

ESTUDO DA CAMADA DE OZÔNIO SOBRE O SUL DO BRASIL NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL

Adriane Griebeler

Aluna da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM - Bolsista PIBIC/CNPq

Orientadores: Dr. Volker W. J. H. Kirchhoff, Pesquisador - DGE

Dr. Nelson Jorge Schuch, Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRSPE

Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE

As medições da Camada de Ozônio sobre o Sul do Brasil, mais precisamente no Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE, são efetuadas através da utilização de dois tipos de equipamentos: o Espectrofotômetro Brewer, modelo MKIV #081, que mede a coluna total de ozônio, e o sistema de sondagem de ozônio, que permite determinar um perfil vertical de ozônio e dados meteorológicos da região.

O Espectrofotômetro Brewer é um instrumento óptico projetado para medir a intensidade da atenuação da radiação ultravioleta solar incidente, em cinco comprimentos de onda no espectro de absorção do ozônio e dióxido de enxofre. Também efetua medições de dióxido de nitrogênio e radiação ultravioleta. O Espectrofotômetro faz uso de duas técnicas para coleta de dados: DS (direto ao Sol) onde a lente do aparelho é voltada diretamente para o Sol, captando a radiação incidente; ZS (céu Zênite) onde a lente é voltada para o ponto mais alto do céu.

O Brewer é constituído de um espectrofotômetro e de um sistema de rastreamento do Sol, acoplados a um microcomputador que, através de software próprio, controla o funcionamento do espectrofotômetro, bem como reduz e armazena dados. O conjunto está instalado no OES, sendo que o microcomputador encontra-se situado dentro do Prédio 01 e o espectrofotômetro instalado a 5 m de distância. A conexão entre os equipamentos é feita por meio de cabos de comunicação serial, padrão RS232C.

Para a sondagem estratosférica de ozônio, são usadas duas sondas que são elevadas por balões de 2000 g que chegam a atingir 40 Km de altura. A primeira é uma Ozoniosonda, composta de uma pequena bomba succionadora de ar atmosférico para dentro de uma célula, contendo uma solução química reagente com o ozônio. A concentração de ozônio é determinada pelo aumento da corrente entre os vasos da célula eletroquímica. A segunda é uma Radiosonda que faz medições de dados meteorológicos de pressão, temperatura e umidade relativa (PTU), transmitindo-os para a estação terrena, Sistema W-9000, na frequência de 403 MHz.

Os dados coletados pelos equipamentos citados, são processados e armazenados no CRSPE/INPE, no Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria - LACESM/CT/UFSM, e são enviados ao INPE via FTP.

Foram efetuadas comparações entre os dados coletados pelo Brewer #081 e dados obtidos por instrumentos instalados em satélite, TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer) da NASA, para o ano de 1997, visualizadas no gráfico da Figura 1, onde observa-se uma correlação notável entre os valores. Verifica-se um pico mínimo de concentração de O₃, para ambos os instrumentos, no mês de maio (em torno de 250 UD) e um pico de concentração máxima em outubro (em torno de 290 UD).

O ano de 1997 foi selecionado, devido ao fato de ser o único ano em que foram realizadas sondagens para todos os meses, sendo assim, possível fazer as comparações comprovadas pelos gráficos da Figura 1 e Figura 2.

**MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS
COORDENAÇÃO DE ENSINO, DOCUMENTAÇÃO E PROGRAMAS ESPECIAIS
COORDENAÇÃO DE CIÊNCIAS ESPACIAIS E ATMOSFÉRICAS - CEA
CENTRO REGIONAL SUL DE PESQUISAS ESPACIAIS - CRSPE
ESTAÇÃO TERRENA DE RASTREIO E CONTROLE DE
SATÉLITES - ETRCS/CRSPE/INPE
OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL - OES/CRSPE/INPE**

Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica - PIBIC - CNPq

RELATÓRIO DE ATIVIDADES

Título do Projeto:

**Estudo da Camada de Ozônio sobre o Sul do Brasil no
Observatório Espacial do Sul**

**Bolsista:
Adriane Griebeler**

**Orientador:
Volker W. J. H. Kirchhoff**

**Co-Orientador:
Nelson Jorge Schuch**

Santa Maria, Junho de 1999.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	4
1. INTRODUÇÃO	5
1.1. OBJETIVO DO PROGRAMA DE MONITORAMENTO DO OZÔNIO ATMOSFÉRICO	5
1.2. LABORATÓRIO DE CIÊNCIAS ESPACIAIS DE SANTA MARIA- LACESM E A IMPLANTAÇÃO DO OES/CRSPE/INPE	5
2. ATMOSFERA TERRESTRE	9
2.1. CAMADAS DA ATMOSFERA	9
2.2.1. COMPOSTOS DE CLORO	10
2.2.2. COMPOSTOS DE NITROGÊNIO	11
2.2.3. COMPOSTOS DE ENXOFRE	12
2.2.4. COMPOSTOS DE HIDROGÊNIO	12
2.3. OZÔNIO	13
2.4. BURACO DE OZÔNIO ANTÁRTICO.....	14
2.5. RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA.....	15
3. INSTRUMENTAÇÃO	16
3.1. ESPECTOFOTÔMETRO BREWER MKIV	16
3.1.1. SISTEMA ÓPTICO	18
3.1.1.1. PRISMA DE ZÊNITE	19
3.1.1.2. LÂMPADAS.....	19
3.1.1.3. DIAFRAGMA DA IRIS.....	20
3.1.1.4. FILTROS	20
3.1.2. ESPECTRÔMETRO	20
3.1.2.1. LENTES DE CORREÇÃO	21
3.1.2.2. ESPELHO ESFÉRICO	21
3.1.2.3. GRADE DE DIFRAÇÃO	21
3.1.2.4. MICRÔMETRO	21
3.1.2.5. MÁSCARA	22
3.1.3. FOTOMULTIPLICADOR.....	23
3.1.4. METODOLOGIA	24
3.2. SISTEMA DE TELEMETRIA E SONDAGENS - W-9000	27
3.2.1. MICROSSONDA MARK II	30
3.2.2. OZONIOSSONDA ECC MODELO Z.....	32
4. RELATO DAS ATIVIDADES	34
4.1. ESPECTROFOTÔMETRO BREWER.....	34
4.2. LANÇAMENTOS DE SONDAS.....	35
5. PARTICIPAÇÃO EM CONGRESSOS E SEMINÁRIOS	36
6. CONCLUSÕES	37

6. CONCLUSÕES	37
7. BIBLIOGRAFIA	38
ANEXO 01	40
ANEXO 02	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Fotografia mostrando as instalações do Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE-INPE	7
Figura 2 - Camadas da atmosfera com suas respectivas temperaturas	9
Figura 3 - Espectrofotômetro Brewer MKIV #081 instalado no OES/CRSPE – INPE	16
Figura 4 - Sistema óptico do Brewer MKV	18
Figura 5 - Fotografia mostrando o sistema óptico do espectrofotômetro.....	18
Figura 6 - Vista do prisma rotativo de entrada da luz no Brewer.....	19
Figura 7 - Vista superior do micrômetro de ajuste da grade de difração	22
Figura 8 - Máscara da fenda de saída.....	23
Figura 9 - Vista superior do tubo fotomultiplicador	24
Figura 10- Visão de topo do sistema interno do Espectrofotômetro Brewer MKIV.....	25
Figura 11 - Esquema do Sistema Meteorológico W-9000 instalado no OES/CRSPE-INPE.....	28
Figura 12 - Receptor do Sistema Meteorológico W-9000 instalado no OES/CRSPE-INPE	28
Figura 13 - Antena de recepção dos dados do sistema W-9000.....	29
Figura 14 - Ozoniossonda ECC.....	32
Figura 15 - Comparação entre os dados obtido com Brewer #081 e NASA-TOMS para o ano de 1997	34
Figura 16 - Gráfico de perfis médios de sondagens para alguns meses de 1997	35

1. INTRODUÇÃO

1.1. OBJETIVO DO PROGRAMA DE MONITORAMENTO DO OZÔNIO ATMOSFÉRICO

Uma consequência direta da ação indiscriminada do homem sobre o meio ambiente, é a diminuição da Camada de Ozônio, que atua como um filtro natural da Radiação Ultravioleta. Assim, sob a perspectiva de um aumento na incidência de catarata, queimaduras e câncer de pele, prejuízos ao sistema imunológico, redução da Camada de Ozônio, aumento das infecções fúngicas e bacterianas, envelhecimento precoce da pele e sua degeneração elástica, redução de safras agrícolas, devido a alterações na camada de ozônio, torna-se necessário um monitoramento do Ozônio Atmosférico.

Deste modo, o Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria – LACESM no OES/CRSPE-INPE, através do Programa de Monitoramento do Ozônio Atmosférico, desenvolvido em conjunto via convênio: INPE-UFSM, vem atuando nesta área com o objetivo de monitorar, analisar e estudar o comportamento da Camada de Ozônio na Região Sul do Brasil, bem como organizar um banco de dados sobre Ozônio, Radiação Ultravioleta e Raios Cósmicos.

Para tornar possível este monitoramento, o LACESM iniciou em 1992 o Programa com um Espectrofotômetro Brewer, instalado no "campus" da UFSM, que em 1995 foi transferido para instalações provisórias na cidade de São Martinho da Serra e posteriormente, em 1996, para as suas instalações definitivas junto ao Prédio 01 do Observatório Espacial do Sul, no Rincão dos Negrinhos, Município de São Martinho da Serra, RS.

Hoje está instalado no OES/CRSPE/INPE um Espectrofotômetro Brewer MKIV #081 e um sistema de Telemetria e Sondagem W9000, que foi implantado em outubro de 1996. Ambos estão instalados no Observatório Espacial do Sul –OES, em São Martinho da Serra.

1.2. LABORATÓRIO DE CIÊNCIAS ESPACIAIS DE SANTA MARIA- LACESM E A IMPLANTAÇÃO DO OES/CRSPE/INPE

O Brasil, País de dimensões continentais, constitui-se num excelente local de observações de fenômenos geofísicos e espaciais. Efeitos Secundários do Buraco de Ozônio Antártico, Anomalia Magnética do Atlântico Sul (AMAS), Eletrojato Equatorial, Equador

Magnético, Amazônia, massas de ar e variedade de climas, maior incidência de relâmpagos em todo o Planeta, relativa proximidade ao continente Antártico, todas estas características favorecem a ocorrência de variedades de fenômenos naturais os quais por si só merecem estudo e compreensão.

Devido as condições naturais favoráveis, em 13 de outubro de 1973 foi criado o Núcleo de Estudos e Pesquisas Aeroespaciais - NEPAE, o qual teve sua designação alterada para Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria - LACESM, em 1995.

O LACESM é um órgão setorial administrativamente vinculado a Direção do Centro de Tecnologia da UFSM. O LACESM é o órgão executor do Projeto Radioastronomia.

A partir de um sucesso de desenvolvimento e sistemática superação de dificuldades financeiras e burocráticas impostas a consolidação do Projeto RA e do LACESM, a Direção do INPE demonstrou interesse em instalar no Sul do País um Complexo de Pesquisas Espaciais, consolidando os objetivos da Política Nacional de Desenvolvimento de Atividades Espaciais - PNDAE. Diante deste interesse, em 1996 foi renovado e assinado o Convênio MCT/INPE - UFSM, para implantação do CENTRO REGIONAL SUL DE PESQUISAS ESPACIAIS - CRSPE/INPE, incluindo subprojetos da ESTAÇÃO TERRENA DE RASTREIO E CONTROLE DE SATÉLITES -ETRC/INPE, em Santa Maria, e do OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL - OES/INPE, em São Martinho da Serra, RS.

A Prefeitura e Câmara Municipal de São Martinho da Serra desapropriou no Município a área escolhida para a Sede do Observatório, uma gleba de área de 12 hectares para a construção do OES pelo INPE. Esta área é adequada para a construção dos prédios necessários para a implementação do OES e permite uma otimização com um melhor aproveitamento da distribuição física, no terreno, de sensores, equipamentos e antenas de telescópios.

O Prédio 1 do Observatório Espacial do Sul - CRSPE/INPE/UFSM financiando pela FNDCT/FINEP, em São Martinho da Serra - RS, foi construído e entrou em operação sistemática com coleta de dados científicos em 19/12/1996. Portanto, no mês de dezembro/1996 foi iniciado o processo da transferência dos equipamentos de controle e coleta de dados instalados no Campus da UFSM, inclusive os equipamentos da Cooperação Brasil - Japão e do Programa do Ozônio, conforme estabelecido pelo cronograma aprovado pela FINEP/FNDCT para o PROJETO RADIOASTRONOMIA.

