



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

**INFLUÊNCIA DE QUEIMADAS DO CENTRO E NORTE DO
BRASIL, NORTE DA ARGENTINA E PARAGUAI SOBRE O
CENTRO DO RIO GRANDE DO SUL MEDIDA ATRAVÉS DE
ESPESSURAS ÓTICAS DE AEROSSÓIS**

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

PROCESSO Nº 105453/2006-7

Germano Possani – Bolsista PIBIC/INPE – CNPq/MCT
Laboratório de Troposfera – Estratosfera, Radiação Ultravioleta e Ozônio Atmosférico.
Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais
CRS/CIE/INPE - MCT
E-mail: germano@lacesm.ufsm.br

Dr. Plínio Carlos Alvalá – Orientador
Divisão de Geofísica Espacial
DGE/CEA/INPE – MCT
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
INPE - MCT
E-mail: plinio@dge.inpe.br

Santa Maria, julho de 2008

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

PROJETO

**INFLUÊNCIA DE QUEIMADAS DO CENTRO E NORTE DO
BRASIL, NORTE DA ARGENTINA E PARAGUAI SOBRE O
CENTRO DO RIO GRANDE DO SUL MEDIDA ATRAVÉS DE
ESPESSURAS ÓTICAS DE AEROSSÓIS**

PROCESSO Nº. 105453/2006-7

Relatório elaborado por Germano Possani relatando as atividades executadas por:

Germano Possani – Bolsista PIBIC/INPE – CNPq/MCT
E-mail: germano@lacesm.ufsm.br

Dr. Plínio Carlos Alvalá – Orientador
Divisão de Geofísica Espacial - DGE/CEA/INPE – MCT
E-mail: plinio@dge.inpe.br

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

Dr^a. Damaris Kirsch Pinheiro – Co-Orientadora
Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria - LACESM/CT - UFSM
E-mail: damariskp@gmail.com

Santa Maria, julho de 2008

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO

Título: INFLUÊNCIA DE QUEIMADAS DO CENTRO E NORTE DO BRASIL, NORTE DA ARGENTINA E PARAGUAI SOBRE O CENTRO DO RIO GRANDE DO SUL MEDIDA ATRAVÉS DE ESPESSURAS ÓTICAS DE AEROSSÓIS

Processo CNPq N°: 105453/2006-7

Bolsista:

Germano Possani

Curso de Engenharia Química - Centro de Tecnologia

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM

Santa Maria, RS.

Orientador:

Dr. Plínio Carlos Alvalá

Laboratório de Ozônio - Divisão de Geofísica Espacial - DGE/CEA/INPE - MCT

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE/MCT

São José dos Campos, SP.

Co-Orientadores:

Dr. Nelson Jorge Schuch

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

Dr^a. Damaris Kirsch Pinheiro

Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria - LACESM/CT - UFSM

Colaboradores:

Ana Marcelli Soares - UFSM

Nadiara Pereira – UFSM

Caroline Bertagnolli – UNICAMP

Local de Trabalho & Execução do Projeto: Laboratório de Troposfera, Estratosfera, Radiação Ultravioleta e Ozônio Atmosférico - CRS/CIE/INPE – MCT. Observatório Espacial do Sul - OES/CRS/CIE/INPE – MCT. Trabalho desenvolvido no âmbito do Convênio INPE - UFSM, através do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CIE/INPE – MCT e do Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria - LACESM/CT/UFSM.



Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil



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



[Identificação](#)

[Recursos Humanos](#)

[Linhas de Pesquisa](#)

[Indicadores do Grupo](#)

Identificação

Dados básicos

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

Status do grupo: **certificado pela instituição**

Ano de formação: 1992

Data da última atualização: 18/06/2008 11:32

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

Damaris Kirsch Pinheiro - damaris@lacesm.ufsm.br

Área predominante: Ciências Exatas e da Terra; Geociências

Instituição: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Órgão: Coordenação de Gestão Científica - CIE

Unidade: Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRS

Endereço

Logradouro: Caixa Postal 5021

Bairro: Camobi

CEP: 97110970

Cidade: Santa Maria

UF: RS

Telefone: 33012026

Fax: 33012030

E-mail: njschuch@lacesm.ufsm.br

Home page: <http://>

Repercussões dos trabalhos do grupo

O Grupo de Pesquisa - Ciências Atmosféricas - Ozônio x Radiação - Energias Renováveis, do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRS/CIE/INPE-MCT, em Santa Maria, e Observatório Espacial do Sul - OES/CRS/CIE/INPE - MCT, Latitude: 29°26'24"S, Longitude: 53°48'38"W, Altitude 488m, em São Martinho da Serra, RS, colabora com pesquisadores do INPE (GEA e CPTEC), da USP(DM/ICB e IAG), do DBG/CB-UFRN, do LACESM-UFSM e internacionais: Japão (Universidades de Takushoku e Rikkyo) e EUA(NASA). Linhas de Pesquisas: CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS: OZÔNIO x RADIAÇÃO, ENERGIAS RENOVÁVEIS. Pesquisa: a composição, a estrutura, os processos físico-químicos e dinâmicos, o potencial energético renovável e o transporte de energia, com medidas in situ e fenômenos: Atmosféricos, Biosféricos e Genéticos. O Programa de Monitoramento do Ozônio Atmosférico - PMOA, criado por Nelson Jorge Schuch em maio de 1992, executado em Convênio: CRS/CIE/INPE-MCT - LACESM/CT-UFSM, objetiva: a análise de sua concentração; o comportamento de sua "camada", a +/- 25 km no RS, suas correlações com: Radiação Ultravioleta (UV-A, UV-B); gases traçadores (NO₂ - SO₂ -CO₂); aerossóis - queimadas; dados físicos e meteorológicos de sondagens troposféricas e estratosféricas; precipitação de partículas na Anomalia Magnética do Atlântico Sul - AMAS. Pesquisa e monitoramento da Radiação Ultravioleta - UV: UV-A (400-320 nm), UV-B (320 e 280 nm). Pesquisa da sensibilidade à Radiação UV: de seu Espectro de Ação; obtenção de Dose; do Índice Ultravioleta, I-UV; efeitos biológicos da Radiação UV-B em: nível celular, humanos, animais, vegetais, ecossistemas aquáticos. Pesquisa de Energias Renováveis com ênfase nas fontes solar e eólica. Vice-Líderes: Damaris K. Pinheiro, Marcelo B. da Rosa, Enio B. Pereira.

Relatório Final de Atividades, 2008

Recursos humanos	
Pesquisadores	Total: 17
André Passaglia Schuch	Lucymara Fassarella Agnez Lima
Augusta Maria Passaglia Schuch	Marcelo Barcellos da Rosa
Carlos Frederico Martins Menck	Marcelo Pizzuti Pes
Damaris Kirsch Pinheiro	Nelson Jesus Ferreira
Enio Bueno Pereira	Nelson Jorge Schuch
Ezequiel Echer	Neusa Maria Paes Leme
Fernanda de São Sabbas Tavares	Plínio Carlos Alvalá
Fernando Luís Guarnieri	Ricardo André Guarnieri
Fernando Ramos Martins	
Estudantes	Total: 12
Alexandre Ceretta Dalla Favera	Luana Serafini dos Santos
Ana Marcelli Soares	Nadiara Pereira
Caitano Luiz da Silva	Pabulo Henrique Rampelotto
Daniel Vinicius Fiorin	Rodrigo Brackmann
Germano Possani	Sarah Lemes Freitas
Gustavo Pereira Guerra	Simone Spiazzi Favarin
Técnicos	Total: 4
Anderson Colvero - Ensino Profissional de nível técnico - Técnico em Eletrônica	
Eduardo Ceretta Dalla Favera - Ensino Profissional de nível técnico - Técnico em Computação	
Koiti Ozaki - Especialização - Analista de Sistemas	
Vinicius Ceregati Costa - Graduação - \Outra Função	
Linhas de pesquisa	Total: 2
<ul style="list-style-type: none"> • Ciências Atmosféricas: Ozônio x Radiação • Energias Renováveis 	
Relações com o setor produtivo	Total: 0
Indicadores de recursos humanos do grupo	
Integrantes do grupo	Total
Pesquisador (es)	17
Estudante(s)	12
Técnico(s)	4



Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil



Linha de Pesquisa

Ciências Atmosféricas: Ozônio x Radiação

Linha de pesquisa

Ciências Atmosféricas: Ozônio x Radiação

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

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

Pesquisadores:

[André Passaglia Schuch](#)
[Augusta Maria Passaglia Schuch](#)
[Carlos Frederico Martins Menck](#)
[Damaris Kirsch Pinheiro](#)
[Ezequiel Echer](#)
[Fernanda de São Sabbas Tavares](#)
[Fernando Luís Guarnieri](#)
[Lucymara Fassarella Agnez Lima](#)
[Marcelo Barcellos da Rosa](#)
[Nelson Jesus Ferreira](#)
[Nelson Jorge Schuch](#)
[Neusa Maria Paes Leme](#)
[Plínio Carlos Alvalá](#)
[Ricardo André Guarnieri](#)

Estudantes:

[Ana Marcell Soares](#)
[Caitano Luiz da Silva](#)
[Germano Possani](#)
[Gustavo Pereira Guerra](#)
[Luana Serafini dos Santos](#)
[Nadara Pereira](#)
[Pabulo Henrique Rampelotto](#)
[Sarah Lemes Freitas](#)
[Simone Spiazzi Favarin](#)

Árvore do conhecimento:

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

Setores de aplicação:

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

Objetivo:

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

AGRADECIMENTOS

O bolsista gostaria de agradecer em primeiro lugar a Deus por todas as oportunidades em seu caminho e pela Família que sempre o apoiou em todos os momentos dessa jornada.

Ao Dr. José Carlos Becceneri, Coordenador do programa PIBIC/INPE - CNPq/MCT, por ter acreditado no seu potencial para realizar este Projeto Científico.

Ao orientador Dr. Plínio Carlos Alvalá, da Divisão de Geofísica Espacial DGE/CEA/INPE - MCT, em São José dos Campos, SP, pela atenção e orientação que dedicou ao bolsista durante o período de Projeto.

Ao Co-Orientador Dr. Nelson Jorge Schuch pela confiança depositada e pela ajuda na conquista desta bolsa, pois sem ela esta bolsa não seria possível.

A Co-Orientadora Dr^a. Damaris Kirsch Pinheiro, Diretora do Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria, por toda atenção, apoio ao desenvolvimento do projeto, paciência, dedicação, orientação, além de toda a constante ajuda e estímulo à vida acadêmica.

Ao Dr. Marcelo Barcellos da Rosa pelo auxílio nas atividades desenvolvidas pelo CRS, por somar sua experiência, além de dedicação e ajuda nos momentos de dúvida.

Aos colegas do Programa de Monitoramento do Ozônio Atmosférico.

Aos funcionários do LACESM/CT e da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, em especial ao Luis Fermino Nascimento e Francisco Almeida pelo apoio ao longo do Projeto.

Agradeço ao todos os funcionários do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRS/CIE/INPE - MCT, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE e do Observatório Espacial do Sul - OES/CRS/CIE/INPE - MCT, que de alguma forma contribuíram para a realização deste Projeto, em especial as secretárias Egídia e Angelita, pelo constante apoio e atenção às necessidades dos alunos/estagiários do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais.

RESUMO

O Projeto de Pesquisa tem por objetivo o estudo da influência de queimadas realizadas nas regiões centro e norte do Brasil, norte da Argentina e Paraguai sobre a região centro do Rio Grande do Sul medida através de Espessuras Ópticas de Aerossóis (EOA). O Método de Langley foi utilizado como ferramenta a partir da qual foi calculada a Espessura Óptica Atmosférica, possibilitando o cálculo da Espessura Óptica de Aerossóis, para os períodos da manhã e tarde, separadamente. A utilização do Método de Langley requer dias de céu limpo, sem interferência de nuvens, a fim de se obter ótimas correlações - com R2 superior a 0,95 - entre a massa de ar e a radiação ultravioleta incidente. A metodologia foi aplicada utilizando dados de medidas DS (Direto ao Sol) dos Espectrofotômetros Brewer: MKIV #081 (1992 – 2000), MKII #056 (2000 – 2002) e MKIII #167 (2002 – 2006), instalados no Observatório Espacial do Sul - OES/CRS/CIE/INPE – MCT, (29,42°S, 53,87°O), em São Martinho da Serra, RS, através de uma cooperação entre o Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CIE/INPE – MCT e o Laboratório de Ozônio da Divisão de Geofísica Espacial – DGE/CEA/INPE – MCT com o Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria – LACESM/CT - UFSM. Foram utilizadas as medidas de DS obtidas de agosto de 1992 a dezembro de 2006 para inferir a Espessura Óptica de Aerossóis. Uma análise da ocorrência dos picos de aerossóis mostra que foram encontrados em maior número nos meses de maio, junho, julho, e principalmente agosto, além de setembro, outubro e dezembro para as manhãs e durante os meses de maio, junho, julho, majoritariamente agosto e ainda setembro para as tardes analisadas. Estas ocorrências estão associadas, provavelmente, a queima de biomassa. Um estudo das prováveis causas dos picos de aerossol para o Observatório Espacial do Sul mostrou a sua ocorrência juntamente com o período de queima de biomassa nas regiões central e norte do Brasil, bem como o período de queimadas regionais, indicando, portanto, uma possível influência desta fonte de aerossóis na região central do Rio Grande do Sul.

