



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

**ESTUDO DA AEROLUMINESCÊNCIA IONOSFÉRICA NA
REGIÃO DA ANOMALIA GEOMAGNÉTICA DA AMÉRICA DO
SUL**

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

PROCESSO Nº 104227/2007-9

Mateus Sabadi Schuh - 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: mateus@lacesm.ufsm.br

Dr. Hisao Takahashi - Orientador
Divisão de Aeronomia
DAE/CEA/INPE-MCT
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
INPE - MCT

E-mail: hisaotak@laser.inpe.br



Relatório Final de Atividades 2008

Santa Maria, Junho de 2008.

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

PROJETO

**ESTUDO DA AEROLUMINESCÊNCIA IONOSFÉRICA NA
REGIÃO DA ANOMALIA GEOMAGNÉTICA DA AMÉRICA DO
SUL**

Relatório elaborado por **Mateus Sabadi Schuh** relatando as atividades executadas por:

PROCESSO Nº **104227/2007-9**

Mateus Sabadi Schuh - Bolsista PIBIC/INPE – CNPq/MCT

E-mail: mateus@lacesm.ufsm.br

Dr. Hisao Takahashi – Orientador

Divisão de Aeronomia - DAE/CEA/INPE-MCT

E-mail: hisaotak@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 DA AEROLUMINESCÊNCIA IONOSFÉRICA NA REGIÃO
DA ANOMALIA GEOMAGNÉTICA DA AMÉRICA DO SUL**

Processo CNPq/MCT: N° 104227/2007-6

Bolsista:

Mateus Sabadi Schuh

Acadêmico do Curso de Física Bacharelado
Centro de Ciências Naturais e Exatas – CCNE/UFSM
Universidade Federal de Santa Maria – UFSM

Orientador:

Dr. Hisao Takahashi.

Divisão de Aeronomia – DAE/CEA/INPE - MCT

Co-Orientador:

Dr. Nelson Jorge Schuch

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

Colaboradores:

- Dr. Marcelo Barcellos da Rosa – CRS/CIE/INPE - MCT
- Dr. Delano Gobbi – DAE/CEA/INPE – MCT
- Dr. Fábio Augusto Vargas
- Dr. Ademilson Zanandrea
- Acadêmico Cristiano Sarzi Machado – CURSO DE FÍSICA – UFSM
- Acadêmico Tiago Domingos dos Santos – CURSO DE FÍSICA – UFSM
- Acadêmico Guilherme Grams – CURSO DE FÍSICA – UFSM
- Acadêmico Caetano Luiz da Silva – CURSO DE FÍSICA – UFSM

Cooperação Brasil – Japão em Ciências Espaciais Básicas diretamente envolvida no Projeto:

- Dr. Kazuo Makita – Takushoku University

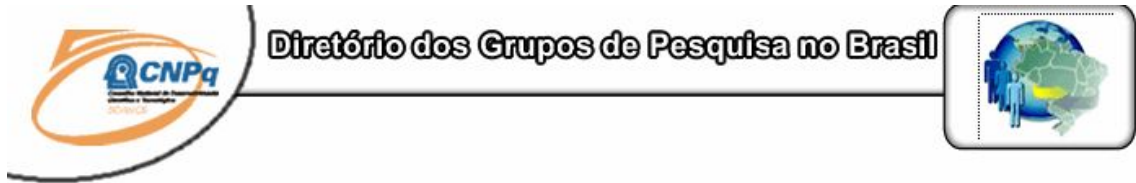




Local de execução do projeto:

Laboratório de Mesosfera e Luminescência Atmosférica do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – LMLA/CRS/CIE/INPE - MCT, em Santa Maria, RS.

Laboratório de Óptica e Luminescência Atmosférica, do Observatório Espacial do Sul – LOLA/OES/CRS/CIE/INPE - MCT, Prédio 5, em São Martinho da Serra, RS.



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



Identificação

Dados básicos

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

Status do grupo: **certificado pela instituição**

Ano de formação: 1996

Data da última atualização: 18/06/2008 15:04

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

O Grupo de Pesquisa - CLIMA ESPACIAL, MAGNETOSFERAS: INTERAÇÃO TERRA-SOL do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRS/CIE/INPE-MCT, em Santa Maria, e Observatório Espacial do Sul - OES/CRS/CIE/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 (CEA, ETE, CPA), 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), Australia (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 Cômicos, Muons, Pequenos Satélites Científicos. Objetivos: Pesquisar o acoplamento energético na Heliosfera, os mecanismos de geração de energia no Sol, o Vento Solar, sua propagação no Meio Interplanetário, acoplamento com as magnetosferas planetárias, no Geo espaço com a Ionosfera e a Atmosfera Superior, previsão de ocorrência de tempestades magnéticas e das intensas correntes induzidas na superfície da Terra. Pesquisas teóricas e observacionais utilizando-se de larga base de dados de sondas no Espaço Interplanetário e dentro de magnetosferas planetárias, bem como de modelos computacionais físicos e estatísticos. Vice-Líderes: Alisson Dal Lago, Nalin Babulau Trivedi, Marcelo Barcellos da Rosa, Ademar Michels.





Relatório Final de Atividades 2008

Pesquisadores	Total: 32
Ademar Michels	Jean Carlo Santos
Alan Prestes	Jean Pierre Raulin
Alicia Luisa Clúa de Gonzalez	Joao Paulo Minussi
Alisson Dal Lago	Jose Humberto Andrade Sobral
Antonio Claret Palerosi	Mangalathayil Ali Abdu
Barclay Robert Clemesha	Marcelo Barcellos da Rosa
Clezio Marcos De Nardin	Nalin Babulal Trivedi
Cristiano Max Wrasse	Natanael Rodrigues Gomes
Delano Gobbi	Nelson Jorge Schuch
Eurico Rodrigues de Paula	Odim Mendes Junior
Ezequiel Echer	Osmar Pinto Junior
Fabiano Luis de Sousa	Otavio Santos Cupertino Durão
Fábio Augusto Vargas dos Santos	Petrônio Noronha de Souza
Fernando Luís Guarnieri	Polinaya Muralikrishna
Hisao Takahashi	Severino Luiz Guimaraes Dutra
Ijar Milagre da Fonseca	Walter Demetrio Gonzalez Alarcon
Estudantes	Total: 28
Alan Carlos Klein	Juliano Moro
Antonio Marcos Martins Silveira	Lilian Piecha Moor
Bernardo Henz	Lorenzo Marzari Félix
Carlos Roberto Braga	Lucas Lopes Costa
Cassio Espindola Antunes	Marcos Vinicius Dias Silveira
César Augusto Daroit	Mateus Sabadi Schuh
Cristiano Sarzi Machado	Nikolas Kemmerich
Eduardo Ceretta Dalla Favera	Rafael Lopes Costa
Fabrício Deives Kummer	Samuel Martins da Silva
Fernando de Souza Savian	Silvano Lucas Prochnow
Igor Freitas Fagundes	Tardelli Ronan Coelho Stekel
Jean Carlos Daroit	Tiago Domingos dos Santos
Jose Fernando Thuorst	Tiago Jaskulski
Josemar de Siqueira	Willian Rigon Silva
Técnicos	Total: 5
Anderson Pereira Colvero - Ensino Profissional de nível técnico - Técnico em Eletrônica	
Eduardo Ceretta Dalla Favera - Ensino Profissional de nível técnico - Técnico em Computação	
Koiti Ozaki - Especialização - Analista de Sistemas	
Roben Castagna Lunardi - Graduação - Técnico em Computação	
Vinicius Ceregati Costa - Graduação - \Outra Função	
Linhas de pesquisa	Total: 4
<ul style="list-style-type: none">• AERONOMIA - IONOSFERAS x AEROLUMINESCÊNCIA• MAGNETOSFERAS x GEOMAGNETISMO• MEIO INTERPLANETÁRIO - CLIMA ESPACIAL• NANOSATC-BR	
Relações com o setor produtivo	Total: 0

Relatório Final de Atividades 2008

Indicadores de recursos humanos do grupo	
Integrantes do grupo	Total
Pesquisador(es)	32
Estudante(s)	28
Técnico(s)	5



Linha de Pesquisa
AERONOMIA - IONOSFERAS x AEROLUMINESCÊNCIA

Linha de pesquisa**AERONOMIA - IONOSFERAS x AEROLUMINESCÊNCIA**

Nome do grupo: [Clima Espacial](#), [Magnetosferas: 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](#)
[Clezio Marcos De Nardin](#)
[Cristiano Max Wrasse](#)
[Delano Gobbi](#)
[Eurico Rodrigues de Paula](#)
[Fábio Augusto Vargas dos Santos](#)
[Hisao Takahashi](#)
[Jean Pierre Raulin](#)
[Mangalathayil Ali Abdu](#)
[Marcelo Barcellos da Rosa](#)
[Nelson Jorge Schuch](#)
[Polinaya Muralikrishna](#)

Estudantes:

[Antonio Marcos Martins Silveira](#)
[Cézar Augusto Daroit](#)
[Cristiano Sarzi Machado](#)
[Eduardo Ceretta Dalla Favera](#)
[Juliano Moro](#)
[Lilian Piecha Moor](#)
[Mateus Sabadi Schuh](#)
[Tiago Domingos dos Santos](#)

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



Relatório Final de Atividades 2008

Objetivo:

Aeronomia dos fenômenos físicos, químicos e dinâmica da Atmosfera observando com radares, imageadores, fotômetros e aeroluminescência (perfis de ventos) das ondas atmosféricas: planetárias, de gravidade e marés atmosféricas; 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.

ÍNDICE GERAL

1. AGRADECIMENTOS	10
2. RESUMO.....	11
3. INTRODUÇÃO	12
Estudo da Aeroluminescência na região da Anomalia Geomagnética da América do sul.....	12
4. A ATMOSFERA TERRESTRE.....	13
4.1. Perfil da atmosfera terrestre segundo sua temperatura	14
4.1.1. Troposfera.....	14
4.1.2. Estratosfera	14
4.1.3. Mesosfera.....	14
4.1.4. Termosfera	14
4.2. Perfil da atmosfera terrestre segundo seus processos físicos.....	15
4.2.1. Homosfera.....	15
4.2.2. Heterosfera.....	15
4.2.3. Exosfera	15
4.3. Perfil da atmosfera terrestre segundo sua composição iônica	15
4.3.1. Ionosfera	16
4.3.2. Camadas da ionosfera	16
4.3.2.1. Camada D	16
4.3.2.2. Camada E.....	16
4.3.2.3. Camada F.....	17
4.3.3. Magnetosfera	17
4.4. O Campo Magnético Terrestre	18
4.4.1. Variações no Campo Magnético Terrestre	19
4.4.2. Anomalia Magnética do Atlântico Sul	20
4.5. Luminescência Atmosférica	21
4.5.1. Linhas de emissão do oxigênio atômico.....	23
4.6. Bolhas de Plasma Ionosféricas	24
5. INSTRUMENTAÇÃO E METODOLOGIA	26
5.1. Fotômetro Zenital FOTSUL	26
5.2. Câmera de TV Imageadora	27
5.3. Câmeras CCD (Charge Couple Device)	28
5.4. Fotômetro FotOH(6-2).....	29
5.6. Metodologia	30
6. PRINCIPAIS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	31
7. REULTADOS OBTIDOS	32
7.1.Redução de dados do FOTSUL	32
7.2. Trabalhos enviados à eventos científicos.....	33
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	36
ANEXOS	38
ANEXO A	38
Perfis mensais de emissão de Aeroluminescência registrada no Observatório Espacial do Sul.....	38
ANEXO B.....	43
Resumos de Trabalhos enviados à eventos:.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1 - 1 Classificação da atmosfera terrestre. Fonte: Dissertação de Mestrado Cristiano Max Wrasse- INPE-8003-TDL/751, 2000.....	13
Figura.2 - 1 Modelo IGRF da intensidade Total do Campo Geomagnético – 2000. Fonte: http://www.ngdc.noaa.gov/seg/potfil/magmodel.shtml	19
Figura.3 - 1 Ilustração da Anomalia Magnética do Atlântico Sul (AMAS) – 2001. Fonte: (http://science.nasa.gov/).....	20
Figura.4 - 1 Espectro da Aeroluminescência noturna de algumas emissões mais importantes. Fonte: Dissertação de Mestrado José Valentim Bageston, pág. 30.	22
Figura. 5 - 1 Taxas de emissão em função da altura de algumas linhas e bandas de emissão de Airglow, coletadas por instrumentos de medidas a bordo de foguetes lançados na base de Alcântara (2° S, 44° W). Fonte: (http://www.laser.inpe.br/lume/foguete.htm).	23
Figura.6 - 1 Imagem meramente ilustrativa, que representa o deslocamento de uma bolha de Plasma na Alta Atmosfera terrestre. Fonte: (http://dae.inpe.br/iono/entrada.html).	25
Figura. 7 - 1 Imagem do fotômetro Zenital FOTSUL, instalado no Observatório Espacial do Sul. Fonte: Pertencente aos arquivos do LMLA.	26
Figura. 8 - 1 Diagrama de Bloco do sistema do FOTSUL, com o esquema de coleta e armazenamento de dados. Fonte: Pertencente aos arquivos do LMLA.....	27
Figura . 9 - 1 Imagem da Câmera Imageadora Fish-Eye, instalada no OES. Fonte:Imagem pertencente aos arquivos do LMLA.	28
Figura. 10 - 1 Imagem da Câmera Wide-Angle, instalada no Observatório Espacial do Sul. Fonte: Imagem pertencente aos arquivos do LMLA.....	29

1. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Dr. Hisao Takahashi, pela orientação e por sempre estar a disposição para colaborar neste projeto de pesquisa.

