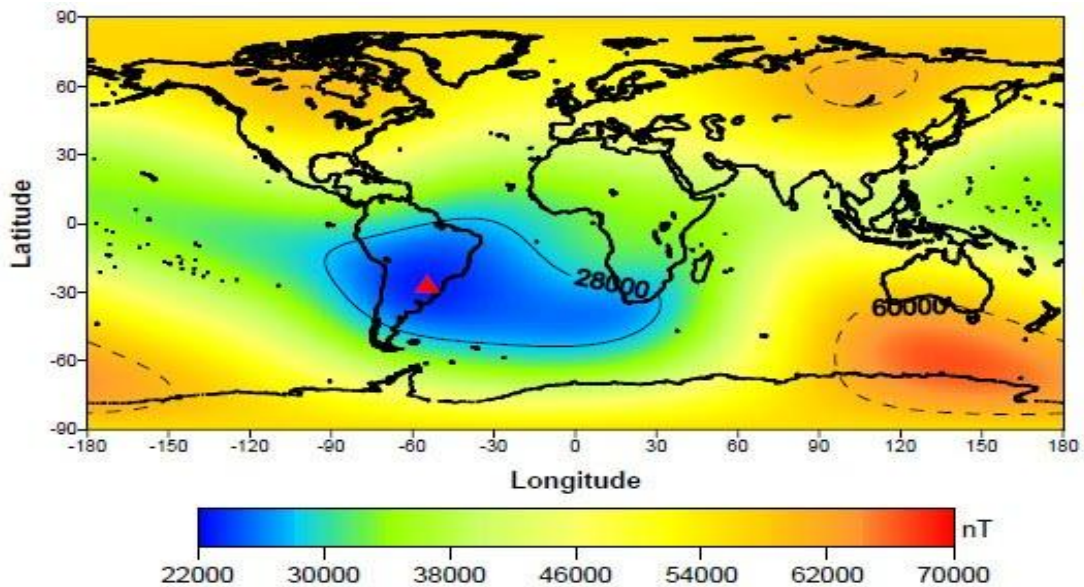


Figura 2.3 – Campo Geomagnético total para o ano de 2000. O contorno da cor azul destaca a Anomalia Magnética do Atlântico Sul.

Fonte: <http://bloglaurabotelho.blogspot.com/2010/02/saa-anomalia-do-atlantico-sul.html>.

A Anomalia devido aos estudos realizados podemos dizer que ela é causada pelo fato de seu centro magnético não está localizado no núcleo da Terra, por isso acaba criando um campo mais fraco no lugar da anomalia. Devido a essa depressão na Magnetosfera, os cinturões de radiação de Van Allen são pressionados em direção à superfície terrestre, ocasionando larga precipitação de partículas energéticas na alta atmosfera da região. Como consequência, ocorre perturbações no Campo Geomagnético e na Ionosfera. Por esse motivo, a AMAS é um excelente local de observação de fenômenos que envolvam a Alta Atmosfera (MAKITA et al., 1997).

CAPÍTULO 3

ATMOSFERA TERRESTRE

3.1 Atmosfera Neutra

A Terra formou-se há aproximadamente 5 bilhões de anos. Pelas teorias, sua origem se deu pela liberação de gases no interior da terra. A Atmosfera Terrestre é constituída de uma combinação de gases, que atraídos pela força gravitacional da Terra.

As divisões da variação da temperatura em função da altitude da Atmosfera Terrestre é apresentada na Figura 3.1.

