

**ESTUDO DA ALTA ATMOSFERA ATRAVÉS DA
AEROLUMINESCÊNCIA NA REGIÃO DA ANOMALIA
MAGNÉTICA DO ATLÂNTICO SUL**

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

Sheron de Oliveira Monteiro (UFSM, Bolsista PIBIC/CNPq)
E-mail: sheron@lacesm.ufsm.br

Dr. Delano Gobbi (LASER/INPE, Orientador)
E-mail: delano@laser.inpe.br

COLABORADORES

Dr. Nelson J. Schuch (CRSPE/INPE)
Dr. Hisao Takahashi (LASER/INPE)
Dr. Kazuo Makita (NIPR/Japão)
Engº Fabiano da Silveira Rodrigues (DAE/INPE)

**ESTUDO DA ALTA ATMOSFERA ATRAVÉS DA
AEROLUMINESCÊNCIA NA REGIÃO DA ANOMALIA
MAGNÉTICA DO ATLÂNTICO SUL**

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

Sheron de Oliveira Monteiro (UFSM, Bolsista PIBIC/CNPq)
E-mail: sheron@lacesm.ufsm.br

Dr. Delano Gobbi (LASER/INPE, Orientador)
E-mail: delano@laser.inpe.br

Dados de Identificação:

Processo:

101576-98-6/PIBIC

Bolsista:

Sheron de Oliveira Monteiro

Universidade Federal de Santa Maria - UFSM

Orientador:

Dr. Delano Gobbi

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Título do Projeto:

Estudo da Alta Atmosfera através da Aeroluminescência na Região da Anomalia Magnética do Atlântico Sul

Local de Trabalho/Execução do Projeto:

- Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE
- Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria – LACESM/CT/UFSM-INPE
- Laboratório de Geofísica Espacial - LGE/LACESM/CT/UFSM - INPE
- Laboratório de Aeronomia - LAE/LACESM/CT/UFSM – INPE

Pesquisadores e Estudantes Colaboradores:

- Dr. Nelson Jorge Schuch - INPE
- Dr. Hisao Takahashi - INPE
- Doutorando Cristiano M. Wrasse – INPE
- Mestrando Fabiano Rodrigues da Silveira – INPE
- Mestrando Fabio Augusto Vargas Santos – INPE
- Acadêmico Marlos Rockenbach da Silva – UFSM
- Acadêmico Gustavo R. Wrasse - UFSM
- Acadêmico José Valentin Bageston - UFSM
- Acadêmica Mariana Landerdahl – UFSM
- Acadêmica Danieli B. Contreira - UFSM

Participantes da Cooperação Brasil-Japão em Ciências Espaciais Básicas diretamente envolvidos no Projeto:

- Dr. Kazuo Makita - National Institute of Polar Research
- Dr. Hiromasa Yamamoto – Rikkyo University

Índice

ÍNDICE	4
1. INTRODUÇÃO	5
1.1. PREÂMBULO	5
1.2. OBJETIVO DO PROJETO " ESTUDO DA ALTA ATMOSFERA ATRAVÉS DA AEROLUMINESCÊNCIA NA REGIÃO DA ANOMALIA MAGNÉTICA DO ATLÂNTICO SUL "	6
1.3. INTRODUÇÃO	7
2. DESENVOLVIMENTO TEÓRICO	8
2.1. INTRODUÇÃO	8
2.2. O CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE	8
2.2.1. A Anomalia Magnética do Atlântico Sul	10
2.2.2. Variações Geomagnéticas	11
2.3. A IONOSFERA	12
2.3.1. A formação da ionosfera	12
2.3.2. As regiões ionosféricas	13
2.4. LUMINESCÊNCIA ATMOSFÉRICA	16
2.4.1. A Linha Vermelha (630,0nm)	19
2.4.2. A Linha Verde (557,7nm)	19
2.5. IRREGULARIDADE DE LARGA ESCALA NA REGIÃO F – BOLHAS DE PLASMA	20
3. INSTRUMENTAÇÃO E METODOLOGIA	22
3.1. INTRODUÇÃO	22
3.2. IMAGEADOR ALL SKY	22
3.3. CÂMERAS CCD – CHARGE COUPLE DEVICE	25
3.4. FOTÔMETRO FOTSUL	28
3.5. SISTEMA GPS	31
3.5.1. Discrepâncias no sinal GPS devido ao erro de propagação na Ionosfera	31
3.5.2. Estudo das Irregularidades Ionosféricas Utilizando Receptores GPS	32
4. RESULTADOS E ANÁLISES	34
5. CONCLUSÕES	38
6. ATIVIDADES COMPLEMENTARES	39
6.1. ATIVIDADES PRINCIPAIS	39
6.2. ACOMPANHAMENTO TÉCNICO – CIENTÍFICO DE CIENTISTAS JAPONESES EM VISITA AO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL – OES/CRSPE/INPE PARA A CALIBRAÇÃO DE EQUIPAMENTOS	40
6.3. ACOMPANHAMENTO TÉCNICO – CIENTÍFICO DE CIENTISTAS EM VISITA AO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL – OES/CRSPE/INPE	40
6.4. COOPERAÇÃO NA MANUTENÇÃO DO LABORATÓRIO DE ÓPTICA E LUMINESCÊNCIA ATMOSFÉRICA – LOLA	41
6.5. ATUAÇÃO NO LABORATÓRIO DE AERONOMIA	42
6.6. EXPERIMENTOS REALIZADOS NO LABORATÓRIO DE ÓPTICA E LUMINESCÊNCIA ATMOSFÉRICA – LOLA/CRSPE/INPE PARA AQUISIÇÃO DE DADOS DE LUMINESCÊNCIA ATMOSFÉRICA	42
6.7. PARTICIPAÇÕES EM PALESTRAS, CURSOS E SEMINÁRIOS	44
6.8. ABSTRACTS, RESUMOS E ARTIGOS SUBMETIDOS	46
AGRADECIMENTOS	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49



1. INTRODUÇÃO

1.1. *Preâmbulo*

Através deste relatar-se-á as atividades desenvolvidas pela bolsista *Sheron de Oliveira Monteiro*, acadêmica do curso de Bacharelado em Física - da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, durante o período de *Agosto de 2001 à Junho de 2002*, no Projeto "*Estudo da Alta Atmosfera através da Aeroluminescência na região da Anomalia Magnética do Atlântico Sul*".

Este relatório poderá vir a servir como referência para outros bolsistas, estagiários ou até mesmo pesquisadores, que venham a necessitar de material referente à instrumentação do Laboratório de Óptica e Luminescência Atmosférica – LOLA - integrado ao Laboratório de Aeronomia – LAE – do Observatório Espacial Sul – OES/CRSPE/INPE – MCT - ou mesmo do desenvolvimento do Projeto anteriormente citado.

No período de vigência da bolsa, a acadêmica buscou sempre alcançar os resultados esperados, previstos no Projeto submetido ao PIBIC-INPE, procurando desenvolver as atividades básicas ao seu desenvolvimento não somente profissional como também intelectual e humano de uma maneira universal.

As atividades foram desenvolvidas junto ao Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE – MCT e ao Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria - LACESM/CT/UFSM – INPE - onde existe o grupo de Aeronomia, que realiza pesquisas no âmbito geral da dinâmica da Alta Atmosfera, onde a bolsista responde, a nível discente, como responsável pelo "*Programa de Aeroluminescência do Projeto Radioastronomia, Cooperação Brasil - Japão, Convênio: INPE - UFSM*".

1.2. Objetivo do Projeto " Estudo da Alta Atmosfera através da Aeroluminescência na Região da Anomalia Magnética do Atlântico Sul "

Devido a menor intensidade do campo geomagnético na região da Anomalia Magnética do Atlântico Sul (AMAS), os cinturões de radiação que circundam a Terra são pressionados em direção a sua superfície. Este fato causa uma grande precipitação de raios cósmicos e partículas do vento solar na região, ocasionando perturbações no campo geomagnético e na Ionosfera. Tendo em vista que a Aeroluminescência (*Airglow*) é uma radiação relativamente constante com *background* característico que esta associada ao fluxo de partículas na alta Atmosfera, variações espaciais e/ou temporais podem servir de indicação da ocorrência de incidência de partículas carregadas. Com o objetivo de estudar os processos de Aeroluminescência ocasionados pela precipitação de partículas carregadas, na região da AMAS, através do monitoramento e detecção das variações espectrais da radiação de *Airglow*, em algumas linhas de emissão, tais como as linhas OI 557,7nm e OI 630,0nm, o Laboratório de Aeronomia do Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE – UFSM mantém Programa de Monitoramento, operando detectores óticos, sendo eles dois fotômetros e 3 Imageadores Óticos de Alta Resolução *All Sky*. O objetivo principal do Programa é detectar variações espaciais e temporais da radiação de *Airglow* - Aeroluminescência - excitadas por colisões devido a precipitação de partículas na região da Anomalia Magnética do Atlântico Sul (AMAS), permitindo o estudo e determinação de diversos parâmetros da Alta Atmosfera, bem como sua dinâmica, no sul do país e a sua correlação com parâmetros obtidos em outras latitudes.

1.3. Introdução

Partindo do fato de que a aeroluminescência é uma radiação relativamente constante com background característico que está associada ao fluxo de partículas na Alta Atmosfera, variações espaciais e/ou temporais podem servir de indicação da ocorrência de precipitação de partículas e ainda as observações das emissões que tem origem na Alta Atmosfera são uma maneira conveniente de estudar os processos físicos e químicos que ocorrem na Ionosfera. Estudando este fenômeno com finalidade de conhecer a dinâmica atmosférica da região central da Anomalia Magnética do Atlântico Sul (AMAS), foi implantada no Observatório Espacial Sul - OES/CRSPE/INPE - MCT - em São Martinho da Serra um sistema de Câmeras Imageadoras CCD e um Fotômetro, sendo observada a emissão Airglow nas linhas do Oxigênio Atômico em 557,7nm e em 630,0nm através do monitoramento do céu noturno.

Baseado em Sahai et. al. (2000) e Jahn et. al. (1997), entre outros, é possível afirmar que medidas recentes de fotômetro zenital instalado no Observatório Espacial Sul - OES/CRSPE/INPE - datadas de Fevereiro de 2001, apresentaram parâmetros referentes à ocorrência de bolhas de plasma. Com o intento de comprovar esta incidência, realizou-se uma campanha multi-observacional de 08 à 19 de Março deste ano (2002). Em simultâneo com o monitoramento noturno da aeroluminescência, por meio de fotômetro zenital e câmaras CCD all-sky, foram realizadas medidas de amplitude de cintilações do sinal GPS (*Global Position Sistem*), observadas em L1 (1.575 GHz). Os dados referentes a esta campanha apresentaram uma evidente correlação entre a diminuição da emissão de aeroluminescência e a cintilação registrada pelo sistema GPS, sendo que, das doze noites em que se realizaram o monitoramento, seis apresentaram dados que puderam ser analisados. Destas seis noites, em cinco foi possível identificar a ocorrência da depleção do plasma ionosférico, conforme mostram a diminuição da emissão airglow - medidas fotométricas - simultânea a medidas de cintilação do sinal GPS.

No que segue serão apresentados alguns conhecimentos teóricos fundamentais adquiridos pela olista, breve descrição dos equipamentos utilizados e a metodologia aplicada para execução do Projeto no período compreendido entre Agosto de 2001 a Junho de 2002.



2. Desenvolvimento Teórico

2.1. Introdução

A Atmosfera superior é uma fonte permanente de emissão de fótons que são liberados por átomos (moléculas) excitadas acima de seu nível normal de energia. A produção da Luminescência é devida a diversos processos físico-químicos e, em geral ocorre através da emissão de linhas espectrais discretas. Através da observação desta Luminescência é possível determinar valores de interesse como a densidade de certos constituintes da Atmosfera e temperatura da mesma, além de efeitos dinâmicos desta. A distribuição de alguns componentes atmosféricos é afetada por reações químicas. Nestas reações são freqüentes as interações com fótons solares, que podem excitar, dissociar ou ionizar um átomo (molécula). Através das reações fotoquímicas estabelece-se uma perda ou uma produção de determinado componente atmosférico. Algumas linhas de emissão mais importantes são as do Oxigênio Atômico em 557,7nm (verde – que se dá à cerca de 95 Km de altura) e em 630,0nm (vermelho – se dá entre 250 e 350 Km de altura – região F da Ionosfera).