Ao Dr. Nelson Jorge Schuch, meu co-orientador pelo apoio prestado e por ter possibilitado o acesso a um projeto de iniciação científica.

Ao Dr. Marcelo Barcellos da Rosa, pela co-orientação e colaboração prestada junto ao Laboratório de Mesosfera e Luminescência Atmosférica. Ao Dr. Kazuo Makita pela colaboração e incentivo demonstrado em suas visitas técnicas-científicas ao Observatório Espacial do Sul.

Agradeço meus colegas de laboratório, Cristiano Sarzi Machado, Tiago Domingos dos Santos, Guilherme Grams e Caetano Luiz da Silva pela ajuda, e por propiciarem um ambiente bom e agradável para desenvolver minhas atividades.

Gostaria de agradecer a coordenação do Programa PIBIC/INPE – CNPq/MCT, pela aprovação de meu Projeto de Pesquisa de Iniciação Científica, que propiciou grandes conhecimentos na área de pesquisa, profissional e pessoal.



2. RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo relatar as atividades desenvolvidas pelo bolsista **Mateus Sabadi Schuh**, acadêmico do curso de Física Bacharelado, da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, durante o período compreendido entre Agosto de 2007 e Junho de 2008, com relação a seguinte linha de pesquisa: *“Estudo da Aeroluminescência ionosférica na região da Anomalia Geomagnética da América do Sul”*. O bolsista desenvolveu suas atividades junto ao Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRS/CIE/INPE – MCT, em Santa Maria, RS.

Atuando diretamente na operação de equipamentos, bem como na redução e manutenção do banco de dados do Laboratório de Óptica e Luminescência Atmosférica – LOLA/OES/CRS/CIE/INPE – MCT, no Observatório Espacial do Sul, em São Martinho da Serra, RS, e no Laboratório de Mesosfera e Luminescência Atmosférica – LMLA/CRS/CIE/INPE – MCT, em Santa Maria, RS.

3. INTRODUÇÃO

Estudo da Aeroluminescência na região da Anomalia Geomagnética da América do Sul ou Anomalia Magnética do Atlântico Sul -AMAS.

Segundo Chamberlain (1961)[1] a Aeroluminescência é a radiação de luz emitida na atmosfera terrestre formando várias camadas de emissão, entre 80 e 300km de altura, estendendo-se da ultravioleta ao infravermelho próximo.

O estudo da Aeroluminescência é uma técnica conveniente para o sensoriamento remoto da alta atmosfera, visto que traz informações importantes sobre os processos fotoquímicos e dinâmicos dessa região. Principalmente na região da Anomalia Magnética do Atlântico Sul (AMAS), onde há a menor intensidade do Campo Magnético Terrestre (Makita,1989)[2,4,5], e ocorrem fenômenos Geofísicos diferenciados devido uma maior precipitação de partículas energéticas na Alta Atmosfera, acima de 100 km de altitude.

Para detectar as variações temporais e espaciais das intensidades das emissões na ionosfera e o efeito da anomalia na região da AMAS é feito o uso, neste caso, de dois equipamentos: O fotômetro FOTSUL, que mede a intensidade de radiação zenital das emissões do oxigênio OI 557,7 nm e OI 630,0 nm na ionosfera e o uso de um imageador “All Sky” que trata da emissão de OI 630,0 nm. Os equipamentos encontram-se instalados no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/INPE – MCT, em São Martinho da Serra/RS.

4. A ATMOSFERA TERRESTRE

A atmosfera terrestre é formada por uma mistura de gases que envolvem o planeta, permanecendo ligada a Terra pela força de gravidade. Ela pode ser classificada levando-se em conta seu perfil de temperatura, segundo seus processos físicos e ainda, pela sua composição iônica como mostra a Figura. 1 - 1:

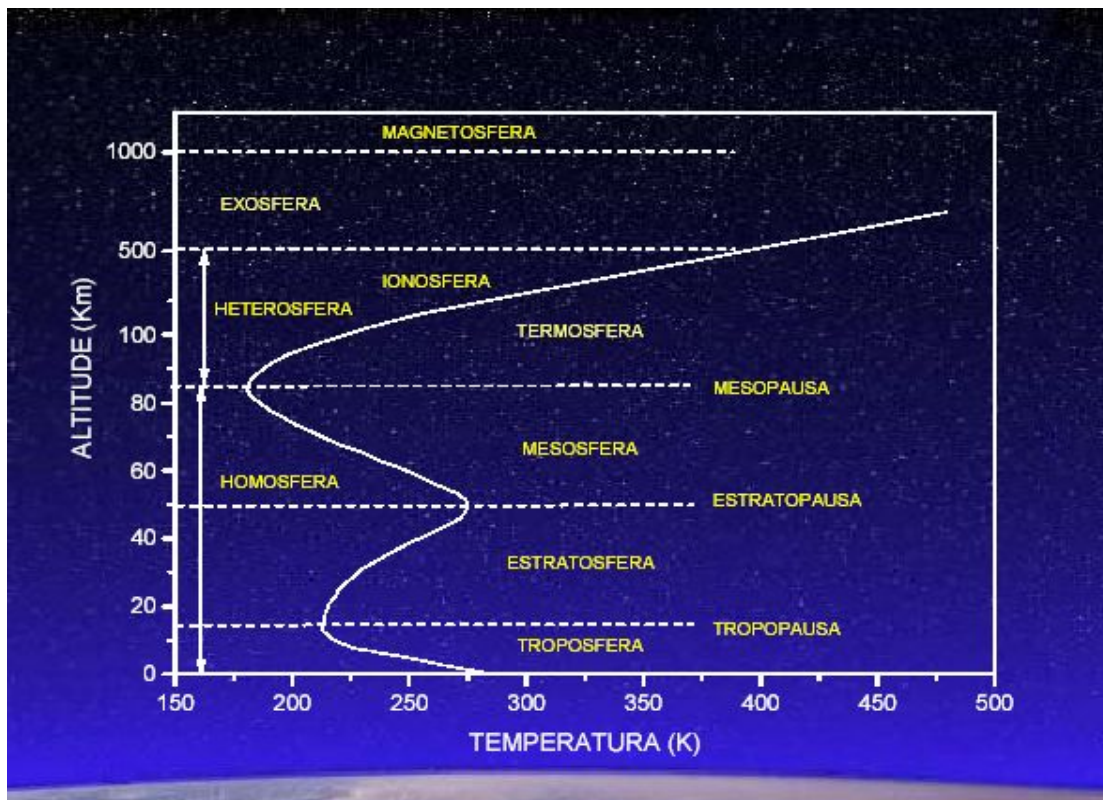


Figura. 1 - 1 Classificação da atmosfera terrestre.

Fonte: Dissertação de Mestrado Cristiano Max Wrasse- INPE-8003-TDL/751, 2000

4.1. Perfil da atmosfera terrestre segundo sua temperatura

A atmosfera terrestre é dividida em várias camadas do ponto de vista de sua temperatura. São elas: A Troposfera, Estratosfera, Mesosfera e Exosfera. Segue uma breve descrição de cada camada:

4.1.1. Troposfera

Camada que se estende desde a superfície terrestre até aproximadamente 15 km, variando com a latitude. Sua temperatura decresce à medida que a altitude aumenta a uma taxa de 6°C/Km, atingindo um mínimo de -40°C. Essa diminuição da temperatura ocorre principalmente pelo processo de convecção, que contribui diretamente na dissipação do calor nessa região. O limite superior da Troposfera é a Tropopausa.

4.1.2. Estratosfera

Camada da atmosfera localizada acima da Troposfera, compreendida entre 40 e 50 km de altitude. Nessa região, diferentemente do que acontece na Troposfera, a temperatura aumenta com a altitude, até aproximadamente -10°C. A absorção da radiação solar ultravioleta pela molécula do ozônio é a principal causa do aumento da temperatura nessa região. A Estratosfera tem por limite inferior a Tropopausa e limite superior a Estratopausa.

4.1.3. Mesosfera

Região mais fria da atmosfera terrestre. Localizada entre 50 e 90 km de altura, sua temperatura vai diminuindo com a altitude até chegar a um mínimo de -80°C. Esse decréscimo na temperatura ocorre pelo fato de que bem acima da Estratopausa quase não há absorção de radiação. A Estratopausa é o limite inferior da Mesosfera, enquanto que a Mesopausa é o seu limite superior.

4.1.4. Termosfera

Localizada acima da Mesopausa, inicia em torno de 90 km de altitude e estende-se até aproximadamente 300 km. A temperatura nessa camada vai aumentando com a altitude,

fato que ocorre devido a grande absorção de radiação ultravioleta. Acima da Termosfera temos a Exosfera, região que não tem limite superior definido.

As regiões definidas como Tropopausa, Estratopausa, e Mesopausa, são regiões intermediárias entre as camadas da atmosfera, onde o gradiente de temperatura é nulo.

4.2. Perfil da atmosfera terrestre segundo seus processos físicos

Levando em conta seus processos físicos a atmosfera terrestre é dividida em:

4.2.1. Homosfera

Região que se estende desde a superfície terrestre até 100 km de altitude . A principal característica dessa região é a proporcionalidade da mistura dos gases.

4.2.2. Heterosfera

Localizada entre 100 a 500 km. Nessa região não há mistura homogênea de gases. Os gases se distribuem quase que independentes uns dos outros conforme a escala de altura de cada um.

4.2.3. Exosfera

Estende-se acima de 500 km. Nessa região é pouco provável a ocorrência de colisões entre moléculas ou átomos. As partículas neutras deslocam-se em trajetórias balísticas sob a ação do campo gravitacional da terra. Na Exosfera também há uma constante perda de partículas para o meio interplanetário.

4.3. Perfil da atmosfera terrestre segundo sua composição iônica

Conforme sua composição iônica a atmosfera terrestre é dividida entre a Ionosfera e a Magnetosfera:

4.3.1. Ionosfera

É a camada ionizada da atmosfera terrestre. Se estende de 60 a 1000 km aproximadamente. Ela é basicamente constituída por íons moleculares e elétrons livres. Esta camada tem origem principalmente pela ionização dos seus constituintes pela radiação solar na faixa espectral do extremo ultra-violeta (EUV), e dos raios X. A absorção da radiação solar por átomos neutros é responsável pelo processo da fotoionização que dá origem ao **Plasma Ionosférico**, que é constituído por íons positivos e por elétrons livres que se desprendem do átomo neutro devido a sua ionização. Outro processo de ionização que ocorre, porém em menor escala é a colisão entre partículas excitadas como elétrons, íons ou moléculas neutras.

A ionosfera é dividida em três camadas: D, E e F. A camada F é dividida em F1, F2 e F2.

Essas divisões são baseadas principalmente na densidade eletrônica da ionosfera. As camadas da ionosfera possuem densidades eletrônicas distintas. Essa diferença ocorre pois ao longo de toda a sua extensão ela é formada por diferentes constituintes, dessa forma os processos de absorção de radiação e de ionização também são diferentes.