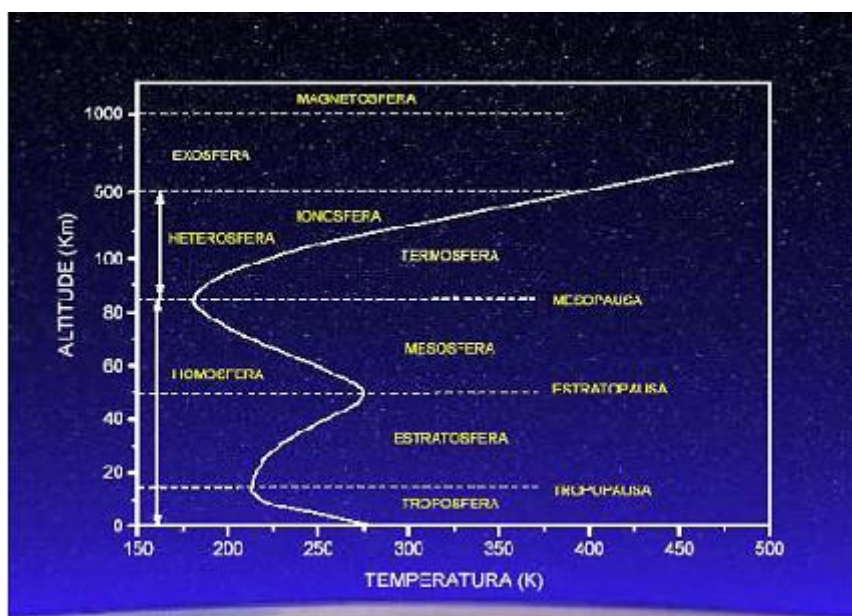


Figura 3.1 – Perfil vertical da Atmosfera Terrestre mostrando suas camadas
Fonte: Adaptada de BRASSEUR e SOLOMON (1986, p. 33).

- Troposfera: É a camada mais próxima da superfície da terra estendendo-se até aproximadamente 15 km, sua temperatura diminui com a altitude. Ela diminui numa taxa de -7 K km^{-1} , atingindo um valor de 200 K. Nessa região a radiação e a convecção são processos importantes para a transferência de energia, isto é, na dissipação de calor. A absorção de radiação solar contribui para o balanço radioativo e influenciam também na determinação da temperatura.
- Estratosfera: Ela encontra-se acima da troposfera, entre 15 e 50 km de altura, sua temperatura também aumenta com a altitude cerca de 270 K. As absorções da radiação solar pelo ozônio e pelas moléculas de vapor d'água dão origem ao máximo de temperatura em torno de 50 km de altitude.



- Mesosfera: Situada a cima da estratosfera, entre 50 e 90 km de altitude, sua temperatura diminui com a altitude atingindo 190 K, é uma das regiões mais frias da atmosfera.

- Termosfera: Esta camada começa em torno de 90 km de altitude e estende-se até 300 km, sua temperatura aumenta com a altitude, tendo um valor máximo de 300 K. Seu principal mecanismo de dissipação de energia é a condução.

A Atmosfera Terrestre também é classificada devida suas áreas de transição:

- Tropopausa: Situa-se entre a troposfera e a estratosfera, situa-se em torno de 15 km nos trópicos, com uma temperatura em torno de 195 K, e de 8 a 1m km nos pólos com uma temperatura de 220 K.

- Estratopausa: Região compreendida entre a alta estratosfera e a baixa mesosfera. Situa-se em torno de 50 km de altitude com a temperatura em torno de 270 K.

- Mesospausa: É localizada entre a mesosfera e a termosfera, situada a 85 km de altitude, sua temperatura é de aproximadamente 190 K.

A Atmosfera Terrestre é classificada devido aos seus processos físicos:

- Homosfera: Esta camada vai da superfície terrestre até 100 km de altitude. Essa região é caracterizada por possuir uma mistura praticamente uniforme dos gases, compondo-se principalmente de nitrogênio (78,08%), oxigênio (20,94%), argônio (0,93%), dióxido de carbono (0,03%) e vapor de água (1%).

- Heterosfera: Está situada entre 100 e 500 km de altitude. As moléculas estão distribuídas de forma heterogênea devido à tendência das moléculas gasosas se distribuírem de acordo com o seu peso e carga elétrica.

- Exosfera: Camada situada acima dos 500 km de altitude apresenta poucas colisões entre átomos e moléculas. As partículas constituintes da atmosfera que são mais leves, como o H e He, são constantemente perdidos para o meio interplanetário.

3.2 Ionosfera

Região da Atmosfera Terrestre constituída por interações entre os átomos e moléculas neutras da atmosfera com fontes ionizantes solares e cósmicas, gerando um plasma com alta densidade de cargas livres, o plasma ionosférico. A densidade desses íons e elétrons é suficiente para afetar a propagação de ondas eletromagnéticas. Os limites dessa



camada ionizada vão desde 60 km (dia) e 90 km (noite) até aproximadamente 1000 km de altitude. As fontes solares ionizantes da ionosfera são principalmente as radiações no EUV (Extremo Ultra-Violeta), e os raios X. Em consequência dos diferentes constituintes, taxas de absorção e densidades eletrônicas, a ionosfera subdivide-se em três regiões.