2.2. O Campo Magnético Terrestre

O Campo Geomagnético pode ser dividido em um campo principal e vários outros campos secundários. O componente principal é gerado no interior da Terra, o qual acredita-se que seja resultante de correntes fluindo em núcleo metálico em estado de fusão com raio equivalente a metade do terrestre. Essas correntes são oriundas de uma ação equivalente a de um dínamo de auto-excitação no núcleo terrestre. Este componente, (campo de dipolo), representa cerca de 90% de sua intensidade total (Coutinho, 1974). Os componentes secundários, de intensidade muito variável, são produzidos por correntes elétricas presentes nas regiões ionizadas da Ionosfera/magnetosfera. Como primeira aproximação do campo principal, tem-se o modelo de um dipolo colocado no centro da Terra e inclinado em relação ao eixo de rotação planetário de

aproximadamente 11° . Uma melhor aproximação consiste em deslocar o centro do dipolo cerca de 500 km do centro geográfico da Terra ao longo da longitude 33° oeste. Tem-se assim um dipolo excêntrico. Utilizando-se a expansão multipolar, pode-se obter um modelo mais exato. Neste modelo, anomalias magnéticas podem estar associadas às irregularidades nas correntes que fluem no núcleo metálico em estado de fusão do interior da Terra. Acredita-se que o campo geomagnético principal seja gerado destas correntes.

A Figura 2-1 mostra as linhas de contorno para a intensidade total do campo geomagnético segundo o modelo IGRF - *International Geomagnetic Field Reference* - para 2000. Os valores estão em unidades de Gauss. Observa-se a ocorrência da menor intensidade total na região da América do Sul (cerca de 23000 nT), com centro no Sul do Brasil. Esta depleção, resultante da assimetria do campo geomagnético, está migrando para leste lentamente.

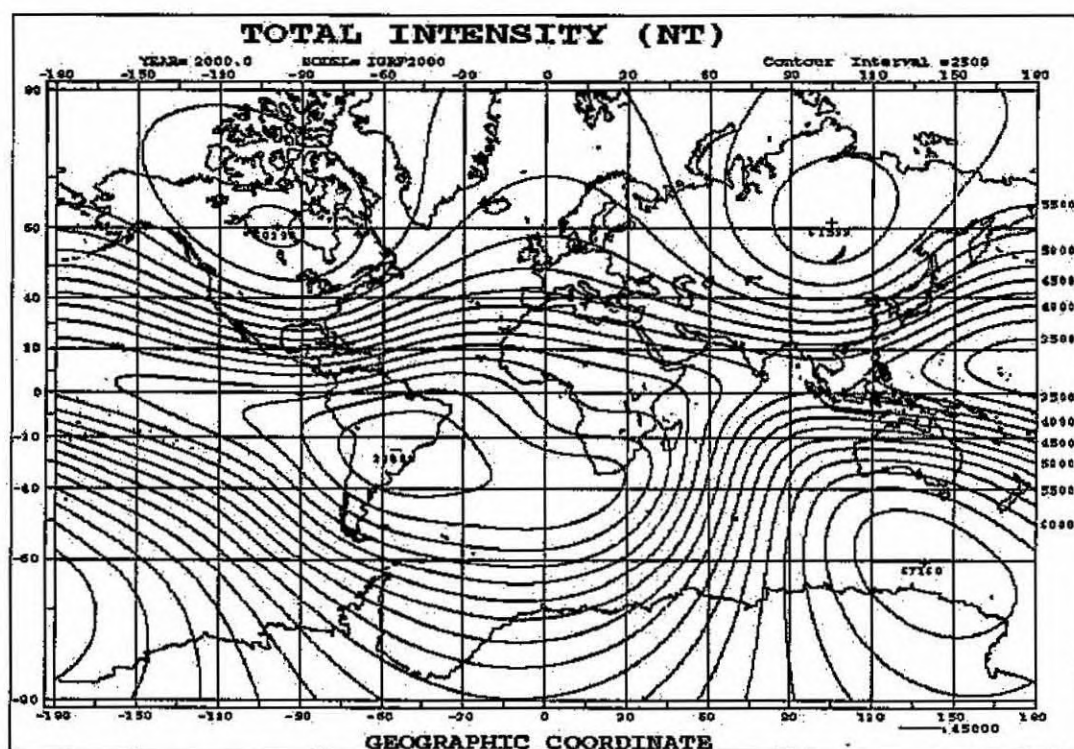


Figura 2-2: Modelo IGRF da Intensidade Total do Campo Geomagnético - 2000

(<http://www.ngdc.noaa.gov/seg/potfld/magmodel.shtml>)

2.2.1. A Anomalia Magnética do Atlântico Sul

Devido à assimetria do campo geomagnético, algumas anomalias na intensidade total são encontradas, dentre estas, a Anomalia Magnética do Atlântico Sul – AMAS ou Anomalia Magnética Brasileira - cuja configuração se aproxima da de um círculo cujo centro se situa nas coordenadas de 25° S e 48° O e um raio aproximado de 900 Km, estendendo-se sobre o território brasileiro, do estado de São Paulo ao sul do Rio Grande do Sul. Caracterizada pela baixa intensidade do Campo Geomagnético, a AMAS resulta numa grande depressão na Magnetosfera terrestre. Como consequência desta, os cinturões de radiação que circundam o Planeta Terra (Cinturões de Van Allen), estão pressionados na direção da superfície da Terra, causando uma grande precipitação de raios cósmicos e de partículas de vento solar na alta Atmosfera da região, ocasionando perturbações no campo geomagnético e na Ionosfera, além de radiointerferência (Pinto, 1989).

A depleção do campo geomagnético na região da AMAS e a consequente precipitação de partículas na alta Atmosfera faz desta região um excelente laboratório para estudo de fenômenos atmosféricos em condições de campo geomagnético fraco. De acordo com pesquisas recentes sobre magnetismo de rochas, a intensidade do campo geomagnético do Planeta tem decrescido durante os últimos mil anos e irá desaparecer dentro dos próximos mil anos, se a presente taxa de decréscimo persistir. Observou-se também que a taxa de decréscimo do campo geomagnético é notavelmente grande próximo a América do Sul. Desde que a intensidade total do campo geomagnético nesta região já é muito fraca, o campo geomagnético próximo a América do Sul poderá desaparecer dentro de 400 anos. Sabe-se que os pólos magnéticos da Terra frequentemente sofreram reversões durante a longa história da Terra. Quando os pólos magnéticos da Terra revertem, a intensidade do campo geomagnético torna-se muito fraca. Considera-se que os seres humanos terão que viver sobre um campo geomagnético extremamente fraco no futuro. Isto implica em que a intensidade de partículas de raios cósmicos precipitantes na Atmosfera terrestre tende a aumentar, gerando consequências imprevisíveis sobre a Atmosfera terrestre e também no nível de superfície. Esta precipitação de partículas energéticas pode agravar o problema da redução temporária na Camada de Ozônio observado na região Sul do Brasil como consequência de Efeitos



Secundários do Buraco de Ozônio Antártico (Makita et. al., 1996).

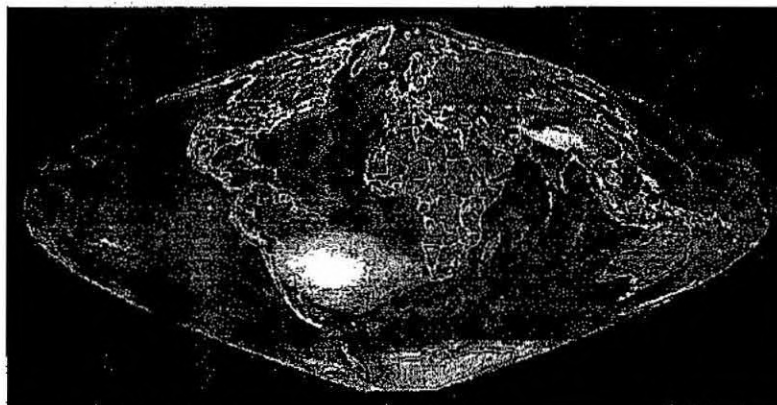


Figura 2-3: Anomalia Magnética do Atlântico Sul (AMAS) – 2001.

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

2.2.2. Variações Geomagnéticas:

Basicamente há dois tipos de variações magnéticas: as que ocorrem a períodos magneticamente calmos e as variações mais intensas associadas a tempestades magnéticas. As variações calmas são de dois tipos principais: a variação Sq e uma mais fraca chamada variação L. A primeira é influenciada pela ação solar (S) em tempo calmo (q), e a segunda é influenciada pela Lua (L). As variações mais intensas, associadas às tempestades, são as variações perturbadas.

2.2.2.1. Índices de Atividades Magnéticas:

A fim de definir rapidamente o estado de atividade do campo magnético terrestre, foram criados vários índices, baseados nas variações medidas pelos magnetômetros. Em cada estação, o dia é dividido em oito períodos de três horas e, das três componentes do campo, aquela variação que for a maior, em cada período, é chamada a amplitude a em gamas. As variações Sq e L são previamente subtraídas de cada componente. Estas amplitudes, medidas em uma série de estações para cada período, produzem o índice planetário Ap. O índice K está relacionado às amplitudes a , através de uma escala semi-logarítmica própria para cada estação. Os valores numéricos de K variam de 0 (atividade muito calma) a 9 (atividade magnética muito intensa), com frações intermediárias de 1/3. A medida entre várias estações corresponde

o índice planetário Kp. O índice Kp, sendo um índice planetário, deveria exprimir o estado médio de atividade magnética do globo terrestre, mas para isso, a rede de magnetômetros deveria ser uniformemente distribuída, o que na realidade não ocorre, havendo muito mais observatórios no hemisfério norte.

2.3. A Ionosfera

Esta camada da Atmosfera Terrestre estende-se de aproximadamente 60 Km a alturas superiores a 1000 Km. A fonte primária de ionização provém da fotoionização dos componentes atmosféricos promovida, basicamente, pelos raios solares na faixa de comprimentos de onda no extremo ultravioleta (EUV) e de raios-X. Fontes secundárias de ionização constituem-se de processos colisionais entre partículas excitadas (elétrons, íons ou moléculas neutras). É constituída em sua maior parte por íons monovalentes positivos e elétrons. Possui estratificações denominadas camada D, E, F1, F2 e, atualmente vem sendo estudada a camada F3. Em baixas altitudes (camada D) existe uma pequena contribuição de íons monovalentes negativos e de íons hidratados, devido a grande influência da Atmosfera Neutra. Cada componente atmosférico possui seu potencial de ionização. Logo, conforme os fótons das faixas de comprimento de onda EUV e raios-X vão ionizando os diferentes componentes atmosféricos de diferentes alturas, a existência das camadas torna-se possível.

2.3.1. A formação da ionosfera

A ação dos agentes ionizantes solares e cósmicos sobre os componentes atômicos e moleculares da atmosfera terrestre forma a ionosfera terrestre (Rishbeth e Garriot, 1969). Entre tais agentes destacam-se a radiação solar na faixa do extremo ultravioleta e as partículas energéticas que penetram na atmosfera terrestre. A principal fonte de ionização da atmosfera superior terrestre resulta da absorção atmosférica da radiação solar extrema ultravioleta (EUV). Esta absorção provoca a dissociação das moléculas, bem como a liberação de elétrons dos átomos e das moléculas ali existentes. Estes processos são denominados de fotodissociação e de fotoionização, respectivamente. Partículas energéticas carregadas (prótons e elétrons) também podem penetrar na atmosfera terrestre, ionizando-a. A

profundidade da penetração dessas partículas depende de suas energias. Embora este tipo de ionização seja relativamente pequeno quando comparado à fotoionização, desempenha um importante papel durante períodos de tempestades magnéticas, durante a noite e nas menores altitudes onde a radiação fotoionizante não atinge.

Ao penetrar na porção superior da atmosfera terrestre, a radiação ionizante encontra uma maior densidade de gás, resultando numa taxa crescente de produção de elétrons por unidade de volume. Por outro lado, a radiação é absorvida nesse processo e, abaixo de uma certa altura, a taxa pela qual ela diminui quando penetra na atmosfera é maior do que a taxa pela qual a densidade do gás aumenta. A partir daí, a taxa de produção eletrônica torna-se decrescente. Portanto, há um nível determinado pela altura em que a taxa de produção é máxima, formando um pico de ionização na ionosfera.

A diversidade das fontes ionizantes e da composição da atmosfera neutra torna a formação da ionosfera um mecanismo complexo. A densidade do plasma ionosférico é o resultado da competição entre os mecanismos de produção e de perda de elétrons. A perda de elétrons ocorre por reações químicas e por difusão. Assim como nos processos de ionização, a perda eletrônica varia com a altitude.

Nas regiões ionosféricas, principalmente abaixo do pico, o processo mais relevante de perdas de elétrons é a recombinação, a qual pode ser classificada em: radiativa, onde os elétrons livres combinam-se diretamente com íons carregados positivamente formando um átomo neutro e irradiando qualquer excesso de energia; dissociativa, onde os íons positivos X^+ interagem com as numerosas moléculas neutras, A_2 , substituindo um de seus átomos e dando origem à molécula carregada, AX^+ . Posteriormente um elétron dissocia AX^+ , produzindo dois átomos neutros, A e X .

Na base inferior da ionosfera existe mais um processo de perda eletrônica, o qual é denominado de junção eletrônica. Neste processo os elétrons são "fixados" aos átomos neutros, tornando-os íons carregados negativamente.