4.3.2. Camadas da ionosfera

4.3.2.1. Camada D

Está situada em torno de 60 e 100 km de altitude. Esta camada possui uma baixa concentração de elétrons livres pelo fato de ser pouco ionizada, pois recebe pouca radiação solar. No período da noite esta camada praticamente desaparece devido a rápida recombinação dos íons.

4.3.2.2. Camada E

Situa-se aproximadamente entre 100 a 150 km de altitude. Esta região é constituída basicamente pelos íons NO^+ , O_2^+ e N_2^+ . A principal fonte de ionização nesta camada é a

radiação solar na faixa espectral dos raios-X. Por esse fato, durante a noite esta camada tem sua densidade eletrônica diminuída significativamente.

4.3.2.3. Camada F

Localizada acima da Camada E, esta região estende-se até o limite superior da ionosfera, aproximadamente 1000 km. A camada F é subdividida em outras três:

Camada F1 – Localiza-se logo acima da Camada E até aproximadamente 250 km de altura. É caracterizada por um pequeno pico secundário da densidade de elétrons em torno de 180 km. Geralmente durante o período da noite, quando não há radiação solar, a Camada F1 tende a desaparecer.

Camada F2 – Situa-se acima da camada F1 e abaixo da camada F3. É ionizada principalmente pela radiação solar na faixa do extremo ultra-violeta EUV. Essa camada tem um pico da densidade eletrônica em torno de 300 km. Uma de suas características é que sua densidade eletrônica não é tão afetada pela falta de radiação solar, pois nessa região a pressão atmosférica não propicia a recombinação iônica completa. Desse modo a camada F2 pode persistir por toda a noite.

Camada F3 – Possui uma variação em sua altitude pelo fato de que é dependente das condições solares, sazonais e atmosféricas.

4.3.3. Magnetosfera

Camada que envolve a Terra formando uma espécie de escudo contra o vento solar que é composto por partículas energeticamente carregadas. Os movimentos do plasma, composto principalmente por prótons e elétrons, são dominados pelo Campo magnético que exerce uma grande influência na região. Localiza-se entre a Ionosfera e a Magnetopausa que é o limite entre a região campo geomagnético e as regiões do campo magnético interplanetário.



4.4. O Campo Magnético Terrestre

O Campo Magnético da Terra é semelhante a um dipolo magnético e seus pólos estão próximos aos pólos geográficos da Terra. Uma das teorias que explica a formação é a Teoria do Dínamo, porém esse modelo não explica a sua reversão. Segundo ela, o principal componente do Campo Magnético Terrestre tem origem dentro do núcleo do planeta. Onde o campo é originado por correntes fluindo em um núcleo metálico. Essas correntes são formadas pela ação de um dínamo de auto-excitação no núcleo terrestre. Os componentes secundários do Campo Geomagnético que contribuem em escala muito menor e tem intensidade variável, são originados por correntes elétricas presentes nas regiões ionizadas da Ionosfera/Magnetosfera.

Na Figura 2 - 1 estão expostas as linhas de contorno para a intensidade total do Campo Magnético terrestre segundo o modelo IGRF – *International Geomagnetic Field Reference* para o ano de 2000.

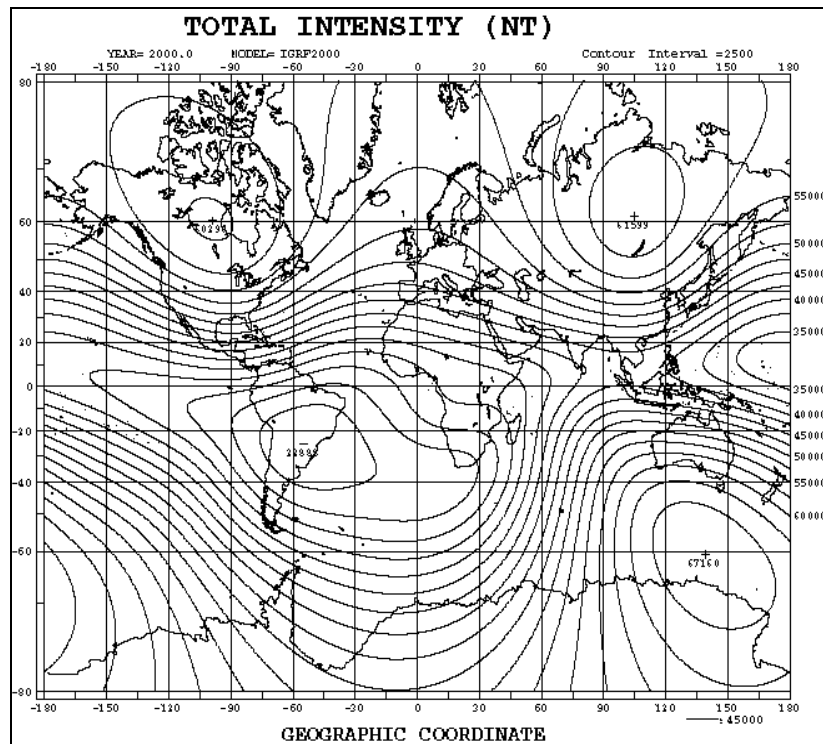


Figura. 2 - 1 Modelo IGRF da intensidade Total do Campo Geomagnético – 2000.

Fonte: <http://www.ngdc.noaa.gov/seg/potfil/magmodel.shtml>

4.4.1. Variações no Campo Magnético Terrestre

O Campo Geomagnético sofre basicamente dois tipos de variações: as que ocorrem em períodos magneticamente calmos que são: a variação Sq, influenciada pelo Sol (S) em períodos calmos(q) e a variação L, mais fraca, influenciada pela Lua. Outros tipos de variações, mais intensas, são as variações perturbadas que estão associadas a tempestades magnéticas que são causadas por um aumento significativo na radiação solar EUV e o aumento da concentração e velocidade do vento solar.

4.4.2. Anomalia Magnética do Atlântico Sul

A Anomalia Geomagnética do Atlântico Sul (AMAS), (Figura. 3 - 1), é uma região localizada no Sul da América do Sul que se estende sobre o território brasileiro, desde o estado de São Paulo ao Sul do Rio Grande do Sul. Essa região é caracterizada pela baixa intensidade do Campo Geomagnético resultando numa grande depressão na Magnetosfera terrestre. Como consequência disso, o cinturão de radiação que circunda o planeta (Cinturão de Van Allen), é pressionado na direção da superfície da Terra. Esse fato dá origem a uma grande precipitação de raios cósmicos e de partículas energeticamente carregadas oriundas do vento solar, ocasionando perturbações no Campo Geomagnético e na Ionosfera. Dessa forma essa região é muito importante para o estudo de fenômenos atmosféricos em condições de Campo Geomagnético fraco.

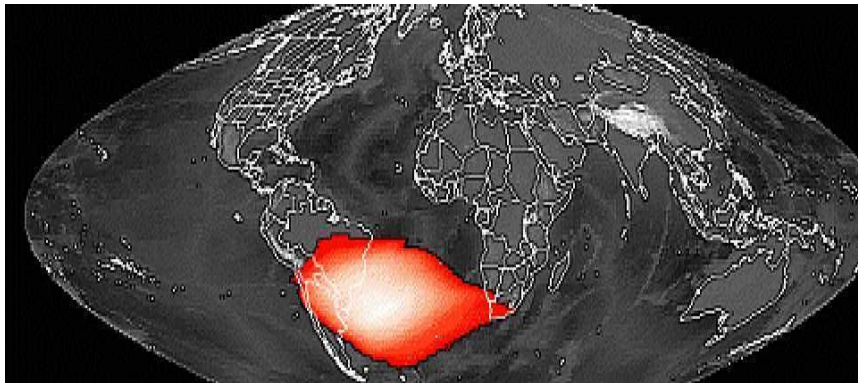


Figura. 3 - 1 Ilustração da Anomalia Magnética do Atlântico Sul (AMAS) – 2001.

Fonte: (<http://science.nasa.gov/>)

4.5. Luminescência Atmosférica

A Luminescência Atmosférica ou Aeroluminescência, do inglês *Airglow*, é um fenômeno ótico da alta atmosfera terrestre. Consiste basicamente na emissão de fótons por constituintes atmosféricos excitados, tais como o Oxigênio, hidroxila e Sódio. Esses constituintes são excitados pela absorção de radiação eletromagnética na faixa espectral do ultravioleta provinda do Sol. Sendo que a excitação e emissão de luminosidade por esses componentes são devidos a diversos processos físico-químicos. Quando esses átomos e moléculas absorvem essa radiação eles atingem um estado de maior energia, do qual eles tendem a decair, voltando ao seu estado fundamental através da liberação de energia na forma de radiação eletromagnética. Outro processo de perda de energia da molécula ou átomo é a colisão dos mesmos com outros constituintes atmosféricos, de forma que as espécies voltam ao seu estado fundamental sem emissão de radiação.

A Aeroluminescência pode ser classificada em dois tipos segundo sua emissão: Emissão instantânea, denominada *Dayglow*, que ocorre durante o dia. Ou de emissão retardada, *Nightglow*, onde temos um processo de relaxação energética.

As linhas de emissão do *Airglow* mais importantes são as linhas do oxigênio atômico em 557,7 nm e em 630,0 nm, as bandas de emissão do radical OH e as emissões de átomos metálicos, como Sódio, Cálcio, Potássio e Magnésio.

A figura. 4 - 1 mostra o espectro da aeroluminescência noturna de algumas emissões mais importantes:

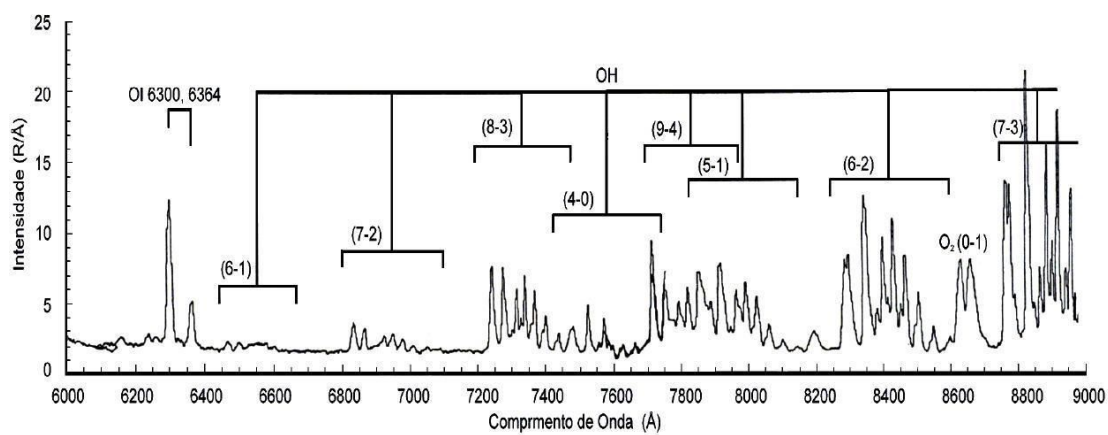


Figura. 4 - 1 Espectro da Aeroluminescência noturna de algumas emissões mais importantes.

Fonte: Dissertação de Mestrado José Valentim Bageston, pág. 30.