- Camada D: Região que se encontra abaixo da ionosfera, situada entre 60 e 90 km de altitude, que durante a noite quase desaparece, possui baixa concentração de elétrons. Radiações ionizantes predominantes são os raios X e a radiação Lyman- α .

- Camada E: Esta região apresenta como maior propriedade a condutividade, sendo de uma importância devido às correntes elétricas, é situada entre 90 e 150 km de altitude.

- Camada F: Sua localização é acima da região E. Inicia em torno dos 150 km, e vai até o limite superior da ionosfera, numa altitude de aproximadamente 1000 km. Ela se subdivide em camadas F1, F2. A camada F1 situa-se aproximadamente entre 150 e 250 km de altitude. Sua principal fonte de ionização é a radiação solar. Nesta região aparece um pico esporádico na concentração eletrônica em torno de 180. A camada F2 localiza-se aproximadamente entre 250 e 1000 km, englobando o pico de concentração iônica. Essa região é dominada por processos dinâmicos, havendo forte interação entre a ionosfera superior e os ventos termosféricos. A camada F3, ainda em estudo, possui altitude de localização dependente das condições solares, sazonais e atmosféricas.

CAPITULO 4

LUMINESCÊNCIA ATMOSFÉRICA

4.1 Emissões

Luminescência atmosférica é o resultado de reações químicas entre átomos e moléculas, por meio de excitações provocadas pela absorção de radiação, ou por meio de processos químicos, existentes na atmosfera superior terrestre.

Ao ocorrer o processo de relaxação os elementos químicos emitem, através de bandas e linhas espectrais uma radiação de extensa faixa espectral denominada aeroluminescência. Os agentes emissores de aeroluminescência estão presentes na atmosfera entre 80 e 40 km de altura como mostra a figura 4.1.

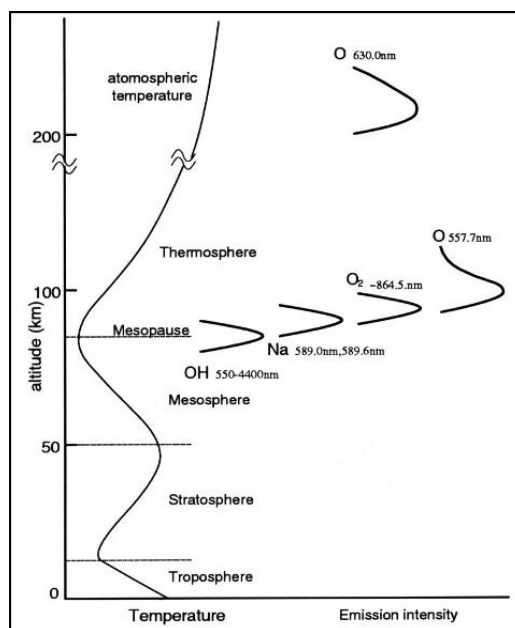


Figura 4.1: As camadas de emissão de aeroluminescência estão representadas esquematicamente, juntamente com o perfil de temperatura da atmosfera da Terra.

Fonte: MAEKAWA (2000, p.4).

Através de observação feita por um imageador “All-Sky”, podemos investigar as emissões de aeroluminescência atmosférica, na região F da atmosfera de OI 777. 4, OI 557.7, OI 630.0.

A aeroluminescência pode ser denominada conforme sua ocorrência de acordo com o ângulo zenital da radiação solar, podendo ser diurna (“Dayglow”), crepuscular (“Twilight”) ou noturna (“Nightglow”).

As observações de emissão noturnas são as mais usadas, pois a presença de radiação aumenta a intensidade de ruído nas imagens.

Através da aeroluminescência podemos estudar:

- a) Os processos químicos, iônicos e dinâmicos que regem a distribuição vertical dos vários constituintes atmosféricos.
- b) Processos de excitação que geram emissões óticas.
- c) A geração e propagação de irregularidades no plasma da região F da ionosfera noturna.
- d) Os processos ligados à deposição de partículas neutras energéticas na alta atmosfera.
- e) O acoplamento entre a termosfera e ionosfera.
- f) As ondas atmosféricas.