A sub-unidade do CRSPE/INPE, o Observatório Espacial do Sul, em São Martinho da Serra, RS, tem como coordenadas geográficas:

Latitude: - 29° 26' 24 ''

Longitude: - 53° 48' 38''

Altitude elipsoidal: 488.7001 m

valores obtidos através de levantamentos por técnicas GPS na posição do 3º ponto da linha de base do radiointerferômetro do Projeto RA no Sítio do OES.

Foram definidas como atribuições do Observatório Espacial do Sul:

1. Executar e desenvolver as atividades e projetos de pesquisa técnico-científica em Astronomia, nas áreas de Astrofísica e Radioastronomia.
2. Executar e desenvolver as atividades e projetos de pesquisa técnico-científica em Geofísica Espacial, nas áreas de Geomagnetismo, Magnetosfera e Heliosfera, Eletricidade Atmosférica, Física e Química da média e baixa Atmosfera.
3. Executar e desenvolver as atividades e projetos de pesquisa técnico científica em Aeronomia, nas áreas de físico-química e física da alta Atmosfera e Ionosfera.
4. Coletar dados, arquivando-os e mantendo-os em banco de dados formatados de acordo com padrões internacionais.
5. Desenvolver e fortalecer atividades de cooperação científica com pesquisadores e instituições de pesquisas nacionais e estrangeiras.

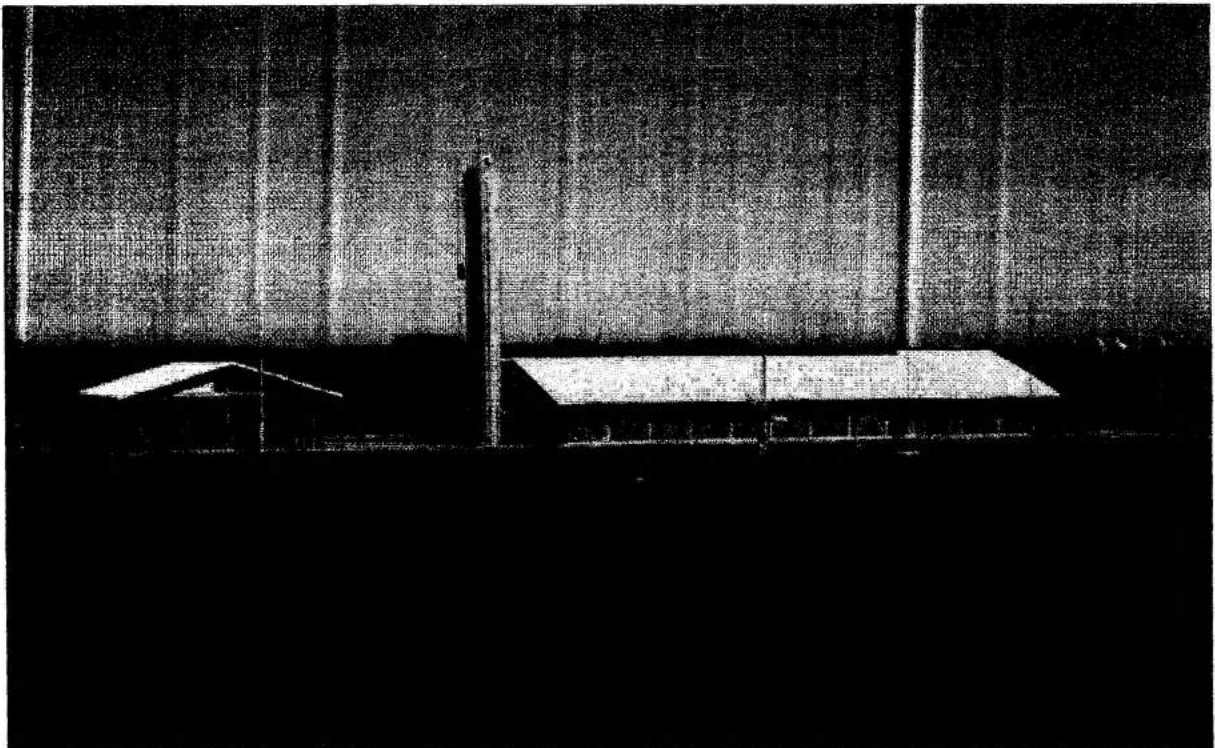


Figura 1- Fotografia mostrando as instalações do Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE-INPE

São objetivos do CRSPE/INPE em Santa Maria, RS:

1. Dar suporte logístico, técnico-científico ao desenvolvimento de programas, projetos e atividades do INPE na região Sul do Brasil e Cone Sul da América.
2. Apoiar os lançamentos e monitoramentos de satélites, foguetes e balões, no trânsito dos mesmos, na calibração das cargas-úteis e no processamento dos dados.
3. Efetuar manutenção de banco de dados obtidos pela ETRCS/INPE e OES/INPE.
4. Prestar apoio a usuários localizados nas regiões Sul do Brasil e Cone-Sul da América na obtenção de dados produzidos pelo Instituto.
5. Desenvolver equipamentos para suporte aos laboratórios, para uso de missões do INPE e para coleta de dados convencionais ou via satélite.
6. Realizar a administração das atividades, dos recursos humanos e dos recursos financeiros movimentados pelo CRSPE, ETCRS e OES/INPE, bem como as de suprimento de materiais, bens patrimoniais, orçamento e finanças.

Santa Maria, com o LACESM e com o Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRSPE/INPE e a sua sub-unidade, o Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE - INPE, em São Martinho da Serra, apresentam as condições logísticas e antropogênicas ideais do Sul do País para dar suporte a uma Cooperação Científica Internacional de longo período, 12 anos (abrangendo no mínimo um período completo do ciclo solar de 11 anos), como a do Brasil/Japão em Ciências Espaciais Básicas, que tem como principal objetivo pesquisar os fenômenos físico-químicos que ocorrem na grande região da AMAS.

Em 1996, com o apoio do CEA/INPE e da UFSM/LACESM foi aprovado pelo Governo Japonês o projeto de Cooperação Internacional Brasil - Japão em Ciências Espaciais Básicas, para estudo de fenômenos relacionados a Anomalia Magnética do Atlântico Sul, com coordenação pelo lado brasileiro do LACESM/CT/UFSM e do CEA/INPE, e coordenação pelo lado japonês do *National Institute of Polar Research*.

TROPOSFERA: camada mais próxima da superfície terrestre, atingindo até 20 Km do solo no Equador e aproximadamente 10 Km nos pólos. É nesta Atmosfera que ocorrem os fenômenos climáticos e onde os seres vivos podem respirar normalmente, está subdividida em Biosfera, região superficial e Camada Limite, estendendo-se nos primeiros 3 Km.

ESTRATOSFERA: camada logo acima da Troposfera que se estende de 16 a 50 Km de altura. Existe uma fonte de calor representada pela absorção de luz ultravioleta pelo oxigênio (O_2) e ozônio(O_3). Isto cria uma camada de inversão global, o que impede a movimentação do ar para a Estratosfera e dentro desta, isto devido a que o ar aquecido paira acima do ar frio, impedindo a convecção.

MESOSFERA: camada que se estende de 50 a 100Km de altura. A temperatura volta a decrescer.

TERMOSFERA: estende-se de 100 a 400Km de altura. A temperatura mais uma vez aumenta com a altura pela dissociação e ionização das partículas.

EXOSFERA: Camada acima de 400 Km . O ar é muito rarefeito e as moléculas de gás escapam constantemente para o espaço. Por isso é chamada de Exosfera (parte externa da Atmosfera).

2.2. QUÍMICA DA ATMOSFERA

A Atmosfera Terrestre é constituída de uma grande variedade de gases, embora em proporções reduzidas, muitos destes tem importância fundamental no equilíbrio planetário. O acúmulo de energia solar na Atmosfera e na superfície do planeta é um dos fatores que controlam o perfil de temperatura na Atmosfera. A temperatura da Atmosfera, o Campo Gravitacional do Planeta e o peso molecular médio dos constituintes determinam a densidade de átomos e moléculas a uma dada altura. A densidade e a temperatura, por sua vez, determinam a frequência de colisões dos constituintes atmosféricos. A frequência de colisões e a temperatura controlam as taxas de reações químicas que nela ocorrem. Por causa do transporte dinâmico da Atmosfera e pelo acúmulo de energia nesta, o equilíbrio químico não é atingido geralmente, e nem mesmo um estado estacionário existe para muitos componentes.

2.2.1. COMPOSTOS DE CLORO

Os compostos de cloro na Atmosfera contribuem para a destruição do ozônio através

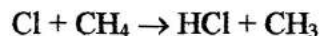
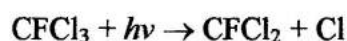
de ciclos catalíticos. Devido a isso, um aumento em suas concentrações na Atmosfera poderia refletir-se diretamente nos níveis de ozônio.

A maior parte do cloro encontrado na Atmosfera tem origem nos clorofluorcarbonos (CFC's) e outros compostos a base de cloro produzidos pelo homem. Somente 15 a 20% provém de compostos de origem animal.

Na Troposfera o principal composto inorgânico é o HCl, o qual é formado pela acidificação do spray de NaCl; os principais compostos orgânicos são os CFC's. O CH₃Cl é o único a ter origem natural (oceanos e queimadas de biomassa).

Na baixa Estratosfera os halocarbonos são a forma dominante de cloro.

Os compostos orgânicos de cloro são dissociadas pela Radiação Ultravioleta de comprimento de onda igual de 230 nm. Como esses comprimentos de onda são também absorvidos pelo ozônio e oxigênio, esses compostos devem subir a altas altitudes para que a fotólise possa ocorrer.

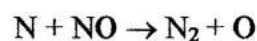
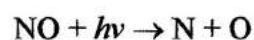


2.2.2. COMPOSTOS DE NITROGÊNIO

O NO_x é formado na Estratosfera ou Mesosfera pelo bombardeio de partículas carregadas.

Na Mesosfera, os compostos de NO_x são formados por ionização resultantes da precipitação de elétrons relativísticos e bombardeio de prótons solares.

A decomposição do monóxido de nitrogênio ocorre por:

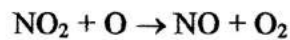


Na Troposfera o NO_x ajuda a formar ozônio. É o caso do *smog* fotoquímico. A altas altitudes na Troposfera, reações químicas similares produzem ozônio como um subproduto da oxidação do metano.

Na Estratosfera a principal fonte de NO_x é o N₂O, cuja maior parcela provém da

decomposição bacteriológica da matéria orgânica. O N_2O é pouco reativo, atingindo a Estratosfera é convertido a nitrogênio e oxigênio pela fotólise ultravioleta.

Ciclo da depleção do ozônio com compostos de nitrogênio é

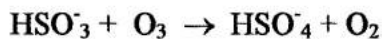
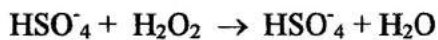


O NO_2 reage com ClO , formando o inativo $ClONO_2$. Por um lado o NO_x atua diretamente na diminuição do ozônio, por outro inativa o Cl .

2.2.3. COMPOSTOS DE ENXOFRE

O enxofre está presente sob a forma de diversos compostos, tais como ácido sulfúrico, NH_4HSO_4 , $(NH_4)_2SO_4$. A concentração de SO_2 , porém é a maior de todos os gases contendo enxofre. Suas principais fontes são a poluição industrial e as erupções vulcânicas.

As principais reações são com a água e ozônio:



O ácido sulfúrico é formado dentro de gotas em nuvens por oxidação de SO_2 dissolvido. Devido sua baixa pressão de vapor, o ácido sulfúrico é condensado em gotas e partículas de aerossol, as quais podem precipitar-se sobre a superfície, formando a chuva ácida.

O aerossol de sulfato tem grande importância em fenômenos atmosféricos, pois pode servir de sítio para reações heterogêneas. Afeta também o balanço de energia global, pois absorve radiação solar em comprimentos de onda específicos.

2.2.4. COMPOSTOS DE HIDROGÊNIO

O hidrogênio na forma de radical hidroxila (OH) participa de reações químicas que

contribuem para a destruição do ozônio atmosférico. Sua produção deve-se a reação do vapor d' água com oxigênio monoatômico resultante da fotodissociação do ozônio.

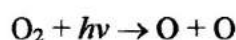
A hidroxila (OH) e o H produzidos reagem então com outros compostos.



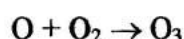
Sendo M uma molécula qualquer, possuindo algum momentum que é regenerada após a seqüência reacional.