Na figura.5 - 1 são mostradas as taxas de emissão em função de altura de algumas linhas e bandas de emissão de Aeroluminescência:

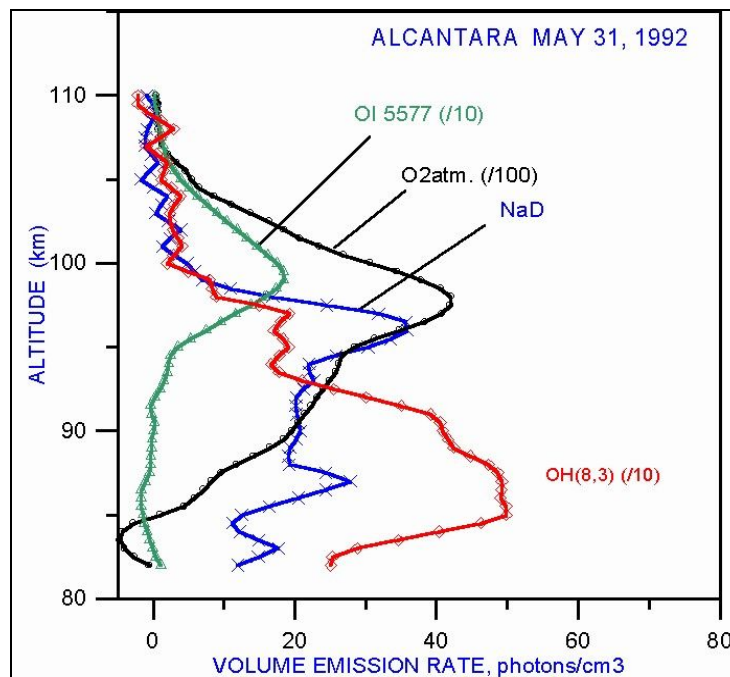


Figura. 5 - 1 Taxas de emissão em função da altura de algumas linhas e bandas de emissão de Airglow, coletadas por instrumentos de medidas a bordo de foguetes lançados na base de Alcântara (2°S, 44° W). Fonte: (<http://www.laser.inpe.br/lume/foguete.htm>).

4.5.1. Linhas de emissão do oxigênio atômico

Um dos principais focos deste trabalho trata das emissões do oxigênio atômico nas linhas 557,7 nm e 630,0 nm.

OI 630,0 nm - Conhecido como a linha vermelha do oxigênio atômico, é muito utilizado no estudo da dinâmica da alta atmosfera onde possui um pico de emissão na região F da ionosfera, localizada entre 240 e 350 km de altitude, com uma espessura de 50 km aproximadamente. A densidade eletrônica do Plasma nessa região é um fator determinante na intensidade de emissão desta linha, de forma que quando o Plasma ionosférico move-se para cima o valor dessa emissão é reduzida, quando o Plasma se move para baixo há um aumento na intensidade da Aeroluminescência. O processo de recombinação dissociativa do oxigênio molecular com elétrons resulta na excitação do oxigênio atômico na região F à



noite, que posteriormente ao decair libera energia na forma de radiação no comprimento de onda 630,0 nm.

OI 557,7 nm – Conhecida como linha verde do oxigênio, é emitida em duas regiões diferentes da ionosfera, uma na região E, entre 90 e 110 km de altitude e outra na região F, entre 250 e 300 km de altitude. Em médias latitudes a maior parte desta emissão é decorrente da recombinação do oxigênio atômico na Mesopausa, entre 90 e 110 km de altitude. Já em regiões de baixas latitudes e equatoriais, grande parte dessa emissão é devida a processos de recombinação dissociativa do oxigênio molecular com elétrons na região F.

4.6. Bolhas de Plasma Ionosféricas

O Plasma ionosférico, resultante da dissociação molecular ocasionada pela radiação solar não tem um comportamento dinâmico de fácil previsibilidade como os gases e líquidos. É comum a observação de anomalias na dinâmica do Plasma ionosférico, tais como a formação de Bolhas de Plasma Ionosférico, regiões onde a densidade de íons cai abruptamente. O campo Geomagnético exerce influência significativa sobre essas regiões. A formação dessas bolhas tem início logo após o pôr-do-sol e seu local de origem é a base da camada F da Ionosfera, a partir daí começam a desenvolver-se até grandes altitudes. Essas bolhas deslocam-se ao longo do equador magnético da Terra e sua ocorrência é mais comum em regiões de baixas latitudes. A figura.6 - 1 mostra a imagem ilustrativa de uma Bolha de Plasma se deslocando.

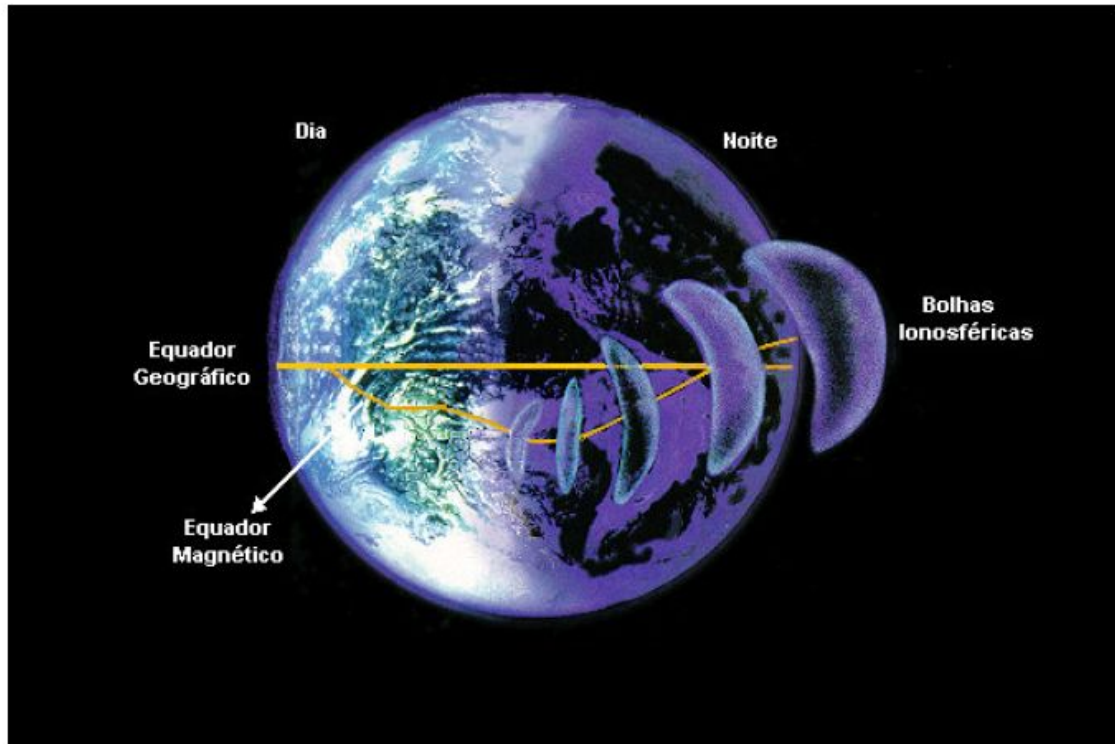


Figura. 6 - 1 Imagem meramente ilustrativa, que representa o deslocamento de uma bolha de Plasma na Alta Atmosfera terrestre.

Fonte: (<http://dae.inpe.br/iono/entrada.html>).

A teoria da Instabilidade de Rayleigh-Taylor é a mais aceita para explicar o surgimento das Bolhas de Plasma Ionosféricas. Segundo ela, ao entardecer, quando não há mais influência da radiação solar, pequenos eventos podem causar distúrbios entre regiões da Ionosfera com diferente densidade eletrônica. Quando há uma região de maior densidade sobre uma região com menor densidade, devido a instabilidade desse sistema, qualquer distúrbio é suficiente para que a camada de menor densidade penetre na camada mais densa, gerando uma Bolha de Plasma.

5. INSTRUMENTAÇÃO E METODOLOGIA

O Laboratório de Ótica e Luminescência Atmosférica (LOLA), localizado no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE – MCT, em São Martinho da Serra/RS, possui equipamentos utilizados na investigação de fenômenos geofísicos que ocorrem na alta atmosfera.

5.1. Fotômetro Zenital FOTSUL

O Fotômetro Zenital FOTSUL (figura.7 - 1) mede a intensidade da emissão de *Airglow* do oxigênio ionizado nas linhas OI 557,7 nm e OI 630,0 nm. Ele é formado por um sistema de filtros de interferência óptica que selecionam o comprimento de onda a ser medido, acoplado com um tubo fotomultiplicador e um sistema eletrônico de discriminação e processamento de sinal. O fotômetro é acoplado a um computador onde é feito o armazenamento e coletas de dados.

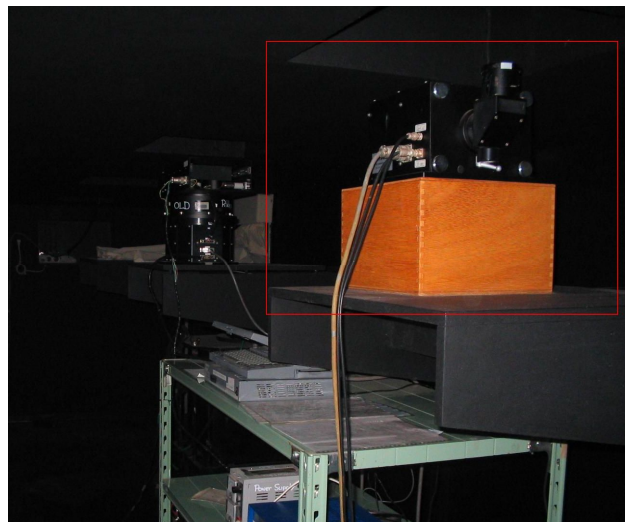


Figura. 7 - 1 Imagem do fotômetro Zenital FOTSUL, instalado no Observatório Espacial do Sul. Fonte: Pertencente aos arquivos do LMLA.

O FOTSUL opera com quatro filtros que se alternam periodicamente para registrar a intensidade aparente de quatro comprimentos de onda distintos, sendo que dois desses só são utilizados com a finalidade de calibrar o equipamento. A Figura. 8 - 1 mostra o diagrama de blocos do sistema do FOTSUL:

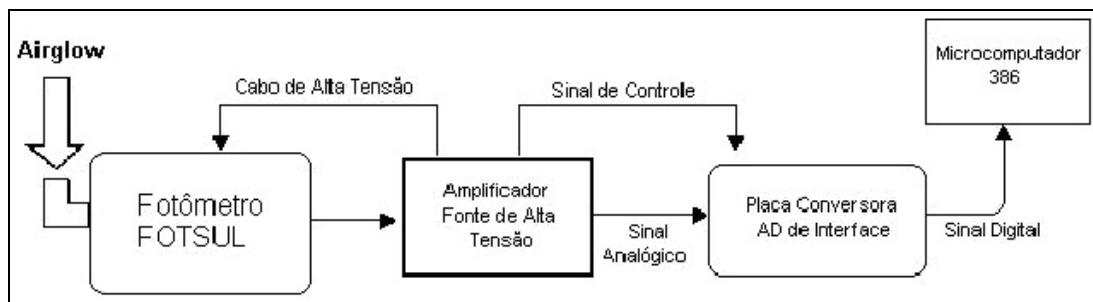


Figura. 8 - 1 Diagrama de Bloco do sistema do FOTSUL, com o esquema de coleta e armazenamento de dados. Fonte: Pertencente aos arquivos do LMLA.

O FOTSUL deve ser operado na ausência de fontes artificiais de luz e sem luminosidade no céu noturno, ou seja, somente na fase da Lua Nova.

Atualmente o FOTSUL encontra-se fora de utilização desde fevereiro de 2008, pois apresenta problemas técnicos e aguarda pela sua manutenção.

5.2. Câmera de TV Imageadora

O *TV Image Observation System* possui uma sensibilidade de cerca de 500 Rayleigh. Sua parte ótica é constituída basicamente por uma lente *fisheye*, um visor noturno, uma lente *relay* (*night-viewer intensifier*), além de uma Câmera CCD de TV. O sinal de vídeo obtido pela câmera de TV é enviado ao *timer* do vídeo e posteriormente é separado no monitor de TV e no gravador do vídeo. Os dados obtidos por este equipamento são gravados em

formato *Digital Video Cassete* e somente são utilizadas pelo pesquisador colaborador do convênio Brasil – Japão, Dr. Kazuo Makita. Também só deve ser operada sem luminosidade no céu noturno e sem fontes de luz artificial.

5.3. Câmeras CCD (Charge Couple Device)

Constituído por duas câmeras modelo BS-30L e outros dispositivos de controle. Ambas constituídas por visor noturno alimentado de 12VCD. As duas câmeras tem um tempo de integração de 50 segundos e mais 10 segundos para o armazenamento da imagem, dessa forma, conseguem registrar a cada minuto uma imagem do céu noturno. Elas devem ser operadas sem luminosidade de fontes artificiais e em noites sem lua no céu noturno, pois são muito sensíveis a luminosidade.