A seguir podemos ver na Tabela 4.1 as emissões de luminescência atmosférica:

Tabela 4.1 – Emissão atmosférica do oxigênio atômico.

Emissão Atmosférica	Intensidade Típica (R)	Comprimento de onda (nm)	Altura média da camada de emissão (km)
OI 557,7 nm	60	557,7	250-300
OI 630,0 nm	300	630,0	250-300
OI 777,4 nm	20	777,4	300-400

Fonte: Pimenta (2003) p.67.

- Linha de emissão (OI 557.7 nm)

Sua fonte de emissão está na região E, da atmosfera terrestre, na altura da mesosfera e outra na região F (TAKAHASHI et al., 1987).

Ela surge na sua maior parte da recombinação do oxigênio atômico. As Observações do solo desta emissão medem a intensidade integrada que emana das duas fontes, isto é, das regiões E e F. Já está bem estabelecido que o processo de produção do oxigênio atômico excitado $O(^1S)$ na região F é a recombinação dissociativa do íon oxigênio molecular com elétrons. Na região F os átomos $O(^1S)$ resultam do mesmo mecanismo que gera a linha vermelha (recombinação dissociativa de íons de oxigênio molecular na ionosfera). O tempo de vida da transição do estado $O(^1S)$ na região F é aproximadamente 0,74 segundos (PETERSON et al. 1966). Assim sendo, podemos escrever as reações do OI 557,7 nm envolvidas no processo de recombinação dissociativa como:





- Linha de emissão (OI 630,0 nm)

A linha vermelha (630 nm) do OI é emitida pelo átomo de oxigênio no nível de energia O(¹D), é a linha mais utilizada para estudar a dinâmica da região F, Ao decair libera o excesso de energia na forma de radiação eletromagnética. O nível O(¹D) é gerado a partir do processo de recombinação dissociativa do íon molecular com elétrons da região F da ionosfera. Este processo é expresso pela seguinte reação (WHOITE, 2000):

(4.4)

Ela é criada aproximadamente 50 km na atmosfera em uma faixa de altura de 220-300 km, e sua intensidade aproximadamente é de 50 – 300 Rayleigh.

- Linha de emissão (OI 777,4 nm)

É uma das menos utilizadas, devido sua intensidade ser muito fraca. Essa linha é resultado da transição do oxigênio atômico, tem intensidade fraca (aproximadamente de 20 Rayleighs) e depende fortemente da concentração eletrônica, Sua maior intensidade se dá durante a atividade solar máxima, período em onde a densidade eletrônica da ionosfera é mais alta. A emissão é gerada em todas as alturas da ionosfera, sendo seu pico em torno de 350 km, região do pico de densidade eletrônica da região F. Os dois mecanismos de recombinação são: recombinação radiativa e recombinação íon-íon.

4.2 Irregularidades na região F da ionosfera

Na Ionosfera Terrestre existem extensas regiões alinhadas ao longo das linhas do Campo Geomagnético, e cujo, interior ocorre um alto grau de rarefação do plasma ionosférico (SAHAI et al., 2000). Quando ocorre irregularidade de grande intensidade recebem o nome de bolhas de plasma. Elas são geradas na região da F, logo após o pôr do Sol e estendem-se a altas altitudes, de até 1500 km. Possuem dimensões horizontais Norte – Sul muito grande, da ordem de 5000 km ao longo das linhas do campo magnético, na extensão Leste – Oeste entre de dezenas a centenas de km. Após se formarem as bolhas de plasma derivam para cima com uma velocidade que geralmente

varia de 100 m/s a 500 m/s. Elas apresentam uma deriva zonal ao longo da linha do equador magnético que pode chegar a aproximadamente a 150 m/s, como representado na Figura 4.2.