2.3. OZÔNIO

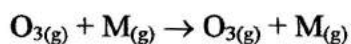
O ozônio é um gás que existe em estado puro e livre na Atmosfera Terrestre, sendo um subproduto do oxigênio. A uma certa altura, na Atmosfera, os raios ultravioleta do sol são suficientemente intensos para quebrar a molécula de O_2 produzindo dois átomos de oxigênio atômico (O)



A produção do ozônio ocorre imediatamente após a produção de O, através da associação de um átomo de O com uma molécula de O_2



onde a molécula de O_3 tem um excesso de energia e se dissocia rapidamente a O_2 e O, a menos que colida com outra molécula (CO_2 , N_2 , O_2) que retire o excesso de energia, estabilizando-a:



A concentração de ozônio não é a mesma em diferentes alturas, devido aos processos de produção e perda terem intensidades diferentes a diferentes alturas. O próprio processo de produção de O_3 , atenua a intensidade de UV de cima para baixo, o que resulta numa concentração máxima de O_3 em torno dos 28 Km, diminuindo para cima e para baixo. O O_3 forma assim, uma camada na Atmosfera que absorve a Radiação Ultravioleta Solar,

impedindo-a de atingir a superfície da Terra, onde poderia causar danos irreparáveis aos seres vivos.

A concentração de ozônio na Atmosfera é medida pela coluna total de ozônio que é a integral sobre a espessura da Atmosfera da quantidade de ozônio por quantidade de volume. A coluna de ozônio é normalmente espessa como a espessura que o ozônio isolado ocuparia nas condições normais de temperatura e pressão. É medido em milésimos de centímetros-unidades Dobson (1 UD = 0.001 cm de espessura).

2.4. BURACO DE OZÔNIO ANTÁRTICO

O fenômeno do Buraco de Ozônio descoberto na década de 80, deve-se a reações entre halogênios e a molécula de ozônio. Sendo o ozônio produzido por uma série de reações que principiam com a fotodissociação do oxigênio molecular, este pode ser destruído pela recombinação com O_2 e por uma variedade de ciclos catalíticos envolvendo H, NOX, e Cl.

A Atmosfera da Antártica apresenta condições favoráveis para a ocorrência das reações catalíticas com O_3 . Devido as baixas temperaturas, formam-se no inverno antártico, nuvens estratosféricas de partículas, principalmente de ácido nítrico congelado, as quais favorecem a liberação dos átomos de cloro dos campos reservatório e propiciam a ocorrência de reações químicas heterogêneas entre ozônio e espécies de cloro e bromo, principalmente.

Favorecem a destruição do ozônio na Antártica, algumas condições especiais como o vórtex polar. Durante o inverno polar, a massa de ar estratosférico sobre a Antártica é efetivamente isolada do resto da atmosfera por uma forte circulação centrada sobre o Pólo. Este vórtex polar forma-se quando o ar polar esfria-se, contrai e desce. O ar que se move para o Pólo das baixas latitudes é desviado pelo efeito Coriolis, e um forte vórtex circular é produzido sobre uma região correspondente ao continente antártico.

No Hemisfério Norte, as temperaturas não são tão baixas e então o vórtex Ártico é mais fraco e tende a ser destruído durante o inverno. O vórtex antártico, entretanto, é completamente estável e conserva-se até a primavera quando o Sol surge e aquece o ar. Uma rápida mudança no modo de circulação dos ventos resulta, então, de tal forma que o ar das baixas latitudes penetra na Região Polar Sul.

As formas de cloro acumuladas durante o inverno rapidamente se dissociam no retorno da luz solar na primavera para produzir átomos de cloro reativos que atacam o ozônio. O mecanismo mais provável para a destruição da molécula de ozônio é : o ciclo começa com a

junção de duas moléculas de ClO para formar o dímero Cl₂O₂. Se a fotólise do dímero produzir um átomo de cloro livre e uma forma particular de dióxido de cloro, esta molécula decompõe-se rapidamente, fechando um ciclo catalítico efetivo em remover o ozônio.

2.5. RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

A atenuação da radiação pela Atmosfera, por absorção ou espalhamento, é o fator determinante para a existência da vida na superfície terrestre. Por isso, a descoberta da redução no ozônio estratosférico criou uma expectativa quanto a possibilidade do aumento da intensidade de Radiação Solar UV na superfície, em especial da radiação biologicamente ativa UVB (290-320 nm). Espera-se que a radiação UVB aumente com a depleção do ozônio atmosférico muito mais pronunciadamente que a radiação UVA, devido a que a absorção pelas Bandas de Hartley da molécula de ozônio aumenta muito mais rapidamente para comprimentos de onda curtos, abaixo de 320 nm.

A radiação UVB tem sido classificada em curvas de acordo com seus efeitos biológicos (espectro de ação), tais como as curvas para a síntese da vitamina D, ação Erythema, ação cangerígena, ação biológica sobre o olho humano. Na faixa de Erythema-UV, responsável pelo surgimento de queimaduras na pele, seu espectro de ação tem um máximo na região UVB (em torno de 300 nm), estendendo-se até o UVA [06].

A faixa de radiação UV próxima ao visível, UVA (320-400 nm) apresenta uma pequena ação biológica, entretanto reveste-se de certa importância por representar cerca de 90% da radiação solar no UV. UVA é menos efetivo biologicamente que UVB. Entretanto, por causa de sua intensidade muito maior na luz solar assim como em muitas fontes artificiais, e o maior período do dia no qual a luz solar UVA permanece a altas intensidades, UVA pode ter significativos efeitos biológicos.

A radiação UVA situa-se numa região espectral sem fortes bandas de absorção molecular na Atmosfera, não sofrendo portanto influências com a variação no ozônio total. Esta faixa pode então servir como referência para comparação com níveis de radiação UVB, verificando se flutuações ocorridas nesta faixa estão relacionadas com variações na coluna total de ozônio ou com variações em outros fatores, tais como nebulosidade, opacidade atmosférica e flutuações no fluxo de Radiação Solar.

3. INSTRUMENTAÇÃO

3.1. ESPECTOFOTÔMETRO BREWER MKIV

O Espectrofotômetro Brewer é um instrumento óptico projetado para medir a intensidade da atenuação da radiação solar ultravioleta incidente, em cinco comprimentos de onda no espectro de absorção de ozônio e dióxido de enxofre. Também pode operar na análise do dióxido de nitrogênio nos comprimentos de onda de 430 - 450 nm e intensidade da radiação UVB incidente na superfície.

A Figura 2 mostra o Espectrofotômetro Brewer MKIV #081 que encontra-se instalado no Observatório Espacial do Sul.

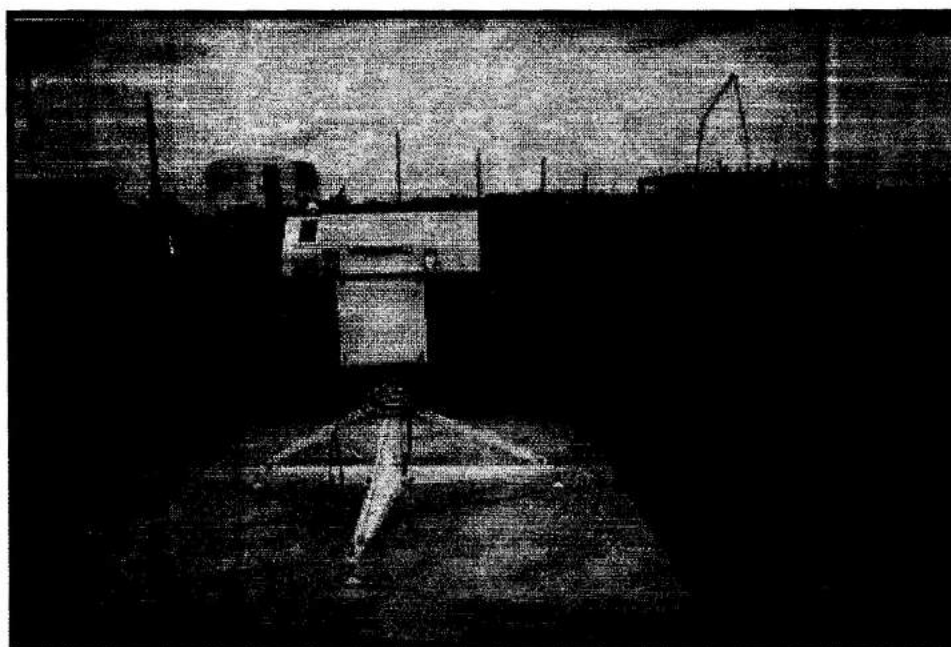


Figura 3 - Espectrofotômetro Brewer MKIV #081 instalado no OES/CRSPE – INPE

O Brewer é formado por um espectrofotômetro e um sistema de rastreamento do Sol, acoplados a um microcomputador, o qual, através de um software próprio, controla o funcionamento do espectrofotômetro, bem como analisa e armazena os dados.

O Brewer apresenta um pedestal de funcionamento automático, controlado pelo microcomputador, o qual permite ao espectrofotômetro acompanhar a trajetória do Sol durante o dia.

O instrumento trabalha em ampla faixa espectral que é selecionada com auxílio de um monocromatizador. Esse é basicamente constituído de uma fonte de energia radiante, um elemento de dispersão e dispositivos para controle da largura da faixa de comprimento de onda desejados.

A fonte de energia deve fornecer um espectro contínuo. Os elementos de dispersão podem ser prismas de vidro ou quartzo e redes de difração.

A luz entra através de uma janela inclinada de quartzo. O feixe incidente é direcionado através da parte óptica por um prisma diretor que pode ser girado para selecionar luz tanto do Céu Zênite, direto ao Sol ou das lâmpadas de calibração. Uma lâmpada de mercúrio fornece uma fonte padrão para calibração do comprimento de onda do espectrofotômetro; uma lâmpada halógena fornece uma fonte de luz bem regulada para monitorar a resposta espectral relativa do espectrômetro.

Uma grade espectrométrica dispersa a luz ultravioleta para um plano focal; seis fendas de saída estão posicionadas ao longo do plano focal nos comprimentos de onda de operação: 302.2, 306.3, 310.0, 313.5, 316.8, 320 nm.

O comprimento de onda a ser analisado é ajustado pela rotação da grade com um motor de passo que direciona um micrômetro.

A fenda de saída plana é envolvida por uma máscara cilíndrica que expõe só um comprimento de onda por vez. A máscara é posicionada pelo motor de passo.

A luz que passa através da fenda de saída é coletada no cátodo de um fotomultiplicador; o pulso de fótons é amplificado, discriminado e dividido antes de ser transmitido para um contador. A contagem de fótons resultante é registrada em um dos cinco canais de comprimento de onda.

Os valores coletados são armazenados pelo computador, o qual realiza cálculos estatísticos sobre estes (média e desvio padrão), sendo descartadas as medidas para as quais o valor do desvio em relação ao ozônio seja superior a 2,5.

Na Figura 4, observa-se as três partes que compõem o espectrofotômetro: a parte pré-óptica, composta do prisma zênite e filtros com motores de passo para direcionar a luz, o espectrômetro com o sistema óptico propriamente dito, com lentes e espelhos e o tubo fotomultiplicador.