SUMÁRIO

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO.....	3
AGRADECIMENTOS	7
RESUMO.....	8
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	11
CAPÍTULO 2 - OBJETIVOS.....	12
2.1 Objetivo do Programa de Monitoramento de Ozônio Atmosférico (PMOA)	12
2.2. Objetivos do Projeto	12
2.3 Objetivos Específicos do Projeto.....	12
CAPÍTULO 3 – DESENVOLVIMENTO TEÓRICO.....	13
3.1 Importância dos aerossóis.....	13
3.1.1 Influência no balanço energético da Terra e Clima.....	13
3.1.2 Núcleos Condensadores de Nuvens.....	15
3.1.3 Influência na Produção agrícola	15
3.1.4 Redução da visibilidade.....	16
3.1.5 Validação de dados de satélites	17
3.2 Particulados Atmosféricos de acordo com a distribuição de tamanho	17
3.3 Fontes Emissoras de Aerossóis e outros Particulados	19
CAPÍTULO 4 - METODOLOGIA	20
4.1 Equipamentos utilizados na análise.....	20
4.1.1 Espectrofotômetro Brewer.....	20
4.1.2 Satélites.....	24
4.1.2.1 Satélites NOAA 12 e 16	24
4.1.2.2 Satélite AQUA.....	24
4.2 Método de Langley.....	25
CAPÍTULO 5 – ATIVIDADES DESENVOLVIDAS PELO BOLSISTA.....	31
5.1 Visitas Técnicas ao Observatório Espacial do Sul	31
5.1.1 Calibração do Espectrofotômetro Brewer	31
5.1.2 Manutenção Preventiva dos Equipamentos.....	32
5.1.2.1 Troca da Sílica Gel	32
5.1.2.2 Limpeza e Polimento.....	32
5.1.3 Processamento de Schedules para o Espectrofotômetro Brewer.....	33
5.1.4 Coleta de Dados.....	33
5.1.5.1 Processamento dos dados de espessuras e gases traço	33
5.1.5.1.1 Arquivo countvJJJAA.167	34
5.1.5.1.2 Arquivos O3DSJJJAA.167 e O3ZSJJJAA.167	35
5.1.5.1.3 Arquivos O3DSJJJ_JJJ_AA.167 e O3ZSJJJ_JJJ_AA.167.....	35
5.1.5.1.4 Arquivo ETCJJJ_JJJ_AA.167	35
5.1.5.1.5 Arquivo LogJJJ_JJJ_AA.167	35

5.1.5.2 Redução dos dados de EOA	36
CAPÍTULO 6 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
CAPÍTULO 7 – CONCLUSÕES E ATIVIDADES FUTURAS.....	64
CAPÍTULO 8 – TRABALHOS PUBLICADOS E APRESENTADOS	65
CAPÍTULO 9 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O Programa de Monitoramento do Ozônio Atmosférico - PMOA vem sendo realizado desde 1992 no sul do Brasil em Santa Maria - RS, através da Parceria entre o Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais do Instituto Nacional Pesquisas Espaciais - CRS/CIE/INPE – MCT, o Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria - LACESM/CT – UFSM e o Laboratório de Ozônio do Instituto Nacional Pesquisas Espaciais – LO/DGE/CEA/INPE – MCT. Neste período, diversos equipamentos foram instalados no Observatório Espacial do Sul - OES/CRS/CIE/INPE - MCT, dentro da parceria entre o INPE/MCT e a UFSM e da Cooperação Internacional em Ciências Espaciais e Atmosféricas Brasil - Japão. Cooperação esta desenvolvida no Brasil pelo CRS/CIE/INPE - MCT em conjunto com LACESM/CT - UFSM.

No Laboratório de Troposfera, Estratosfera, Radiação Ultravioleta e Ozônio Atmosférico do CRS/CIE/INPE - MCT, onde é desenvolvido o Programa de Monitoramento do Ozônio Atmosférico, existe uma série de equipamentos que monitoram continuamente a Radiação Ultravioleta tipo A e tipo B, a Radiação Fotossinteticamente Ativa (PAR) e a Coluna Total de Ozônio Atmosférico.

O estudo dos aerossóis atmosféricos é de grande importância, uma vez que são responsáveis pela degradação da visibilidade (Finlayson-Pitts, B. J. and Pitts, J., 2000; Seinfeld, J. H. and Pandis, S. N., 1998), atenuação da radiação ultravioleta (Liu et al. 1991; Krzyscin and Puchalski, 1998), podendo atuar como núcleo de formação de nuvens na atmosfera (Finlayson-Pitts, B. J. and Pitts, J., 2000) e são, portanto, indicadores indiretos de poluição do ar.

Este trabalho analisa a Espessura Óptica de Aerossóis através dos dados fornecidos pelos Espectrofotômetros Brewer MKIV #081 (1992 – 2000), MKII #056 (2000 – 2002) e MKIII #167 (2002 – 2006), instalados no Observatório Espacial do Sul (29.4° S, 53,8° O) de janeiro de 1997 a dezembro de 2006.

CAPÍTULO 2

OBJETIVOS

2.1 Objetivo do Programa de Monitoramento de Ozônio Atmosférico (PMOA)

O PMOA, desenvolvido dentro do Programa de Cooperação Técnico-Científica entre o CRS/CIE/INPE - MCT e o LACESM/CT - UFSM, executado em Convênio com o Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, Convênio: MMA - UFSM, em Cooperação com o Laboratório de Ozônio do INPE/MCT, no âmbito do Convênio INPE - UFSM e Convênio Agência Espacial Brasileira - Fundação de Apoio à Tecnologia e Ciência - Convênio: AEB/PR - FATEC/UFSM. Esta cooperação objetiva realizar o monitoramento, as análises estatísticas e a evolução da Camada de Ozônio, na latitude de 30° Sul, acompanhando e estudando a expansão do fenômeno “Buraco de Ozônio Antártico” e seus efeitos secundários na latitude de Santa Maria/São Martinho da Serra, bem como a correlação com o monitoramento sistemático da radiação ultravioleta, de partículas de radiação cósmica, de gases traçadores atmosféricos, NO₂ e SO₂, com dados físicos e meteorológicos obtidos através de sondagens troposféricas e estratosféricas e correlação com os fenômenos da Anomalia Magnética do Atlântico Sul - AMAS, junto ao Observatório Espacial do Sul do CRS/CIE/INPE - MCT, em São Martinho da Serra, RS.

2.2. Objetivos do Projeto

O objetivo geral deste trabalho é o estudo da influência de queimadas realizadas nas regiões centro e norte do Brasil, norte da Argentina e Paraguai sobre a região centro do Rio Grande do Sul medida através de espessuras óticas de aerossóis.

2.3 Objetivos Específicos do Projeto

- Realização de medidas de radiação solar direta na faixa de UV, através da técnica Direto ao Sol (DS), e obtenção dos valores de espessuras óticas atmosféricas e de aerossóis, aplicando o Método de Langley, utilizando o Espectrofotômetro Brewer instalado no Observatório Espacial do Sul em São Martinho da Serra.
- Obtenção da climatologia das espessuras óticas de aerossóis através da análise da série temporal dos dados coletados pelo Brewer, de 1992 a 2006, na região Central do Rio Grande do Sul.

CAPÍTULO 3

DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

3.1 Importância dos aerossóis

Os aerossóis atmosféricos consistem em um complicado sistema de partículas líquidas ou sólidas suspensas em uma mistura gasosa (Heintzenberg, J., 1994; Finlayson-Pitts e Pitts, 2000). A importância destas partículas vai além de indicadores indiretos de poluição atmosférica. Os aerossóis podem atenuar até 35% da radiação UV-B (Kylling et al., 1998) e desta forma influenciar no clima do planeta (Waggoner et al., 1981; Charlson et al., 1990; IPCC, 1995; Schwartz, 1996). A atenuação de radiação por aerossóis, além de influenciar na formação de ozônio troposférico através da modificação do balanço energético da atmosfera (Dickerson et al., 1997), interfere na produção agrícola, reduzindo a incidência de radiação fotossinteticamente ativa (Chameides et al., 1999). São fundamentais no processo de formação de nuvens, além de contribuírem significativamente para a redução da visibilidade.

3.1.1 Influência no balanço energético da Terra e Clima

Quando um fluxo de radiação atravessa a atmosfera, a intensidade da radiação muda devido à interação com a matéria (Begum, 1998). Para manter o balanço de energia da Terra, todo o fluxo de radiação que chega ao planeta deve ser balanceado por um fluxo que parte da Terra sob a forma de radiação infravermelha. Qualquer alteração nesses fluxos levará a um desequilíbrio no clima do planeta.

Os aerossóis podem influenciar em ambos os fluxos do balanço de energia. Partículas com tamanhos inferiores a 1 μm agem de forma muito efetiva no espalhamento da radiação vinda do Sol, refletindo parte desta de volta para o espaço, inclusive parte da radiação infravermelha. Partículas de poeira mineral, provenientes de erosão e desfragmentação do solo, devido ao seu tamanho e composição podem absorver e espalhar tanto a radiação incidente como a radiação emitida da Terra. Na banda da radiação visível, as partículas de poeira mineral refletem de volta para o espaço parte da radiação, reduzindo a quantidade de radiação disponível no sistema, o que pode se

traduzir em uma redução da temperatura da atmosfera. Na banda do infravermelho essas partículas agem como absorvedores, assim como os gases do efeito estufa, causando um aquecimento da atmosfera. Costuma-se dizer que esses efeitos causam impactos diretos no clima do planeta (Seinfeld e Pandis, 1998).

As nuvens troposféricas interagem com ambos os fluxos de radiação: solar e terrestre, podendo contribuir para tanto para o aquecimento como para o resfriamento global. As nuvens estratiformes marinhas encontradas na camada limite refletem de volta para o espaço a radiação solar, resultando em uma forçante radioativa com valores negativos e, portanto, em um resfriamento na atmosfera. Porém, essas nuvens absorvem parte da radiação infravermelha terrestre e emitem aproximadamente na mesma temperatura da superfície terrestre. Contudo, nuvens do tipo cirrus e nuvens convectivas profundas encontradas próximas a tropopausa emitem radiação infravermelha para o espaço com temperaturas baixas, características desta região da atmosfera. Devido a essa emissão de energia a baixas temperaturas, o saldo de emissão infravermelha para o espaço é pequeno, levando a forçante radiativa a valores positivos, portanto de aquecimento. Como resultado, a forçante radiativa para nuvens baixas sobre o oceano é negativo e positivo para regiões continentais com nuvens altas. O balanço de todas essas forçantes radiativas tem um efeito médio negativo de aproximadamente 20 W/m^2 (Baker, 1997).

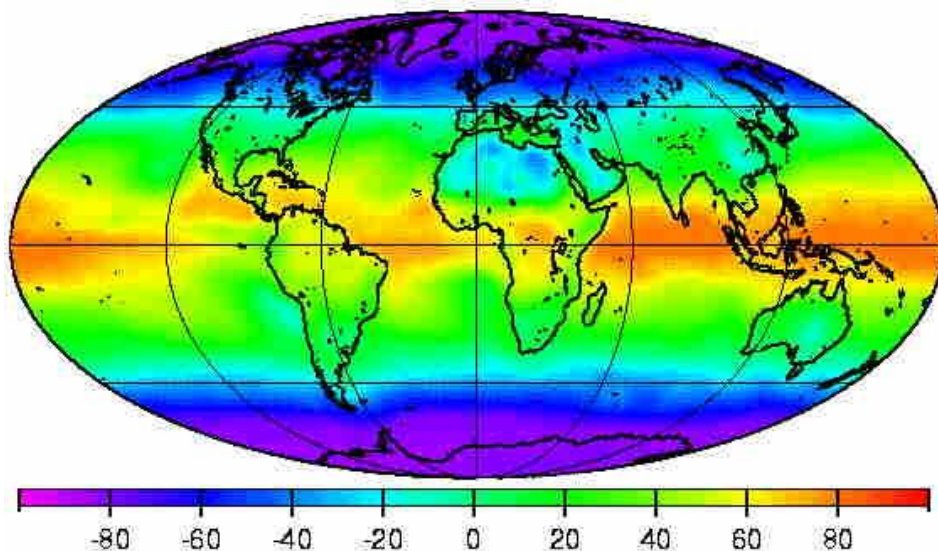


Fig. 3.1 – Média anual global do balanço radioativo da Terra em W/m^2 .

Fonte: www.atmosphere.mpg.de/enid/te.html

Deve ser considerado ainda o impacto causado por aerossóis de origem vulcânica sobre regiões próximas. Em 1783 uma grande erupção vulcânica ocorrida na Islândia teria provocado um severo inverno sobre a Europa. Este fato levou o cientista Benjamin Franklin a sugerir uma possível redução na incidência de radiação solar. Algumas simulações e observações após a erupção do Monte Pinatubo mostram um resfriamento da temperatura global de 0,5° C.