2.3.2. As regiões ionosféricas

A ionosfera apresenta três regiões definidas a partir da presença de três máximos de densidade eletrônica nas alturas em torno de 80 km, 105 km e 300 km, respectivamente. O aparecimento

dessas regiões é o resultado dos diferentes processos de ionização dominantes em cada faixa de altitude ionosférica, juntamente com as diferentes condições atmosféricas dinâmicas envolvidas no processo de recombinação. A Figura 2-3 ilustra as regiões verticais ionosféricas, mostrando as características diurnas e noturnas. Pela ordem crescente de altitude as regiões ionosféricas são denominadas de D, E, F1 e F2, respectivamente.

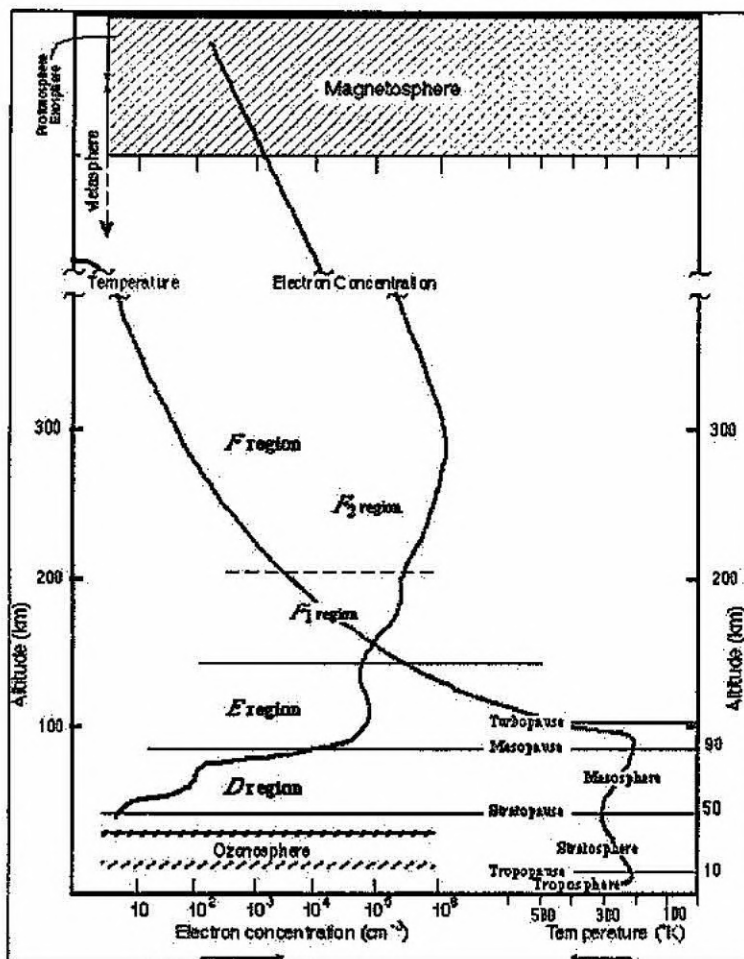


Figura 2-4: Perfil ionosférico ilustrando as distintas regiões verticais para os períodos diurno e noturno.

(<http://www oulu.fi/~spaceweb/testbook/ionosphere.html/>)

A região D está localizada aproximadamente entre 60 km e 90 km de altitude e é caracterizada pela pequena densidade de ionização e pela alta frequência de colisões de elétrons e íons com partículas neutras. A região E, localizada aproximadamente entre 90 e 130 km de altitude, é importante pela presença de correntes elétricas e pela sua interação com o campo

geomagnético. Em torno de 110 km, a condutividade ionosférica é máxima. A região F1 está localizada entre 130 km e 200 km, aproximadamente. Tal região é caracterizada por um pequeno pico ou inflexão na curva do perfil de densidade eletrônica em torno da altitude de 180 km, onde ocorre a transição entre as leis quadráticas e linear para o processo de perda eletrônica. A região F2 localiza-se no limite superior da ionosfera terrestre, na faixa de altitude entre 200 e 1000 km, aproximadamente. Observações realizadas através de satélites e foguetes mostram que o constituinte iônico predominante próximo do pico da região F2 (aproximadamente 300 km) é o oxigênio atômico (O^+).

Nas altitudes superiores a 200 km a atmosfera neutra torna-se opticamente fina e a perda por recombinação passa a ser menos importante. Essa taxa de perda cai mais rápido que a de produção e, conseqüentemente a densidade eletrônica da região F2 (no equilíbrio químico) aumenta com a altura. Esta situação ocorre até uma altura limite, entre 250 km e 300 km, onde surge o pico da região F2. A partir daí, o movimento dos gases atmosféricos gera processos difusivos capazes de influenciar, ou até mesmo dominar, os processos de perda.

Nas regiões equatoriais, sob condições ionosféricas peculiares, há a formação da camada adicional F3. Esta camada forma-se durante a manhã, pouco antes do meio dia, no período onde a produção de ionização é maior que a perda e onde existe um grande fluxo ascendente de ionização, ocasionado pelo efeito da combinação da deriva vertical da ionosfera com o vento neutro.

Durante a noite, a fotoionização cessa e os processos de recombinação e de junção eletrônica tornam-se dominantes nas regiões D, E e F1 que, por sua vez, desaparecem quase por completo. Ao contrário, a camada F2 persiste por toda a noite, como conseqüência da ação de campos elétricos equatoriais e dos ventos termosféricos. Isto significa que ao entardecer, ocorre um aumento no campo elétrico equatorial na direção leste que, na presença do campo geomagnético, causa aumento da deriva vertical movendo as partículas carregadas para regiões superiores da ionosfera, onde a taxa de recombinação é baixa. Esse aumento do campo elétrico, o qual é conhecido como pico pré-inversão (*Prereversal Enhancement*) é muito importante para a manutenção da região F2 noturna (Dissertação de Mestrado de Pedrina M. T. dos Santos, 2001)



2.4. *Luminescência Atmosférica*

Segundo Chamberlain (1961), *Luminescência Atmosférica*, do inglês *Airglow*, pode ser definida como a radiação amorfa continuamente emitida pela atmosfera planetária, estendendo-se do ultravioleta distante ao infravermelho próximo (Chamberlain, 1995). A *Luminescência Atmosférica*, *Aeroluminescência* é um fenômeno óptico da Alta Atmosfera sendo basicamente emissões de fótons pelo componente atmosférico excitado, tais como oxigênio e molecular hidroxila e sódio. A produção desta luminosidade é devida a diversos processos físico-químicos e em geral, ocorre através da emissão de linhas espectrais discretas. Esta radiação relativamente constante cobre todas as latitudes e é potencialmente desestruturada, devendo ser distinguida da radiação altamente variável, a Aurora, que é emitida a latitudes superiores, numa região de formato oval em torno de 67° de latitude geomagnética e está associada ao influxo de partículas solares na Atmosfera superior. A Aurora ocorre mais intensamente durante e após distúrbios solares, na qual partículas carregadas penetram na atmosfera, vindo da magnetosfera, energizando os constituintes atmosféricos por colisões, ficando claro a correlação do fenômeno da Aurora com a atividade magnética.

A Alta Atmosfera terrestre é responsável por um contínuo de emissões de *Airglow* que se propagam até a superfície. Esta emissão ocorre devido à absorção de radiação ultravioleta solar por espécies químicas presentes a cerca de 70 km de altitude, (tais como N₂, O, O₂ e Na). A absorção de radiação ultravioleta por estes átomos e moléculas leva-os a um estado quântico excitado, de maior energia e meta-estável, do qual estes tendem a decair, retornando a seu estado fundamental através da emissão de radiação eletromagnética. Os processos de excitação/emissão mais comuns são a ressonância, a fluorescência, a quimiluminescência e a excitação por colisões.

Os processos de emissão ocorrem em competição com processos de perda de energia pela molécula ou átomo devido a colisões com outros constituintes da Atmosfera, nas quais as espécies excitadas perdem energia e retornam a seu estado padrão sem emissão de radiação.

A emissão de radiação, classificada genericamente como *Aeroluminescência* ou *Airglow*, pode ser do tipo emissão instantânea, denominada *Dayglow*, no qual as radiações absorvidas são de



Uma aplicação recente importante é observar o desvio Doppler de uma linha conhecida para assim encontrar a velocidade da espécie emissora e conseqüentemente medir os ventos termosféricos.

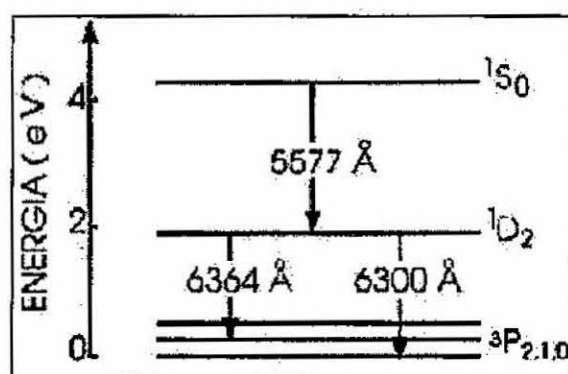


Figura 2-7: Diagrama de energia numa forma simplificada para as linhas de emissão do oxigênio atômico (Kirchoff, 1991).

Algumas linhas de emissão de *Airglow* mais importantes são as linhas do oxigênio atômico em 557,7nm (verde) e em 630,0nm (vermelho), com diagrama de energia simplificado mostrado na Figura 4.4-1, a linha do sódio em 5893 Å e as bandas de emissão espectral do radical OH. As taxas de emissão em função da altura de algumas linhas e bandas de emissão estão indicadas na Figura 4.4-3. O pico de emissão do oxigênio atômico em 5577 Å está localizado em alturas maiores, correspondentes à região F da ionosfera onde os átomos de oxigênio são excitados por recombinação dissociativa, estando este pico próximo a 90 Km de altura.

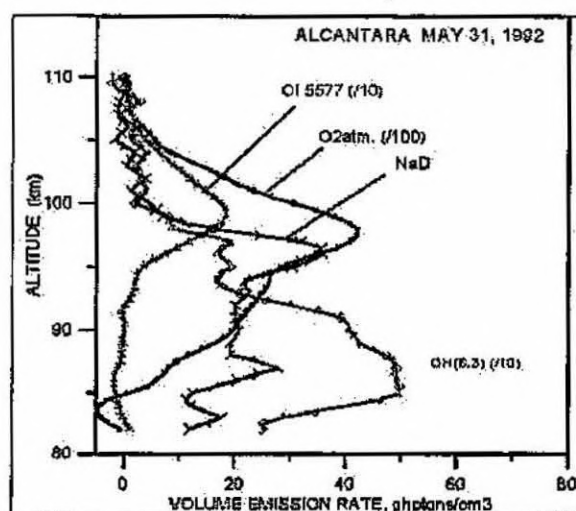


Figura 2-8: Taxas de emissão em função de altura de algumas linhas e bandas de emissão de Airglow, coletadas por instrumentos de medidas a bordo de foguetes lançados na base de Alcântara (2° S, 44° W). (<http://www.laser.inpe.br/lume>)

2.4.1. A Linha Vermelha (630,0nm)

A emissão vermelha do Oxigênio Atômico (630,0nm) é o mais utilizado para o estudo da dinâmica da região F ionosférica/termosfera noturna. Ela provem de uma camada emissora de aproximadamente 50 Km de espessura localizada abaixo do pico da região F (entre 240 e 350 Km de altitude). A intensidade da Aeroluminescência aumenta quando o plasma ionosférico (pico da região F) move-se para baixo e diminui quando ocorre o contrário (plasma ionosférico move-se para cima). Da mesma forma a intensidade desta emissão varia de acordo com a densidade de elétrons ionosféricos, sendo mais intensa quando existe uma maior densidade de elétrons e menos intensa quando a densidade é menor. Já foi bem estabelecido que o processo de produção do Oxigênio Atômico excitado $O(^1D)$ na região F (à noite) que leva a geração desta linha de emissão (OI 630,0nm) é a *recombinação dissociativa* do oxigênio molecular com elétrons. Então, observações das variações de intensidade desta emissão têm sido usadas para o estudo da química e da dinâmica da região F ionosférica.

2.4.2. A Linha Verde (557,7nm)

A linha verde possui duas fontes de emissão, 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 (90-110Km). Entretanto, em baixas latitudes e equatoriais, uma significativa fração desta emissão surge de processos de *recombinação dissociativa* na região F. Observações de solo desta emissão medem a intensidade integrada que emana das duas fontes, isto é, regiões E e F. O processo de produção do Oxigênio Atômico excitado $O(^1S)$ na região F (à noite) é a *recombinação dissociativa* do Oxigênio Molecular com elétrons. Na região F os átomos $O(^1S)$ resultam do mesmo mecanismo que gera o *Airglow* vermelho (recombinação dissociativa de íons de Oxigênio Molecular na Ionosfera).