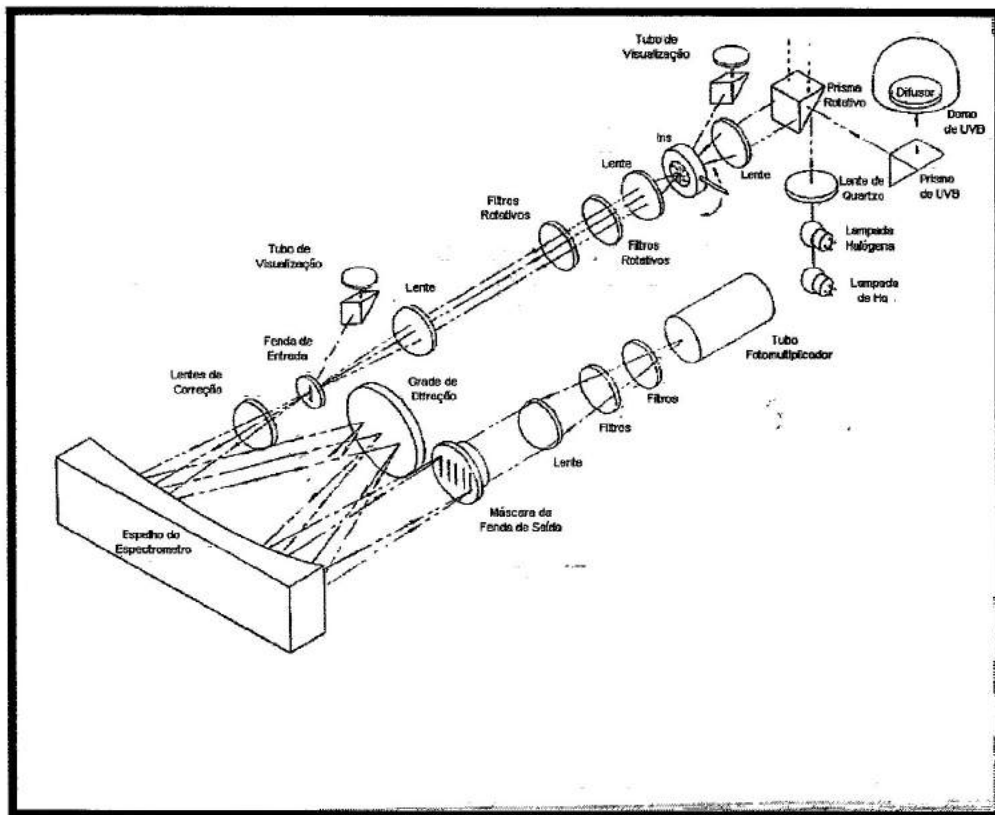


Figura 4 - Sistema óptico do Brewster MKV

3.1.1. SISTEMA ÓPTICO

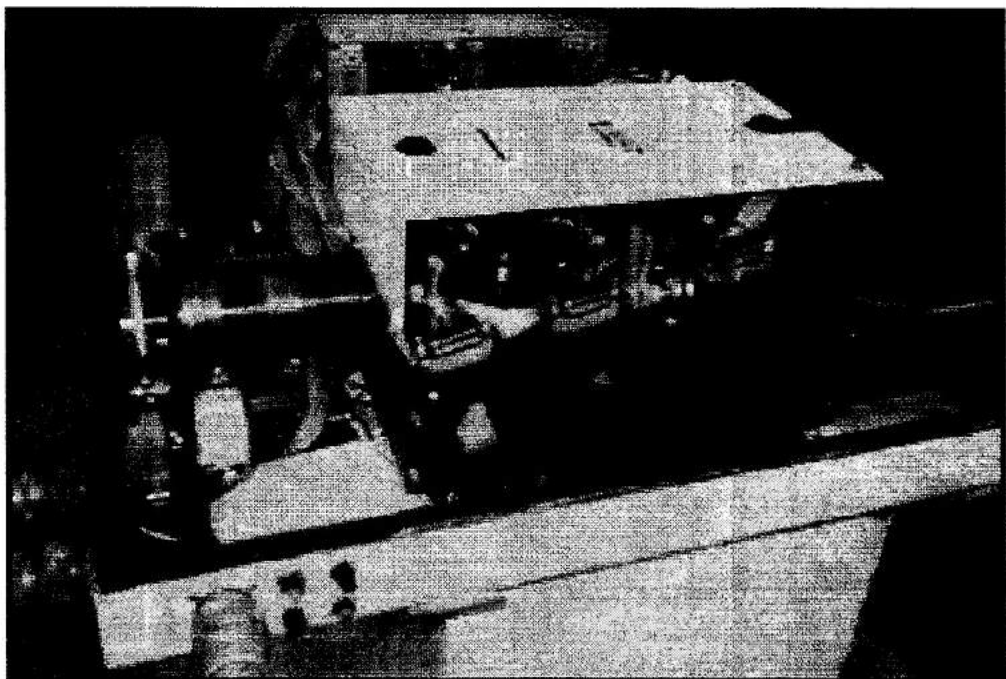


Figura 5 - Fotografia mostrando o sistema óptico do Espectrofotômetro

2. ATMOSFERA TERRESTRE

A Atmosfera Terrestre é constituída por uma mistura de gases, sendo os mais abundantes o nitrogênio (N_2) e o oxigênio (O_2) este o gás mais importante para o processo biológico de respiração.

De acordo com a composição, divide-se a Atmosfera em duas camadas: Homosfera, correspondente a região até cerca de 100 Km, na qual a composição permanece praticamente constante, com o predomínio de N_2 e O_2 e a Heterosfera, acima de 100Km, na qual predomina a difusão molecular, não havendo mais a mistura proporcional dos gases.

2.1. CAMADAS DA ATMOSFERA

A Atmosfera pode ser dividida em quatro camadas de acordo com a variação da temperatura com a altura, como pode ser visualizada na Figura 2:

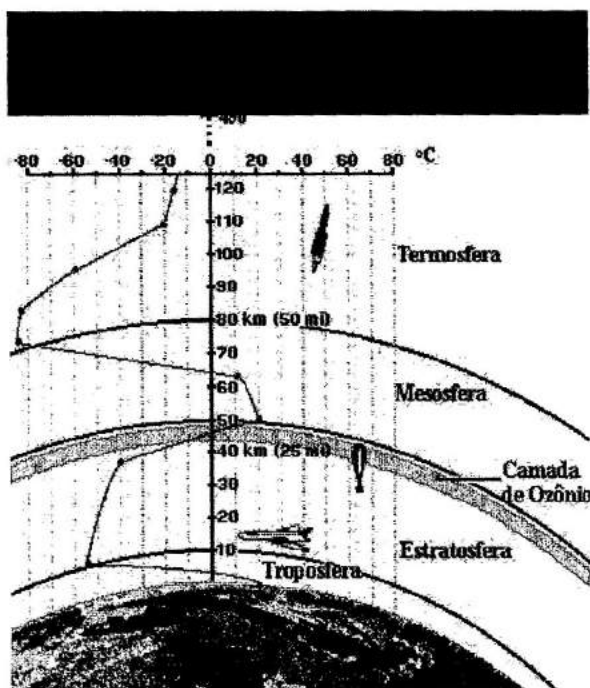


Figura 2 - Camadas da Atmosfera com suas respectivas temperaturas

Fonte: http://www.iag.usp.br/sisterra/betatest/meteo/met_atm2.htm

3.1.1.1. PRISMA DE ZÊNITE

No ângulo certo, o prisma de zênite reflete a luz incidente do Sol, lâmpada de Hg ou halógena e do domo de UVB para o eixo óptico.

Para ângulos entre 0 e 90 °, a luz incidente provém do céu ou diretamente do Sol; para ângulo de 180 °, o prisma recebe a luz das lâmpadas de calibração; e a -90 °, a luz incidente provém do difusor de Teflon de UVB. O prisma possui ângulo a direita e dimensão de 31.75 x 31.75 mm. A descrição pode ser melhor visualizada na Figura 6.

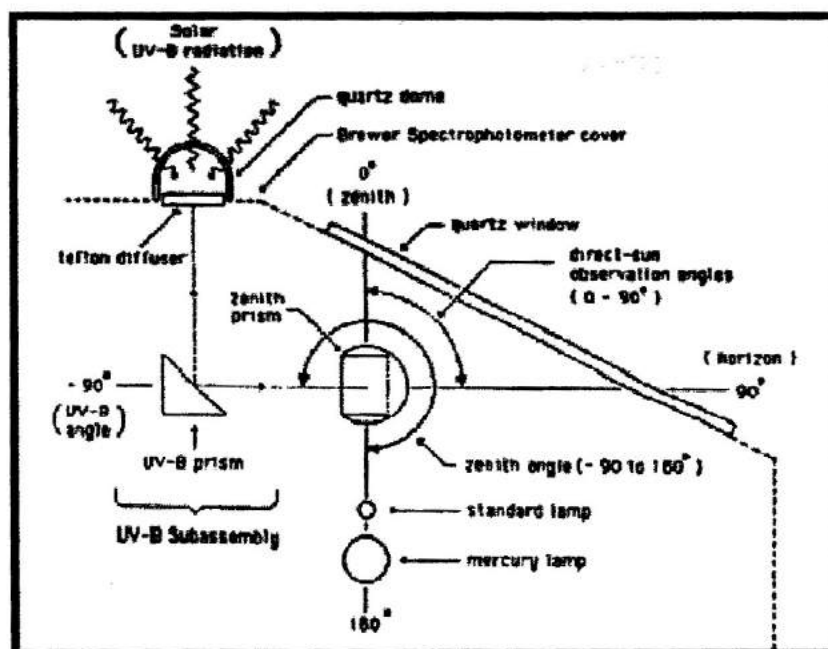


Figura 6 - Vista do prisma rotativo de entrada da luz no Brewer

3.1.1.2. LÂMPADAS

A lâmpada halógena, que funciona com uma tensão de 12 V, potência de 20 W e corrente nominal constante de 1,5 A, fornece uma fonte de luz bem regulada que é usada como referência padrão para sensibilidade dos instrumentos. O filamento da lâmpada halógena está voltado para o ponto focal de uma lente duplo-convexa, de tal forma que a luz proveniente da lâmpada é colimada ao longo do eixo ótico do espectrômetro pelo prisma zênite.

Abaixo da lâmpada halógena está a lâmpada de Hg. Ela produz luz ultravioleta que é difundida e passa para o prisma. Sua função é testar a resposta do espectrofotômetro à Radiação Ultravioleta.

3.1.1.3. DIAFRAGMA DA IRIS

O diafragma da Íris está montado no foco de ultravioleta de uma lente plano-convexa; a lente focaliza objetos em ultravioleta a distâncias infinitas do plano da Íris.

Quando o instrumento está alinhado para receber luz solar, uma imagem ultravioleta do Sol é focalizada no centro da Íris.

Ao lado da Íris há uma outra lente plano-convexa, posicionada de tal forma que seu ponto focal esteja no plano da Íris; a luz que passa através da abertura da Íris é então colimada ao longo do eixo óptico.

Ambas as lentes tem a sua face plana voltada para a íris, cujo diafragma possui uma faixa de abertura de 2 a 12 mm.

3.1.1.4. FILTROS

Dois filtros discoidais estão montados em suportes de bronze em um alojamento. Cada disco tem seis orifícios de 25.4 mm de diâmetro, espaçados a intervalos de 60 graus. Cada orifício contém um filtro que pode ser selecionado para interceptar o eixo óptico.

O filtro 1 contém dois orifícios abertos, um filme polarizador, um disco de quartzo, uma folha opaca, um segundo disco de quartzo e um filtro de densidade neutra. O disco de quartzo é usado como um difusor para medidas DS e de lâmpadas padrão. O disco opaco é usado para testes com sinal escuro; o filme polarizador é usado para medições ZS. É montado de tal forma que o eixo polarizador é perpendicular a fenda de entrada.

A posição com os orifícios abertos é usada para observações da Lua e UVB. O segundo disco de quartzo é usado para medições da concentração de dióxido de nitrogênio.

3.1.2. ESPECTRÔMETRO

O propósito do dispositivo é receber a luz na fenda de entrada e dispersá-la num espectro de alta qualidade ao longo do plano focal da fenda de saída.

A luz entra pela fenda de entrada e passa através da lente inclinada e que corrige aberrações cromáticas e astigmáticas inerentes ao sistema.

A luz é então colimada por um espelho esférico para uma grade onde é dispersa. Uma Segunda reflexão no espelho focaliza o espectro para o plano focal da fenda de saída. Seis

fendas de saída estão localizadas ao longo do plano focal em posições apropriadas de comprimento de onda.

Uma ranhura cilíndrica fechada (máscara de fenda), posicionada em frente ao plano da fenda serve como seletor de comprimento de onda.

3.1.2.1. LENTES DE CORREÇÃO

As lentes de correção apresentam uma superfície convexo-cilíndrica de raio igual a 170 mm e uma superfície côncavo-esférica de raio igual a 230 mm.

Ambas as superfícies são revestidas com uma camada de fluoreto de magnésio para minimizar reflexões a 315 nm. A lente está fixada a um ângulo de 29° com o eixo óptico, com sua superfície côncavo-esférica defronte a fenda de entrada.

3.1.2.2. ESPELHO ESFÉRICO

Tem um raio de curvatura de 324 mm. A superfície é polida, revestida com alumínio, então revestida com fluoreto de magnésio para minimizar reflexões a 315 nm.

Um sistema de molas mantém a superfície esférica do espelho segura contra três parafusos de ajuste, que são normais à superfície esférica no plano horizontal do espectrômetro. Ao espelho é permitido mover-se sobre uma superfície esférica definida pelos três pinos de ajuste.

3.1.2.3. GRADE DE DIFRAÇÃO

Possui a grade está fixada com adesivos de alta qualidade a três pequenos blocos que lhe propiciam uma ampla cinemática, tal como pequenos ajustes pela rotação da grade sobre eixos perpendiculares às suas fendas. O giro da grade é controlado por um micrômetro, guiado por um motor de passo.

3.1.2.4. MICRÔMETRO

O micrômetro é usado no espectrofotômetro a fim de ajustar a rotação da grade de difração, sendo movimentado por um motor de passo, que funciona com uma tensão de 12 V, 2W. Um ajuste de 0,03 mm corresponde a uma mudança de 0,1 nm no comprimento de onda na fenda de saída.