3.1.2 Núcleos Condensadores de Nuvens

O efeito indireto no clima ocorre devido ao fato das partículas de aerossol atuarem como núcleos de condensação de nuvens (NCN), podendo, dessa forma, alterar as propriedades físicas e ópticas das nuvens, tais como distribuição do tamanho das gotas e albedo (Twomey, 1977, Kaufman e Fraser, 1997). Existe a possibilidade do aumento da nebulosidade, o que pode modificar a fração de radiação refletida de volta ao espaço e o padrão de precipitação, alterando o ciclo hidrológico da Terra (Hinds, 1982, Crutzen e Andreae, 1990).

Se a concentração de aerossóis aumentar substancialmente como resultado das emissões antropogênicas, o número de gotículas de nuvens aumentará, pois é governado pelo número de partículas de aerossóis nas pré-nuvens. Um aumento no número de gotículas de nuvens levará a um acentuado espalhamento múltiplo da luz pelas nuvens e um aumento na espessura óptica e albedo das nuvens. A extensão de uma nuvem e o seu tempo de vida devem também serem aumentados. Em essência, o aumento no número de gotículas de nuvens repercute diretamente no número de núcleos condensadores de nuvens (Seinfeld e Pandis, 1998).

De acordo com Seinfeld e Pandis, 1998, o número de NCN em massas de ar continentais é maior que na atmosfera marinha. A concentração de NCN no ar marítimo, influenciada por emissões antropogênicas, dificilmente ultrapassa os 100 cm^{-3} , enquanto que concentrações de NCN em regiões continentais ultrapassam os 1000 cm^{-3} .

3.1.3 Influência na Produção agrícola

Os aerossóis atmosféricos ao atuarem como atenuadores da radiação solar acabam impedindo parcialmente a passagem da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) que é

a radiação utilizada pelas plantas para realização da fotossíntese. Essa radiação está na faixa da luz visível (400 a 700 nm). Esse efeito é mais significativo em países em desenvolvimento tipicamente agrícolas como é o caso da China. De acordo com Chameides et al., 1999, os aerossóis atmosféricos causaram uma redução de 80 W/m^2 de radiação PAR durante o período de safra na China em 1995. Isso representa uma diminuição de 25% sobre a radiação PAR incidente.

3.1.4 Redução da visibilidade

A distancia visual, x_v , é definida como a maior distância a que um observador consegue identificar um objeto no horizonte. A habilidade humana de enxergar através da atmosfera depende da concentração de partículas suspensas e dos gases, uma vez que ambos podem espalhar e absorver a luz, causando a aparência de uma neblina, uma diminuição do contraste e uma mudança na percepção da cor dos objetos distantes.

Muitas colorações atmosféricas são causadas pela absorção dos aerossóis de determinados comprimentos de onda, contudo a degradação da visibilidade é consequência direta da propriedade de espalhamento dos aerossóis. Quando ocorre redução da visibilidade, as partículas na atmosfera entre o observador e o objeto espalham a luz proveniente do Sol e outras partes do céu através da linha de visão do observador.



(a)

(b)

Fig. 3.2 – Imagem ilustrando a degradação da visibilidade em a) com 240 km de comprimento visual e b) apenas com 70 km.

Fonte: <http://www.mpg.de/english/portal/index.html>



Fig. 3.3 – Região urbana com grande quantidade de gases poluidores redutores da visibilidade atmosférica.

Fonte: <http://www.mpg.de/english/portal/index.html>

3.1.5 Validação de dados de satélites

A quantificação das EOA é de fundamental importância para a validação de dados de satélites. Em geral, os detectores de radiação UV embarcados em satélites, realizam essas medidas a partir da radiação retro-espalhada. A obtenção da atenuação da radiação UV a partir de medidas em solo é de vital importância na validação destes sensores, bem como os utilizados no estudo do albedo planetário e na alimentação dos modelos de clima e tempo.

3.2 Particulados atmosféricos de acordo com a distribuição de tamanho

Por definição os particulados atmosféricos devem ter diâmetro entre 0,002 e 100 μm . Contudo, não existe um critério que defina exatamente as extremidades desse intervalo. Costuma-se adotar que o limite superior desse intervalo seja um fino chuvisco ou partículas muito finas de areia que devido ao seu elevado tamanho, rapidamente irão sedimentar na atmosfera. As partículas mais importantes em termos de propriedades químicas e físicas na atmosfera estão no intervalo de 0,002 a 10 μm , (Finlayson-Pitts e Pitts, 2000).

Os tipos mais comuns de partículas atmosféricas de acordo com Seinfeld e Pandis 1998 são:

- ✓ **Aerossóis, Aerocolóides ou Sistemas Aerodispersos** – partículas finas dispersas em gases.
- ✓ **Poeira** (*dust*) – aerossol de partículas sólidas formado por desintegração mecânica de um material, tal como moagem; apresenta partículas no intervalo desde sub-microns-metro até o visível.
- ✓ **Bruma ou Nevoeiro** (*fog*) – termo não muito usado para aerossóis visíveis onde a fase dispersa é líquida. Normalmente, uma dispersão de gelo ou água, próxima ao solo.
- ✓ **Fumo** (*fume*) – aerossol de partículas sólidas produzido por condensação de vapores ou produtos gasosos de combustão; apresenta partículas geralmente menores que 1 μm .
- ✓ **Neblina** (*haze*) – aerossol que impede a visão e consiste da combinação de gotículas d'água, poluentes e poeira; apresenta partículas geralmente menores que 1 μm .
- ✓ **Névoa** (*mist*) – normalmente água na forma de partículas suspensas na atmosfera na superfície ou próxima a ela. Pequenas gotículas de água flutuantes ou em queda, similares a forma de chuva e algumas vezes são distinguidas de bruma (*fog*) como sendo mais transparentes ou por terem partículas perceptivelmente se movendo para baixo; apresenta partículas geralmente maiores que 1 μm .
- ✓ **Smog** – aerossol produto de reações fotoquímicas, normalmente combinado com o vapor de água; o termo é derivado das palavras em inglês *smoke* e *fog*; as partículas são normalmente menores que 1 ou 2 μm .
- ✓ **Fumaça** (*smoke*) – aerossol visível resultante de combustão incompleta; as partículas podem ser sólidas ou líquidas e com diâmetros normalmente menores que 1 μm .
- ✓ **Fuligem** (*soot*) – aglomerados de partículas de carbono impregnadas com alcatrão, formadas a partir da combustão incompleta de material carbonáceo.

As partículas menores que 1 μm de diâmetro encontram-se na atmosfera em maior número, geralmente de 10 a alguns milhares por cm^3 , enquanto as que excedem 1 μm normalmente possuem concentrações inferiores a 1 por cm^3 .

3.3 Fontes Emissoras de Aerossóis e outros Particulados

De acordo com a fonte emissora, os aerossóis podem ser de origem natural ou antropogênica, ambos são ainda classificados em primários e secundários. Aerossóis Primários são aqueles aerossóis introduzidos diretamente na atmosfera, seja de origem natural ou antropogênica. Já os Aerossóis Secundários são formados na atmosfera por componentes gasosos desta, sofrendo a conversão de gás para partícula.

CAPÍTULO 4

METODOLOGIA

4.1 Equipamentos utilizados na análise

Os dados sobre a EOA utilizados nesta análise foram obtidos através dos Espectrofotômetros Brewer modelo MKIV, MKII e MKIII, instalados no Observatório Espacial do Sul - OES/CRS/CIE/INPE - MCT (29,4 °S; 53,8°O; 488,7m).

4.1.1 Espectrofotômetro Brewer

Os Espectrofotômetros Brewer são uma família de instrumentos científicos que realizam medidas da radiação ultravioleta no espectro solar, examinando a absorção diferencial de comprimentos de onda selecionados no espectro da radiação ultravioleta do tipo B (UV-B), além de inferir as colunas totais dos gases O₃ e SO₂. Este equipamento foi instalado no Observatório Espacial do Sul - OES/CRS/CIE/INPE - MCT, em Martinho da Serra, a partir de um convênio entre a UFSM e o INPE/MCT, durante o período de 1992 – 2000 funcionou o equipamento MKIV #081, de 2000 – 2002 o equipamento MKII #056 e de 2002 até o momento opera o equipamento MKIII # 167.

Os dois primeiros Espectrofotômetros Brewer são compostos por um monocromador e um detector para observar e medir o espectro de radiação. O monocromador é essencialmente constituído de um elemento de dispersão e dispositivos para controle da largura da faixa de comprimentos de onda desejados. A fonte de energia a ser analisada deve fornecer um espectro contínuo, no caso do Espectrofotômetro Brewer esta é o Sol. Os elementos de dispersão podem ser prismas de vidro ou quartzo e redes de difração, sendo para o Espectrofotômetro Brewer, o meio atenuador a coluna atmosférica acima do instrumento.

Uma porção da energia radiante emitida pela fonte passa por uma fenda de entrada e vai incidir sobre o elemento de dispersão. A radiação é dispersa, dando um espectro contínuo dentro dos limites correspondentes à fonte utilizada. Por meio de uma fenda de saída, pode-se isolar uma faixa mais ou menos estreita da radiação. O comprimento de

onda médio da faixa que atravessa a fenda de saída é controlado mediante a variação da posição do prisma ou da rede de difração.

O Espectrofotômetro Brewer é um instrumento óptico projetado para medir a intensidade da atenuação da radiação solar ultravioleta incidente em cinco comprimentos de onda, de 306 a 320 nm, no espectro de absorção do ozônio e dióxido de enxofre atmosféricos. O Brewer mede também a intensidade da radiação UVB global incidente na superfície (de 290 a 325 nm, modelos MKII e MKIV) através de varreduras do espectro. O equipamento é formado por um espectrofotômetro e por um sistema de rastreamento do Sol, acoplados a um microcomputador o qual, através de software próprio, realiza a aquisição, redução e armazenamento de dados e o controle do instrumento (testes de desempenho geral, medidas). O equipamento pode ser programado para trabalhar sozinho através do uso de esquemas de medidas previamente programados pelo usuário.

A luz solar pode entrar no aparelho pelo domo de UV ou através de uma janela de quartzo inclinada, sendo direcionada ao prisma diretor o qual seleciona a luz de céu zênite (ZS), direto ao Sol (DS), do domo de UV ou das lâmpadas de calibração; a forma de entrada da luz dependerá do tipo de medida que se quer realizar.

Uma lâmpada de mercúrio fornece uma fonte padrão para calibração do comprimento de onda do Espectrofotômetro e uma lâmpada alógena 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; 6 fendas de saída estão posicionadas ao longo do plano focal nos comprimentos de onda de operação, sendo que uma delas é utilizada somente para a calibração do micrômetro através da lâmpada de mercúrio (teste HG).

As medidas DS objetivam a obtenção da coluna total de ozônio e dióxido de enxofre, sendo utilizados para isso cinco comprimentos de onda 306,3; 310,1; 313,5; 316,8; 320,1 nm, com resolução aproximada de 0,5 nm para ozônio.

Quando as medidas de radiação ultravioleta são realizadas, a radiação UV-B proveniente do Sol e do céu, respectivamente radiação direta e difusa, atingem o domo de onde a radiação é direcionada para o prisma, o qual envia o feixe para o interior do equipamento. A radiação solar medida pelo instrumento passa por um conjunto de lentes, filtros atenuadores e selecionadores de radiação, colimadores, fendas seletoras, espelhos e rede de difração para incidir no cátodo de um tubo fotomultiplicador que transforma o feixe de luz de comprimento de onda λ num sinal elétrico interpretado como pulso pela cadeia eletrônica Brewer. As diferentes posições do prisma e os percursos que a luz executa até atingi-lo, para depois entrar na íris, estão ilustrados na Figura 4.1.

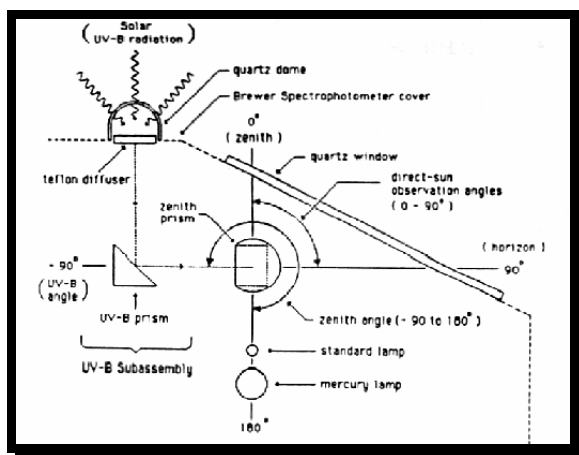


Fig. 4.1 - Possíveis posicionamentos do prisma e caminhos percorridos pela luz até chegar ao prisma nos Brewers MKII e MKIV. Fonte: Manual de Operação do Espectrofotômetro Brewer MK II.

O modelo MKIII #167 difere dos dois espectrofotômetros citados anteriormente por possuir a faixa de medida da radiação espectral mais ampla, compreendendo de 286,5 nm a 363,0 nm, também com resolução de 0,5 nm, e por apresentar um duplo sistema óptico. Este sistema oferece uma maior confiabilidade no isolamento dos comprimentos de onda selecionados.