A câmera *Fish-Eye* (Figura. 9 - 1) tem uma sensibilidade de 1 kR, com um ângulo de abertura de 180° tendo a vantagem de coletar imagens de toda a esfera celeste, até o horizonte.



Figura . 9 - 1 Imagem da Câmera Imageadora *Fish-Eye*, instalada no OES.

Fonte: Imagem pertencente aos arquivos do LMLA.

A câmera *Wide-Angle* (Figura. 10 - 1) tem uma sensibilidade de 100 R, com um ângulo de abertura de 90°, produzindo assim, imagens mais nítidas com melhor definição.



Figura. 10 - 1 Imagem da Câmera *Wide-Angle*, instalada no Observatório Espacial do Sul.

Fonte: Imagem pertencente aos arquivos do LMLA.

5.4. Fotômetro FotOH(6-2)

O FotOH(6-2) possui um sistema computacional que permite que ele funcione de maneira automática. Ele contém um filtro de interferência óptica que faz uma pequena varredura no comprimento de onda, através da inclinação do seu eixo óptico. Constitui-se basicamente por um filtro, uma lente convergente e um fotodetector. Possui um motor de passo, que é responsável por fazer a inclinação do filtro de interferência, e uma câmera fotomultiplicadora. Além de um sistema de refrigeração que mantém uma temperatura constante para evitar erros nas medidas.

O objetivo do fotômetro é medir as emissões do OH na banda 6-2, que resulta da transição do radical hidroxila ao passar do sexto nível quântico de energia para o segundo. Com essas medidas é possível estimar a temperatura da mesosfera superior.



5.6. Metodologia

Para estudar a ionosfera e o efeito da Anomalia Geomagnética da América do Sul - AMAS, especialmente a precipitação das partículas energética na Alta Atmosfera, foram utilizados dois instrumentos ópticos. O FOTSUL que mede a intensidade zenital das emissões de OI 557,7 e OI 630 nm e investiga suas variações temporais durante a tempestade geomagnética e o imageador de OI630 nm observa a variação espacial da emissão de OI630 nm e investiga o comportamento da ionosfera durante a tempestade. A coleta de dados (espectros) do céu noturno será efetuada no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE - MCT em São Martinho da Serra/RS durante a fase da lua nova.



6. PRINCIPAIS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

- * Revisão bibliográfica na literatura científica e nos livros existente no acervo bibliográfico do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRS/INPE – MCT e nas bibliotecas Centrais e Setoriais da UFSM, sobre fenômenos estudados e compreensão dos dados e eventos que foram trabalhados.
- * Foram realizadas campanhas mensais de coleta de dados no Observatório Espacial do Sul OES/CRS/INPE - MCT em São Martinho da Serra - RS, durante o período da Lua Nova, onde se fazia a operação do fotômetro FOTSUL e das câmeras imageadoras.
- * Criação e manutenção de um banco de dados das emissões coletadas.
- * Participação em atividades na Cooperação Brasil-Japão em Ciências Espaciais Básicas acompanhando a visitas Técnicas – Científicas de pesquisadores japoneses ao Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/INPE – MCT.
- * Realizou-se um processo de redução de dados do fotômetro FOTSUL, onde foram utilizados dados referentes ao período compreendido entre os anos de 2001 e 2006. Nesse trabalho de redução traçou-se um perfil mensal da Aeroluminescência medida no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE - MCT, (29°S, 53°W), em São Martinho da Serra – RS. Os dados observacionais do FOTSUL estão possibilitando a realização de comparações com dados observacionais obtidos em outras latitudes, como está sendo feito com os dados do fotômetro Multi-2, instalado no Centro Espacial de Cachoeira Paulista, SP, (22.7°S, 45°W). Encontra-se em fase inicial, a comparação com os dados observacionais do Observatório de São João do Cariri, PB, (7.5° S, 36° W).



7. REULTADOS OBTIDOS

7.1. Redução de dados do FOTSUL

Com os dados do FOTSUL referentes ao período compreendido entre 2001 e 2006 traçamos perfis mensais da Aeroluminescência referentes a emissão do oxigênio atômico, OI 557,7nm e OI 630,0 nm, utilizando como ferramenta o *SigmaPlot*. Os perfis obtidos podem ser observados no ANEXO.

Através das análises feitas pelos Dr. Marcelo Barcellos da Rosa e Dr. Ademilson Zanandrea com o Dr. Nelson Jorge Schuch, dos resultados obtidos, podemos tirar algumas conclusões:

Tratando das emissões do OI 557,7nm é possível observar que no período entre os meses de Abril à Setembro, o perfil de emissão mostra um aumento ao longo do monitoramento. Já durante o período entre os meses de Outubro à Fevereiro, os perfis de emissão mostraram uma variabilidade constante.

No caso das emissões do OI 630,0 nm de Fevereiro à Outubro foram observadas oscilações típicas com presença de inflexões. Durante os meses de Março à Setembro foram observadas tendências de decaimento exponencial nas emissões. Entre Abril à Setembro pôde ser observado um incremento na intensidade das emissões, de Outubro à Fevereiro o comportamento foi o oposto.

7.2. Trabalhos aceitos e ou apresentados em eventos científicos

Durante o período de vigência da bolsa o acadêmico participou da elaboração dos seguintes trabalhos enviados à eventos científicos:

- a) CARLESSO, Pablo Fernando; MACHADO, Cristiano Sarzi; TAKAHASHI, Hisao; SCHUCH, Nelson Jorge; ROSA, Marcelo Barcellos da; GOBBI, Delano; **SCHUH, Mateus Sabadi**; MAKITA, Kazuo. AIRGLOW OBSERVATIONS IN THE REGION OF SOUTH ATLANTIC ANOMALY. **Tenth International Congress of the Brazilian Geophysical Society, Rio de Janeiro, Brasil.**
- b) Cristiano S. Machado, Marcelo B. da Rosa, Nelson J. Schuch, Delano Gobbi, Hisao Takahashi, **Mateus Schuh**, Kazuo Makita. ESTUDOS AERONÔMICOS NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL: PERFIS MENSIS DA EMISSÃO DO OI 557,7 E OI 630 nm NA REGIÃO DA ANOMALIA MAGNÉTICA DO ATLÂNTICO SUL – AMAS. **Latin American School IHY, São Paulo, Brasil.**
- c) MACHADO, Cristiano Sarzi; **SCHUH, Mateus Sabadi**; SANTOS, Tiago Domingos dos; SCHUCH, Nelson Jorge; ROSA, Marcelo Barcellos da; TAKAHASHI, Hisao; GOBBI, Delano; MAKITA, Kazuo. MONTHLY PROFILES OF AIRGLOW EMISSIONS (OI 557.7 AND OI 630 NM) AT THE SOUTH REGION OF BRAZIL. **37th COSPAR Scientific Assembly 2008, Motreal, Canada.**
- d) MACHADO, Cristiano Sarzi; **SCHUH, Mateus Sabadi**; SANTOS, Tiago Domingos dos; SCHUCH, Nelson Jorge; ROSA, Marcelo Barcellos da; TAKAHASHI, Hisao; GOBBI, Delano; MAKITA, Kazuo. A COMPARATIVE STUDY OF AIRGLOW INTENSITY AT TWO DIFFERENT SITES WITH THE SAME GEOMAGNETIC LATITUDE: SOUTHEASTERN (22.7°S, 45°W, -34°DIP LAT) AND SOUTHERN BRAZIL (29°S, 53°W, -33°DIP LAT). **37th COSPAR Scientific Assembly 2008, Motreal, Canada.**



- e) **Mateus Sabadi Schuh**, Hisao Takahashi, Nelson Jorge Schuch. ESTUDO DA AEROLUMINESCÊNCIA IONOSFÉRICA NA REGIÃO DA ANOMALIA GEOMAGNÉTICA DA AMÉRICA DO SUL. **Seminário de Iniciação Científica do INPE, 2008.**



8. CONCLUSÃO

Atuando junto ao Laboratório de luminescência Atmosférica - LMLA/CRS/CIE/INPE – MCT e no Laboratório de Óptica e Luminescência Atmosférica (LOLA) no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE-MCT, o bolsista teve a oportunidade de adquirir novos conhecimentos à respeito de fenômenos ópticos que ocorrem na alta atmosfera terrestre, como a Aeroluminescência. Para tanto, foi necessário complementar os conhecimentos adquiridos no Curso de Graduação em Física da UFSM, principalmente no que diz respeito aos Fundamentos da Geofísica Espacial.

O estudo da Aeroluminescência é de grande utilidade, pois traz informações importantes sobre processos que ocorrem na atmosfera terrestre, de forma que sua observação é uma técnica conveniente para o sensoriamento remoto da alta atmosfera.

As atividades realizadas durante esse período contribuíram muito no desenvolvimento do aluno, visto que além do aprendizado, o contato com cientistas de nível internacional foi muito importante no desenvolvimento tanto profissional, como pessoal do bolsista.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Chamberlain, J. W.; *Physics of the Aurora and Airglow*, American Geophysical Union, 1995.
- [2] 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.
- [3] EOS; TRANSACTIONS; AMERICAN GEOPHYSICAL UNION: *Ever-present South Atlantic Anomaly Damages Spacecraft*. Volume 83, Nº 15, 09 de Abril de 2002.
- [4] JUNIOR, O.P.; Gonzalez, W.D.; *Anomalia Magnética Brasileira*, Ciência Hoje, Vol. 9, Nº 52, pp.32-35.
- [5] Makita, K.; *Change of Earth Environment Due to Decreasing Geomagnetic Field The Necessity of Observation in Brazilian Geomagnetic Anomaly Region*; Rev. Takushoku University, 40, 15-24, 1996.
- [6] Wrasse, C. M.; *Observação da Temperatura Rotacional da Hidroxila Através da Aeroluminescência na região da Mesosfera Terrestre*, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE-8003-TDI/751, 2000
- [7] Bageston, J. V.; *Determinação da Temperatura de Mesosfera Superior utilizando um Espectro-Imageador*. São José dos Campos, 2005.
- [8] Santana, D. C.; *Estudo da evolução Temporal/Espacial das derivas das depleções do plasma ionosférico por imagens digitais da Aeroluminescência OI 630 nm noturna*. INPE, São José dos Campos, 2001.



- [9] Kirchoff, V.W.; *Introdução A Geofísica Espacial*, Editora da Universidade de São Paulo, 1991.
- [10] Santos, P. M. T.; *Estudo das derivas zonais das Irregularidades de Plasma Ionosférico na região brasileira*; INPE-8208-TDI/763, São José dos Campos, 2001.

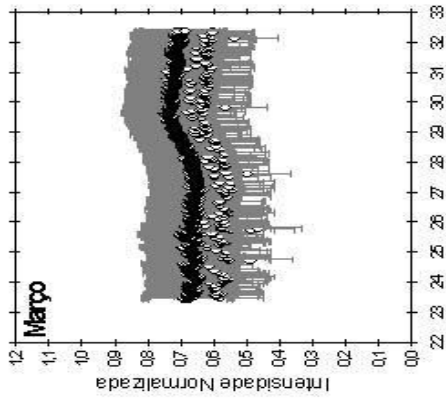


ANEXOS

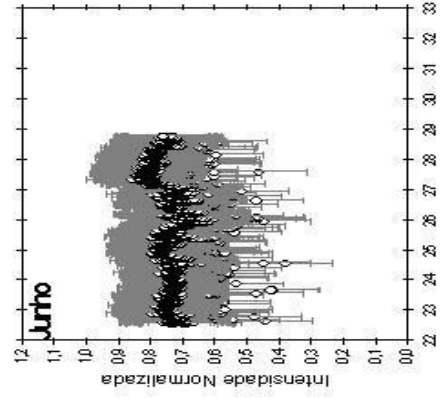
ANEXO A

Perfis mensais de emissão de Aeroluminescência observada e registrada no Observatório Espacial do Sul.