2.5. Irregularidade de larga escala na região F – Bolhas de Plasma

As Bolhas de Plasma são irregularidades ionosféricas geradas após o pôr-do-sol na região do equador magnético por uma instabilidade do plasma. Estas irregularidades ionosféricas de grande escala ocorrem na região F, sendo caracterizadas por uma grande depleção no plasma ionosférico, constituindo um dos mais importantes distúrbios da ionosfera noturna na região do equador magnético e de baixas latitudes (~20dip Latitude). Estudos demonstram que a redução na intensidade da aeroluminescência emitida pelo oxigênio atômico (OI 630 nm), é uma das manifestações da presença de bolhas ionosféricas na região de emissão.

As irregularidades de larga escala no plasma da Ionosfera equatorial, são geradas logo após a rápida subida da camada F ao entardecer. Os mecanismos de geração mais aceitos atualmente são os processos de instabilidade Rayleigh-Taylor e a deriva *EXB*. As bolhas de plasma se desenvolvem na base da camada F, a partir de perturbações iniciais na ionização e, a seguir, sobem não linearmente até acima do pico, e assim estendem as irregularidades até a parte superior da camada. As emissões têm origem na região-F tem sido utilizadas para o estudo das irregularidades ionosféricas. A forte correlação entre o movimento vertical e da ionosfera ao entardecer e a ocorrência de irregularidades ionosféricas já foi estabelecida – Boober and Wells, 1938; Farley et alii, 1970; Woodman, 1970). Durante o dia a Ionosfera equatorial tem um movimento vertical para cima, devido à deriva *EXB* que surge por causa do campo elétrico (dirigido para leste e induzido pelo dínamo da região E) na presença do campo magnético (dirigido para norte). À noite, a direção do campo elétrico é invertida e causa também a



inversão da velocidade vertical (V_z). Mas antes de sua inversão (V_z) sofre um rápido aumento ao entardecer, o que origina um máximo (V_{zp}) que tem sido interpretado como causado pelo aparecimento de campo elétrico de polarização na região F (ou dínamo da região F produzidos por ventos termosféricos), os quais surgem devido à diminuição da condutividade da região E, após o por do Sol.

As observações mostram bruscas variações na intensidade da linha OI 630,0nm (detecção feita com imageador), variações estas associadas à passagem de bolhas de plasma sobre o local onde estão sendo feitas as observações.

3. Instrumentação e Metodologia

3.1. Introdução

Para se fazer medidas e monitoramento de luminescência Atmosférica utilizam-se várias técnicas, algumas das quais serão descritas a seguir já que foram implementadas no Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE – MCT, junto ao Laboratório de Ótica e Luminescência Atmosférica - LOLA/OES/CRSPE/INPE – MCT - no qual são operados equipamentos provenientes da Cooperação Brasil-Japão.

As técnicas descritas a seguir tratam-se do monitoramento atmosférico pela operação de um imageador para todo o céu, câmeras CCD de alta sensibilidade e definição e da Fotometria, pela operação de um detector ótico - fotômetro.

3.2. Imageador All Sky

O *TV Image Observation System*, constituído pela Câmara de TV Imageadora e outros dispositivos de controle, instalado junto ao Observatório Espacial do Sul tem como objetivo observar a variação espacial da radiação de *Airglow* de OI 630,0nm, OI 557,7nm, N_2^+ 391,4nm. Este sistema foi utilizado pelo *National Institute of Polar Research* em observações aurorais na Groelândia anteriormente. A sensibilidade desta Câmara de TV é de cerca de 500 R de luminosidade¹.

A parte ótica do sistema consiste de uma lente *fisheye* para todo o céu, um visor noturno mais uma lente *relay* (*night-viewer intensifier*) e de uma Câmara CCD de TV (Figura 4.5.1-1). No topo da estrutura onde estes dispositivos estão montados, uma janela semi-esférica de acrílico incolor protege a lente *fisheye*. A estrutura que suporta as peças e os circuitos é de forma retangular e de ferro fundido, vazada na sua parte central no sentido vertical. Todo o conjunto está sobre uma prancha retangular, munida de rodas para que seja deslocado para fora do

¹ 1 R = 1 Rayleigh = 10⁶ fótons/cm²-coluna ar

prédio em noite de observação.



Figura 3-1: Câmara CCD de TV do TV Image Observation System, para aquisição de dados de Luminescência Atmosférica instalada no Observatorio Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE.

O sinal de vídeo obtido pela Câmara de TV é enviado ao *timer* do vídeo e posteriormente é separado no monitor de TV e no gravador do vídeo. Como não há interferência luminosa da cidade próxima ao Observatório, São Martinha da Serra, as condições de observação óptica do sítio estão sendo testadas. Acredita-se ser possível detectar fenômenos óticos cuja intensidade luminosidade do evento seja maior que 1 kR, necessitando que o sistema seja operado durante períodos de eventos Solares e perturbações geomagnéticas.

Pela parte superior da estrutura, no vazamento central vertical, é inserido um cilindro metálico, onde são acondicionadas: a lente *fisheye*, o visor noturno e a Câmara CCD nesta ordem, fixados um no outro através de roscas. O cilindro é inserido no prumo. Fixo na estrutura metálica, um nível bolha de água permite que se nivele o aparelho para operação. Ainda na mesma estrutura, uma seta indica a direção e o sentido que o aparelho deve tomar. Esta representa o norte magnético. A Figura 4.5.1-2 nos mostra o *TV Image Obsevation System*.

Um cabo de 30 m permite que se desloque a câmara CCD para o pátio de observações fora do Prédio do LOLA para uma posição vantajosa. Este cabo alimenta a Câmara CCD de 100 VAC, conduz o sinal, além de alimentar o visor noturno de 3 VDC através de um conversor 100AC/3DC.

O imageador de TV só deve ser operado à noite em condições de céu claro e sem Lua, por constar de uma Câmara CCD muito sensível à luz. Depois de ser levado para fora para observação e alinhado com o Norte magnético, liga-se a Câmara na caixa de força e procede-

se o registro da data e marcação do tempo no monitor de TV, através de um temporizador de vídeo. Numa fita de vídeo é registrado uma região de tela de tamanho apropriado e o decorrer do tempo UT, fornecido por um receptor GPS.

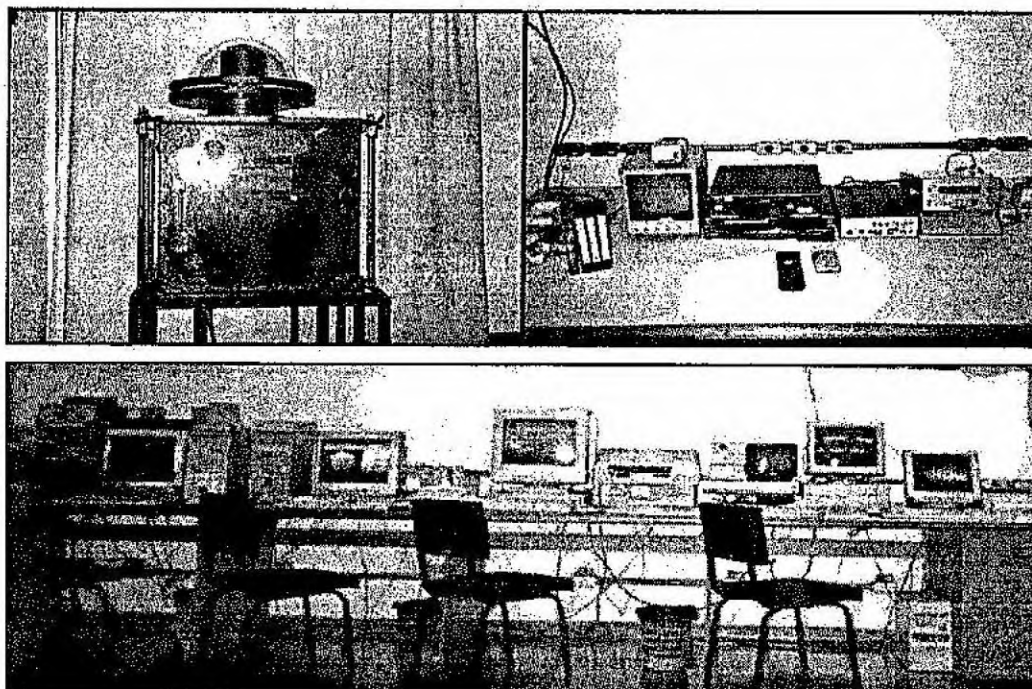


Figura 3-2: Acima: TV Câmara Imageadora juntamente com os equipamentos que compõe o sistema de monitoramento da radiação Airglow. Abaixo: painel de controle do sistema de câmeras do OES/CRSPE/INPE.

Como técnica, é ligado o Intensificador e a imagem do céu noturno aparece no monitor de TV, podendo ser gravada, através de um gravador de vídeo se a imagem for de boa qualidade. Para isso é preciso observar a imagem no monitor de TV durante a gravação, pois podem surgir nuvens ou a proteção de acrílico embaçar-se devido ao orvalho, necessitando interromper a gravação para desembaça-la.

As fitas de vídeo têm duração de 9 horas de gravação, e em noites sem Lua, pode-se começar a gravar por volta das 8 horas da noite e parar por volta das 5 horas da manhã.

Em noites de Lua Minguante o término é antecipado com o nascer da Lua e, em noites de Lua Nova, a operação pode começar mais tarde. O intervalo noturno útil para o imageamento pode ser automatizado por um temporizador que liga e desliga a fonte de energia.

A Figura 3-3 mostra o esquema do diagrama de blocos do *TV Image Observation System*,

instalado no Observatório Espacial do Sul, com o sistema detetor e o sistema de armazenamento de dados.

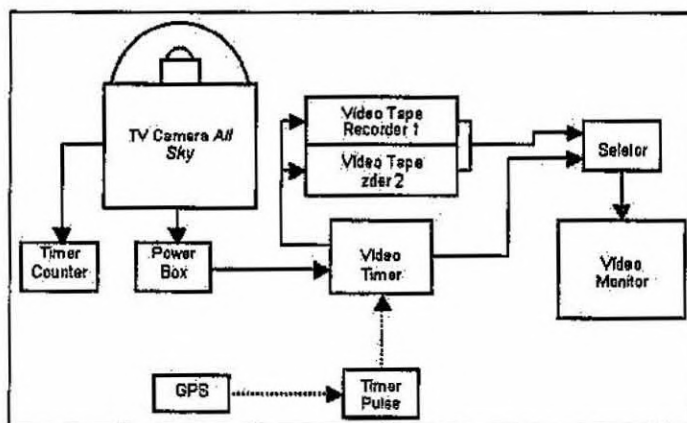


Figura 3-4: Sistema de Aquisição de Dados da TV Câmara Imageadora instalado no OES/CRSPE/INPE

3.3. Câmeras CCD – Charge Couple Device

Constituído por duas Câmeras modelo BS-30L e outros dispositivos de controle. Ambas constituídas por visor noturno alimentado de 12VDC.

Uma das câmeras possui o sistema óptico constituído por uma lente do tipo *wide angle*, possuindo a vantagem de ter maior nitidez e melhor definição que a segunda. A sensibilidade destas câmeras depende do tipo de lente e tempo integrado que está operando. No caso desta primeira, é operada em 50s (tempo integrado) possuindo portanto, uma sensibilidade de 100R.

A outra câmera possui um sistema óptico constituído por lentes do tipo *all sky* (ou *Fish eye*), a vantagem desta é que nos fornece uma visão ampla do céu, possibilitando que seja observado o que acontece em todo o horizonte. Esta câmera também é operada com tempo integrado de 50s, possui sensibilidade de 1kR. A Figura 3-5 mostra a câmera CCD utilizada na obtenção de dados de Luminescência Atmosférica, instalada no prédio 5, onde está instalado o Laboratório Óptica e Luminescência Atmosférica - LOLA/OES/CRSPE/INPE.

O tempo integrado ideal para operação das câmeras foi definido pelo pesquisador colaborador do convênio Brasil – Japão, Dr. Kazuo Makita - Faculty of Engineering -Takushoku University. Acredita-se que este valor seja o melhor para o perfeito funcionamento do sistema

nas condições apresentadas na região do Observatório Espacial Sul – OES/CRSPE/INPE-MCT.

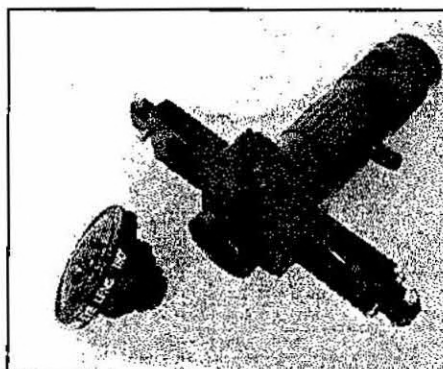


Figura 3-5: Câmera CCD - SONY ICX074AL - usada na obtenção de dados de Luminescência Atmosférica, instalada no Laboratório de Óptica e Luminescência Atmosférica – LOLA/OES/CRSPE/INPE.