A luz, após incidir na máscara, SL1, é direcionada para baixo e refletida sob outro espelho esférico, SM2, que faz o feixe de luz incidir sobre uma segunda grade de

difração, GR2, e só então que o feixe de luz vai para a fotomultiplicadora, PM1, conforme ilustrado na Figura 4.2.

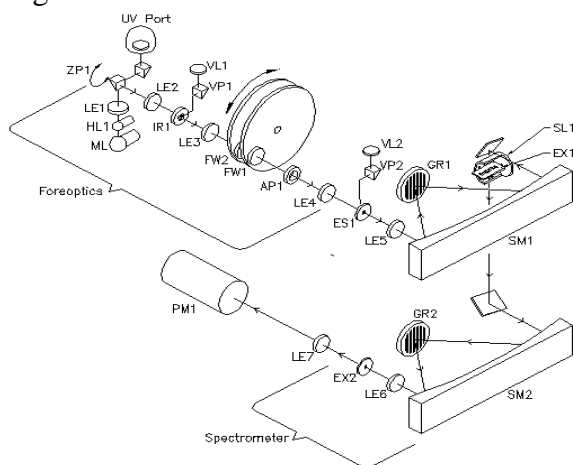


Fig. 4.2 – Elementos ópticos do Espectrofotômetro Brewer MK III. Fonte: Manual do Espectrofotômetro Brewer MK III.

O Espectrofotômetro Brewer atualmente instalado no Observatório Espacial do Sul é mostrado na Figura 4.3, onde se observa em detalhe o tripé, o sistema de rastreamento do Sol (*tracker*), a janela de entrada do feixe de luz solar, para medida dos gases atmosféricos, e o domo, acima da janela, para medida da radiação ultravioleta.



Fig. 4.3 - Espectrofotômetro Brewer MK III # 167 atualmente instalado no Observatório Espacial do Sul - OES/CRS/CIE/INPE - MCT, em São Martinho da Serra, RS.

4.1.2 Satélites

Satélites como NOAA 12 e 16 da National Oceanic and Atmospheric Administration e o AQUA da National Aeronautics and Space Administration possuem sensores infravermelhos capazes de detectar focos de calor. Dessa forma é possível inferir focos de queimadas a partir de 30 x 0,5 m, o que é comumente chamado de Píxel.

4.1.2.1 Satélites NOAA 12 e 16

O NOAA 12, Figura 4.4, foi lançado em Maio de 1991 e encontra-se operando a uma altitude de 833 km, possui órbita quase polar, sincronizada com o Sol e período de 101,4 minutos. Mede 5 canais dentro da banda espectral de: 0,58 a 12 μm . O satélite NOAA 16 foi lançado em Setembro de 2000, possui 6 canais dentro da mesma banda do NOAA 12.



Fig. 4.4 – Ilustração do satélite NOAA 12 em órbita.

Fonte: <http://www.jcoppens.com/sat/tech/n12.php>

4.1.2.2 Satélite AQUA

O AQUA foi lançado em maio de 2002 pela NASA e opera a 705 km de altitude. Leva a bordo diversos instrumentos entre eles a Sonda de Infravermelho Atmosférica (AIRS – Atmospheric Infrared Sounder) responsável pelas medidas de focos de calor, Figura 4.5. Assim como os satélites NOAA 12 e 16 possui órbita quase polar, conforme mostra a Figura 4.6.

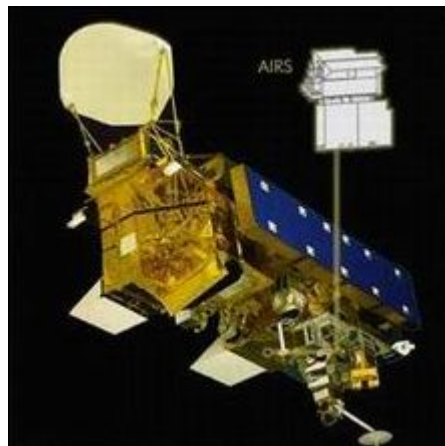


Fig. 4.5 – Ilustração do instrumento AIRS do Satélite AQUA da NASA.

Fonte: http://disc.gsfc.nasa.gov/AIRS/airsLIB_Rad.shtml

Este instrumento possui 2378 canais de infravermelho e 4 canais de visível próximos do Infravermelho, medindo a radiação refletida pela Terra de 0,4 a 1,0 μm e de 3,7 a 15,4 μm . O seu campo de visão é de $\pm 49,5^\circ$.

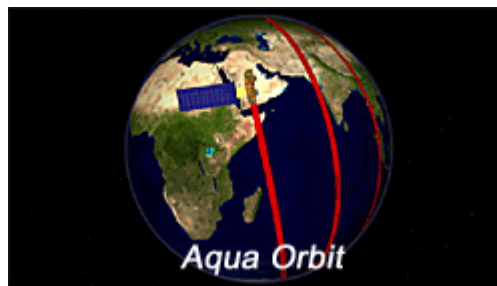


Fig. 4.6 – Órbita do Satélite AQUA da NASA.

Fonte: http://earthobservatory.nasa.gov/Library/Aqua/Aqua_animations.html

4.2 Método de Langley

O Método de Langley é uma aplicação da Lei de Beer-Bouguer-Lambert para a atmosfera terrestre irradiada pela luz solar (Yavorsky e Detlaf, 1980). A Lei de Beer-Bouguer-Lambert, ou apenas Lei de Beer, juntou os estudos dos pesquisadores Pierre Bouguer (1729), Johann Heidrich Lambert (1760) e August Beer (1852) na tentativa de quantificar amostras a partir da absorção eletromagnética. No final do século XIX Samuel Pierpont Langley propôs a relação da incidência de radiação no topo da atmosfera com a incidência na superfície através da Espessura Óptica Atmosférica, τ_{at} , (Coulson, 1975). Portanto, a Lei de Beer pode ser tomada na forma da Equação (4.1)

$$I_{\lambda} = I_{o\lambda} \cdot \exp(-\tau_{at} \cdot m) \quad (4.1)$$

onde I_{λ} representa a Irradiância solar na superfície da Terra para o comprimento de onda λ , $I_{o\lambda}$ a Irradiância solar no topo da atmosfera terrestre para o comprimento de onda λ , $\tau_{at\lambda}$ a Espessura Óptica Atmosférica e m a massa de ar. A massa de ar m corresponde ao caminho óptico percorrido pela luz e é calculada através da Equação (4.2).

$$m = \sec \left[\arcsen \left(\frac{R_{Terra} \cdot \text{sen}(\theta)}{R_{Terra} + h} \right) \right] \quad (4.2)$$

onde h representa a altura da massa de ar e θ o ângulo solar zenital (ASZ), Figura (4.7). Sendo o raio da Terra $R_{Terra} \gg h$, a massa de ar pode ser calculada pela Equação (4.3) para $ASZ < 60^\circ$ (Kasten e Young, 1989; Lenoble, 1993; Young, 1994; Marquard et al., 2000), tal que:

$$m \sim \sec(\theta) \quad (4.3)$$

O Método de Langley consiste, portanto, na linearização da Lei de Beer, o que resulta na Equação (4.4):

$$\ln I_{\lambda} = \ln I_{o\lambda} - \tau_{at\lambda} \cdot m \quad (4.4)$$

Como a radiação proveniente do Sol em todos os comprimentos de onda é considerada uma constante, chamada Constante Solar, aproximadamente 1368 W/m^2 (Finlaynson-Pitts e Pitts, 2000) e a Irradiância incidente no topo da atmosfera terrestre na faixa do ultravioleta do tipo B possui uma taxa de variação de cerca de 0,1% ao ano (Lean, 1991; Hood, 1999; Reid, 1999; Rottman, 1999), pode-se medir Irradiâncias, I_{λ} , para diferentes massas de ar, diferentes ASZ, enquanto a τ_{at} se mantiver constante.

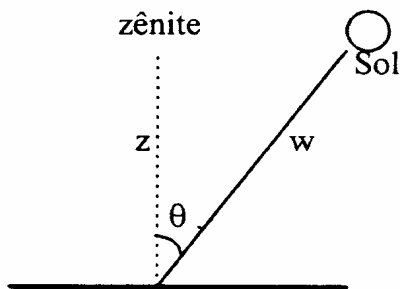


Fig. 4.7 - Esquema da geometria da atenuação da radiação solar pela atmosfera, em relação ao ponto de zênite (perpendicular à superfície terrestre). O ângulo formado pela posição do Sol e o zênite é denominado ângulo solar zenital (θ).

Dessa forma, haverá uma relação linear entre $\ln I_\lambda$ e a massa de ar, m . Ajustando uma reta média a esses pontos, com inclinação igual a $-\tau_{at}$, quando essa reta extrapolar o eixo das ordenadas ($m = 0$), para um feixe de radiação monocromática, esse valor corresponderá a radiação incidente no topo da atmosfera, $I_{0\lambda}$. A partir desta metodologia Langley foi capaz de determinar a constante solar (Coulson,1975).

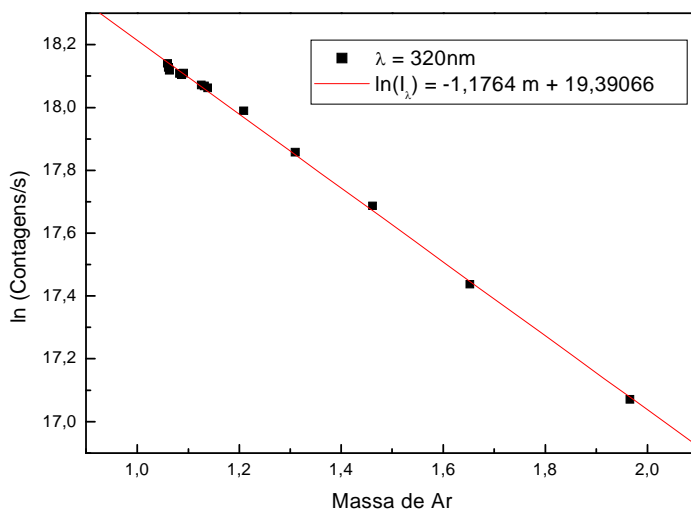


Fig. 4.8 – Aplicação do Método de Langley para a manhã do dia 21/10/2006 no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE – MCT.

Uma vez obtida a τ_{at} , a EOA pode ser estimada para um comprimento de onda específico descontando a contribuição dos gases traço: ozônio, O_3 , e dióxido de enxofre, SO_2 e o espalhamento Rayleigh (Kirchhoff et al., 2002). A τ_{at} pode ser expressa pela Equação (4.5):

$$\tau_{at} = \tau_R + \tau_{ae} + \tau_{SO_2} + \tau_{O_3} \quad (4.5)$$

Onde, τ_{at} é a espessura óptica atmosférica, τ_R é a espessura óptica do Espalhamento Rayleigh, τ_{SO_2} é a espessura óptica pela absorção do SO_2 , τ_{O_3} é a espessura óptica pela absorção do O_3 e τ_{ae} é a espessura óptica de aerossóis (EOA).

O Espalhamento Rayleigh foi calculado pela Equação (4.6), onde é levada em consideração a pressão local e valores de índice de refração do ar e coeficiente de despolarização (Teillet, 1990).

$$\tau_R = 0,008569 \lambda^{-4} (1 + 0,0113 \lambda^{-2} + 0,00013 \lambda^{-4}) p_{estação} \cdot p_{atm}^{-1} \quad (4.6)$$

Onde, $p_{estação}$ é a pressão local ($p_{OES} = 960$ hPa), p_{atm} é a pressão atmosférica ($p_{atm} = 1013,15$ hPa) e λ é o comprimento de onda em nm.

As frações referentes à absorção pelos gases traço são calculadas pela Equação (4.7):

$$\tau_{xx\lambda} = \sigma_{xx\lambda} \cdot UD \cdot 2.69 \cdot 10^{16} \quad (4.7)$$

sendo $\sigma_{xx\lambda}$ a seção de choque de absorção em $cm^2/molécula$ (Molina e Molina, 1986; McGee and Burris Jr, 1987) e UD representa a coluna integrada de gás em Unidades Dobson. As seções de choque de absorção para os gases traço para cinco comprimentos de onda na faixa do UV-B está ilustrada na Figura 4.9.

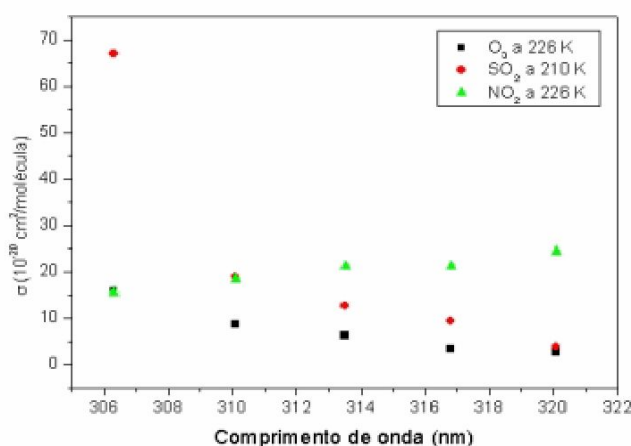


Fig. 4.9 - Seções de choque de absorção para os gases traço: O_2 , SO_2 e NO_2 para os comprimentos de onda do Brewer. Fonte: Molina e Molina (1986), McGee e Burris Jr (1987).