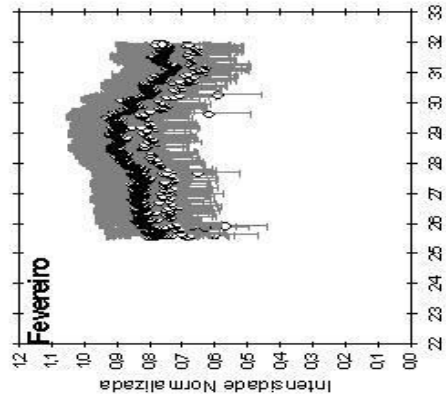
Perfil Mensal OI 557,7 nm



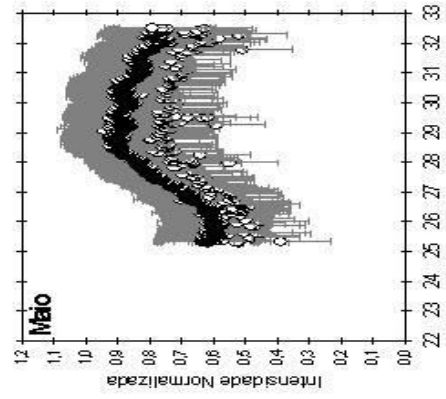
Tempo (escala decimal)



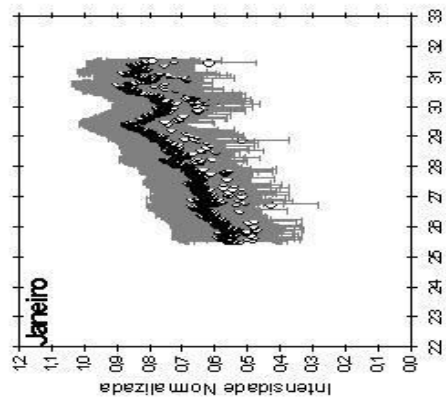
Tempo (escala decimal)



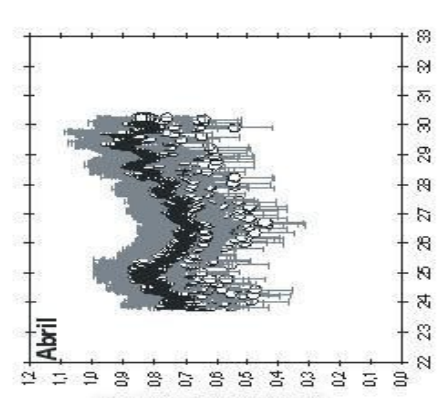
Tempo (escala decimal)



Tempo (escala decimal)

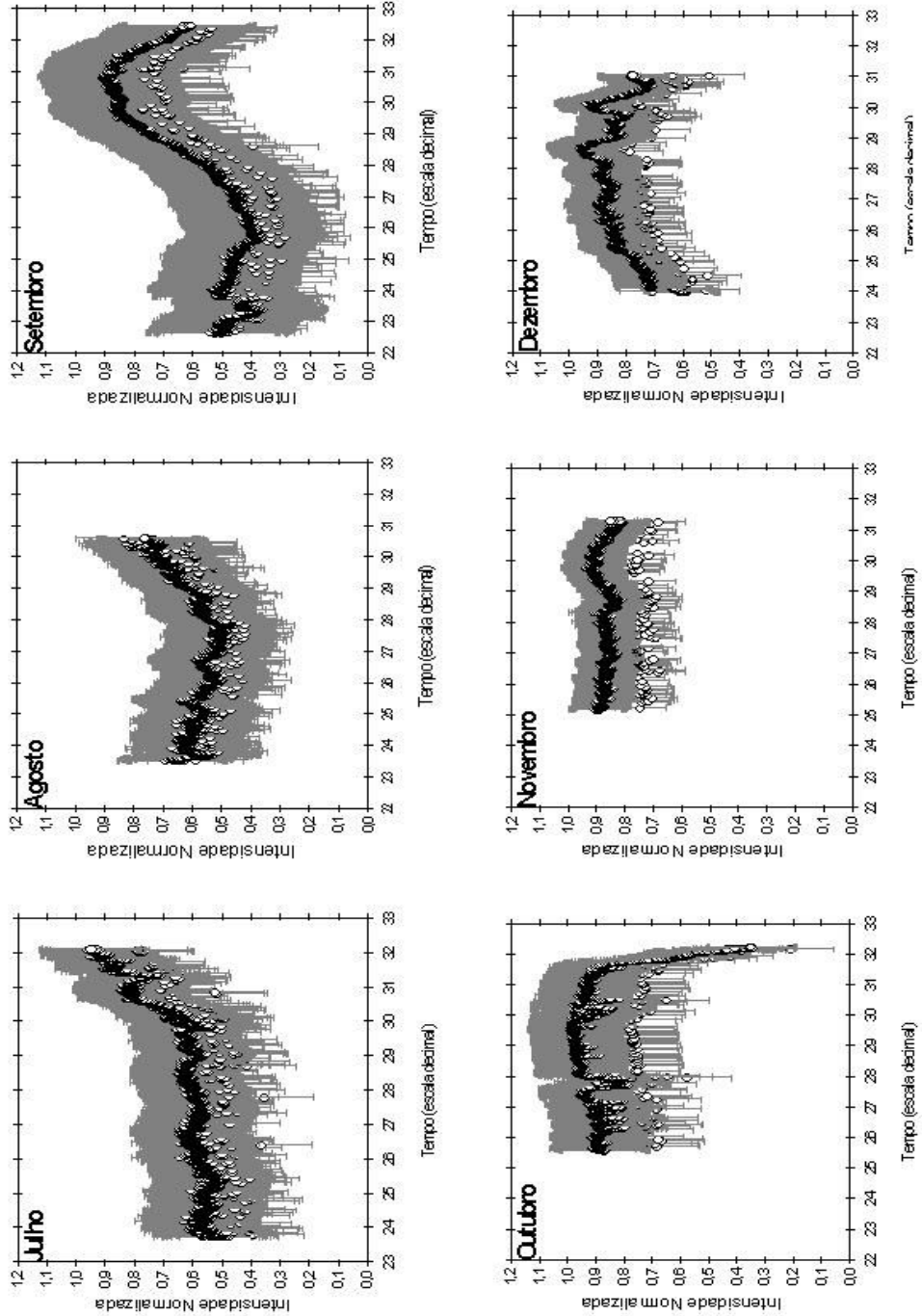


Tempo (escala decimal)

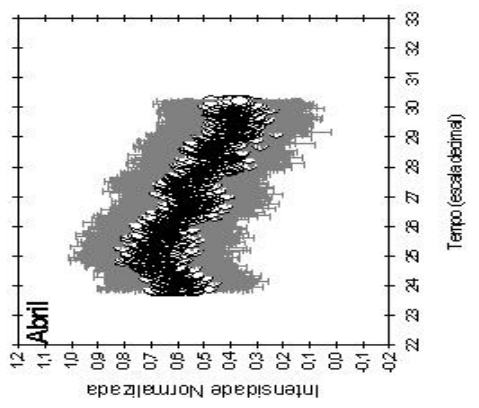
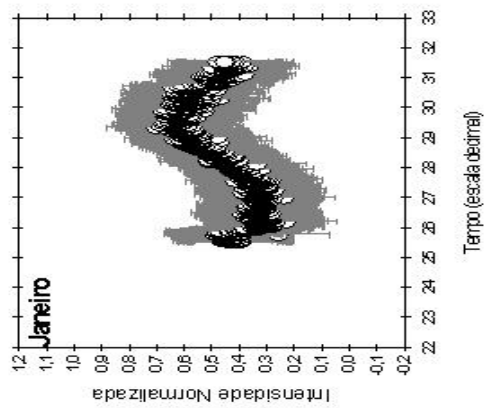
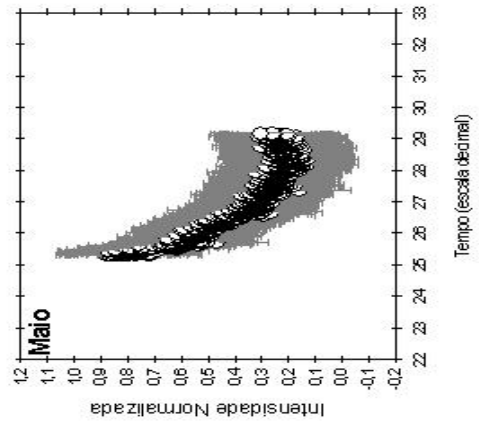
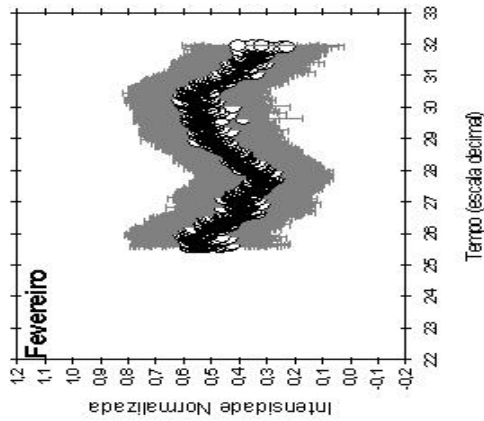
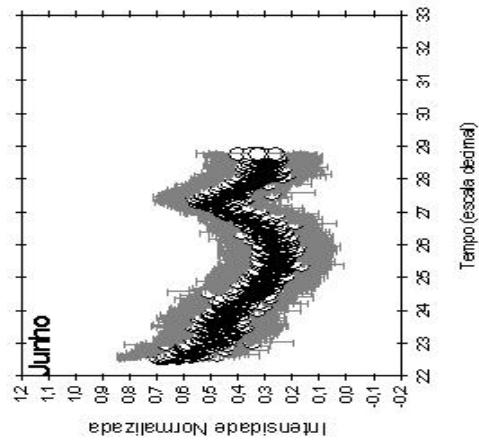
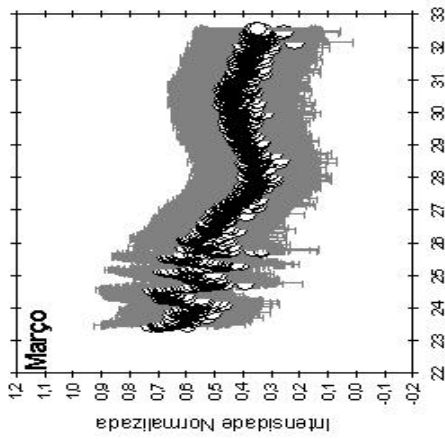


Tempo (escala decimal)

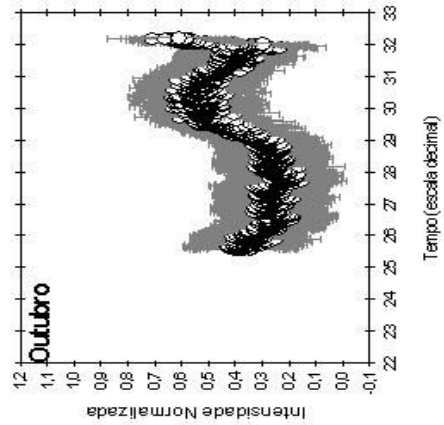
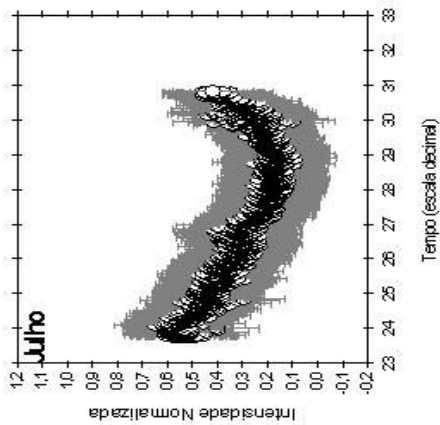
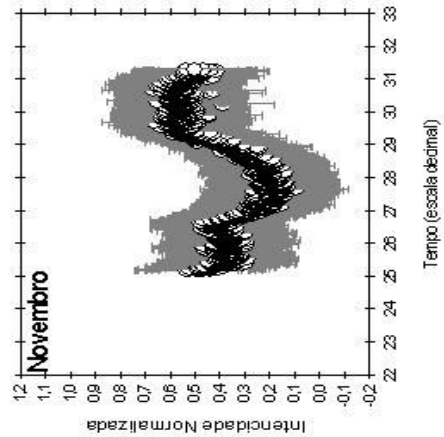
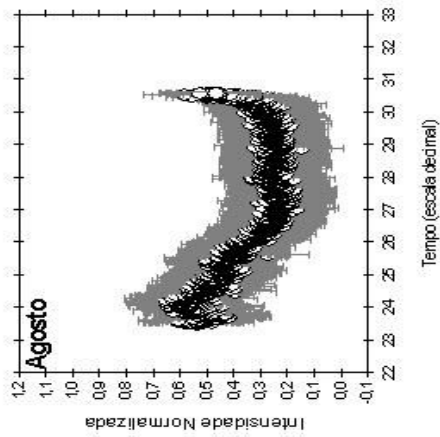
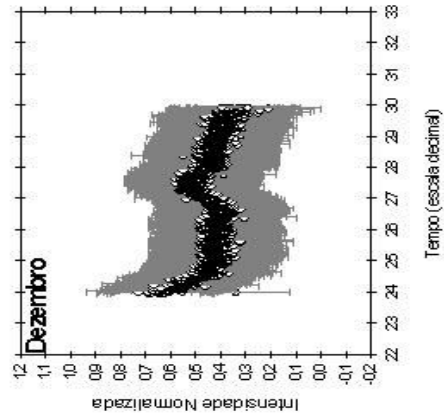
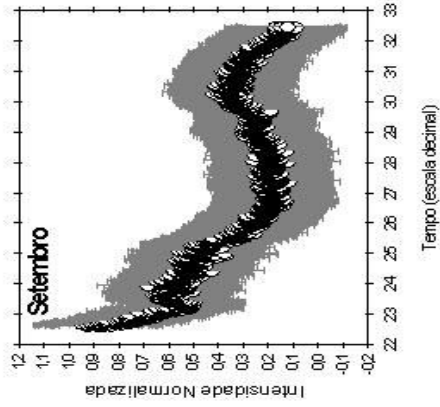
Perfil Mensal OI 557.7 nm