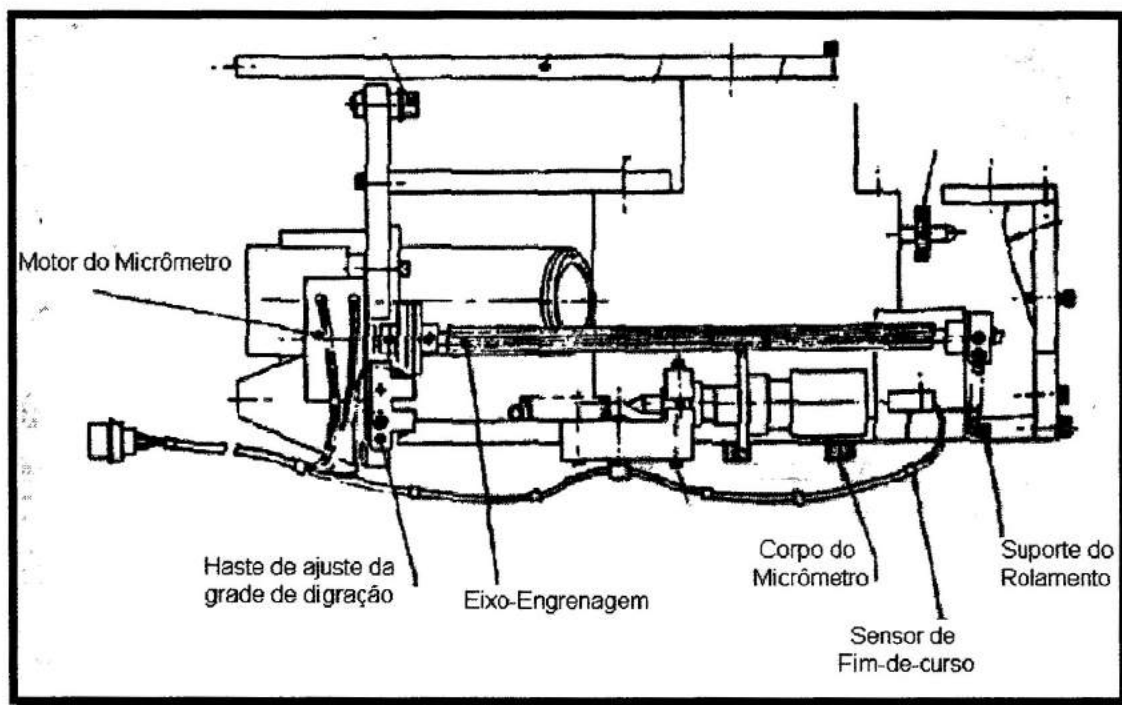


Figura 7 - Vista superior do micrômetro de ajuste da grade de difração

3.1.2.5. MÁSCARA

Está diretamente em frente ao plano da fenda de saída. A seção cilíndrica possui um diâmetro de 25.4 mm. Possui também oito fendas para a passagem da luz em diferentes comprimentos de onda. Seis das oito posições conduzem a luz para uma das seis fendas de saída.

A segunda posição bloqueia todas as fendas de saída e uma medida de sinal escuro pode ser feita. A oitava posição expõe duas das fendas de saída tal que a linearidade do sistema fotocontador possa ser determinada.

O eixo do cilindro é preso à extremidade de um motor de passo, de 12 V de tensão, 2W. A máscara é alinhada com as fendas de saída para ajustamento da posição vertical do motor e ajustando a posição horizontal do cilindro sobre a extremidade do motor.

Girando a máscara cada uma das fendas se alinhará com a fenda correspondente da saída plana, selecionando efetivamente um comprimento de onda. Durante o teste de Hg, a mais alta fenda da máscara se alinha com a fenda de calibração de Hg da saída.

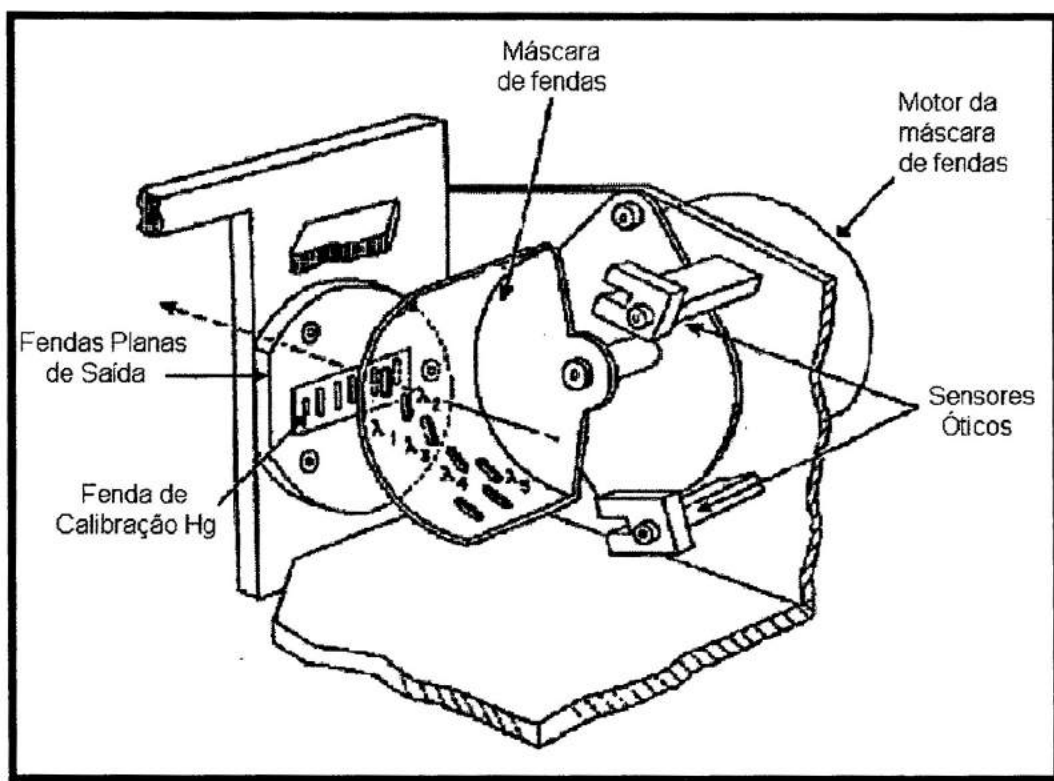


Figura 8 - Máscara da fenda de saída

3.1.3. FOTOMULTIPLICADOR

A luz que passa através das fendas de saída é focalizada sobre o cátodo do fotomultiplicador por uma lente de quartzo Fabry de 38.1 mm de ponto focal.

Localizado entre a lente Fabry e o fotomultiplicador está uma combinação em bloco de filtro: um cristal de sulfato de níquel de 10mm prensado entre dois filtros de 2mm de espessura e um filtro de dióxido de nitrogênio. Por causa da natureza higroscópica do cristal de sulfato de níquel, este está prensado em um anel lacrado entre as lentes de quartzo e o filtro.

O cátodo do fotomultiplicador está localizado no foco UV da lente de Fabry. O espaço entre as lentes e o fotomultiplicador leva em conta a aparente mudança no ponto focal devido a presença dos filtros. O fotomultiplicador está blindado em um campo magnético gerado por uma tensão de aproximadamente 1500V, a fim de minimizar o ruído eletrônico. O fotomultiplicador é a parte mais sensível do aparelho, pois uma variação na ordem de 1% do

comprimento de onda, resulta em grandes variações na medida do Ozônio. Na saída do fotomultiplicador, encontra-se o foto-amplificador e o circuito discriminador.

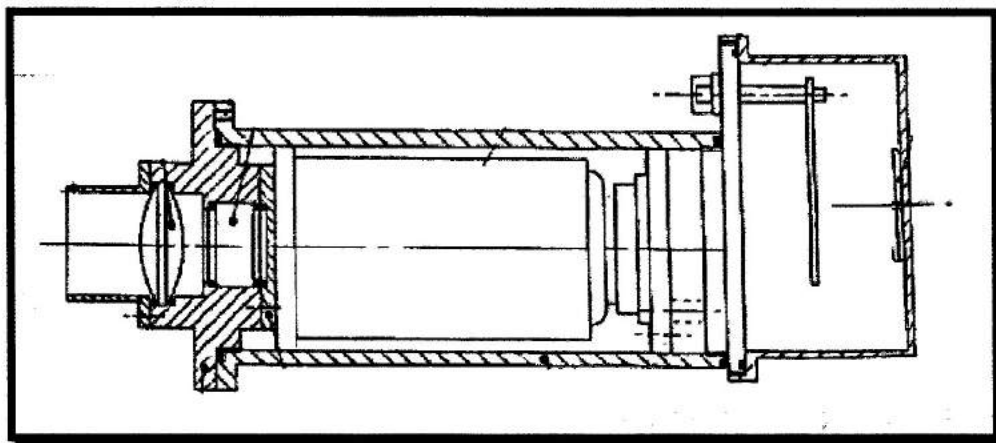


Figura 9 - Vista superior do tubo fotomultiplicador

3.1.4. METODOLOGIA

O microcomputador encontra-se dentro do Prédio 1 do OES e o espectrofotômetro encontra-se instalado aproximadamente a 5 m de distância. A conexão entre o Brewer e o microcomputador é feita por meio de cabos condutores protocolo RS 232C. A conexão ao microcomputador é feita através de um cabo serial, ocupando os pinos números 1, 2, 3 e 7.

O equipamento eletrônico e o sistema óptico estão encerrados sob uma cobertura impermeável; há ainda um conjunto de secadores de sílica-gel com a finalidade de retirar o excesso de umidade do interior do Brewer.

São utilizadas duas técnicas para a coleta de dados de O_3 , NO_2 , SO_2 .

- DS - direto ao Sol - a lente do espectrofotômetro é voltada diretamente para o Sol, captando a radiação proveniente.
- ZS- céu zênite - a lente é posicionada para o ponto mais alto do céu - zênite, ficando em posição perpendicular ao plano da superfície.

A redoma de UVB permite ao Brewer captar a radiação UVB dispersa nos comprimentos de onda de 290-320 nm, recebendo a radiação global num área de 180 graus.

A Figura 10 mostra a visão superior (de topo) do Espectrofotômetro Brewer MKIV

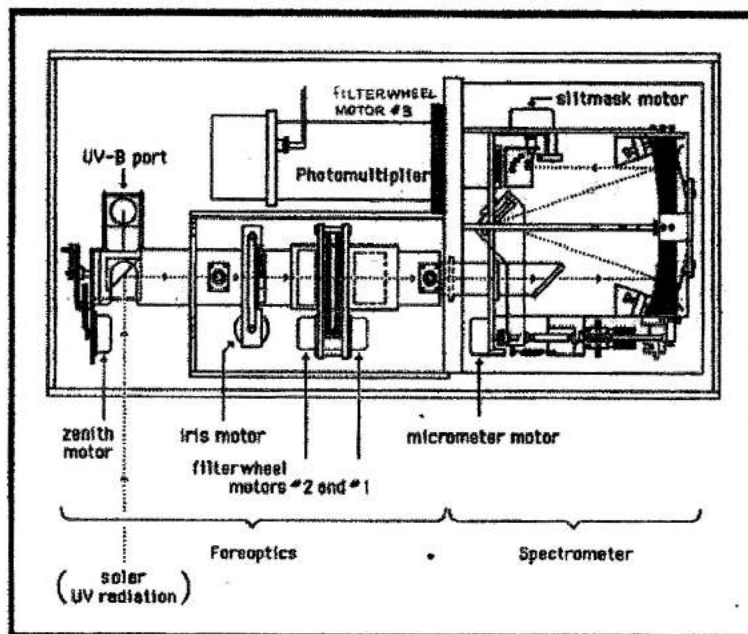


Figura 10- Visão de topo do sistema interno do Espectrofotômetro Brewer MKIV

Para verificar o perfeito funcionamento da instrumentação são efetuados vários testes diariamente, os quais encontram-se inseridos no software de controle do Brewer.