A baixa troposfera compreende uma região bastante turbulenta e a aplicação do método de Langley requer alguns cuidados especiais como: a ausência de nuvens no céu e uma camada de aerossóis estável na atmosfera (Silva e Kirchhoff, 2004). Contudo, é muito difícil assegurar que essas duas condições sejam satisfeitas. A fim de garantir a confiabilidade do Método de Langley, alguns critérios foram adotados para a seleção dos dias e medidas a serem analisadas:

- (i) Devido à rotina diária do Brewer, são efetuadas medidas da coluna total de O_3 e SO_2 ds (Direto ao Sol) 5 vezes em 3 minutos. As medidas da coluna dos gases e seus respectivos desvios padrões são registradas em um grupo de 5 medidas *ds* individuais para cada um dos comprimentos de onda, onde somente as medidas com desvios padrões iguais e inferiores a 2,5 UD são consideradas válidas.
- (ii) Para que as retas ajustadas às medidas sejam estatisticamente representativas, são necessárias no mínimo 35 medidas *ds* individuais (7 seqüências de 5 medidas).
- (iii) Somente retas com coeficiente de correlação R^2 maiores que 0,97 são aceitas.
- (iv) A fim de minimizar o efeito do espalhamento múltiplo, na aplicação do Método, são utilizados somente dias sem a presença de nuvens e medidas *ds* com ASZ inferior a 65° .

Um dia típico sem a presença de nuvens está representado na Figura 4.10, correspondente ao dia 2/11/2002 para os cinco comprimentos de onda obtidos do Espectrofotômetro Brewer.

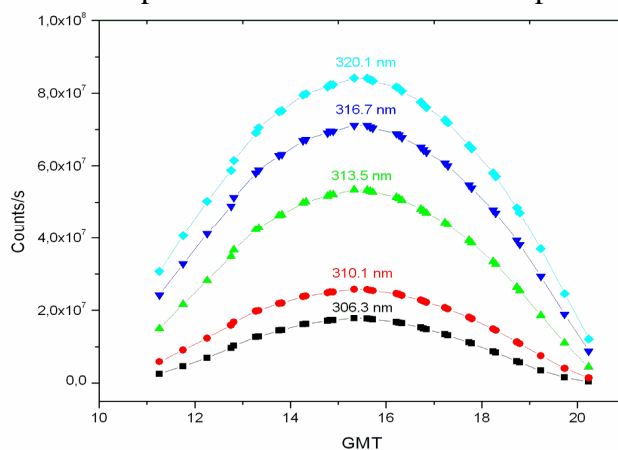


Fig. 4.10 – Medidas *ds* para um dia de céu claro sem nuvens no Observatório Espacial do Sul para os cinco comprimentos de onda fornecidos pelo Brewer.

A linearização das curvas da Fig. 4.10, o que consiste na aplicação do Método de Langley, em função da massa de ar, leva a obtenção dos τ_{at} para cada um dos comprimentos de onda, através da inclinação das retas, Figura 4.11.

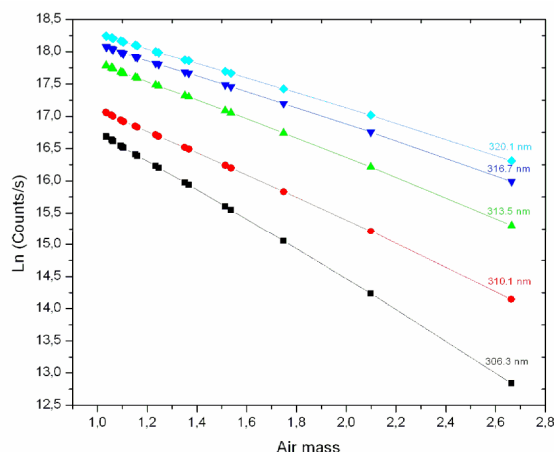


Fig. 4.11 – Método de Langley aplicado ao dia 2/11/2002 para os cinco comprimentos de onda do Brewer para o Observatório Espacial do Sul.

Uma vez calculadas as EOA, é possível determinar seu erro através teoria de propagação de erros, (Knoll, 1979), Equação (4.8).

$$\delta_{ae} = (\delta_{at}^2 + \delta_{O_3}^2 + \delta_{SO_2}^2 + \delta_R^2)^{0,5} \quad (4.8)$$

onde o erro da contribuição dos gases O_2 e SO_2 é calculado pela Equação (4.9) (Knoll, 1979).

$$\delta_{\delta_{g\acute{a}s}} = 2,69 \times 10^{16} [(N\delta_{\sigma})^2 + (\sigma\delta_N)^2]^{0,5} \quad (4.9)$$

onde δ_{σ} é o erro no valor da seção de choque de absorção (σ) e δ_N é o erro no valor da coluna integrada de gás (N).

CAPÍTULO 5

ATIVIDADES DESENVOLVIDAS PELO BOLSISTA

5.1 Visitas Técnicas ao Observatório Espacial do Sul

Um grupo de integrantes do Programa de Monitoramento do Ozônio Atmosférico desloca-se semanalmente ao Observatório Espacial do Sul - OES/CRS/CIE/INPE - MCT, em São Martinho da Serra - RS, com a finalidade de verificar o funcionamento dos equipamentos, calibração e manutenção preventiva, coleta de dados e limpeza de equipamentos, conforme citado a seguir.

5.1.1 Calibração do Espectrofotômetro Brewer

O Espectrofotômetro Brewer, por ser um equipamento bastante delicado, em parte devido à sua grande complexidade e precisão, precisa ser calibrado quinzenalmente de forma a atenuar possíveis imprecisões de suas medidas provenientes de variações naturais. Um kit composto por uma fonte ajustável de precisão, um multímetro, um suporte para as lâmpadas e as lâmpadas padrão fornecidas pelo fabricante é utilizado para calibração.

As lâmpadas possuem um espectro de radiação conhecido e são testadas em laboratório pelo fabricante do equipamento. Estas lâmpadas são instaladas em um anteparo apropriado que é acoplado sobre o domo de UV-B. Através de uma seqüência de comandos dados no programa de controle do Brewer, este ajusta a rede de difração e faz a leitura da irradiância da lâmpada, medindo a potência em alguns comprimentos de onda, da mesma forma como se estivesse executando uma medida do tipo UV. Em cada calibração podem ser utilizadas de uma a três lâmpadas, sendo que para cada lâmpada acoplada entra-se com a linha de comandos de calibração no programa do Brewer. As medidas que o Brewer faz das lâmpadas são gravadas em um arquivo de nome *XLdddyy.167*, onde *ddd* representa o dia Juliano e *yy* o ano.

Cada lâmpada possui um arquivo contendo a sua irradiância medida em laboratório. São arquivos do tipo *LAMPnnn.IRR*, onde *nnn* representa o número da lâmpada. Pela

comparação das medidas obtidas pelo Brewer e originárias dos arquivos de irradiância padrão das mesmas, é gerado um arquivo de resposta no formato UVRdddyy.167, onde ddd é o dia Juliano da calibração, yy é o ano e 167 é o número do equipamento. Esse arquivo é gerado no Software UVBrewer 2.1.

A calibração serve para observar as respostas do aparelho à irradiância emitida pela lâmpada. As curvas de calibração originárias são guardadas no arquivo UVR, que é o arquivo de resposta do espectrofotômetro.

5.1.2 Manutenção Preventiva dos Equipamentos

5.1.2.1 Troca da Sílica Gel

Todo equipamento eletrônico é bastante vulnerável à ação da umidade, principalmente suas partes ópticas, tais como filtros a base de sílica. Assim, a maioria dos equipamentos pertencente os PMOA possui um compartimento interno próprio para sílica gel. Esta sílica é trocada frequentemente a fim de se ter um controle da umidade no interior dos equipamentos e conseqüentemente medidas mais confiáveis.

5.1.2.2 Limpeza e Polimento

A limpeza dos equipamentos se faz necessária não somente por questões estéticas, mas principalmente para diminuir a interferência de poeira, por exemplo, na absorção de energia solar. Todos os detectores são de cor branca, o que aumenta o albedo dos corpos. Sendo assim, a energia incidente nos equipamentos é mínima exceto nos domos de quartzo, onde a radiação é transmitida para o interior do equipamento. Essa refletividade da radiação evita o superaquecimento, o que implicaria em alterações nas medidas. No caso do Brewer, este é ainda polido com uma cera especial evitando ao máximo que a radiação seja absorvida por partes que não sejam o domo ou a janela de quartzo.

5.1.3 Processamento de *Schedules* para o Espectrofotômetro Brewer

O Espectrofotômetro Brewer opera de acordo com uma seqüência de comandos internos que lhe são designados, são os chamados *schedules*. Cada *schedule* é formado por linhas de comandos, agrupados em conjuntos de trinta minutos, de forma a otimizar as medidas de ultravioleta e coluna total de ozônio. Os *schedules* são gerados a partir do Programa *Schedit.exe*, de acordo com o ASZ, um para cada dia do ano. Depois de gerados, os arquivos assumem o formato: smsJJJ, onde JJJ representa o dia Juliano e são inseridos no diretório: c:\BREWER do Brewer.

5.1.4 Coleta de Dados

Visitas freqüentes ao OES/CRS/CIE/INPE – MCT são necessárias para que sejam coletados dados. Os Radiômetros de UV e o Espectroradiômetro, que até o início de 2005 encontravam-se acoplados a *dataloggers*, atualmente funcionam com laptops permitindo um período maior de armazenamento. Mesmo assim, fazem-se necessárias visitas semanais para que os dados dos equipamentos citados e também do Radiômetro GUV e Brewer, ligados a computadores, sejam copiados e trazidos ao CRS/CIE/INPE - MCT para redução e análise.

5.1.5 Redução de Dados

5.1.5.1 Processamento dos dados de espessuras e gases traço

Inicialmente é necessário processar os dados brutos gerados pelo Brewer, contidos no arquivo bruto base de dados, utilizando o Programa *bcalc.exe* (Pinheiro, 2003). Para o processamento, devem estar em um mesmo diretório: o Programa *bcalc.exe*, os arquivos *bdata.nnn*, onde nnn corresponde ao número de série do Brewer (aqui apresentado o exemplo do 167), que são os arquivos de dados propriamente ditos, referentes ao período de dados que se deseja processar e o arquivo *setup.167* com as constantes de calibração do equipamento. Os arquivos base de dados do Brewer possuem o formato: BJJAA.167, onde JJJ representa o dia Juliano e o AA representa os dois últimos dígitos do ano. Deve-se tomar o cuidado para utilizar o arquivo *setup.167* referente ao mesmo período de dados.

Para iniciar o processamento, basta abrir o Programa *bcalc.exe* e entrar com as informações solicitadas, Figura 5.1. As informações necessárias são: ano de correspondência dos dados, número de série do Brewer, data de entrada e de fim dos dados. Ao final, o Programa irá gerar no mesmo diretório os seguintes arquivos: *countuvJJJAA.167*, *O3DSJJJAA.167*, *O3ZSJJJAA.167*, *O3DSJJJ_JJJ_AA.167*, *O3ZSJJJ_JJJ_AA.167*, *ETCJJJ_JJJ_AA.167* e *LogJJJ_JJJ_AA.167*.

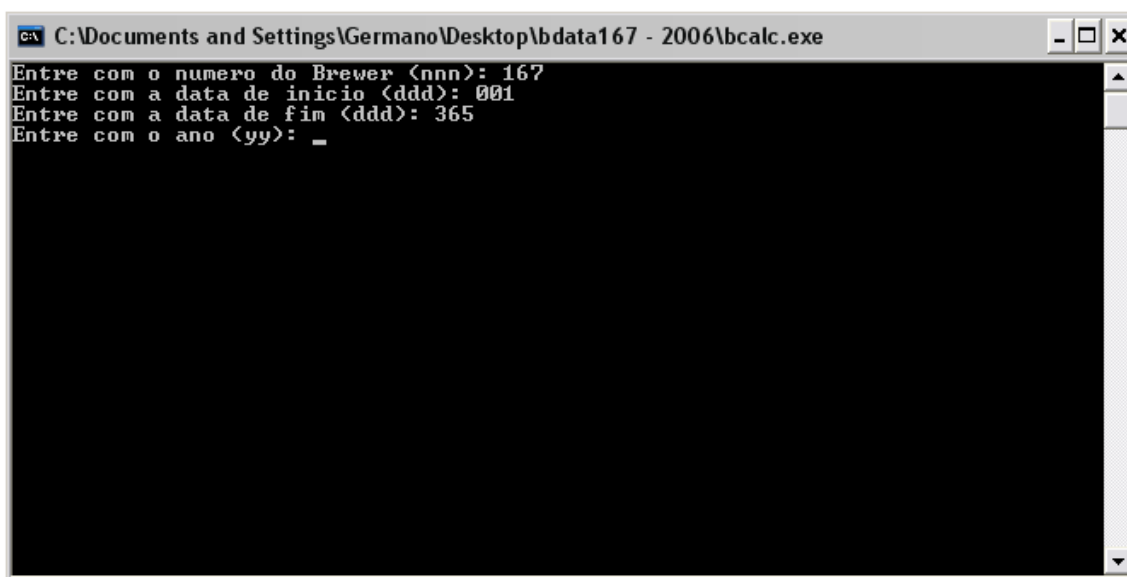


Fig. 5.1. – Tela inicial do Programa *bcalc.exe* com as informações solicitadas.