No topo da estrutura onde estes dispositivos estão montados, uma janela semi-esférica de acrílico incolor protege a lente *fisheye*. A estrutura que suporta as peças e os circuitos é de forma retangular e de ferro fundido, vazada na sua parte central no sentido vertical. Todo o conjunto está sobre um suporte retangular, instalado do lado de fora do prédio 5, onde está instalado o Laboratório de Óptica e Luminescência Atmosférica -LOLA/OES/CRSPE/INPE.

Da mesma maneira que a câmera imageadora, é preciso dar atenção às fotografias para ver se estas não estão fora de foco, ou se a lente não está embaçada, por exemplo. Para obter imagens de boa qualidade, sempre é checado o foco das câmeras antes de se iniciarem as observações. Na Figura 3-6 vê-se as câmeras montadas como em noite de observação no terraço do prédio 5 – Laboratório de Óptica e Luminescência - LOLA/OES/CRSPE/INPE.

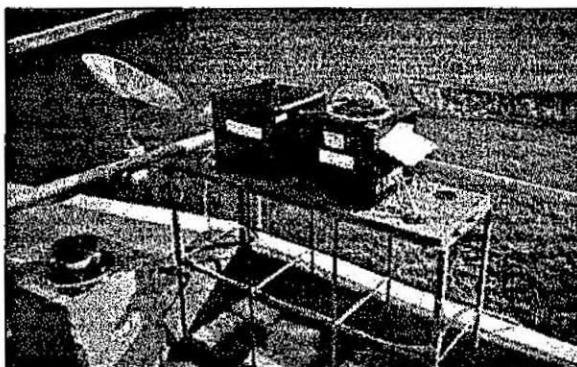


Figura 3-6: Câmeras CCD que compõem o Sistema de Observação noturno da emissão Airglow - instalada no Observatório Espacial Sul - OES/CRSPE/INPE.

Da mesma maneira que a câmera imageadora, é preciso monitorar as imagens para ver se não estão fora de foco, ou se a lente não está embaçada. Para obter imagens de boa qualidade, sempre é rotina conferir o foco das câmeras antes de se iniciarem as observações. Na Figura 3-3 têm-se exemplos de imagens coletadas pelo Sistema de Câmeras CCD instaladas no Observatório Espacial Sul – OES/CRSPE/INPE.

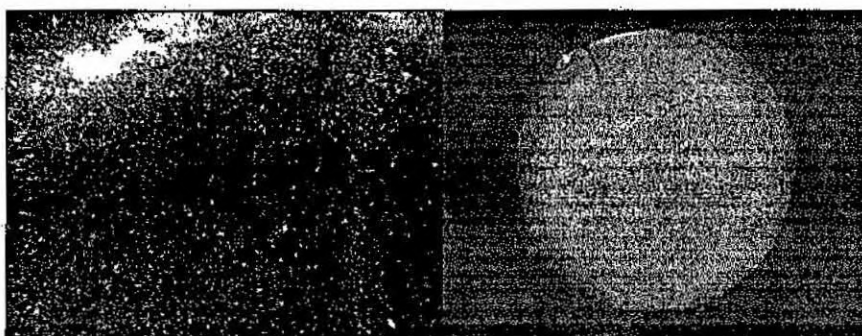


Figura 3-7: Imagens coletadas com o sistema de câmeras CCD instaladas no Observatório Espacial Sul.

À esquerda, a imagem tirada da câmera usando lentes do tipo *Wide Angle*, de alta definição e à direita com o uso de uma câmera com lentes do tipo *All Sky*, permitindo uma visão geral do céu.

3.4. *Fotômetro FOTSUL*

Dentro da Cooperação Brasil-Japão em Ciências Espaciais Básicas, com o objetivo de estudar os processos dinâmicos relacionados a Aeroluminescência, e mais precisamente observar a radiação zenital de comprimentos de onda de 557,7nm e 630,0nm provenientes do Oxigênio Ionizado, foi instalado um Fotômetro no Observatório Espacial do Sul – OESCRSPE/INPE. A técnica da fotometria é tradicionalmente empregada no estudo de luminescência atmosférica.

O fotômetro consiste em um sistema de filtros de interferência ótica (caso especial do interferômetro *Fabry-Perot*) que seleciona o comprimento de onda a ser medido, acoplado com um tubo fotomultiplicador e um sistema eletrônico de amplificação de sinal. Juntamente com estes dispositivos é acoplado um sistema de armazenamento e coleta de dados.

Com este sistema, podemos medir a intensidade da radiação de um fluxo de fótons, que pode ser feita através de comparações visuais ou quantitativas por meio de dispositivos fotoelétricos.

No sistema de fotometria existe ainda um amplificador de alta voltagem, necessário ao funcionamento da fotomultiplicadora e um registrador gráfico, para que sejam gravadas as variações do sinal gerado pelo fotômetro, possibilitando posterior consulta e comparação com dados coletados de outros dias e épocas do ano. Na Figura 4.5.3-1 tem-se na esquerda o detetor propriamente dito (fotômetro), onde está o sistema ótico de seleção; ao centro o registrador gráfico para saída dos dados e a direita um componente constituído de vários circuitos eletrônicos para controle de troca de filtros no fotômetro bem como amplificação do sinal por ele gerado. Como a fotomultiplicadora trabalha em alta tensão, o Sistema só pode ser operado na ausência de fontes de luz artificiais e em noites sem lua (ou de lua nova) já que uma fonte luminosa muito intensa faria com que a fotomultiplicadora gerasse uma corrente elétrica muito intensa, acarretando a perda do circuito.

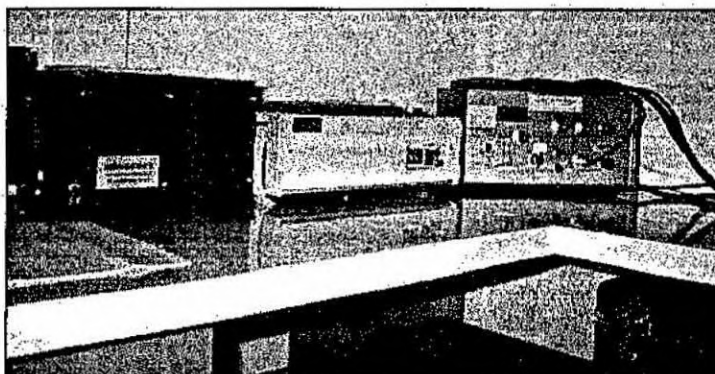


Figura 3-8: Sistema do fotômetro instalado no OES/CRSPE/INPE

Quando o fotômetro foi instalado no Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE, era composto por dois filtros para registro de dois comprimentos de onda diferentes: 5577 Å e 630,0nm provenientes das transições eletrônicas do Oxigênio Ionizado. Até então, este fotômetro era utilizado para medidas de auroras na Groelândia, usado pelo pesquisador-colaborador do convênio Brasil – Japão, Dr. Kazuo Makita - *Faculty of Engineering - Takushoku University* - portanto pouco eficiente para o estudo da emissão *Airglow*. As duas lentes eram fixas em um único suporte, dotado da capacidade de rodar, (girar em torno do seu próprio eixo). Então, técnicos da Divisão de Aeronomia do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - LUME/DAE/INPE melhoraram a parte de aquisição de dados e a sensibilidade espectral do fotômetro, trocando os filtros existentes por novos (557,7nm e 630,0nm) e adicionando mais dois a roda de filtros para estimar o ruído de fundo (*background*).

Os 4 filtros alteram-se, parando quatro vezes durante um ciclo (4 filtros), registrando os dois comprimentos de onda, num período de 2 segundos em cada. Esta capacidade de giro permite ao fotômetro selecionar o comprimento de onda para observação pela troca dos filtros.

Ele possui uma chave de scan, a qual controla o giro do suporte do filtro. Se esta chave estiver na posição OFF, o filtro é chaveado no comprimento de 5577 Å. Se a chave for ligada, posição ON, o filtro vai girar (registrando os ambos comprimentos de onda).

Para a melhor operação do sistema, o fotômetro deve ser posicionado em um lugar fixo, plano, sendo sua lente ajustada de modo que fique perpendicular a superfície, apontando para o zênite.

O sistema de fotometria consiste nos seguintes elementos: fotômetro, fonte de alta

tensão/amplificador, registrador gráfico e um gerador de pulso. Um cabo de controle e um de alta tensão vêm do elemento da fonte de alta tensão/amplificador para o fotômetro. O sensor recebe o sinal de controle e alimentação (alta tensão de aproximadamente 750V) e envia o sinal gerado para o amplificador. O sinal sai do amplificador para dois registradores: um ligado ao drive Magneto-óptico para gravação em disco e outro do registrador gráfico. O sinal de saída do Fotômetro é, portanto, registrado em dois registradores gráficos. O gerador de pulso está ligado ao registrador gráfico transmitindo o tamanho do pulso para a realização da medida.

No registrador gráfico são utilizados os canais:

- canal 1 é recepção do sinal do Fotômetro;
- canal 2 recebe o sinal de ON/OFF do seletor de filtro;
- canal 4 recebe o sinal de tempo do gerador de pulso.

O procedimento de operação consiste então nos seguintes passos:

Posicionar o fotômetro sobre uma superfície plana e fixa, de modo que sua lente fique perpendicular à superfície, apontando para o zênite.

Conectar o cabo de sinal no amplificador, bem como o cabo de alta voltagem ao cabo de controle.

O amplificador por sua vez, deve ser ligado a dois registradores gráficos, e também ao *drive* do disco magneto-óptico. O registrador gráfico deve estar conectado a um gerador de pulso que controlará o intervalo entre uma e outra oscilação do filtro do Fotômetro.

Verificar se o gerador de pulso está ajustado ao horário universal (tarefa esta que pode ser feita com o uso do *Global System Position (GPS)*).

Verificar todos os procedimentos anteriores, a partir de então pode-se começar as medições.

No registrador gráfico pode-se também selecionar velocidade de impressão e o intervalo entre um registro e outro. Graficamente, o registrador gráfico apresentando uma oscilação caracterizada por uma curva de forma poligonal, representando exatamente ambos os picos de comprimento de onda (557,7nm e 630,0nm). Na Figura III.4-2 têm-se o Diagrama de Blocos do fotômetro FOTSUL.



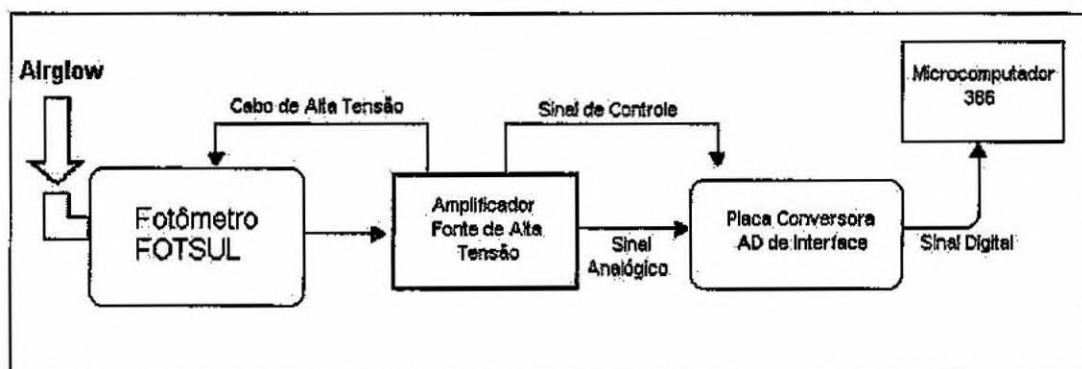


Figura 3-9: Diagrama de Bloco do Sistema do fotômetro FOTSUL, instalado no OES/CRSPE/INPE.

Os períodos preferenciais para observações são aqueles que coincidem com períodos de grande atividade solar, quando podem ocorrer fenômenos de precipitação de partículas de alta energia na Atmosfera ocasionando um aumento na emissão de Luminescência Atmosférica causada por desexcitação de elementos, envolvidos em processos colisionais.

3.5. Sistema GPS

Para a comprovação da ocorrência de bolhas de plasma sobre o céu do Observatório Espacial Sul – OES/CRSPE/INPE-MCT, os dados referentes ao monitoramento da luminescência atmosférica do céu noturno foram comparados com medidas, do mesmo período (Março de 2002), de amplitude de cintilações do sinal GPS (*Global Position System*), observadas em L1 (1.575 GHz). A seguir será apresentado uma breve síntese sobre a utilização do sistema GPS no monitoramento das irregularidades de plasma ionosférico no Observatório Espacial Sul – OES/CRSPE/INPE-MCT.