- AP - responsável pelo monitoramento interno do Brewer, análise de voltagens/amperagens. Indica também a temperatura interna em diversos pontos do aparelho.
- HG - é um teste de calibração dos comprimentos de onda do mercúrio. Localiza com precisão a linha espectral do Hg, reposicionando o micrômetro tal que a grade de difração disperse os 5 comprimentos de onda operacionais sobre as fendas de saída apropriadas. Se o micrômetro estiver na posição errada e o teste falhar, então a compensação do diodo é medida e o micrômetro é reposicionado para o valor correspondente à constante e o teste é reiniciado. É importante para a obtenção dos comprimentos de onda corretos.
- SL - mede a intensidade de uma lâmpada padrão interna de quartzo-halogêneo nos cinco comprimentos de onda operacionais. É utilizado como um exame da qualidade geral da performance do instrumento. A lâmpada produz um espectro contínuo o qual é estável e constantemente reproduzível.
- DT - é um teste do instrumento que mede o tempo morto do fotomultiplicador e o circuito de foto-contagem a altos e baixos níveis de intensidade da lâmpada padrão. O resultado

deve estar dentro de uma margem de 5 % de acordo com o valor da constante do instrumento.

- RS - é um teste de performance do instrumento o qual verifica se o motor da máscara de fenda está operando corretamente ou não.

3.2. SISTEMA DE TELEMETRIA E SONDAGENS - W-9000

O Sistema de Processamento Meteorológico ZEEMET W-9000 é um conjunto altamente sofisticado de equipamentos modulares integrados e software, que fornece perfis de dados meteorológicos de alta resolução através da utilização de dados coletados por telemetria, da radiossonda e da ozoniossonda, e que permitem a medição da média e baixa atmosfera tanto em tempo real como em operações de pós-sondagem. Incorporando um sistema de “Arquitetura Aberta”, o sistema W-9000 atende às especificações padrões que possibilitam comunicações nos dois sentidos entre computadores e periféricos. Com tal flexibilidade, o sistema pode ser configurado para uma variedade de requisitos, como a sondagem de ozônio, com um mínimo de equipamentos e software dedicado. Assim, o pacote de ozônio W-9000/MICROSSONDA Mark II consiste de elementos de equipamentos e software, que permitem sondar com uma Microsonda Mark II especialmente configurada, acoplada a uma sonda de ozônio modelo Z ECC da Companhia EN-SCI, e obter um perfil vertical dos dados de ozônio, pressão, temperatura, umidade relativa e ventos para estudos durante e após a sondagem.

O sistema subdivide-se em três partes: - dispositivos de aquisição de dados, tais como radiossondas e ozoniossondas; - bastidor ZEEMET: uma unidade modular para recepção e acondicionamento de sinal; - micro computador com periféricos associados para análise e processamento de dados.

A unidade de recepção e condicionamento do sinal é o coração do sistema. Ela é um bastidor concentrado padrão *Euro rack*, contendo módulos do tipo *plug-in* inter-conectados por um barramento P90 e um sistema duplo de antenas. Os módulos do bastidor ZEEMET, em sua maioria, comunicam-se nos dois sentidos com o barramento comum e são controlados pelo computador através da Interface do Sistema, que emprega dois canais RS-232 de 9600 Baud. O primeiro canal controla a ação dos módulos do bastidor ZEEMET, usando um protocolo de comando/resposta, e o segundo interrompe e ativa a saída dos dados meteorológicos e de Navaid. O microcomputador controla os módulos do bastidor ZEEMET e processa os dados para a apresentação e saída.

A Figura 11 mostra o Sistema Meteorológico W-9000 com o gabinete do receptor de sinal, a antena OMNI, o conjunto de antenas YAGI, o microcomputador dedicado e impressora.

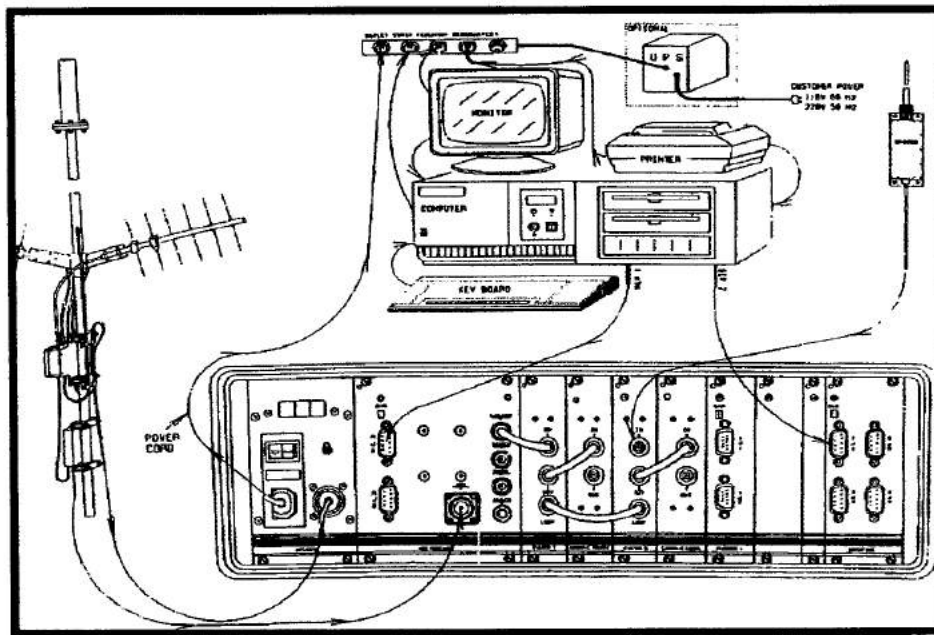


Figura 11 - Esquema do Sistema Meteorológico W-9000 instalado no OES/CRSPE-INPE

Na figura abaixo, pode-se observar uma foto do Receptor do Sistema Meteorológico W-9000, juntamente com um microcomputador dedicado, no caso, um microcomputador 486 100MHz.

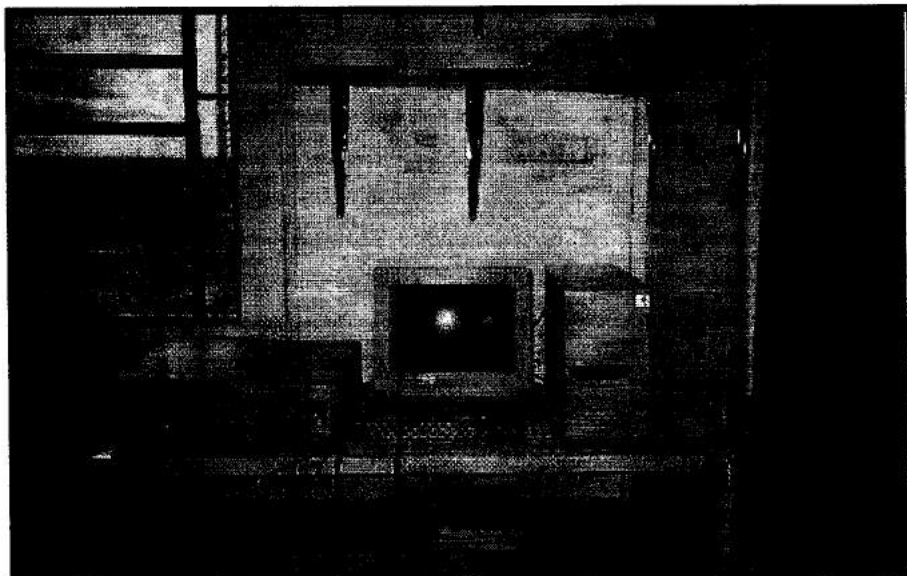


Figura 12 - Receptor do Sistema Meteorológico W-9000 instalado no OES/CRSPE-INPE

As transmissões das microssondas Mark II são recebidas pelo Receptor Sintetizado de 403MHz. Os dados da portadora de 403 MHz consistem de sinais de navegação, meteorológicos e de ozônio. Os sinais são captados pela antena e o pré-amplificador e são injetados no receptor, por sua vez este repassa os sinais ao bastidor ZEEMET para

processamento adicional no sistema W-9000. Os dados meteorológicos e da NAVAID são enviados ao computador através da interface RS-232C, do sistema. A microssonda Mark II possui, ainda, um sistema que permite o desenrolar da antena NAVAID remota de dentro da Mark II, logo após o lançamento. Este sistema funciona em conjunto com os módulos rastreadores e são usados para determinarem a posição da sonda. Existem dispositivos para operação com Omega, VLF, Loran-C e eles podem ser usados simultaneamente para rastreamento com NAVAID múltiplos.



Figura 13 - Antena de recepção dos dados do sistema W-9000

A sonda de ozônio modelo Z ECC da companhia EN-SCI consiste principalmente numa armação rígida principal em que é montada um Célula de Concentração Eletroquímica (ECC) sensora de ozônio, uma bomba de amostragem de gás acionada por um motor e uma interface eletrônica. A bomba é revestida de Teflon e succiona ar atmosférico para dentro da célula contendo uma solução química reagente com ozônio. A concentração de ozônio é determinada pelo aumento da corrente entre os vasos da célula eletroquímica, que é constituída de eletrodos de platina imersos em soluções de iodetos de potássio de diferentes concentrações em câmaras catódica e anódica separadas. A força eletromotiva de ativação da célula (+/- 0,13V) é fornecida pela diferença das concentrações do iodeto de potássio nas duas metades da célula. Esta corrente é medida pela interface da Mark II. A célula e a bomba são empacotadas em um caixa robusta de espuma moldada.

No interior da caixa há um termistor (*bead*) para medição da temperatura interna da caixa da sonda de ozônio e um módulo especial de montagem que permite montara o termistor próximo da bomba de amostragem.

Para condicionamento e preparação das sondas de ozônio é utilizada uma unidade de teste ozonizadora modelo KTU-2 que verifica o desempenho das sondas antes do lançamento. O ozônio ali é produzido pela luz de uma lâmpada de descarga de vapor de mercúrio de baixa pressão.

O *software* do Sistema de Processamento Meteorológico W-9000 permite que durante a sondagem o ozônio atmosférico seja computado e armazenado nos arquivos de dados processados. Estes dados podem ser vistos na tela em qualquer momento durante a sondagem. O *software* ainda possui uma série de utilitários que permitem, desde a conversão de arquivos binários em arquivos de texto para possibilitar a sua importação para outros aplicativos para estudo posterior, até a geração de gráficos.

3.2.1. MICROSSONDA MARK II

A microssonda Mark II é uma sonda digital constituída de três subconjuntos contidos em um estojo de espuma moldada (poliestireno expandido). É constituída por um conjunto dos sensores entre os quais os sensores de pressão e umidade, e fornece suporte para o braço do elemento de temperatura. O conjunto transmissor contém um transmissor de alta estabilidade. No terceiro conjunto está o cordão que une a sonda ao balão e o mecanismo para controlar a velocidade de liberação do cordão. Este conjunto agrega, também, a antena Navaid.

Para oferecer um ambiente adequado ao sensor (de carbono) de umidade, a caixa da sonda tem um duto que serve para proteger o elemento contra o aquecimento solar e de respingos diretos de chuva. O duto é essencial para a operação correta do sensor de umidade.

O peso da sonda é de aproximadamente 250 gr. O pequeno peso associado a um volume razoável aumenta a fragilidade da sonda e reduz o risco de danificar aeronaves.

A sonda é equipada com três sensores meteorológicos e tem capacidade de canal para adicionar mais três outros sensores caso necessário. Os três sensores meteorológicos da sonda são:

Sensor de Pressão - É construído com Nispan-C laminado a frio e tratado com calor para atingir coeficientes de temperatura nulo, ou seja, trata-se de uma cápsula aneróide capacitiva de leitura contínua. A cápsula é, então, calibrada com a eletrônica do interfaceamento para fornecer coeficientes polinomiais. A medição da pressão é feita através da determinação da capacitância entre as duas placas paralelas situadas no interior do aneróide. A esta capacitância está associada uma corrente, que é transformada em sinais digitais pela interface da Mark II e é enviada ao W-9000. No sistema W-9000 este sinal é interpretado fornecendo um valor de pressão.

Sensor de Temperatura - O sensor de temperatura é extrudado de um óxido de ferro. O óxido é queimado, tratado e chapeado em ambas as extremidades e são adicionados finos fios condutores. Após um teste de rastreamento da curva e determinação do valor da resistência de “amarração”, os termistores são revestidos com material refletor. Finalmente a superfície do termistor é tratada para impedir a aglutinação de pingos d’água após a passagem por chuva ou nuvens. A medição da temperatura é feita a partir da determinação da resistência do resistor. Assim uma corrente é associada a esta resistência, que depois de ser tratada e enviada ao W-9000 é interpretada como um valor de temperatura.

Sensor de Umidade - A umidade é medida pela variação da resistência de uma película de carbono depositada sobre um substrato de acrílico. Assim, com a variação da resistência, há uma variação de corrente. Essa variação é enviada a interface da sonda, transformada em sinal digital e, então, é transmitida ao W-9000 onde é interpretada como um valor de umidade.