5.1.5.1.1 Arquivo *countuvJJJAA.167*

Este arquivo é gerado para cada dia individualmente, onde JJJ representa o dia Juliano e AA os dois últimos dígitos do ano. É o arquivo das contagens propriamente dito, é nele que estão os valores das contagens de fótons incidentes na Fotomultiplicadora para os cinco comprimentos de onda operacionais do Brewer. Na primeira linha deste arquivo estão as informações: localidade, São Martinho da Serra, e coordenadas geográficas, Lat: -29.44300° e Lon: $53,82307^\circ$. Ele é formado por um total de dezenove colunas: hora (GMT), ASZ, massa de ar, posição do Filtro de Densidade Neutra - FDN, número de contagens para 306,3 nm, desvio padrão das contagens em 306,3 nm, número de contagens para 310,1 nm, respectivo desvio padrão, número de contagens para 313,5 nm, respectivo desvio padrão, número de contagens para 316,8 nm, respectivo desvio

padrão, número de contagens para 320,1 nm, respectivo desvio padrão, ln das contagens em 306,3 nm, ln das contagens em 310,1 nm, ln das contagens para 313,5 nm, ln das contagens para 316,8 nm e ln das contagens para 320,1 nm.

5.1.5.1.2 Arquivos O3DSJJAA.167 e O3ZSJJAA.167

Nestes arquivos encontram-se os dados diários processados de coluna total de ozônio e dióxido de enxofre, para medida DS e medida de zênite (ZS). É gerado um arquivo por dia, onde JJJ representa o dia Juliano e AA os dois últimos dígitos do respectivo ano.

Em ambos os arquivos a primeira linha contém informações de localidade e coordenadas geográficas, conforme já citado anteriormente. Em seguida há oito colunas: hora (GMT), ASZ, massa de ar, posição do FDN, temperatura interna do equipamento (°C), medida da coluna total de ozônio, respectivo desvio padrão, coluna total de dióxido de enxofre e respectivo desvio padrão.

5.1.5.1.3 Arquivos O3DSJJJ_JJJ_AA.167 e O3ZSJJJ_JJJ_AA.167

Estes arquivos contêm as médias diárias de coluna total de ozônio e dióxido de enxofre para as medidas DS e ZS referentes ao período de processamento dos dados. Dessa forma, cada vez que for utilizado o Programa e, portanto, processados novos dias, o Programa gera um arquivo diferente contendo todos os dias processados. A primeira linha dos arquivos possui informações de localidade e coordenadas geográficas e abaixo sete colunas: dia Juliano, ano, número de medidas, valor da coluna total de ozônio, respectivo desvio padrão, valor da coluna total de dióxido de enxofre e respectivo desvio padrão.

5.1.5.1.4 Arquivo ETCJJJ_JJJ_AA.167

Este arquivo contém as constantes gerais resultantes dos testes de calibração diários do equipamento.

5.1.5.1.5 Arquivo LogJJJ_JJJ_AA.167

Este arquivo contém informações do processamento e possíveis erros ocorridos durante o processamento dos dados de contagens e coluna de gases.

5.1.5.2 Redução dos dados de EOA

Uma vez gerados os arquivos *countuvJJJ.167*, estes devem ser abertos no software Origin, de acordo com as seguintes etapas:

- 1 – Abre-se o software e seleciona-se a opção “Import” do menu “File”.
- 2 – Seleciona-se a opção “ASCII Options” e ajusta-se o delimitador para “Tab” no topo no menu, conforme Figura 5.2.

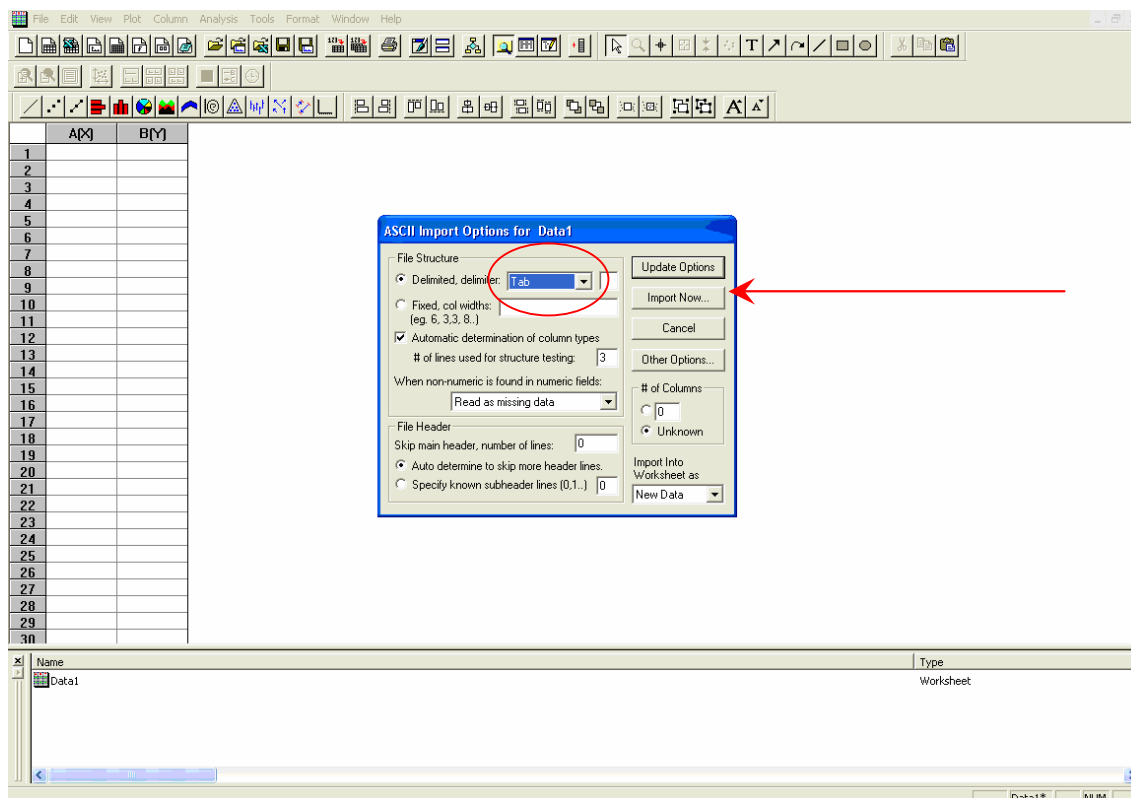


Fig. 5.2 – Menu do software Origin que possibilita configurar o arquivo a ser importado.

- 3 – Clicar em “Import Now” do Menu “ASCII Options”, Figura 5.2.
- 4 – Abrirá uma janela onde deve ser selecionado o arquivo correspondente ao dia a ser reduzido, no formato *countuvJJJAA.167*. Feito isso, os dados aparecerão na tela do software separados em colunas, Figura 5.3, de acordo com o formato do arquivo *countuvJJJAA.167* já explicado anteriormente.

Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRS/INPE - MCT
 Relatório Final de Atividades, 2008

	A[M]	B[M]	C[M]	D[M]	E[M]	F[M]	G[M]	H[M]	I[M]	J[M]	K[M]	L[M]	M[M]	N[M]	O[M]
1	11.230556	59.318	1.987716		3.177895E6	83.202378	0.119066E6	45.262258	1.28392E7	87.984454	2.0843E7	79.801246	6.44465E7	06.498747	14.593869
2	11.727778	52.911	1.679765		3.313706E6	61.911441	4.087886E6	38.599973	0.00782E7	59.240116	0.28939E7	75.981954	7.44551E7	20.557813	15.277308
3	12.228889	46.407	1.466766		4.848625E6	68.745013	2.04528E7	97.712774	2.73657E7	10.096099	9.72303E7	71.747591	8.45558E7	21.619062	15.739559
4	12.729444	39.884	1.315858		4.962057E7	30.471679	0.32295E7	29.631281	7.48565E8	3.13638E6	4.40293E8	5.83748E6	9.20304E8	2.00366E6	17.719916
5	13.248333	33.115	1.203432		4.315963E7	465.11754	6.54539E7	76.615174	0.049443E8	2.19584E6	7.90661E8	5.05986E6	3.10798E8	1.99291E6	17.961176
6	13.728889	26.868	1.128161		4.434256E7	28.021528	1.20173E7	71.275188	4.4523E7	52.807785	9.98586E7	61.092474	1.13396E7	78.241305	16.478742
7	13.786944	26.117	1.120591		4.454403E7	02.364655	1.41847E7	13.197644	4.93524E7	64.974584	0.047197E7	74.848303	1.64083E7	07.807542	16.492691
8	14.228611	20.458	1.072373		4.619318E7	29.754926	3.29674E7	942.18095	8.28417E7	23.630555	4.32545E7	93.770591	6.00671E7	97.789993	16.600101
9	14.286667	19.723	1.06715		4.632317E7	61.526317	3.42552E7	58.508177	8.89935E7	031.68183	4.58287E7	66.728884	2.62902E7	26.239022	16.608096
10	14.727778	14.299	1.035156		4.743314E7	26.298817	4.63288E7	08.407922	0.71162E7	74.857141	71.3613E7	443.16704	9.09265E7	48.411613	16.673884
11	14.786111	13.61	1.031867		4.757121E7	709.76189	4.72519E7	46.265397	5.0961E7	78.605583	7.38078E7	32.828688	9.34971E7	11.093759	16.681772
12	14.844444	12.934	1.028809		4.760495E7	96.807951	2.47609E7	61.715688	0.95462E7	35.459294	6.72986E7	76.430193	9.32974E7	63.068467	16.683691
13	15.225556	8.955	1.013782		4.830876E7	4302.7561	5.74111E7	18.521023	2.65489E7	45.926442	9.45288E7	07.242137	1.65603E7	97.772186	16.72289
14	15.284167	8.453	1.01222		4.840513E7	69.296039	5.82896E7	09.893681	2.88566E7	72.698638	9.71254E7	65.230189	1.92556E7	37.363642	16.72814
15	15.342778	7.998	1.010856		4.852265E7	95.027121	5.93945E7	97.481655	3.13801E7	30.683755	0.00714E7	69.288647	2.37551E7	28.471173	16.734505
16	15.7	6.719	1.006682		4.881762E7	87.197128	6.40362E7	23.155212	4.01185E7	91.178335	1.16075E7	33.942479	3.62946E7	43.740168	16.750304
17	15.763611	6.824	1.006691		4.876429E7	92.884678	6.31197E7	84.122537	3.87892E7	28.197687	1.00391E7	89.462273	3.45306E7	11.310083	16.747466
18	15.822222	7.016	1.006891		4.878564E7	472.57322	6.31208E7	41.581618	3.89139E7	40.030525	7.10061E7	05.374065	3.54334E7	12.324009	16.748603
19	16.252778	10.337	1.01423		4.834006E7	59.864618	5.83816E7	40.849382	2.97195E7	62.469815	9.93567E7	42.137885	2.30833E7	17.755662	16.724598
20	16.311389	10.947	1.016031		4.830965E7	3284.6886	2.57925E7	18.768483	2.89927E7	70.275345	9.93235E7	87.935232	2.27107E7	57.816519	16.722939
21	16.369722	11.576	1.018029		4.809461E7	85.324136	5.50864E7	56.679249	2.34782E7	43.832679	9.14255E7	23.273254	1.41514E7	921.99376	16.711125
22	16.741944	15.92	1.035542		4.161219E7	12.302171	2.93822E7	283.68366	4.73507E7	0.37766E6	2.86373E7	7.08685E6	4.19308E7	2.26053E6	16.595689
23	16.800278	16.634	1.03907		4.671841E7	96.818268	3.77674E7	6.869.4488	9.16536E7	99.389266	5.33294E7	87.324462	7.11579E7	48.426635	16.632021
24	16.858611	17.353	1.042796		4.667979E7	230.48328	3.81369E7	223.30983	9.27046E7	83.643762	5.52298E7	34.374486	7.41504E7	37.296676	16.629708
25	17.239444	22.151	1.072819		4.582173E7	46.817983	3.12634E7	98.392627	4.81692E7	31.591549	45.4554E7	30.254632	6.35676E7	00.980998	16.576895
26	17.2975	22.895	1.078313		4.554104E7	39.965662	2.78033E7	34.781496	7.50978E7	53.277155	3.68132E7	94.996582	5.43126E7	04.665174	16.558995
27	17.355556	23.639	1.084045		4.524919E7	67.625762	2.40777E7	55.709509	6.84494E7	71.483373	2.95073E7	29.276227	4.51743E7	67.966345	16.540037
28	17.738333	28.584	1.128704		4.382062E7	02.945267	0.87618E7	90.903657	4.07316E7	36.167163	9.81103E7	66.838207	1.09371E7	01.896721	16.441673
29	17.796667	29.34	1.136606		4.349506E7	73.138149	0.44748E7	452.90927	3.30778E7	27.167288	8.92878E7	58.995482	0.12358E7	627.53422	16.417834
30	18.237778	35.085	1.207602		4.930405E7	06.900961	2.96689E7	34.443977	1.99422E8	3.50273E6	7.45355E8	0.06989E6	2.69688E8	6.12425E6	17.898188

Fig. 5.3 – Arquivo countuv00405.167 aberto no software Origin.