3.5.1. Discrepâncias no sinal GPS devido ao erro de propagação na Ionosfera

A ionosfera refrata transmissões de satélite UHF da mesma maneira que refrata transmissões VLF, L/MF e HF, porém em uma proporção menor. Visto que um sinal refratado pode ter de percorrer uma maior distância do que um sinal vindo em linha reta, o sinal acusará mais tempo ao ser detectado (aumentando o valor da variável tempo decorrido), induzindo a um erro na distância encontrada (acusando maior distância em relação ao satélite). Sabe-se que o sinal

refratado na ionosfera é inversamente proporcional ao quadrado de suas frequências. Isto significa que a alta frequência oferece uma menor refração e disto, induz um erro menor no cálculo da distância real. Os satélites GPS transmitem em duas frequências UHF diferentes, 1.575,42MHz e 1.227,60MHz onde cada frequência será refratada de forma diferente pela atmosfera em suas diversas camadas, evitando problemas de distorção de distância. Comparando a distorção entre as duas frequências, o valor da distorção da ionosfera pode ser calculado diretamente. Conhecendo o valor da distorção que foi induzida, o fator de correção é introduzido no sistema e efetivamente é corrigido o erro de propagação na ionosfera, levantando a distância real em relação ao satélite. A arquitetura do sistema GPS ainda utiliza outra técnica para minimizar o problema da refração causado pela atmosfera, que é o uso do DGPS (Diferencias GPS), que são métodos de eliminar erros na leitura de um GPS Receiver oferecendo maior precisão. Estes erros comuns são causados por fatores tais como variação de clock e mudanças nas condições de propagação das ondas de rádio na ionosfera.

3.5.2. Estudo das Irregularidades Ionosféricas Utilizando Receptores GPS

As bolhas de plasma afetam consideravelmente os sistemas de telecomunicações e os sistemas de posicionamento global. O receptor GPS provou ser um aparelho simples que fornece a morfologia e estatística de ocorrência de irregularidades ionosféricas. Permite também calcular a velocidade zonal (leste-oeste) destas irregularidades e é um instrumento valioso para complementar o estudo das irregularidades efetuado por outros equipamentos, tais como radares ionosféricos, ionossondas, sondas a bordo de satélites, fotômetros e imageadores (Paula et. al., 2002).

Desde novembro de 2000, um receptor GPS, projetado para medir cintilações de amplitude do sinal recebido em 1,57542 GHz (Banda L) durante a incidência de irregularidades ionosféricas, tem sido operado no Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE-MCT. Devido à interferência das bolhas ionosféricas nos sistemas de posicionamento por GPS e nos sistemas de telecomunicações é de grande interesse o monitoramento destas bolhas para estudo de sua morfologia e estatística.

As irregularidades ionosféricas, que podem ter dimensões de tamanho de centímetros a quilômetros, causam fortes cintilações na fase e na amplitude dos sinais eletromagnéticos que



as atravessam, afetando substancialmente as comunicações entre os satélites e a Terra e os sistemas de posicionamento (GPS). Elas podem até mesmo causar black-outs nas telecomunicações e erros ou falhas nos sistemas de posicionamento por GPS.

O sistema GPS consiste de 24 satélites operacionais em órbitas circulares e localizados a 20.200 Km de altitude, os quais transmitem sinais em frequências na banda L (1,57542 e 1,2276 GHz) e possibilita o estudo das irregularidades ionosféricas pois os sinais recebidos pelos receptores GPS cintilam ao atravessá-la. As placas de GPS no Observatório Espacial Sul instaladas possuem a capacidade de medir a intensidade dos sinais dos satélites GPS na frequência de 1,57542 GHz com uma taxa de 50 amostras/segundo possuindo 12 canais que processam digitalmente o sinal recebido simultaneamente de até 12 satélites que estão acima do horizonte.

3.5.2.1. O Monitor de Cintilação

O monitor de cintilação ionosférica (SCINTMON) foi desenvolvido por pesquisadores da Universidade de Cornell (EUA) a partir de modificações de um Kit desenvolvido pela GEC Plessey GPS Builder-2TM. Como tal, grande parte da sua operação é semelhante a operação do software que vem com o kit. As modificações mais importantes incluem *Características do Hardware e Programa de Aquisição (Manual de Operação do Monitor de Cintilação Scintmon, 1999)*.



4. Resultados e Análises

Medidas recentes de fotômetro zenital instalado no Observatório Espacial Sul (29°S, 53°W, ~20° dip latitude), datadas de Fevereiro de 2001, apresentaram parâmetros referentes à ocorrência de bolhas de plasma. Na Figura 4-1 será apresentado o perfil da emissão airglow para a noite de 28 de fevereiro de 2001, cujos parâmetros apresentam claramente a incidência de bolhas de plasma sobre a região o Observatório Espacial Sul.

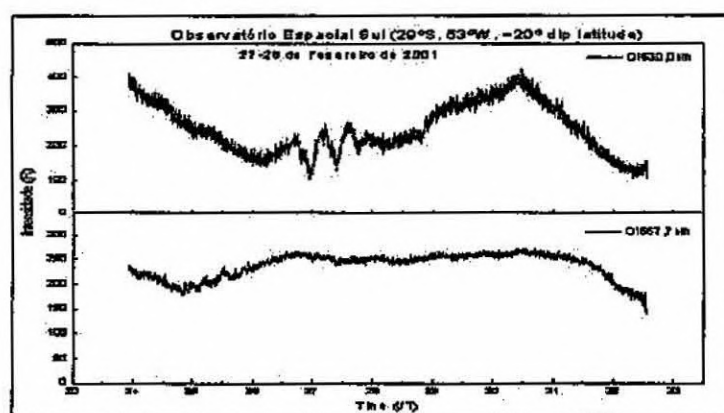


Figura 4-1: Medidas de fotômetro zenital instalado no Observatório Espacial Sul – OES/CRSPE/INPE-MCT- apresentando a ocorrência de variação na emissão de aeroluminescência.

Com o intento de comprovar esta incidência, realizou-se uma campanha multi-observacional de 08 à 19 de Março deste ano (2002). Na Tabela 4-1 estão apresentados os dias em que se realizou a campanha de monitoramento do céu noturno e na Figura 4-2 estão apresentadas os dados referentes as medições de fotômetro zenital na linha OI630,0nm.

Tabela 4-1: Monitoramento do céu noturno realizado durante a campanha observacional no Observatório Espacial Sul no período de Março de 2002 para comprovação da detecção de bolhas de plasma.

DIA/MÊS/ANO	TEMPO DE OBSERVAÇÃO	CLIMA
08/Março/2002	10h	Bom
09/Março/2002	10h e 30min	Bom
10/Março/2002	0h	Chuvoso
11/Março/2002	0h	Nublado
12/Março/2002	0h	Nublado
13/Março/2002	30min	Chuvoso
14/Março/2002	9h e 30min	Bom

DIA/MÊS/ANO	TEMPO DE OBSERVAÇÃO	CLIMA
15/Março/2002	0h	Nublado
16/Março/2002	9h e 30min	Bom
17/Março/2002	3h	Chuvoso
18/Março/2002	7h e 30min	Bom
19/Março/2002	9h e 15min	Bom

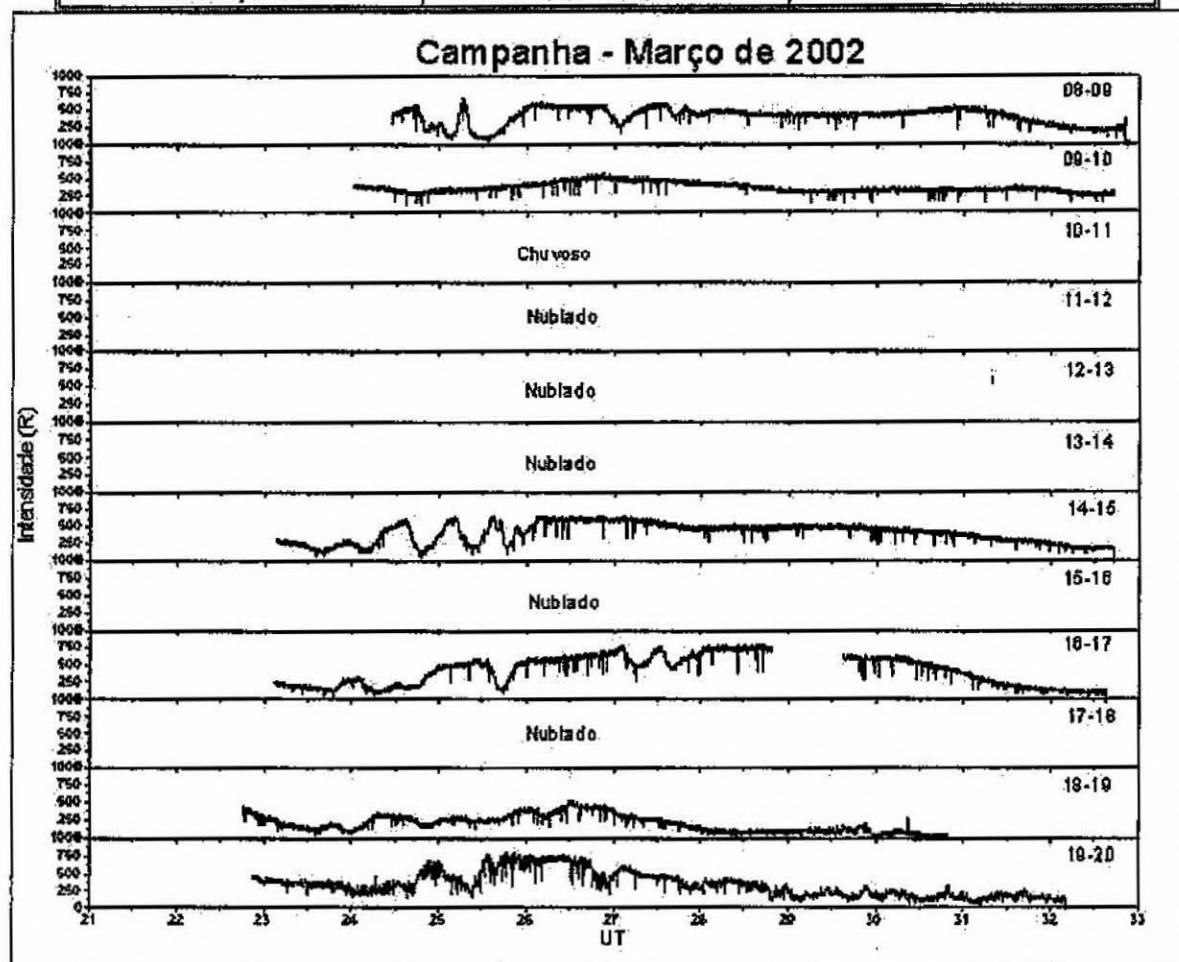


Figura 4-2: Gráfico da Campanha de monitoramento do céu noturno realizada em Março de 2002, no Observatório Espacial Sul – OES/CRSPE/INPE-MCT – medidas de fotômetro zenital, emissão OI630,0nm.

Em simultâneo com o monitoramento noturno da aeroluminescência, por meio de fotômetro zenital e câmaras CCD all-sky, foram realizadas medidas de amplitude de cintilações do sinal GPS (Global Position System), observadas em L1 (1.575 GHz). Na Figura 4-3 estão

apresentados os gráficos comparativos entre dados de Luminescência Atmosférica e cintilações de sinal GPS. Utilizou-se o índice de cintilação S4 e a emissão airglow OI630,0nm pelos motivos apresentados na secção 2.5 *Irregularidade de larga escala na região F*.