O transmissor da Microsonda Mark II é um circuito de múltiplos estágios de alta estabilidade. Ele é isolado da antena da sonda, reduzindo assim os efeitos dos saltos de frequência durante a preparação para o lançamento. Para minimizar as faixas de temperatura vistas pelo transmissor, ele é revestido com poliestireno para reter o calor dissipado nos dispositivos ativos do transmissor.

Para cobrir a faixa de 395 MHz a 410 MHz o transmissor é sintonizável pelo lado externo do estojo. A frequência de transmissão da sonda é recebida na estação terrena por um receptor de UHF sintetizado cujo oscilador local é referenciado a um oscilador a cristal.

A sonda transmite um fluxo de dados digitais a uma taxa de 400 Bauds bifásicos, com código de correção de erros e CRC-16 para manutenção da integridade dos dados. O sinal de 400 Bauds bifásicos é uma representação binária dos dados formatados contendo informações meteorológicas, de calibragem e o número de série da sonda. Estes são aplicados ao transmissor variando a frequência portadora em aproximadamente 150 KHz, criando uma

transmissão que possui as características de MSK (*Minimum Shift Key*). Adicionalmente, cada conjunto de dados é transmitido duas vezes para melhorar a recepção durante as condições de desvanecimento da transmissão, que pode ocorrer quando a sonda oscila a grandes altitudes. O fluxo de dados de 400 Bauds modula a frequência portadora, de modo que o desvio pico-a-pico não exceda a 300KHz. Pressão, temperatura e umidade são enviadas duas vezes a cada segundo.

A bateria utilizada na Microsonda Mark II é do tipo padrão, ativada a água. A energia fornecida pela bateria é suficiente para alimentar a sonda durante uma hora no solo e mais duas horas em vôo, embora já tenha sido feito lançamento em São Martinho da Serra em que a bateria manteve 3 horas de vôo.

3.2.2. OZONIOSSONDA ECC MODELO Z

A ozoniossonda de célula de concentração eletroquímica é construída em uma estrutura rígida principal, onde são montados o motor acionador da bomba de gás construída em Teflon/Vidro, os tubos de Teflon, uma célula de concentração eletroquímica sensível a ozônio e uma caixa da interface eletrônica, conforme a Figura 14. Para subir até a estratosfera, o conjunto é alojado em uma caixa de poliestireno moldado impermeável.

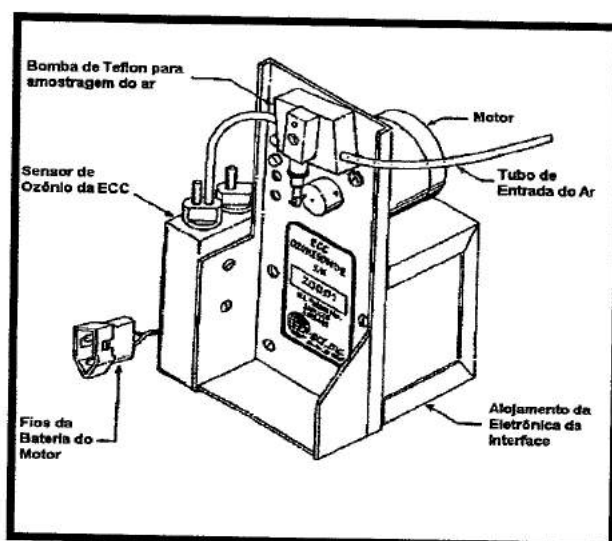
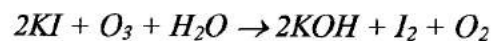


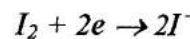
Figura 14 - Ozoniossonda ECC

O sensor de ozônio da Ozoniossonda ECC é construído com dois eletrodos de platina imersos em soluções de iodeto de potássio (KI) de diferentes concentrações em câmaras de ânodo e cátodo separadas. As câmaras são ligadas com uma ponte iônica que, em adição com um íon, retarda a associação dos eletrólitos de ânodo e cátodo, preservando, deste modo, suas concentrações. Os eletrólitos contém também brometo de potássio (KBr) e um mediador, no qual a concentração em cada meia célula é a mesma. Obtém-se uma tensão na célula de aproximadamente 0,13 V, que é proveniente da diferença da concentração de iodeto de potássio das duas meias células. Desta forma, não é necessário uma bateria externa para operar a célula.

Quando o ozônio do ar entrar no sensor por ação da bomba da sonda, é formado iodo no cátodo da meia célula de acordo com a relação:



A célula converte o iodo em iodeto de acordo com:



durante este tempo, dois elétrons fluem para o circuito externo da célula. Medindo o fluxo de elétrons (isto é, a corrente da célula), junto com a relação da quantidade de ozônio que entra na célula por unidade de tempo, obtém-se a concentração de ozônio que entra por unidade de tempo, e a concentração de ozônio de um amostra de ar deriva de:

$$p_3 = 4,307 \times 10^{-3} (i_m - i_b) T_p t$$

onde p_3 é a pressão parcial de ozônio em nanobars, i_m é a medida da corrente de saída do sensor em microamperes, i_b é a corrente de background do sensor (isto é, a corrente residual emanando da célula em ausência de ozônio no ar) em microamperes, T_p é a temperatura da bomba em Kelvins, e t é o tempo em segundos tomado pela bomba da sonda para forçar uma amostra de gás de 100 ml de ar direto no sensor.

4. RELATO DAS ATIVIDADES

4.1. ESPECTROFOTÔMETRO BREWER

No mês de fevereiro deste ano, o Espectrofotômetro Brewer MKIV #081 foi enviado para a sede do INPE em São José dos Campos/SP, onde foi efetuada a calibração e intercomparação dos dados com outros dois Espectrofotômetros Brewer Modelo MKIV, sendo um de propriedade do INPE operando em Cuiabá e o outro, um Espectrofotômetro padrão, de propriedade canadense. Foi efetuada a manutenção básica como: lubrificação, limpeza do micrômetro, o realinhamento do espelho e a instalação de um novo software capaz de monitorar o equipamento com o intuito de evitar o "bug" do milênio, sendo este executável em plataforma MS-Windows. Foi implementada a coleta e formação de banco de dados diários, podendo ser transferidos entre computadores por FTP, via INTERNET. Estes reajustes requerem mudanças nas constantes do equipamento que são usadas para determinar a concentração de O₃, NO₂, e SO₂ na Atmosfera do Sul do País. O instrumento retornou para o OES no início do mês de junho e está efetuando normalmente a coleta diária de dados.

Durante o período em que o Brewer permaneceu na sede do INPE para manutenção, foram efetuadas análises de dados de O₃ armazenados em Bancos de Dados no LACESM.

Foram feitas comparações entre os dados coletados pelo Brewer e pelo instrumento instalado no satélite, TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer), da NASA. Para o ano de 1997 confeccionou-se um gráfico que mostra a notável correlação entre os dados dos dois instrumentos. Ver o gráfico da Figura 15.

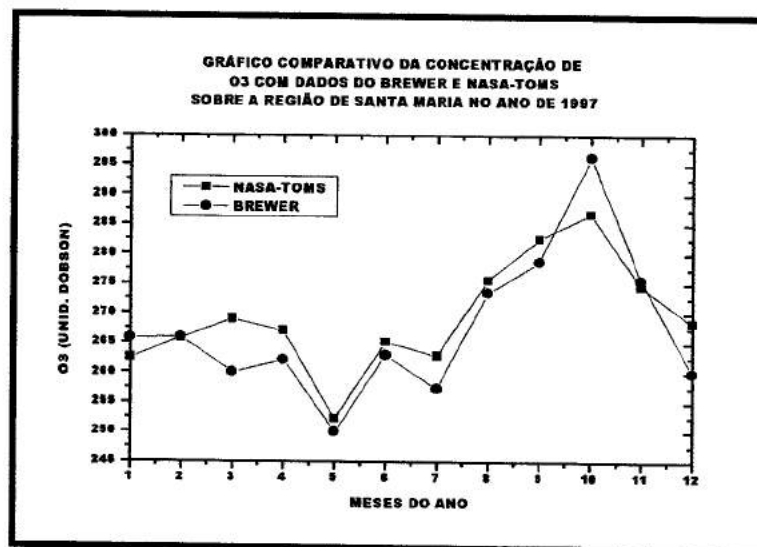


Figura 15 - Comparação entre os dados obtido com Brewer #081 e NASA-TOMS para o ano de 1997

Pretende-se fazer também comparações entre os dados obtidos pelos dois instrumentos para o ano de 1996 e 1998, bem como para 1999.

4.2. LANÇAMENTOS DE SONDAS

Os lançamentos semanais de sondas realizados no OES, em São Martinho da Serra, foram suspensos em abril de 1998, devido a falta do sistema receptor e monitoramento GPS/W9000. Foram obtidas sondas habilitadas para utilização do módulo GPS (Global Position System). O novo módulo, da estação de terreno do sistema W-9000 está sendo adquirido pelo OES/CRSPE-INPE.

Durante a vigência da bolsa trabalhou-se em análise de dados e com ajuda de um programa desenvolvido pelo colega Fabian M. Saldanha, trabalhou-se na confecção de gráficos de perfis médios de pressão parcial de ozônio de sondagens realizadas no OES. No gráfico da Figura 16, pode-se visualizar perfis médios de sondagens para alguns meses de 1997.

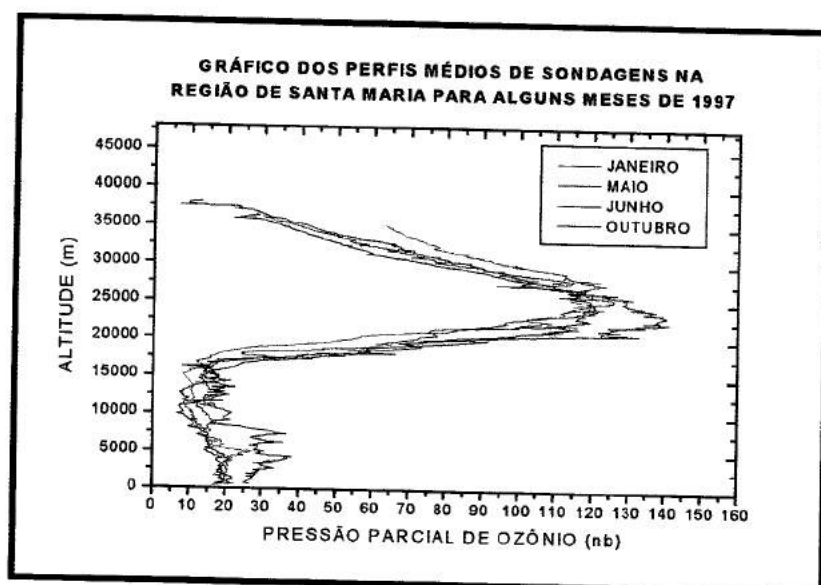


Figura 16 - Gráfico de perfis médios de sondagens para alguns meses de 1997

5. PARTICIPAÇÃO EM CONGRESSOS E SEMINÁRIOS

Nos dias 9,10 e 11 de Junho de 1999 a UFSM foi sede do XIV CRICTE (Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica), do qual participamos com 2 trabalhos, que foram publicados nos anais. Abaixo estão relacionados estes trabalhos, a participação do bolsista e o número do anexo onde encontra-se o resumo do trabalho:

Título do trabalho: Operação e Manutenção do Espectrofotômetro Brewer instalado no OES em São Martinho da Serra.

Autores: Leandro von Mühlen, Ricardo Luiz Kulzer, Adriane Griebeler, Damaris K. Pinheiro, Turibio G. S. Neto.

Orientador: Nelson J. Schuch

Participação: Co-Autor

Anexo: 01

Título do trabalho: Implementação de um Banco de Dados em Linguagem Java para o Programa de Monitoramento de Ozônio Atmosférico

Autores: Ricardo L. Kulzer, Leandro von Muhlen, Adriane Griebeler, Damaris Kirsh Pinheiro, Turibio Gomes Soares Neto

Orientador: Nelson J. Schuch

Participação: Co-Autor

Anexo: 02

6. CONCLUSÕES

Das atividades desenvolvidas e análise de dados realizada, podemos efetuar as seguintes conclusões:

- A concentração de ozônio no Sul do Brasil apresenta uma variação cíclica anual. Não é possível observar-se a periodicidade devido a Oscilação Quase Bienal (QOB), pelo pouco tempo de observação e também pela influência do Buraco de Ozônio Antártico, o qual perturbou o comportamento normal da Camada de Ozônio.
- Observam-se a ocorrência de três fenômenos de origem dinâmica que influem no comportamento da coluna total de ozônio na região de Santa Maria:
 - redução temporária devido a injeção de massas de ar provenientes de regiões equatoriais, as quais apresentam normalmente valores de ozônio total inferiores aos da região de Santa Maria.
 - aumento temporário devido a injeção de massas de ar provenientes de regiões equatoriais, as quais apresentam normalmente valores de ozônio total superiores aos da região de Santa Maria.
 - Redução temporária devido a injeção de massas de ar pobres em ozônio provenientes da região do Buraco de Ozônio Antártico.
- A diminuição da Camada de Ozônio, como é um fenômeno global, deve preocupar todos os países. O Brasil merece atenção especial por ter grande extensão territorial e em clima tropical predominante, onde a exposição direta ao Sol é muito intensa. Sendo a Camada de Ozônio um filtro natural da Radiação Ultravioleta, a sua diminuição, resulta em graves conseqüências para a saúde humana, como queimaduras e câncer de pele, entre outras, e ao meio ambiente, especialmente a agricultura. Sendo assim, muito importante os estudos do comportamento da Camada de Ozônio sobre nosso País e países vizinhos.