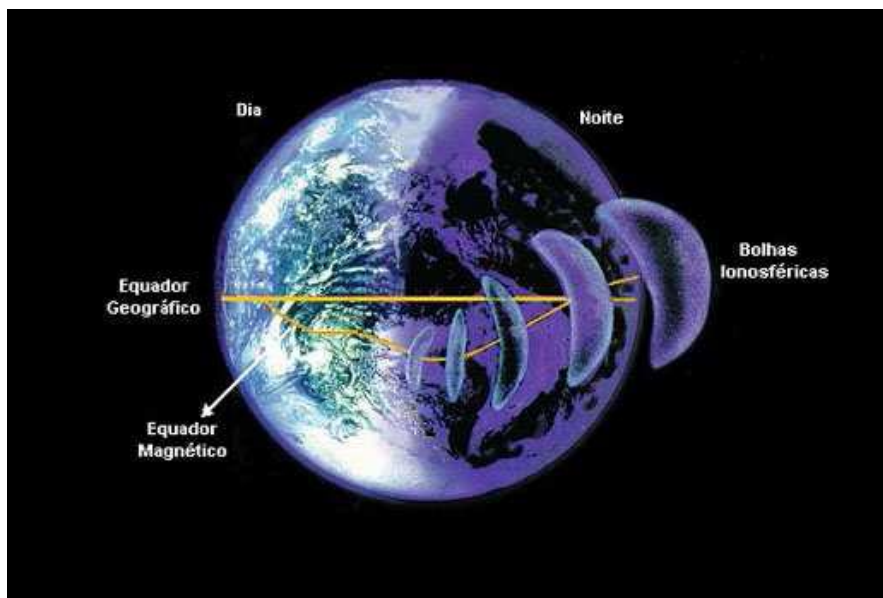


Figura 4.2 – Deslocamento de uma bolha de plasma ao longo do equador magnético.

Fonte: <http://www.ondascurtas.com/images/bolhaionosferica.jpg>.

Podemos estudar esses distúrbios ionosféricos através do monitoramento do OI 630.0 nm, onde a intensidade de aeroluminescência nesse comprimento de onda é diretamente proporcional a densidade eletrônica e a quantidade de oxigênios moleculares.

4.3 Imageador “All-Sky”

O imageador “all-sky” é um instrumento de alta definição, ele é bastante usado para se estudar a morfologia e a dinâmica da atmosfera. Utiliza a luminescência como mecanismo de definição. O instrumento detecta mudanças de intensidade de luminescência atmosférica, registrando essas informações em imagens. Essas imagens são importantes para se investigar e estudar o comportamento da atmosfera, e observar fenômenos ionosféricos, como bolhas de plasma.

- Novo imageador “all-sky” do LASER / INPE: Atualmente o imageador multi-espectral com lentes “all-sky”, que este instalado no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/INPE - MCT –, em São Martinho da Serra, RS, foi adquirido pelo INPE conveniado com a FAPESP, por meio do Dr. Alexandre Álvares Pimenta. Esse imageador trata-se de um imageador monocromático com filtros de 4 polegadas e uma câmera CCD de 2048 x 2048 pixels. As figuras 4.3 e 4.4 a seguir mostram o equipamento instalado em São Martinho.



Figura 4.3 – Equipamento instalado no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/INPE - MCT –, em São Martinho da Serra, RS - Imagem interna do equipamento.



Figura 4.4 – Equipamento instalado no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/INPE - MCT –, em São Martinho da Serra, RS - Imagem externa do equipamento.

Recebendo bons dados, ainda com ajustes, aprimorando pequenos detalhes do sistema. Com os dados obtidos podemos fazer um monitoramento de irregularidades ionosféricas, como MSTIDs.

- Sistema óptico: O imageador possui lentes que resultam em uma imagem telecentrica, juntos ao plano dos filtros de interferência, que possui 4 polegadas de diâmetro. O imageador, funcionar com 6 filtros: OI 630.0 nm OI 777.7 nm, OI 555.7nm , Na em 589 nm e N_2^+ em 428.7 nm.

O equipamento possui um sistema de reconstrução de imagem acromática sobre o sensor CCD. O sistema ótico foi projetado para ser utilizado com um sensor CCD de 27,6 X 27,6 mm. A lente primária frontal é do tipo *All-Sky* (ou *Fish-Eye*) modelo *Mamiya* com distância focal de 37 mm e ângulo de abertura de aproximadamente 180 graus. O sistema de lentes telecêntricas consiste em um par de lentes plano-convexas localizado entre o obturador e a roda de filtros, garantindo uma imagem centrada em cima do filtro de interferência. A roda de filtros é mostrada na Figura 4.5.