5 – Antes de trabalhar os dados é necessário verificar o número de casas decimais de cada coluna; isso pode ser feito através da opção “Properties”, clicando com o lado esquerdo do mouse sob o a coluna. Nesta janela alterar a opção “Significant Digits” para 12, pelo menos e pedir para aplicar a todas as colunas à direita selecionando a opção “Apply to all columns to the right”, conforme indicado na Figura 5.4.

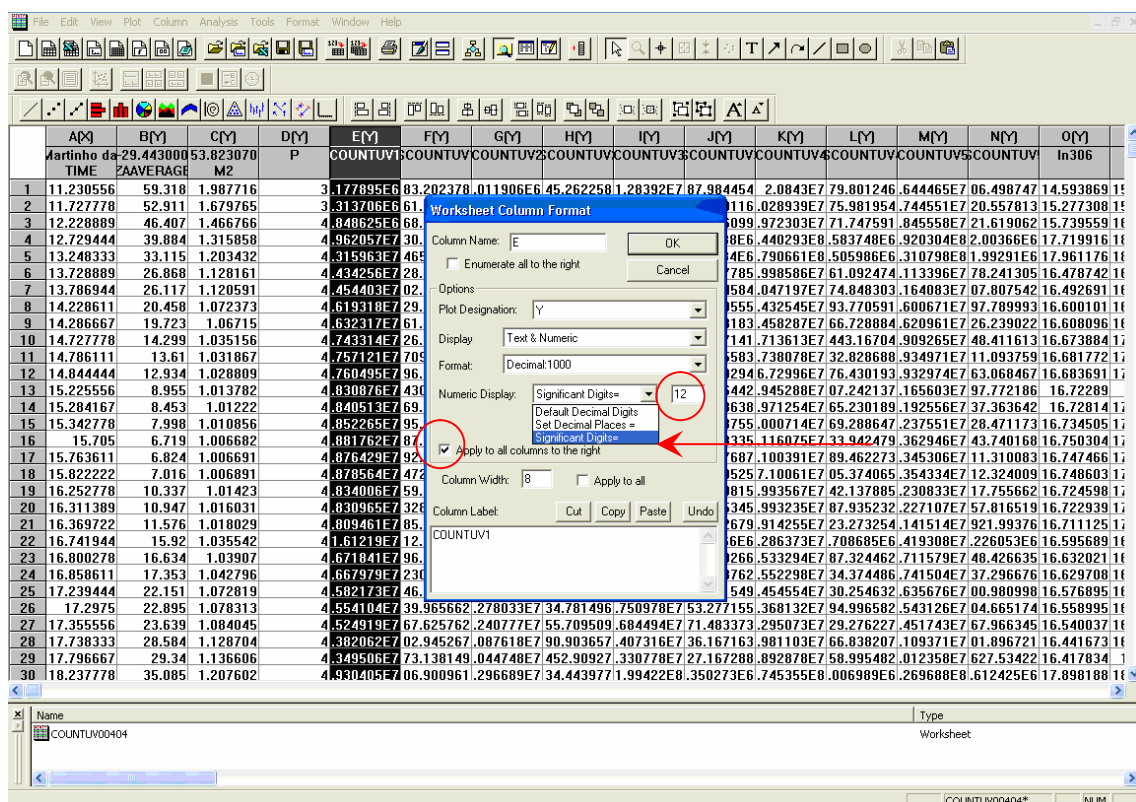


Fig. 5.4 – Opção “Properties” (Propriedades) da coluna, para ajustar o número de casas decimais.

6 – O próximo passo é verificar que o dia escolhido trata-se de um dia sem interferência de nuvens. Isso pode ser feito plotando as contagens para os cinco comprimentos de onda em função da hora. Um dia sem interferência, aparentemente, de nuvens possui o comportamento da Figura 4.8. Na Figura 5.5 está ilustrado um dia com possível interferência de nuvens, este dia não pode ser utilizado para o cálculo das EOA, pelos motivos já explicados anteriormente.

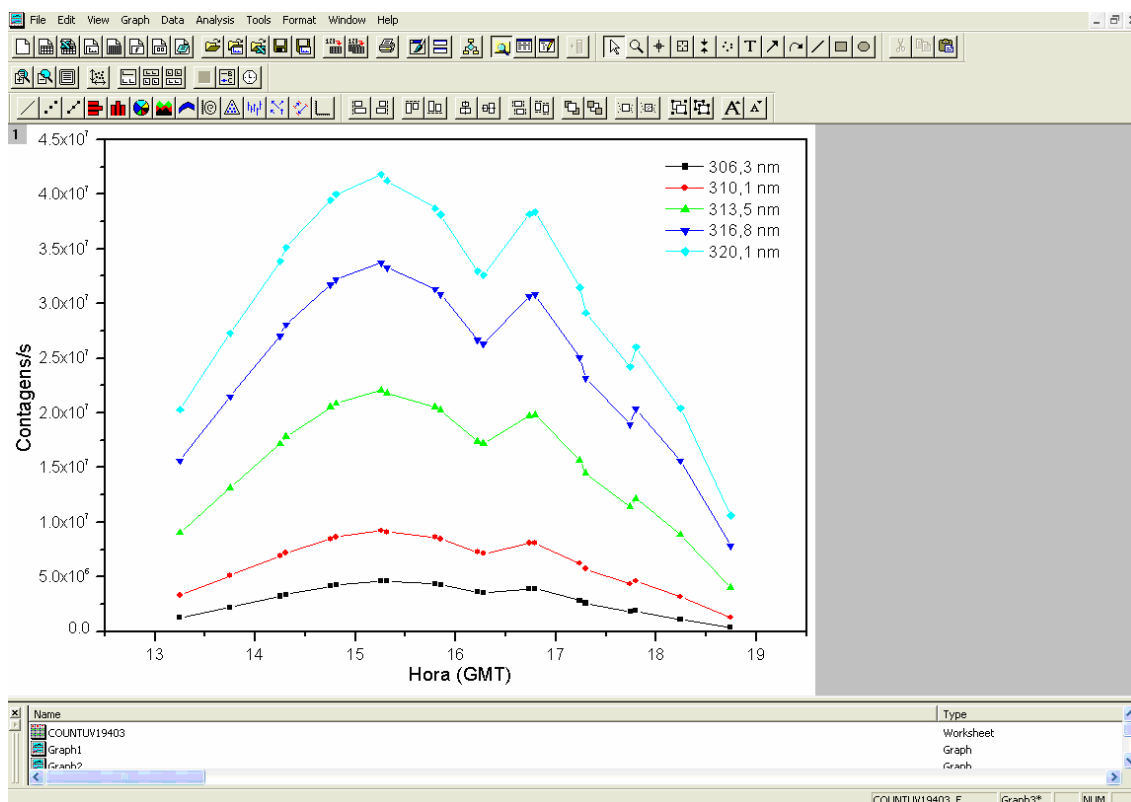


Fig. 5.5 – Dia com presença de nuvens, impróprio para aplicação do Método de Langley.

7 – O próximo passo é plotar o \ln das contagens, cinco últimas colunas, em função da massa de ar, terceira coluna, mas devem-se plotar os períodos da manhã e tarde separadamente, obtendo-se os gráficos do exemplo da Figura 4.9.

8 – Feito isso, aplica-se uma regressão linear para cada uma das linhas. Utiliza-se o menu “Tools” através da opção “Linear Fit”. Assim é possível selecionar a opção “Advanced” que possibilita o valor de R^2 , correlação quadrada, além do valor de correlação simples R , Figura 5.6. Neste menu também é possível ajustar para que a regressão seja feita para todas as curvas de uma só vez, selecionando a opção “Fit All Curves”, conforme mostra a Figura 5.6.

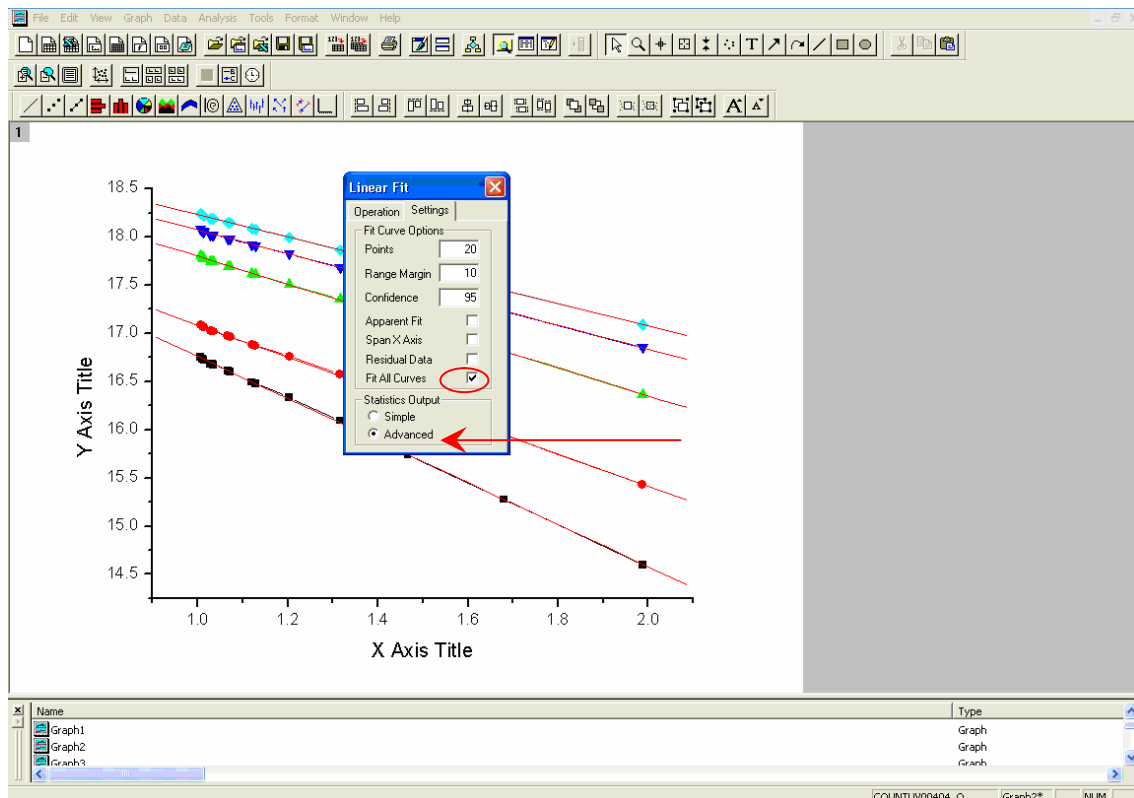


Fig. 5.6 – Menu “Tools” do software, indicando as opções avançadas de regressão linear.

9 – Feita a regressão linear, o software registra os valores da mesma em uma janela na tela, conforme Figura 5.7. Os valores de “A”, “B”, “R²” e “N” devem ser anotados em uma planilha separadamente, pois estes correspondem aos valores de: coeficiente linear, coeficiente angular, correlação quadrada e número de pontos, respectivamente. Este procedimento deve ser feito para manhã e tarde separadamente.

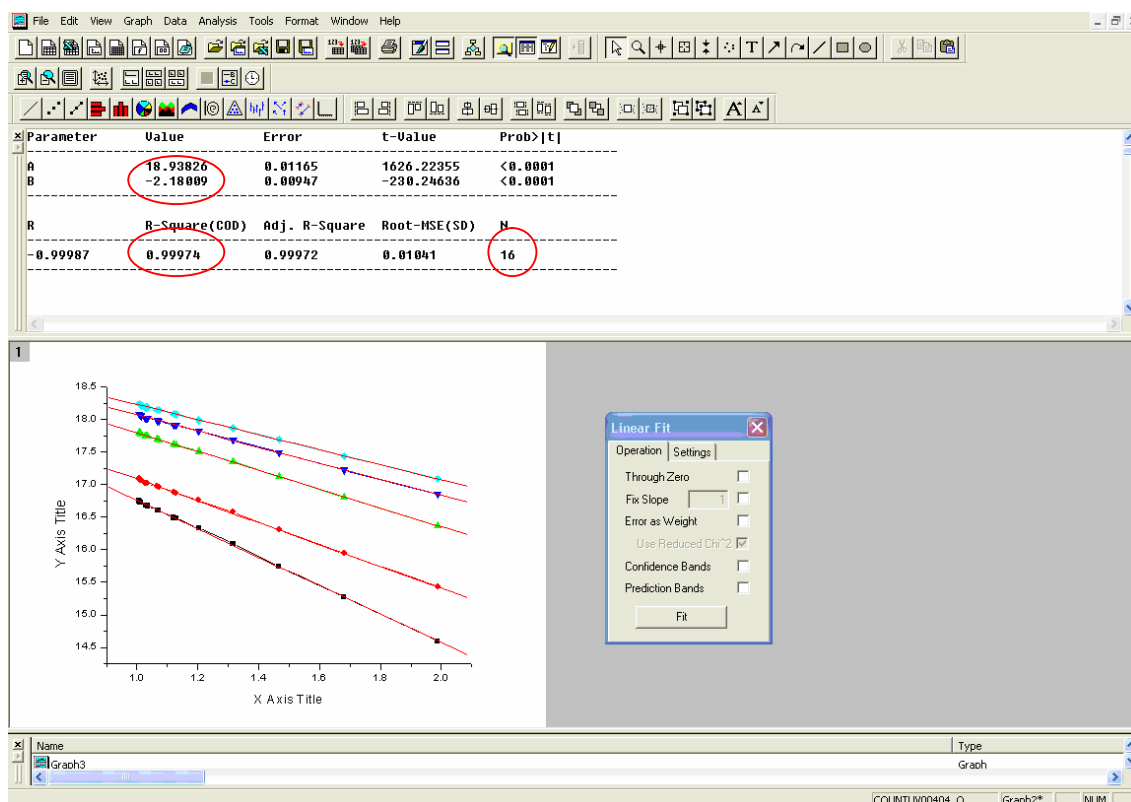


Fig. 5.7 – Janela com as informações da regressão realizada para um dos períodos da análise.