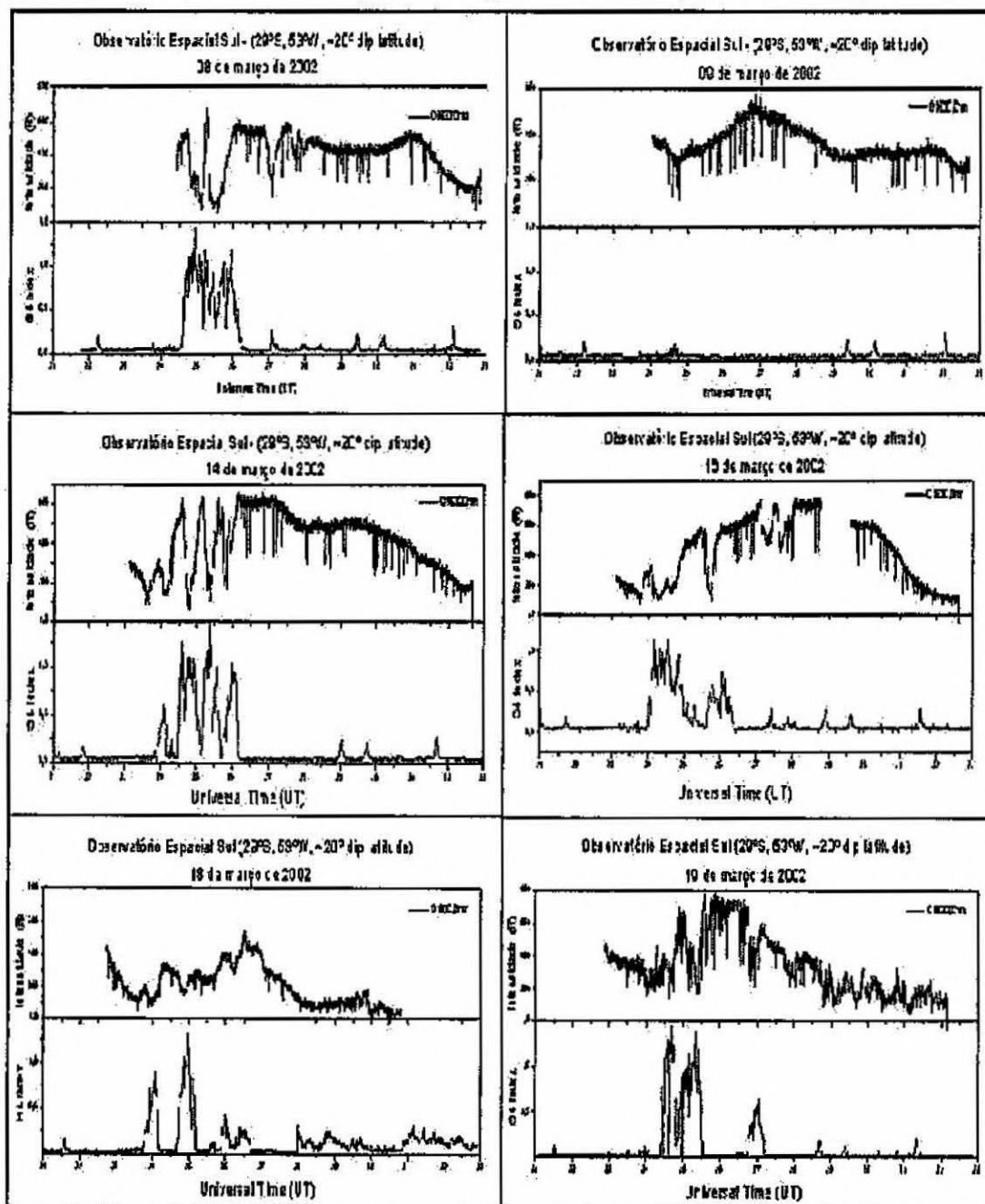


Figura 4-3: Gráficos comparativos entre emissão Airglow OI630,0nm (acima) e dados de cintilação do sinal GPS – índice S4.

Os dados referentes a esta campanha apresentaram uma evidente correlação entre a diminuição da emissão de aeroluminescência e a cintilação registrada pelo sistema GPS, sendo que, das doze noites em que se realizaram o monitoramento (entre 08 e 20 de Março), seis apresentaram dados que puderam ser analisados. Destas seis noites, em cinco foi possível identificar a ocorrência da depleção do plasma ionosférico, conforme mostram a diminuição da emissão airglow – medidas fotométricas - simultânea a medidas de cintilação do sinal GPS. As imagens das câmeras possibilitam a visualização da rarefação do plasma representados por uma região escura na imagem. Em todos os cinco casos que serão apresentados, é possível verificar a ocorrência de bolhas de plasma sobre o céu do Observatório Espacial Sul - OES/CRSPE/INPE-MCT. Na Tabela 4-2 está apresentado a coincidência entre os dados obtidos nesta campanha e que puderam ser analisados.

Tabela 4-2: Análise qualitativa da ocorrência de bolhas de plasma sobre o Observatório Espacial Sul – OES/CRSPE/INPE-MCT.

DIA/MÊS/ANO	TEMPO DE OBSERVAÇÃO	CINTILAÇÃO – ÍNDICE S4	VARIAÇÃO DA EMISSÃO AIRGLOW
08/Março/2002	10h	Sim	Sim
09/Março/2002	10h e 30min	Não	Não
14/Março/2002	9h e 30min	Sim	Sim
16/Março/2002	9h e 30min	Sim	Sim
18/Março/2002	7h e 30min	Sim	Sim
19/Março/2002	9h e 15min	Sim	Sim

Os dados dos diferentes equipamentos apresentaram relação em todos os casos analisados, mostrando ser de grande confiança. Em geral, a cintilação mais intensa é registrada entre 00:30hs e 03:00hs Universal Time (UT) - ou entre 21:30hs e 00:00hs Local Time - tendo duração de 2 à 3hs, coincidindo com a queda no registro da Luminescência Atmosférica referente à linha OI630,0nm , possibilitando confirmar a suspeita da incidência de bolhas de plasma sobre o Observatório Espacial Sul – OES/CRSPE/INPE-MCT.

Como próximo desafio, tentar-se-á realizar medidas da velocidade de deriva destas bolhas sobre a região em questão.

5. Conclusões

As atividades de Iniciação Científica realizadas no Laboratório de Ciências Espaciais e Santa Maria - LACESM/CT/UFSM, em conjunto com o Laboratório de Luminescência Atmosférica - LUME/DAE-INPE e Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE deram à acadêmica a oportunidade de aplicar alguns dos conhecimentos adquiridos no Curso de Graduação em Física da UFSM, a qual faz parte, bem como o aprimoramento dos mesmos e a aquisição de novos conhecimentos, nas áreas de Geofísica Espacial e Geomagnetismo, na área específica de Aeronomia e Luminescência Atmosférica, e em outras áreas da Física e Astrofísica, além de uma breve interação com o uso de GPS para monitoramento de irregularidades do plasma nesta parte do projeto em específico.

Houve a necessidade da bolsista complementar seus conhecimentos com estudos em disciplinas não cursadas no decorrer do Curso de Graduação e que não fazem parte do currículo escolar da aluna, mas que de grande importância no desenvolvimento científico e acadêmico, das quais se destacam: Fundamentos de Astronomia e Geofísica, Estações de Trabalho - *Solaris* (Workstation), Redes de Computadores e Comunicação de Dados.

O material utilizado para consulta e estudo foi encontrado nos acervos das Bibliotecas presentes no Campus de Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, além da Biblioteca do LACESM e ainda alguns títulos foram fornecidos (doados) pelo pesquisador colaborador Brasil-Japão Dr. K. Makita.

Uma importante habilidade desenvolvida pela bolsista foi a fluência na Língua Inglesa, adquirida através da leitura de livros e artigos escritos neste idioma, em especial devido à necessidade desta comunicar-se com os pesquisadores e demais visitantes estrangeiros que constantemente freqüentam as instalações do OES/CRSPE-INPE ou do LACESM/CT-UFSM. O contato com cientistas de nível internacional também tem sido de imensa valia no desenvolvimento profissional e pessoal da bolsista e de grande importância no decorrer das atividades.

6. Atividades Complementares

Nesta etapa do Relatório serão descritas as atividades práticas desenvolvidas pela bolsista no período vigente da respectiva bolsa. Deve-se salientar que algumas das atividades desenvolvidas não estão diretamente envolvidas com o Projeto, mas que foram de grande valia no desenvolvimento técnico-científico da aluna.

6.1. Atividades Principais

As atividades principais desenvolvidas pela bolsista concentraram-se em:

- Coleta de dados (monitoramento noturno);
- Redução e análise parcial de dados;
- Aprendizagem a respeito da instrumentação, (alguns dos quais descritos anteriormente neste Relatório), utilizada no estudo da Luminescência Atmosférica;
- Entendimento da interação Software/Hardware para controle de dispositivos detectores;
- Estudo e a pesquisa de caráter científico no acervo bibliográfico disponível no Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria - LACESM/CT/UFSM, além da consulta ao acervo à Biblioteca Central da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM e das Bibliotecas Setoriais do Centro de Ciências Naturais e Exatas - CCNE/UFSM e Centro de Tecnologia – CT/UFSM. Artigos técnicos e científicos, publicações em revistas especializadas e a constante consulta a instituições via INTERNET tiveram importância relevante nas atividades de pesquisa da bolsista.

6.2. Acompanhamento Técnico – Científico de Cientistas Japoneses em Visita ao Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE para a calibração de Equipamentos

Durante o período vigente da bolsa, ocorreram visitas de alguns dos pesquisadores japoneses ao Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE. No meses de Agosto de 2001 e de Março de 2002, foram realizadas campanhas de observações, com a presença do pesquisador-colaborador japonês Dr. Kazuo Makita - *National Institute of Polar Research (NIPR)* - para a aquisição de dados de Aeroluminescência, operando os sistemas detectores por ele instalados em ocasião anterior (descritos no capítulo 3. *Instrumentação e Metodologia*) no Laboratório de Ótica e Aeroluminescência - LOLA/OES/CRSPE/INPE. Ocasões propícias para uma plena interação da aluna com este pesquisador, adquirindo maior conhecimento na área de pesquisa em que este atua.

No período de 21 á 25 de Outubro o pesquisador colaborador japonês Dr. Hiromasa Yamamoto – *Rikkyo University* – visitou o Observatório Espacial Sul - OES/CRSPE/INPE juntamente com um de seus orientandos para a calibração do fotômetro usado na medição da temperatura rotacional da Hidroxila instalado no prédio 5 do OES/CRSPE/INPE em ocasião anterior. Nesta ocasião foi possível a bolsista adquirir conhecimentos sobre outros equipamentos que não ligados diretamente ao Projeto em questão.

6.3. Acompanhamento Técnico – Científico de Cientistas em Visita ao Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE.

Em algumas ocasiões ocorreram visitas de pesquisadores e autoridades mundiais em Ciências Espaciais ao OES/CRSPE/INPE onde existiu a possibilidade da bolsista interagir com pesquisadores de diversos países e instituições, como foi o caso da vinda do Físico Solar Alemão Rainer Sweinn, pesquisador do *Instituto Max Planck Institut für Aeronomie – Alemanha*, e da pesquisadora brasileira Regina North naturalizada norte-americana que atualmente trabalha na divisão de Treinamento de Vão Espacial do Escritório Internacional de



Integração e Treinamento da NASA e ainda do também brasileiro **Major Aviador Marcos César Pontes**, o qual, selecionado em julho de 1998 pela AEB – Agência Espacial Brasileira, participa do treinamento para astronauta da NASA no Johnson Space Center. No dia 29 de janeiro deste ano (2002) aconteceu a visita da senadora **Emilia Fernandes** às instalações provisórias do Centro Regional Sul de Pesquisa – CRSPE - no Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria – LACESM/CT/UFSM-MEC – e ao Observatório Espacial Sul – OES/CRSPE/INPE-MCT – onde a acadêmica teve a oportunidade de apresentar o projeto em questão à mesma.

6.4. Cooperação na Manutenção do Laboratório de Óptica e Luminescência Atmosférica – LOLA.

Foi construído no Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE o Prédio 5, com o objetivo de abrigar o Laboratório de Ótica e Luminescência Atmosférica – LOLA (*Figura 6-1*). Este Prédio comporta os equipamentos e experimentos do OES relativos a Luminescência Atmosférica e Astronomia Óptica.

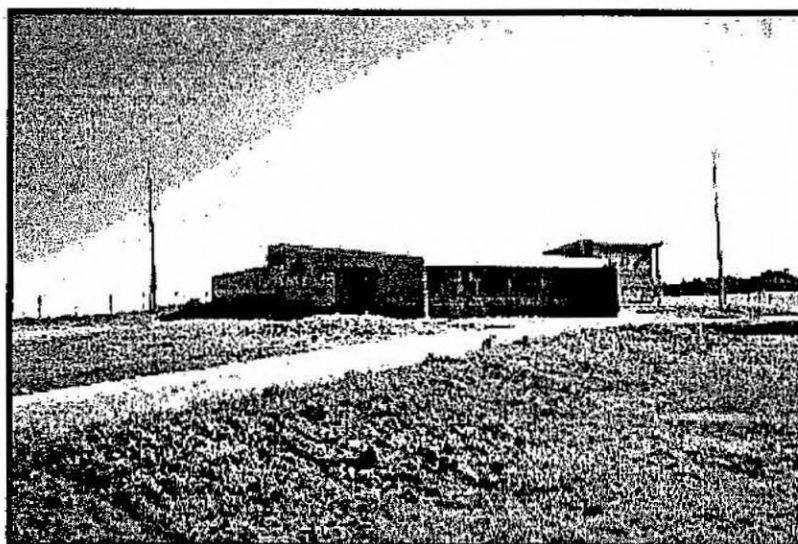


Figura 6-2: Prédio 5 do OES/CRSPE/INPE, onde está instalado o Laboratório de Ótica e Luminescência Atmosférica.

Além dos equipamentos já em operação, planeja-se instalar junto a este Prédio um Espectrômetro de varredura meridional para estudos ionosféricos e mesosféricos ainda no início do ano 2002.

6.5. Atuação no Laboratório de Aeronomia

A atuação da bolsista se dá junto ao Laboratório de Aeronomia - LAE/LACESM/CT -UFSM, desde Agosto de 2000, na área de Iniciação Científica em estudos de Aeronomia, Alta Atmosfera e Luminescência Atmosférica. A acadêmica bolsista foi designada para atuar a nível discente como responsável, do **PROGRAMA DE AEROLUMINESCÊNCIA DO PROJETO RADIOASTRONOMIA, COOPERAÇÃO BRASIL-JAPÃO, CONVÊNIO: INPE - UFSM**, respondendo por alguns dos equipamentos instalados no Observatório Espacial Sul, responsabilidade esta designada pelo Coordenador do Projeto RA/IPS, Dr. Nelson J. Schuch desde Fevereiro de 2001.