Perfil Mensal OI 630 nm



Perfil Mensal OI 630 nm





ANEXO B

Resumos de Trabalhos aceitos em eventos:



Airglow observations in the region of South Atlantic magnetic anomaly

Pablo Fernando Carlesso (Southern Space Observatory, National Institute for Space Research, Santa Maria - RS), Brazil
 Marcelo Barcellos da Rosa (Southern Space Observatory, National Institute for Space Research, Santa Maria - RS), Brazil
 Nelson Jorge Schuch (Southern Space Observatory, National Institute for Space Research, Santa Maria - RS), Brazil
 Delano Gobbi (National Institute for Space Research, São José dos Campos), Brazil
 Hisao Takahashi (National Institute for Space Research, São José dos Campos), Brazil
 Kazuo Makita (Takushoku University, Tokyo), Japan

Copyright 2007, SBGF - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 10th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, 19-22 November 2007.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 10th International Congress of the Brazilian Geophysical Society and do not necessarily represent any position of the SBGF, its officers or members. Electronic reproduction, or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Abstract

Since 2001, the formation of plasma bubbles and consequently ionospheric airglow OI 6300 and OI 5770 emissions have been observed at Southern Space Observatory, located at São Martinho da Serra, RS, south of Brazil (29° S, 53° W). A photometer to monitor the zenith intensity and an all-sky imager to observe the spatial variation of the emission were used. The observed zenith intensities showed strong seasonal variation, maxima in the equinox season (March-April and September-October) and minima in solstice (June-July and December-January). The OI 6300 intensity depletions caused by formation of the plasma bubble along the magnetic field line were detected by the imager. The depletions were observed more frequently in the period from September to March during the summer season in Southern Hemisphere.

Introduction

The planetary atmosphere emits constantly radiation that absorb strongly from ultraviolet to infrared spectral range. This atmospheric luminescence is caused for physical-chemistry processes as ionic recombination and photons emission by excited atmospheric compounds.

The mesosphere is the coldest region of the earth's atmosphere and the mesopause can reach temperatures low as 180K. Radiative considerations like those which explain the temperature profiles of the troposphere and stratosphere do not completely explain the low temperatures encountered in the mesosphere and at the mesopause. Instead, one needs to invoke the action of waves and the results of momentum transfer in order to explain the mesospheric temperature profile which illustrates why a full understanding of these dynamic processes is required to explain even this apparently simple property (Ejiri, 2002).

The processes of molecular dissociation due the incidence of solar radiation present as result the formation of a slight plasma, which cross the ionosphere. On other hand, the dynamic compartment of the plasma is difficult to be predictable, because presents characteristics between liquid and gas phase (plasma) forming anomalies in the dynamic of the ionospheric plasma. One of these anomalies are the plasma bubbles, regions with a very low ions density.

A special interest has been given to emissions of two specific lines of atomic oxygen, at 577.7nm and 630.0nm (Santos, 2000, Woithe, 2000, Wrasse, 2000, Bageston, 2005).

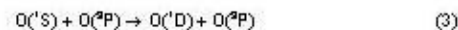
The 577.7nm airglow emission from atomic oxygen is known to be caused by an electric dipole transition of excited atomic oxygen (Jacob 1985):



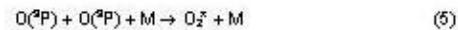
The mechanism for the production of the excited $O(^1S)$ state has, however, been the source of considerable deliberation. Chapman, 1931 proposed the "Chapman mechanism". First, a recombination energy from O_2 is assumed available for transfer to an $O(^2P)$ atom in the three body process



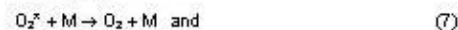
It was proposed that in addition to reaction (1), the $O(^1S)$ excited atoms may also be quenched through interactions with $O(^2P)$ and O_2 :

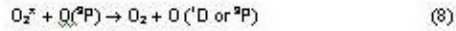


For many years this was considered to be the mechanism for the production of the $O(^1S)$ state. However, an alternative two stage process, the "Bath transfer mechanism", was later published by Bath and Carter, 1961, consisting of

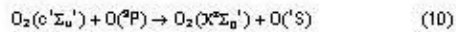
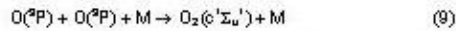


where M represents the neutral atmospheric constituents O , O_2 or N_2 . The excited oxygen O_2^* can be quenched by M or $O(^2P)$,





Therefore, the emission (OI airglow) is caused by the relaxation of $O(^1S) \rightarrow O(^1D) + h\nu_{577.7nm}$ where $O(^1S)$ is excited by three-body recombination of atomic oxygen, where the Barth mechanism can be interpreted as (Ejiri, 2002)



The quenching mechanisms and their associated rate coefficients are important since they regulate the concentration of constituents involved in the Barth mechanism and hence influence the emission intensity and height profile. Following extensive laboratory and rocket experiments and consideration of the slight temperature dependence of the emission (Bates, 1981), the Barth transfer mechanism is now generally accepted as the $O(^1S)$ excitation process in the upper mesosphere (McDade et al., 1986). As for the OH emission, the Barth mechanism's dependence on atomic oxygen concentration means that changes in atmospheric vertical transport cause variations in the OI airglow intensity. The associated changes occur over many days, however, with no significant variation occurring over the duration of a single night. As for the OH emission, the height profile of the 577.7nm emission needs to be known in order to draw meaningful conclusions from observations. Numerous studies (Thomas & Young 1981, Melo et al., 1997, Ward et al., 1997) Ward et al., 1997, Ward, 1999, Ward et al., 1999) have shown that the 577.7nm OI emission peaks near 95 km with a half-width of approximately 7 km. Satellite measurements have shown that there can be variation of the emission height with local time due to dynamical processes, although outside the equatorial region (latitudes between 30S and 30N) the variation is not significant (Angelats i Coll and Forbes, 1998). It is worth noting that in addition to the 577.7nm OI emission near 90km, there is also an OI emission originating in the thermosphere at heights around 250km.

In terms of the line OI 630nm, this is known as red line and has been used normally in studies of the dynamic of the noctume ionosphere, where the intensity of this region is varied with the electronic density for each region. The emission processes in this case come from a dissociative recombination of molecular oxygen with electrons. A distinction is made between different types of airglow according to the time of observation. (Voithe, 2000, Ejiri, 2002)

and Atmospheric Luminescence of the Southern Space Observatory, São Martinho da Serra (29°S, 53°W), south of Brazil. The photometer collects intensity data of the noctume luminescence at four emission lines by a system of optic filters (Fabry-Perot interferometer). Therefore, a study about the relationship between different seasons and the intensity of noctume luminescence using two emission lines of atomic oxygen, 577.7 and 630.0nm was performed. Using processed data of the software IDL (Interactive Data Language), data profile of the intensity of OI 577.7 and 630.0nm from 2001 to 2006 were compiled and plotted. For the observations of plasma bubbles was used an imager all-sky (model BS-30L) and is constituted by lenses of 12VDC.

Results and Discussion

In Fig 1 is presented a picture of plasma bubbles observed at Southern Space Observatory.

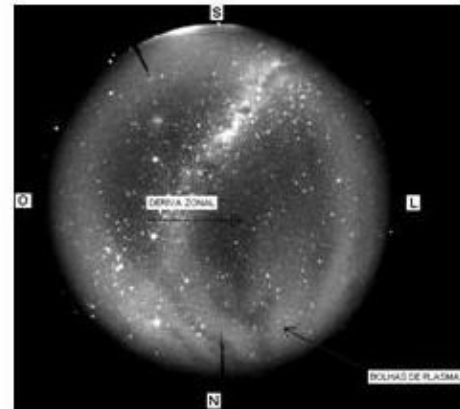


Fig 1. Observations of plasma bubbles at Southern Space Observatory (29° S, 53° W).

Analyzing Fig 2, a monthly profile of the emission OI 577.7nm from 2001 to 2006 at SSO is plotted. These data shown three peaks, first in March, second in April and a global maximum in October.

Material and Methods

The data used in this work were acquired by zenith photometer (FOTSUL) installed in the Laboratory of Optic

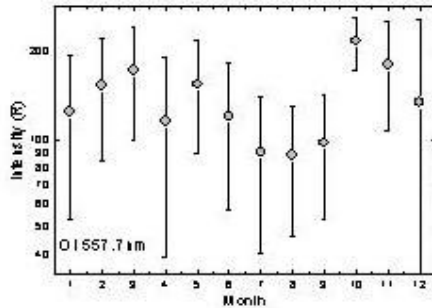


Fig 2. Overview of the OI 557.7nm profile from 2001 to 2006 at SSO.

In terms of the emission OI 630.0nm (see Fig 3), the data presented a symmetric semiannual emission rate with marked peaks in March and October. The lowest values in this case were observed between July and September.

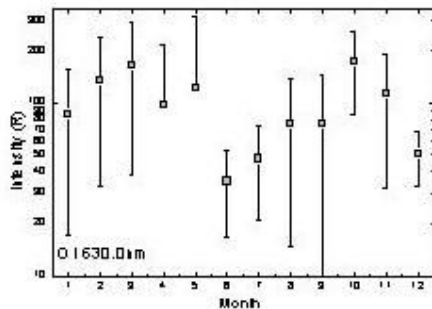


Fig 2. Overview of the OI 630.0nm profile from 2001 to 2006 at SSO.

Conclusions

In this work, a compilation of seasonal variations of the emissions intensities of OI 577.7nm as well 630.0nm from 2001 to 2006 at 29° S, 53° W are reported. Besides, a study showing ionospheric plasma bubbles season (from September to March) and the period of higher solar activity was observed.

At springs the emission rate of the nocturnal luminescence find the higher values. Between Mai and September, winter season, were found the lowest values of luminescence. Therefore, the emissions presented distinct compartment. For the emission rate of OI 630.0nm, the lowest values were found for December, due principally the high ionospheric activity. Abrupt changes of the OI 577.7nm have been also observed in September and October. Therefore, a relationship between the luminescence and seasonal variation in coincidence with an intense solar activity has been pointed. An annual average rate of OI 577.7nm was about 140 Rayleighs (R), varying from 80 to 220 R. A lower emissions occurred from July to August. In terms of OI 630.0nm, this presents a modest emission rate in comparison to OI 577.7nm and an annual average about 120 R, varying from 20 to 170 R.

Acknowledgments

M. Barcellos da Rosa and P. F. Carlesso thanks CNPq for stipends.

References

Angelats i Coll, M. and Forbes, J. M., 1998, Dynamical influences on atomic oxygen 5577Å emission rates in the lower thermosphere, *Geophysical Research Letters* 25(4), 461-464.