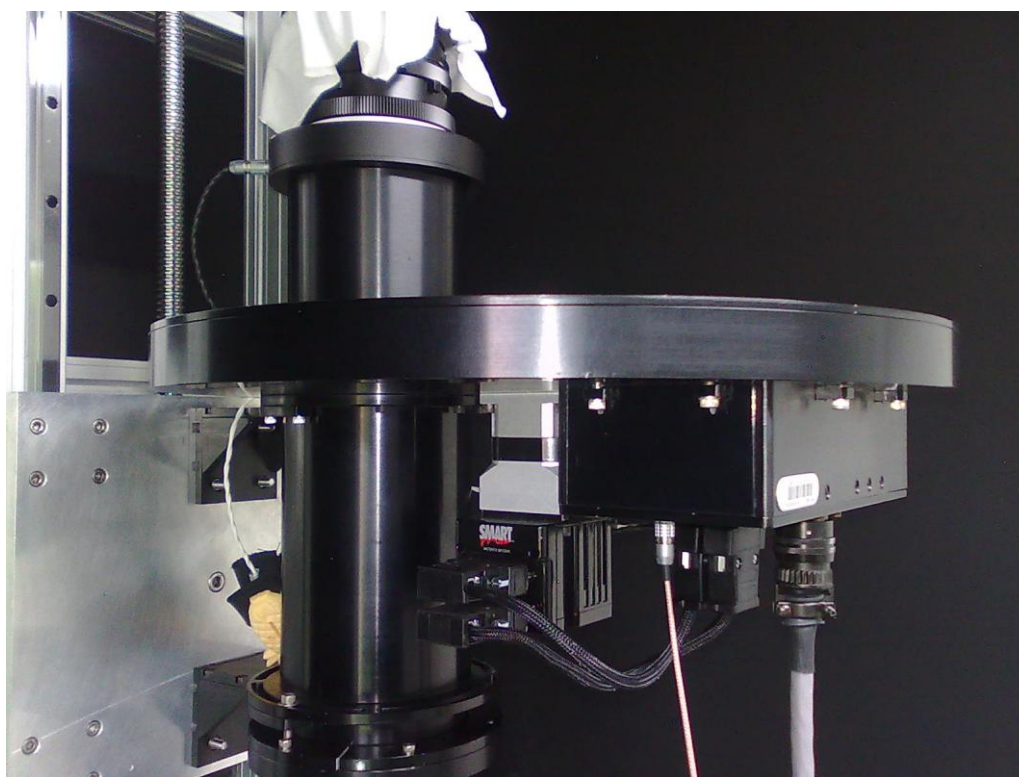


Figura 4.5 - A roda de filtros de interferência. Sob a mesma, encontra-se uma unidade eletrônica de controle.

4.4 Câmera CCD

O modelo da câmera CCD que equipa o imageador é o PI/Acton Pixis: 2048B. É um sensor do tipo retroiluminado (back-illuminated) com uma grade de 2048X2048 pixels, cada um com dimensão de 13,5 X 13.5 μm . É um equipamento de baixo ruído projetado para aplicações que exigem imagens com grande campo de visão. Seu sistema de refrigeração garante temperaturas abaixo de $-70\text{ }^\circ\text{C}$. Sua eficiência quântica elevada e baixo nível de ruído dos componentes eletrônicos e a tornam ideal para sensoriamento de fenômenos com baixo nível de emissão de luz.



CAPITULO 5

PRINCIPAIS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Foi realizada uma revisão bibliográfica de livros e artigos científicos sobre os fenômenos como Luminescência Atmosférica e da AMAS.

No período de substituição do bolsista anterior o novo bolsista participou e auxiliou na montagem do novo imageador “all-sky” no Observatório Espacial do Sul e de algumas noites de observações com coleta de dados e de testes.



CAPITULO 6

PRINCIPAIS ATIVIDADES A CONCLUIR

Continuação da realização de observação noturna, durante o período da Lua Nova, no Observatório Espacial do Sul - OES/CRS/INPE - MCT em São Martinho da Serra/RS;

Continuação da revisão bibliográfica sobre os fenômenos estudados, análise de dados e eventos observados;

Elaboração de trabalhos científicos e participação em congressos.



CAPITULO 7

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A execução do Trabalho de Pesquisa ajudou o bolsista a aplicar os novos conhecimentos ao longo do Curso de Física.