6.6. Experimentos Realizados no Laboratório de Ótica e Luminescência Atmosférica – LOLA/CRSPE/INPE para Aquisição de Dados de Luminescência Atmosférica.

Foram realizados diversos experimentos para aquisição de dados de Aeroluminescência bem como para acompanhamento do funcionamento do fotômetro FOTSUL e demais sistemas de aquisição de dados instalados no Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE-INPE.

Foi necessário o planejamento antecipado dos dias bons, isto é, noites sem lua² e em condições climáticas aceitáveis, para que fossem realizadas as observações. Para tal, foram utilizados websites especializados em meteorologia.

Em princípio, tentou-se manter observações periódicas a cada mês em períodos de Lua Nova.

² Os ângulos lunares aceitáveis para observação são aqueles que excedem 90°, onde a Lua não aparece no horizonte nem em qualquer ponto visível do céu de nosso sítio de observações.



No entanto, este objetivo nem sempre foi possível de ser realizado devido ao clima desfavorável.

Durante o mês de Agosto de 2001, houve a visita do Pesquisador Japonês, Dr. Kazuo Makita, do *National Institute of Polar Research – NPIR*. Período o qual foi realizado uma campanha de observações para a aquisição de dados de Aeroluminescência. Realizaram-se experimentos de aquisição de dados em períodos em que Dr. K. Makita estava ausente. Os dias em que foram feitas as observações, com o mês, condições climáticas e tempo de observação são apresentados na Tabela 6-1. Ao todo, foram realizadas 24 noites de observação.

Tabela 6-1: Experimentos Observacionais Realizados no Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE para aquisição de dados de Luminescência Atmosférica entre Agosto de 2001 e Junho de 2002.

DIA/MÊS/ANO	TEMPO DE OBSERVAÇÃO	CLIMA
20/Agosto/2001	10h e 30min	Bom
21/Agosto/2001	10h e 30min	Parcialmente Nublado
22/Agosto/2001	9h	Ruim
23/Agosto/2001	10h e 30min	Bom
24/Agosto/2001	10h	Bom
13/Setembro/2001	2h	Nublado
11/Outubro/2001	10h	Bom
12/Outubro/2001	9h	Bom
17/Outubro/2001	7h	Bom
18/Outubro/2001	8h	Bom
20/Novembro/2001	5h e 30min	Bom

DIA/MÊS/ANO	TEMPO DE OBSERVAÇÃO	CLIMA
15/Janeiro/2002	8h	Bom
11/Fevereiro/2002	8h	Parcialmente nublado
13/Fevereiro/2002	8h	Bom
14/Fevereiro/2002	8h	Bom
15/Fevereiro/2002	8h	Bom
08/Março/2002	10h	Bom
09/Março/2002	10h e 30min	Bom
13/Março/2002	30min	Chuvoso
14/Março/2002	9h e 30min	Bom
16/Março/2002	9h e 30min	Bom
17/Março/2002	3h	Chuvoso
18/Março/2002	7h e 30min	Bom
19/Março/2002	9h e 15min	Bom

6.7. Participações em Palestras, Cursos e Seminários:

Com a intenção de aumentar os conhecimentos da aluna em relação a diversas áreas do saber, esta participou de algumas palestras disponíveis durante a visita de pesquisadores internacionais e nacionais de renome às instituições UFSM e INPE – Santa Maria/RS.

- Palestra ministrada por: **Rainer Schwenn** – Físico Solar pesquisador do Max Planck Institut für Aeronomie.

Assunto: Space Weather: interações Terra-Sol e projetos desenvolvidos no Instituto Max Planck - Alemanha.

Data: 24/10/2001

Local: Auditório Pécio Reis – CT/UFSM.

- Palestra ministrada por: **Regina North** – pesquisadora brasileira que atua na divisão de Treinamento de Voo Espacial do Escritório Internacional de Integração e Treinamento da NASA.

Assunto: Panorama sobre o Projeto ISS – Nasa.

Data: 09/11/2001

Local: Auditório Pécio Reis – CT/UFSM.

- Palestra ministrada por: **Major Aviador Marcos César Pontes** – selecionado em julho de 1998 pela AEB para participar do treinamento para astronauta da NASA no Johnson Space Center.

Assunto: Treinamento no Johnson Space Center para formação de astronautas da Nasa.

Data: 09/11/2001

Local: Auditório Pécio Reis – CT/UFSM.

- Palestra ministrada por: **Guillermo Stenborg** – Físico Solar pesquisador do Instituto Max-Planck Institut für Aeronomie Lindau – Alemanha.

Assunto: Panorama do projeto MICA (Mirror Coronagraph for Argentina) instalado no Observatorio El Leoncito (Argentina), fazendo parte da colaboração entre Alemanha e Argentina. Telescópio este desenvolvido conjuntamente com o instrumento LASCO a bordo do Satélite SOHO.

Data: 20/12/2001

Local: Auditório Pécio Reis – CT/UFSM.

- Mini-curso que será ministrado por: **Dr. Walter Gonzalez** – pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

Assunto: Introdução ao estudo do Clima Espacial, sub-dividido em 3 aulas, cada uma com duração de 1 hora e 30 minutos e intervalo de 15 minutos. Os temas de cada aula:

- 1 - Processos solares e interplanetários que dão origem a variabilidade do clima espacial;
- 2 - Dinâmica da magnetosfera e ionosfera associada ao clima espacial;
- 3 - Efeitos do clima espacial no espaço e na superfície terrestre.

Data: 05, 06 e 07/03/2002

Local: Auditório Pécio Reis – CT/UFSM.

6.8. Abstracts, Resumos e Artigos Submetidos:

Visando o treinamento da acadêmica na elaboração de Resumos e Artigos destinados a Eventos de Iniciação Científica, bem como na apresentação de Seminários, submeteu-se os resumos abaixo citados.

Evento: XIV Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnologia em Engenharia – CRICTE 2001 e 2ª Feira de Protótipos

Título: *Observações da emissão "Airglow" durante máxima Atividade Solar.*

Data: 29 a 31 de agosto de 2001, promovido pelo Departamento de Tecnologia – UNIJUI.

Local: Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUI.

Evento: XVI Jornada Acadêmica Integrada – JAI 2001

Título: *Luminescência Atmosférica na região da Anomalia Magnética do Atlântico Sul*

Data: 26 a 28 de março de 2002, promovido pela Universidade Federal de Santa Maria – UFSM.

Local: Universidade Federal de Santa Maria – UFSM.



Evento: XIV Seminário de Iniciação Científica do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – SICINPE 2002.

Título: *Estudo da Alta Atmosfera através da Aeroluminescência na Região da Anomalia Magnética do Atlântico Sul*

Data: 10 a 11 de junho de 2002, promovido por Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e Conselho Nacional de Pesquisa – INPE/ CNPq.

Local: Sede do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais em São José dos Campos – INPE/SP

Ainda foi submetido o abstract intitulado: *Airglow depletions and GPS scintillations over the Southern Space Observatory – SSO (29°S, 53°W, ~20° dip Latitude)* ao PSMOS 2002 International Symposium on Dynamics and Chemistry of the MLT Region, que deverá ser realizado entre 4 e 8 de Outubro deste ano (2002) em Foz do Iguaçu – PR, contudo até o presente momento não se obteve a confirmação da aceitação do mesmo.

A bolsista ainda teve participação nos artigos:

- ♦ *VHF Radar na GPS based studies of equatorial spread F irregularities over Brazil*; Paula E. R.; Yyer, K. N.; Rodrigues, F. S.; Makita, K.; Monteiro, S. O.
- ♦ *Optical Emission in Brazilian Geomagnetic Anomaly Region*; Makita, K.; Monteiro, S. O.; Schuch, N. J.; Takahashi, H.; Santos, F. A. V.; Abdu, M.; Costa, R. A. B., Rev. Takushoku University, 2002.

Agradecimentos

Gostaria aqui de expressar meus sinceros agradecimentos ao PIBIC-CNPq/INPE-MCT ao apoio e incentivo no desenvolvimento de minhas atividades como acadêmica bolsista deste Programa, em especial na pessoa do Coordenador da Comissão CIBIC Dr. Germano Kienbaum. Esta ajuda foi e continuará sendo de fundamental importância para que jovens cientistas possam desenvolver suas atividades e, desta maneira, contribuir para o desenvolvimento científico e tecnológico de nosso País, o qual pretendemos retornar o auxílio dado através de nosso esforço científico.

Gostaria de agradecer ao Dr. Nelson J. Schuch, Chefe da Unidade Regional Sul de Pesquisas Espaciais e Coordenador da Ação de Implantação do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRSPE/INPE-MCT, que, com seu constante incentivo e estímulo, proporciona aos acadêmicos deste grupo um clima favorável ao desenvolvimento da criatividade, induzindo à um melhor desempenho de suas funções.

Aos Drs. Hisao Takahashi e Delano Gobbi pela especial dedicação em minha orientação e demais pesquisadores, alunos e técnicos do Laboratório de Luminescência Atmosférica - LUME/INPE-MCT, São José dos Campos/SP pelo apoio no desenvolvimento do Projeto, pois sem esta colaboração a execução do projeto não seria possível.

Por fim, aos colegas, professores e funcionários do LACESM/CT/UFSM-INPE e CRSPE/INPE-MCT, pelo grupo especial de pessoas que formam.

Referências Bibliográficas

1. 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.
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. Coutinho, E. F.; *Introdução às Partículas Presas e a Anomalia Geomagnética Brasileira*, Ciência e Cultura, 26(4), 329-339, 1974.
4. Kirchoff, V.W.; *Introdução A Geofísica Espacial*, Editora da Universidade de São Paulo, 1991
5. Pinto, O. J.; González, W. D.; *Anomalia Magnética Brasileira*, Ciência Hoje, vol. 9, no 52, 31-35, 1989.
6. Chamberlain, J. W.; *Physics of the Aurora and Airglow*, American Geophysical Union, 1995.
7. Tohmatsu, T.; *Compendium of Aeronomy*, Terra Scientific Publishing Company, Kluwer Academic Publishers, Tokyo, 1990.
8. Wrasse, C. M.; Takahashi, H.; Rettori, G.; *Construção de um Espectro-Fotômetro Para Monitoramento da Temperatura da Mesopausa na Região Polar Antártica*, Sociedade Brasileira de Geofísica – SBGF 100, 2000.
9. 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
10. Rees, M. H.; *Physics and Chemistry of the Upper Atmosphere*, Cambridge University Press, 1989.
11. Traduzido por: Neto, A. C.; *Manual de Operação do Monitor de Cintilação Scintmon*, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – Observatório Espacial de São Luís/Ma -



Ministério da Ciência e Tecnologia, 1999.

12. 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.
13. Jahn, J. M.; La Belle, J.; J. H. Sobral; Aggson, T.L.; Hanson, W. B.; *Detection of an equatorial spread F bubble by ground-based photometers and the San Marco 5 satellite*, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, vol. 59, No.13, pp. 1601-1609, 1997.
14. Sahai, Y.; P. R. Fagundes; J. A. Bittencourt; *Transequatorial F-region ionospheric plasma bubbles: solar cycle effects*, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, vol. 62, pp. 1377-1383, 2000.
15. Paula, E. R.; Rodrigues, F. S.; Iyer, K. N.; Kantor, I.J.; Abdu, M.A.; Kintner, P. M.; Ledvina, B. M.; Kil, H.; *Equatorial Anomaly Effects over GPS scintillations in Brazil*, submitted to Advances on Space Research, 2002.



Anexos

Anexo 1:

Neste anexo será apresentado o Plano de Trabalho da bolsista bem como seu Cronograma de Atividades.



Plano de trabalho do bolsista:

- Realização de imageamentos periódicos utilizando a Câmara de TV, o sistema de Câmeras CCD e o Fotômetro;
- Manutenção dos equipamentos acima citados;
- Revisão bibliográfica dos periódicos e livros existentes no Acervo Bibliográfico do LACESM, nas Bibliotecas Central e Setoriais da UFSM e em dados disponíveis na INTERNET;
- Análise dos dados coletados, com análise estatística, elaboração de gráficos e tabelas. Participação no desenvolvimento e manutenção de Banco de Dados;
- Estudo e análise dos equipamentos;
- Análise das variações registradas, com correlações com dados solares/magnéticos;
- Participação em atividades da Cooperação Brasil-Japão em Ciências Espaciais Básicas e de outras atividades tanto no Observatório Espacial do Sul como no Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria;
- Apresentação de trabalhos em Congressos/Eventos de Iniciação Científica;
- Preparação e apresentação de Seminários Científicos Internos;
- Elaboração de relatórios.

Cronograma de atividades:

[illegible]