Bageston, J. V., 2005, Determination of the temperature in the upper mesosphere using spectral-imager, Master thesis, National Institute for Space Research, São José dos Campos, Brazil.

Barth, C. A. and Carter, D. A., 1961, The 5577Å airglow emission mechanism, *Journal of Geophysical Research* 66, 985.

Bates, D. R., 1981, The green light of the night sky, *Planetary and Space Science*, 29(10), 1061-1067.

Chapman, S., 1931, Some phenomena of the upper atmosphere, *Proc. Roy. Soc. Lond.* A132, 353.

Ejiri, M. K., 2002, Mesospheric Gravity Waves Observed by all-sky Airglow Imagers, PhD Thesis, Nagoya University, Japan.

Jacob, P. G., 1985, Manifestations of Atmospheric Gravity Waves in the Airglow at 95km, PhD thesis, University of Adelaide, Adel., Australia.

Melo, S. M. L., Lowe, R. P. and Takahashi, H., 1999, The nocturnal behavior of the hydroxyl airglow at the equatorial and low latitudes as observed by WINDII: comparison with ground-based measurements, *Journal of Geophysical Research* 104(A11), 24657-24665.



Melo, S. M. L., Takahashi, H., Ciemesha, B. R. & Simonich, D. M., 1997, An experimental study of the nightglow OH(8-3) band emission process in the equatorial mesosphere, *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* 59(5), 479-486.

McDade, I. C., Murtagh, D. P., Greer, R. G. H., Dickinson, P. H., Witt, G., Stegman, J., Llewellyn, E. J., Thomas, L. and Jenkins, D. B., 1986, *Eos* 2: Quenching parameters for the proposed precursors of $O_2(b^1\Sigma_g^-)$ and $O(^1S)$ in the terrestrial nightglow, *Planetary and Space Science* 34, 789.

Santos, P. M. T., 2000, Study of the zone derives of irregular ionospheric plasma in Brazilian region, Master Thesis, National Institute for Space Research, São José dos Campos, Brazil.

Thomas, R. J. and Young, R. A., 1981, Measurement of atomic oxygen and related air-glow in the lower thermosphere, *Journal of Geophysical Research* 86(C8), 7389-7393.

Ward, W. E., 1999, A simple model of diurnal variations of the mesospheric oxygen nightglow, *Geophysical Research Letters* 26(23), 3565-3568.

Ward, W. E., Solheim, B. H. and Shepherd, G. G., 1997, Two day wave induced variations in the oxygen green line volume emission rate: WINDII observations, *Geophysical Research Letters* 24(9), 1127-1130.

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

Wrasse, C. M., 2000, Observation of the hydroxyl rotational temperature trough airglow in the terrestrial mesosphere region, Master Thesis, National Institute for Space Research, São José dos Campos, Brazil.



**ESTUDOS AERONÔMICOS NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL:
PERFIS MENSAIS DA EMISSÃO DO OI 557,7nm E OI 630nm NA REGIÃO DA
ANOMALIA MAGNÉTICA DO ATLÂNTICO SUL - AMAS**

Cristiano S. Machado¹, Marcelo B. da Rosa¹, Nelson J. Schuch¹, Delano Gobbi², Hisao Takahashi², Mateus Schuh¹, Kazuo Makita³.

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

2 – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE - MCT

3 – Takushoku University

A aeroluminescência é definida como a radiação continuamente emitida pela atmosfera entre 80 e 300 km de altura, estendendo-se da faixa espectral do ultravioleta até o infravermelho. Essas emissões originam-se através de reações fotoquímicas e iônicas entre os constituintes da atmosfera, sendo compostas basicamente de emissões de fótons pelo constituinte atmosférico excitado, durante o processo de relaxação.

Na região da Anomalia Magnética do Atlântico Sul (AMAS), cuja região central localiza-se próxima do Estado de Rio Grande do Sul, o campo magnético terrestre apresenta a menor intensidade (aproximadamente 23.000 nT). Nessa região ocorre uma maior precipitação de partículas energéticas na média e alta atmosfera, possibilitando a ocorrência de fenômenos geofísicos diferenciados e passíveis de serem monitorados a partir de estações terrestres.

Um monitoramento contínuo das emissões de oxigênio atômico OI 557,7nm e OI 630nm, utilizando o fotômetro zenital FOTSUL, instalado no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE – MCT, em São Martinho da Serra, RS, (29°S, 53°O) tem sido efetuado.

Utilizando os dados de 2001 a 2006, perfis das intensidades médias mensais, assim como um estudo da sazonalidade para ambas emissões têm sido correlacionados.

A variabilidade, tendências e correlações pertinentes para ambas emissões serão apresentadas.



37th COSPAR Scientific Assembly 2008

Space Studies of the Upper Atmospheres of the Earth and Planets including Reference Atmospheres (C)
Multi-Scale Wave Coupling and Energetics from the Troposphere to the Ionosphere (C22)
Consider as poster only.

**MONTHLY PROFILES OF AIRGLOW EMISSIONS (OI 557.7 AND OI 630 NM)
AT THE SOUTH REGION OF BRAZIL**

Mr. Cristiano Sarzi Machado, cristiano@lacesm.ufsm.br
Southern Regional Space Research Center CRS/CIE/INPE - MCT and Space Science Laboratory of Santa Maria LACESM/CT - UFSM, Santa Maria, Brazil
Mateus Sabadi Schuh, mateus@lacesm.ufsm.br
Southern Regional Space Research Center CRS/CIE/INPE - MCT and Space Science Laboratory of Santa Maria LACESM/CT - UFSM, Santa Maria, Brazil
Tiago Domingos Dos Santos, tiagods@lacesm.ufsm.br
National Institute for Space Research-INPE-Brazil, Santa Maria, Brazil
Nelson Jorge Schuch, njschuch@lacesm.ufsm.br
Southern Regional Space Research Center - CRS/CIE/INPE - MCT - Brazil, Santa Maria - RS, Brazil
Marcelo Barcellos Da Rosa, mbdarosa@lacesm.ufsm.br
Southern Regional Space Research Center - CRS/CIE/INPE - MCT - Brazil, Santa Maria, Brazil
Hisao Takahashi, hisaotak@laser.inpe.br
INPE, Sao Jose dos Campos, Brazil
Delano Gobbi, delanogobbi@laser.inpe.br
National Institute for Space Research (Brazil), Sao Jose dos Campos, Brazil
Kazuo Makita, makita@r2.dion.ne.jp
University of Takushoku, Tokyo, Japan

Since 2001, airglow emissions of OI 630.0 nm and OI 557.7 nm have been constantly monitored at INPE's Southern Space Observatory – SSO/CRS/INPE-MCT, São Martinho da Serra, South of Brazil (29° S, 53° W). A photometer to monitor the zenith intensity has been used in the data acquisition. The data were normalized to obtain the different monthly profiles. An average with the respective standard deviations of least 3 days per month were correlated with the average of others years and used in the calculation of the monthly profiles. In terms of OI 630nm emissions, from October to February typical oscillations with presence of inflexions were observed, while from March to September tendencies of exponential decays were registered. Besides, from April to September an increase in the emission intensity was visualized. However, from October to February an opposite comportment was reported. For the OI 557.7nm emissions, from April to September the emission profiles show an intensity increase along the monitoring. From October to February the emissions profile revealed a constant variability.



37th COSPAR Scientific Assembly 2008

Space Studies of the Upper Atmospheres of the Earth and Planets including Reference Atmospheres (C)

Multi-Scale Wave Coupling and Energetics from the Troposphere to the Ionosphere (C22)

Consider as poster only.

A COMPARATIVE STUDY OF AIRGLOW INTENSITY AT TWO DIFFERENT SITES WITH THE SAME GEOMAGNETIC LATITUDE: SOUTHEASTERN (22.7°S, 45°W, -34°DIP LAT) AND SOUTHERN BRAZIL (29°S, 53°W, -33°DIP LAT)

Mr. Cristiano Sarzi Machado, cristiano@lacesm.ufsm.br

Southern Regional Space Research Center CRS/CIE/INPE - MCT and Space Science Laboratory of Santa Maria LACESM/CT - UFSM, Santa Maria, Brazil

Mateus Sabadi Schuh, mateus@lacesm.ufsm.br

Southern Regional Space Research Center CRS/CIE/INPE - MCT and Space Science Laboratory of Santa Maria LACESM/CT - UFSM, Santa Maria, Brazil

Tiago Domingos Dos Santos, tiagods@lacesm.ufsm.br

National Institute for Space Research-INPE-Brazil, Santa Maria, Brazil

Nelson Jorge Schuch, njschuch@lacesm.ufsm.br

Southern Regional Space Research Center - CRS/CIE/INPE - MCT - Brazil, Santa Maria - RS, Brazil

Marcelo Barcellos Da Rosa, mbdarosa@lacesm.ufsm.br

Southern Regional Space Research Center - CRS/CIE/INPE - MCT - Brazil, Santa Maria, Brazil

Hisao Takahashi, hisaotak@laser.inpe.br

INPE, Sao Jose dos Campos, Brazil

Delano Gobbi, delanogobbi@laser.inpe.br

National Institute for Space Research (Brazil), Sao Jose dos Campos, Brazil

Kazuo Makita, makita@r2.dion.ne.jp

University of Takushoku, Tokyo, Japan

A comparative study of airglow intensity nocturnal variations of the OI 630nm and OI 557.7nm emissions at two different sites in Brazil but with a same geomagnetic latitude: Southeast (Cachoeira Paulista: 22.7°s, 45°w, -34°dip lat) and South (São Martinho da Serra: 29°s, 53°w, -33° dip lat) has been carried out. The data for the South of Brazil were obtained at the Brazilian Southern Space Observatory – CRS/CIE/INPE-MCT. The two sites are located in the central region of the South Atlantic Magnetic Anomaly - SAMA. Monthly averaged nocturnal variations of the two emissions are compared each other and studied the difference between the two sites. The principal focus of this work is to obtain and to compare the typical nocturnal variations of the OI 630nm and OI 557.7nm emissions along the last 6 years, since 2001. The data showed a strong seasonal variation, with maxima in the equinox seasons (March-April



and September-October) and with minima in the solstices (June-July and December-January). The OI 630.0nm intensity depletions caused by plasma bubbles along the magnetic field line were seen. The depletions were observed more frequently in the period from September to March during the summer seasons. Comparing the emission intensities from the two sites, an asymmetric variation was observed. An interpretation for this fact is presented.



ESTUDO DA AEROLUMINESCÊNCIA IONOSFÉRICA NA REGIÃO DA ANOMALIA GEOMAGNÉTICA DA AMÉRICA DO SUL

Mateus Sabadi Schuh¹ (CRS/CIE/INPE – MCT, Bolsista PIBIC/INPE – CNPq/MCT)

Hisao Takahashi² (Orientador - DAE/CEA/INPE - MCT)

Nelson Jorge Schuch³ (Co-Orientador - CRS/CIE/INPE - MCT)

RESUMO

O Projeto de Pesquisa tem por objetivo a investigação do fenômeno da aeroluminescência na região da Anomalia Geomagnética da América do Sul – AMAS. O fenômeno consiste na emissão de radiação eletromagnética pelos constituintes químicos da Atmosfera que se estende da faixa espectral do ultravioleta até o infravermelho. A aeroluminescência atmosférica forma várias camadas de emissão, entre 80 e 300 km de altitude e ocorre devido à reações iônicas e fotoquímicas nessa região. Dessa forma, a variação espacial e de intensidades das emissões fornece informações dos processos fotoquímicos que ocorrem na região de observação. Para detectar a aeroluminescência atmosférica e suas variações no Sul do Brasil, utilizou-se o fotômetro FOTSUL e um imageador “*all sky*”, que se encontram instalados no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE - MCT, (29°S, 53°W), em São Martinho da Serra – RS. Com base nos dados do FOTSUL elaborou-se perfis mensais da aeroluminescência para o período de 2001 a 2006, resultados que são apresentados. Os dados observacionais do FOTSUL estão possibilitando a realização de comparações entre os dados observacionais obtidos em outras latitudes, tais como: no Centro Espacial de Cachoeira Paulista, SP, (22.7°S, 45°W) e no Observatório de São João do Cariri, PB, (7.5° S, 36° W), que se encontram em fase inicial.