7. BIBLIOGRAFIA

1. Schuch, N.J.; Adaime, S. F.; Oliveira, N. U. V.; Bortolotto, E.; Sarkis, P. J.; Pinheiro, D. K.; Lüdke, E.; Wendt, F. A.; Trivedi, N. B.; Costa, J. M.; Kirchhoff, V. W. J. H.; Dutra, S. L. G.; Sobral, J. H. A.; Abdu, M. A.; Takahashi, H.; *Observatório Espacial do Sul - Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais/INPE*, Revista Brasileira de Geofísica; Vol 15(1), 65-70, 1997.
2. Kirchhoff, V.W.J.H, Schuch; N. J., Pinheiro D. K.; Harris, J.; *Evidence for an ozone hole perturbation at 30° South*, Atmos. Environ. , 30, 1481-1488, 1996.
3. Bluth, G.J.S.; , C.C.; Krueger, A.J.; Walter, L.S.; *The contribution of explosive volcanism to global atmospheric SO₂ concentrations*, Nature, 366, 327-329, 1993.
4. Kirchhoff, V.W.J.H; *Ozônio e Radiação UV-B*, Transtec Editorial, 1995.b
5. *Brewer Ozone Spectrophotometer Operator's Manual*
6. *Meteorological Processing System W-9000 - Operator Manual*;
7. *Meteorological Processing System W-9000 - Reference Manual*;
8. *Meteorological Processing System W-9000 - Theory of Operation*.
9. *EN-SCI Corporation Models Z ECC - O₃ - Sondes _ Instruction Manual*.
10. Kirchhoff, V.W.; *Introdução A Geofísica Espacial*, Editora da Universidade de São Paulo, 1991
11. *Brewer Ozone Spectrophotometer Acceptance Manual*
12. *Brewer Ozone Spectrophotometer Maintenance Manual*
13. Nakamura, Y., Yamazaki, Y., Cabral, M.R., Ning, C.H.S.; *Medidas de Ozônio Total por Meio de Satélite no Setor Brasileiro*, Revista Brasileira de Geofísica, Vol. 6, 46-54, 1988
14. Kirchhoff, V.W.J.H.; *Variações Temporais da Concentração de Ozônio de Superfície*, Revista Brasileira de Geofísica, Vol. 6, 3-8, 1988
15. Fleagle, R. G; Businger, J. A.; *An Introduction To Atmospheric Physics - International Geophysics Serie - Academic Press*, 1963;
16. Josefsson, W. A. P.; *Focused Sun Observations Using A Brewer Ozone Spectrophotometer* *Journal of Geophysical Research*, 97, 15813-15817;
17. Whitten, R. C. e Prasad, S. S.; *Ozone In Free Atmosphere*, Van Nostrand Reinhold Company, 1985;

18. J. K. Hargreaves; *The solar-terrestrial environment*, Cambridge Atmospheric and Space Science Series, 1995;
19. Richard P. Wayne; *Chemistry of Atmospheres*, Oxford Science Publications, Second Edition, 1996;
20. Richard Goody; *Principles of Atmospheric Physics and Chemistry*, Oxford University Press, 1995;
21. Peter Warneck; *Chemistry of the Natural Atmosphere*, International Geophysics Series, Volume 41, 1988;
22. Murry L. Salby; *Fundamentals of Atmospheric Physics*, International Geophysics Series, 1996.
23. *O Brasil e a Proteção da Camada de Ozônio*. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, 1997.

ANEXO 01

Operação e Manutenção do Espectrofotômetro Brewer instalado no OES em São Martinho da Serra

Leandro von Mühlen, Ricardo Luiz Kulzer, Adriane Griebeler, Damaris K. Pinheiro, Turibio G. S. Neto, Nelson J. Schuch*

Universidade Federal de Santa Maria – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
UFSM - CT -LACESM/CRSPE
97105-900 - Santa Maria - RS
Brasil

O Espectrofotômetro Brewer modelo MK IV é um instrumento óptico semi-inteligente, projetado e desenvolvido no Canadá pela SCI-TEC Instruments Inc., que efetua medidas das concentrações de O_3 , NO_2 , SO_2 , bem como detecta e quantifica a intensidade da irradiação ultravioleta incidente. O instrumento é constituído pelos componentes: o Espectrofotômetro; pelo sistema de rastreamento do Sol fazendo com que o Espectrofotômetro acompanhe o movimento diurno; por um tripé, onde o equipamento está acoplado e por um microcomputador IBM, com software que monitora o funcionamento do equipamento, faz a aquisição, o processamento e o armazenamento dos dados. O equipamento mede a intensidade da atenuação da radiação solar ultravioleta incidente em cinco comprimentos de onda no espectro de absorção do ozônio e dióxido de enxofre atmosféricos, comparando a quantidade total de radiação emitida pelo Sol, com a quantidade detectada. Calculando-se esta diferença, pode-se determinar a quantidade de radiação absorvida pelo O_3 , NO_2 , SO_2 . No caso particular do ozônio, a banda de absorção cobre a faixa de 280-320 nm. O equipamento está instalado no Observatório Espacial do Sul - OES/CRSPE/INPE em São Martinho da Serra. É necessária a manutenção constante do Espectrofotômetro. Esta tarefa é realizada juntamente com a sua operação, pelos alunos, estagiários e pesquisadores do OES/INPE que trabalham no LACESM/CT/UFSM e no OES/CRSPE/INPE. Recentemente o equipamento foi enviado para a sede do INPE em São José dos Campos/SP, onde foi efetuada a calibração e intercomparação dos dados com outros dois Espectrofotômetros Brewer Modelo MK II, sendo um de propriedade do INPE operando em Cuiabá e o outro, um Espectrofotômetro padrão, de propriedade canadense. Foi constatada a necessidade de substituir um dos filtros do equipamento instalado no OES/INPE. Foi efetuada a manutenção básica como: lubrificação, limpeza do micrômetro, o realinhamento do espelho e a instalação de um novo software capaz de monitorar o equipamento com o intuito de evitar o "bug" do milênio. Estes reajustes requerem mudanças nas constantes do equipamento que são usadas para determinar a concentração de O_3 , NO_2 , e SO_2 na Atmosfera do Sul do País. Desta forma, pode-se dar continuidade ao Programa de Monitoramento da Camada de Ozônio Atmosférico, que vem sendo desenvolvido pelo LACESM/UFSM com o OES/CRSPE/INPE. Entidades financiadoras: INPE, MMA, AEB/PR, FINEP, CNPq, FAPERGS, UFSM.



Universidade Federal de Santa Maria Centro de Tecnologia



Certificamos que
Adriane Grebeier
apresentou o trabalho

Operação e Manutenção do Espectrofotômetro Brewer Instalado no OES em São Martinho da Serra

no XIV Congresso de Iniciação Científica e Tecnológica RICTE 99, realizado nos dias 9, 10 e 11 de Junho de 1999 na Universidade Federal de Santa Maria.


Prof. Alexandre Campos
Presidente da Comissão Organizadora


Prof. Nilza Venturini Zampieri
Diretora do Centro de Tecnologia da UFSM

ANEXO 02

Implementação de um Banco de Dados em Linguagem Java para o Programa de Monitoramento de Ozônio Atmosférico

Ricardo L. Kulzer, Leandro von Muhlen, Adriane Griebeler,
Damaris Kirsh Pinheiro, Turibio Gomes Soares Neto e Nelson J. Schuch*

Universidade Federal de Santa Maria - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

UFSM - CT - LACESM/CRSPE

97105-900 - Santa Maria - RS - Brasil

O Programa de Monitoramento de Ozônio Atmosférico do Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria, do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria - LACESM/CT/UFSM, em cooperação com o Laboratório de Ozônio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, tem por objetivo desenvolver as Ciências Espaciais Básicas e estudar a Física e a Química da média e baixa atmosfera. Para isso, realiza um monitoramento sistemático da concentração de Ozônio atmosférico no extremo sul do País. Para tal, são realizadas medidas da concentração total de O₃, SO₂ e NO₂, intensidade de precipitação de Raios Cósmiticos, perfis verticais da pressão parcial de O₃, da temperatura, da umidade relativa do ar, da pressão atmosférica, da direção e da velocidade dos ventos. Todas as medidas são feitas por equipamentos que automaticamente armazenam estes dados em arquivos. Este trabalho consistiu em elaborar e implementar um Banco de Dados que permitisse a inserção automática dos valores das medições citadas acima, e que permitisse a consulta via INTERNET na forma de gráficos ou relatórios. O Sistema Gerenciador de Banco de Dados, SGBD, usado para a elaboração do Banco de Dados foi o POSTGRES, *software* de domínio público para Sistema UNIX. A Linguagem de Programação Java foi usada para o desenvolvimento dos aplicativos para a leitura e manutenção dos arquivos gerados pelos equipamentos, de forma a efetuar a inserção dos dados nas tabelas do POSTGRES. Para efetuar consultas ao Banco de Dados, foram desenvolvidos *applets*, uma classe especial de aplicativos em Java inseridos em documentos HTML, sendo interpretados e executados por um navegador. Um *driver* JDBC, Java DataBase Connectivity, de domínio público foi utilizado para fazer a conexão entre os aplicativos em Java e o SGBD POSTGRES. Como resultado, temos um aplicativo em Java composto de módulos para a inserção e manutenção dos dados das medidas feitas pelo Espectrofotômetro Brewer (medições de O₃, SO₂ e NO₂), das medidas do Contador Geiger-Muller (medições da intensidade de precipitação de Raios Cósmiticos) e das medidas obtidas pelo Sistema de Sondagens W9000 (perfis verticais da pressão parcial de O₃, da temperatura, da umidade relativa do ar, da pressão atmosférica e da direção e velocidade dos ventos). Os *applets* em Java criados para efetuar consultas foram inseridos em documentos HTML disponibilizados no servidor HTTP, HyperText Transfer Protocol, do LACESM. A partir destes *applets* é solicitado ao usuário a forma da consulta, na forma de gráfico ou relatório, e os parâmetros da consulta, através de campos de escolha *Choice*, efetuando então uma consulta SQL (Structured Query Language) à base de dados, exibindo o gráfico ou relatório solicitado. Atualmente, estes *applets* e aplicativos encontram-se em estágio de testes e aperfeiçoamentos. Concluímos que este sistema é essencial para as atividades de pesquisas em ciências espaciais e atmosféricas desenvolvidas no LACESM/UFSM e no CRSPE/INPE. Também concluímos que o Sistema de Banco de Dados com o emprego do SGBD POSTGRES, da Linguagem Java e do *driver* JDBC apresenta a característica de ser um sistema eficiente, moderno e barato, uma vez que todo o *software* empregado, inclusive o próprio Sistema UNIX, podem ser obtidos gratuitamente.

FINANCIADORES: MMA, AEB/PR, FINEP, FAPERGS, CNPq, INPE, UFSM.



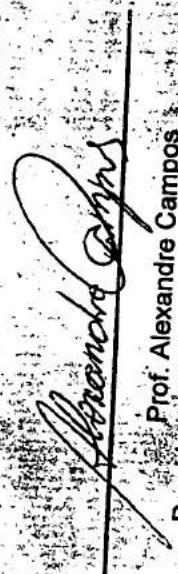
Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Tecnologia

Certificado

Certificamos que
Adriane Griebeler
apresentou o trabalho

Implementação de um Banco de Dados em Linguagem Java para o Programa de Monitoramento de Ozônio Atmosférico

no XIV Congresso de Iniciação Científica Tecnológica (CRIT) 1999, realizado nos dias 9, 10 e 11 de Junho de 1999 na Universidade Federal de Santa Maria.


Prof. Alexandre Campos
Presidente da Comissão Organizadora


Prof. Niza Venturini Zampieri
Diretora do Centro de Tecnologia da UFSM