Durante sua atuação no Laboratório de Mesosfera e Luminescência Atmosférica e no Laboratório de Óptica e Luminescência Atmosférica o bolsista aprofundou seus conhecimentos relacionados com as áreas da Geofísica Espacial, Geomagnetismo, especialmente em Aeronomia.

É preciso enfatizar que as atividades de Iniciação Científica foram essenciais para o desenvolvimento científico do bolsista envolvido, contribuindo para sua formação, visto que estimulou fortemente o interesse pela Ciência e o desenvolvimento de suas potencialidades técnico-científicas.

O bolsista teve grande desenvolvimento pessoal com as atividades de mentoreamento, ressaltando em especial o aumento de sua empatia, auto-estima, sua confiança e segurança interna com o trato interpessoal e intrapessoal.



REFERÊNCIAS

Amorim, D. C. M. **Caracterização de distúrbios ionosféricos propagastes na região de baixas latitudes no setor brasileiro associados a Instabilidade de plasma perkins gerada em médias latitudes**. 2010. 134p. Dissertação (mestrado em Geofísica Espacial) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2010.

Bageston, J. V. **Determinação da temperatura da mesosfera superior utilizando espectro - imageador**. 2005. 139p. Dissertação (mestrado em Geofísica Espacial) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2005.

Braessur, G., Solomon, S. **Aeronomy of the middle atmosphere**. Dordrecht, Holanda: D. Reidel 1986, 441 p.

Chamberlain, J. W.; **Physics of the Aurora and Airglow**, American Geophysical Union, 1995.

Girardi, T. J. **Estudo da aeroluminescencia ionosférica na região da anomalia geomagnética da América do Sul**. 2009. Relatório de projeto (iniciação científica) – Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais, Santa Maria RS. 2009.

Kirchhoff, V. W. J. H. **Introdução à geofísica espacial**. São José dos Campos: INPE, 1991. 149 p. ISBN 85-7233-001-1. (INPE-7306-RPQ/700).

Maekawa, R. **Development mult-color all sky airglow CCD imaging system**. Kyoto University, Dec, 1998 (RASC Research Report).

Makita, K.; Okano, S.; Yukimatsu, A.; Nishino, M.; Shibasaki, K.; Yamamoto, H.; Kikuchi, T.; Nozaki, K.; Fujitaka, K.; Furukawa, M.; Takahashi, H.; Schuch, N.J.; **Upper Atmosphere Observations in the Brazilian Geomagnetic Anomaly Region, Bulletin of Science and Engineering**, Takushoku University, V. 1, No.2, 1997.

Peterson, V.I; Steiger, W.R. F-region nightglow emissions of atomic oxygen. **Journal of Geophysical Research**, v.71, no.9, p. 2267-2277, 1966.

Pimenta, Alexandre Álvares. **Estudos da deriva zonal e Dinâmica das Bolhas de Plasma na região Tropical**. 2003. 184p. Tese (doutorado em Geofísica Espacial) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2003.



Sahai, Y.; Fagundes, P.R.; Bittencourt, J.A. Transequatorial F-region ionospheric plasma bubbles: solar cycle effects. **Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics**, v.62, p. 1377-1383, 2000.

Santana, C. D. **Estudos da evolução temporal/espacial das derivas das depleções de plasma ionosféricos, por imagens digitais da aeroluminescência OI 630 nm noturna**. 2001. Dissertação (mestrado em Geofísica Espacial) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2001.

Siqueira J. de. **Desenvolvimento de instrumentação para medidas geomagnéticas de baixo ruído a bordo de satélites científicos – magnetômetro de núcleo saturado**. 2009. Relatório Final de atividade (iniciação científica). - Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais, Santa Maria RS. 2009.

Takahashi, H., B. R. Clemesha; ET AL Rocket observations of the atomic and molecular oxygen emissions in the equatorial region. **Advance in Space Research**, 10: (10) 47-50, 1987.

Woithe, J, 2000, **Optical studies of the mesospheric region**, PhD Thesis, University of Adelaide, Australia.

Wrasse, Cristiano Max. **Observação da temperatura rotacional da hidroxila através da aeroluminescência na região da mesosfera terrestre**. 2000. 125p. Dissertação (mestrado em Geofísica Espacial) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2000.

Wrasse, Cristiano Max. **Estudos de Geração e propagação de ondas de gravidade atmosféricas**. 2004. 253p. Tese (doutorado em Geofísica Espacial) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2004.