10 – Realizada a regressão para os dois períodos, salva-se esse arquivo no menu “File” na opção “Save Project As” no formato: JJJAA.OPJ. A extensão OPJ é referente ao software Origin e é necessária para que o arquivo possa ser aberto nesse mesmo software posteriormente.

11 – Até então, o valor das EOA ainda não foram obtidos, para tal é necessário descontar da espessura óptica atmosférica, coeficiente angular da reta obtida, os valores das espessuras ópticas de ozônio, dióxido de enxofre e espalhamento Rayleigh. Isso é feito através de planilhas, com modelo previamente pronto, onde se entram os valores da espessura óptica atmosférica e a média diária de cada gás traço, observar Figura 5.8. Demais informações como: número de pontos analisados, correlação quadrada e Irradiância no topo da atmosfera, coeficiente linear da reta, são registrados também para futuras análises. Os valores de espessuras ópticas são calculados automaticamente de

Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRS/INPE - MCT
Relatório Final de Atividades, 2008

acordo com as Equações (4.5), (4.6) e (4.7). Dessa forma, o valor da EOA é fornecido para os períodos da manhã e tarde de acordo com ilustrado na Figura 5.8.

Row	Column	Value	Value	Value	Value	Value
1	Dia 211/05					
3	Manhã	Número de pontos analisados:				10
4	λ	306.3	310.1	313.5	316.8	320.1
5	R^2	0.99572	0.99338	0.99158	0.98895	0.98798
6	Irr. No topo	19.42852	19.15248	19.57891	19.58561	19.63468
7	τ_{atm}	2.7441	2.11352	1.82188	1.55025	1.44338
11	Tarde	Número de pontos analisados:				9
12	λ	306.3	310.1	313.5	316.8	320.1
13	R^2	0.9971	0.99533	0.99417	0.9926	0.99177
14	Irr. No topo	19.11117	18.95438	19.44015	19.50171	19.57794
15	τ_{atm}	2.48033	1.92872	1.67674	1.44204	1.3538
16	τ_{O3}	1.262303	0.688763	0.495681	0.269254	0.215339
17	τ_{SO2}	0.005565	0.001558	0.001055	0.000774	0.000321
18	Coluna O3	298.70				
19	Coluna SO2	0.308683				
22	Comprim.O	0.3063	0.3101	0.3135	0.3168	0.3201
23	Espess.Ray	1.047325	0.993724	0.948675	0.907395	0.868359
25	τ_{atm} manhã	0.428907	0.429476	0.376469	0.372828	0.359362
26	τ_{atm} tarde	0.165137	0.244676	0.231329	0.264618	0.269782

Fig. 5.8 – Planilha com valores das espessuras diárias.

CAPÍTULO 6

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a obtenção das Espessuras Ópticas de Aerossóis, construíram-se gráficos para as EOA para todo o período analisado, dos quais foram retirados, visualmente, os valores mais altos contendo os picos. Assim para os valores considerados normais calculou-se a sua média e desvio padrão de acordo com cada comprimento de onda; qualquer valor acima da média mais duas vezes o desvio padrão (σ) foi considerado um pico da Espessura Óptica de Aerossóis, de acordo com a Tabela 6.1. As médias foram novamente calculadas sem os dados destes picos.

Após a redução dos dados, obtiveram-se os valores das Espessuras Ópticas de Aerossóis para cada comprimento de onda analisado, conforme a Figura 6.1, para o período das manhãs, e a Figura 6.2, para o período das tardes. Para ambas as Figuras foram analisados dados de 1992 a 2006.

Tabela 6.1: Valores de corte para a espessura óptica de aerossóis usados na seleção dos picos.

λ_i (nm)	(Média + 2 . σ) para as Manhãs	(Média + 2 . σ) para as Tardes
306,3	0,48082	0,65006
310,1	0,47139	0,63277
313,5	0,43379	0,61982
316,8	0,43707	0,61608
320,1	0,44080	0,62353

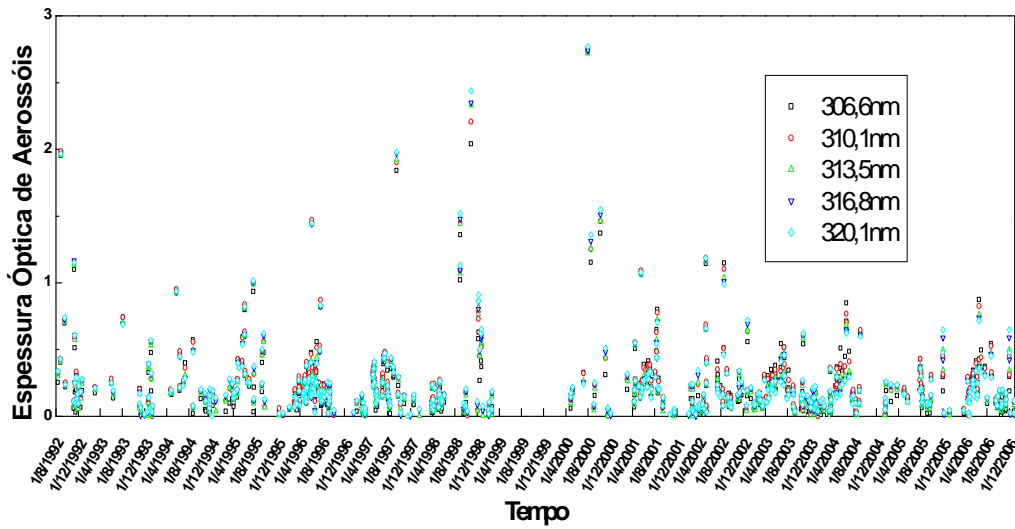


Fig. 6.1 - Espessuras ópticas de aerossóis com os picos para o período das manhãs entre os anos de 1992 a 2006 no OES/CRS/CIE/INPE-MCT.

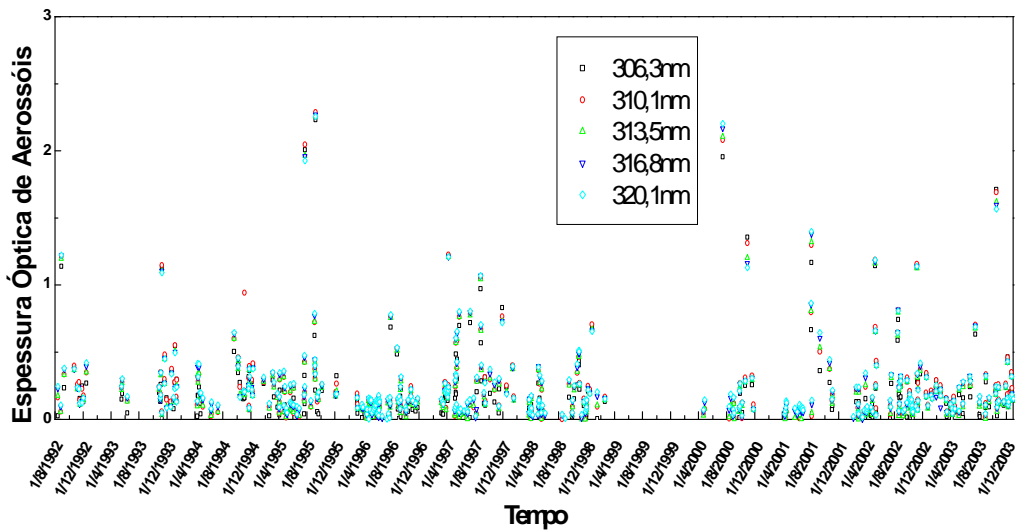


Fig. 6.2 - Espessuras ópticas de aerossóis com os picos para o período das tardes entre os anos de 1992 a 2006 no OES/CRS/CIE/INPE-MCT.

Após a obtenção da Espessura Óptica de Aerossóis, foram separados os dias normais dos dias onde ocorreram picos, resultando nas Figuras 6.3 e 6.4 onde são apresentados apenas os valores considerados Picos.

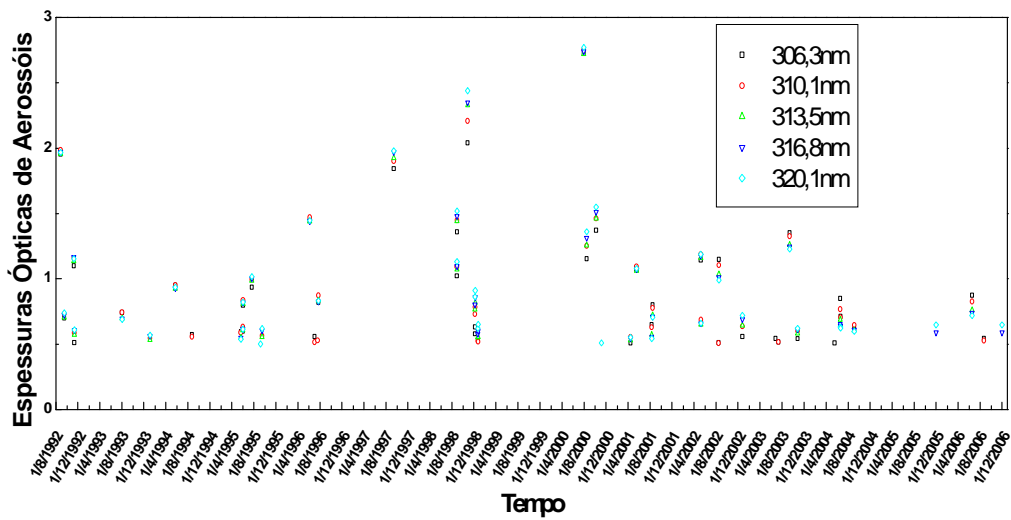


Fig. 6.3 - Picos das Espessuras ópticas de aerossóis para o período das manhãs entre os anos de 1992 a 2006 no OES/CRS/CIE/INPE-MCT.

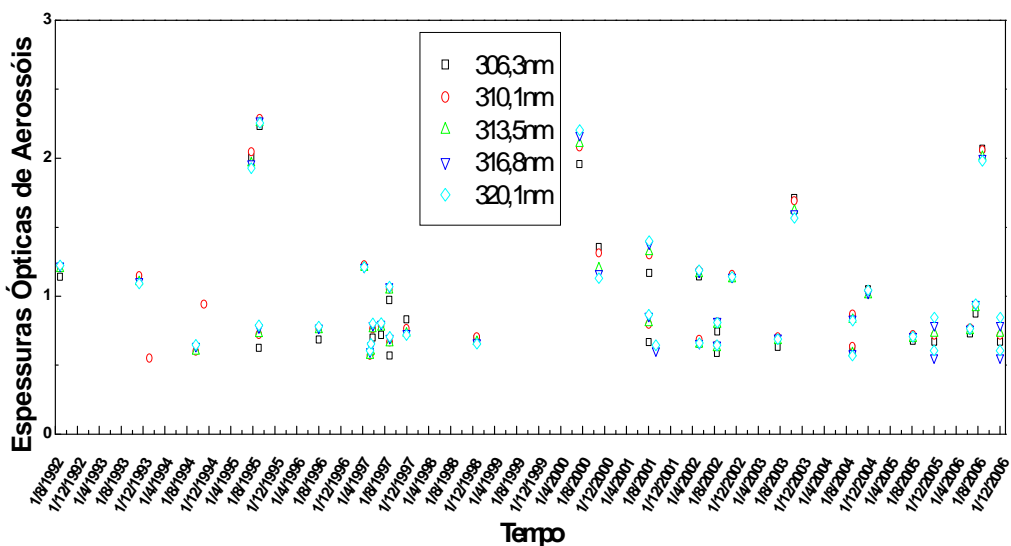


Fig. 6.4 - Picos das Espessuras ópticas de aerossóis para o período das tardes entre os anos de 1992 a 2006 no OES/CRS/CIE/INPE-MCT.

Após a seleção dos dias de picos, eles foram respectivamente analisados de acordo com a sua ocorrência sazonal e apresentados nas Figuras 6.5 e 6.6 para os períodos das manhãs e das tardes. Para o período das manhãs, pode-se verificar que a ocorrência de picos de aerossol concentra-se nos meses de maio, junho, agosto, setembro e outubro.

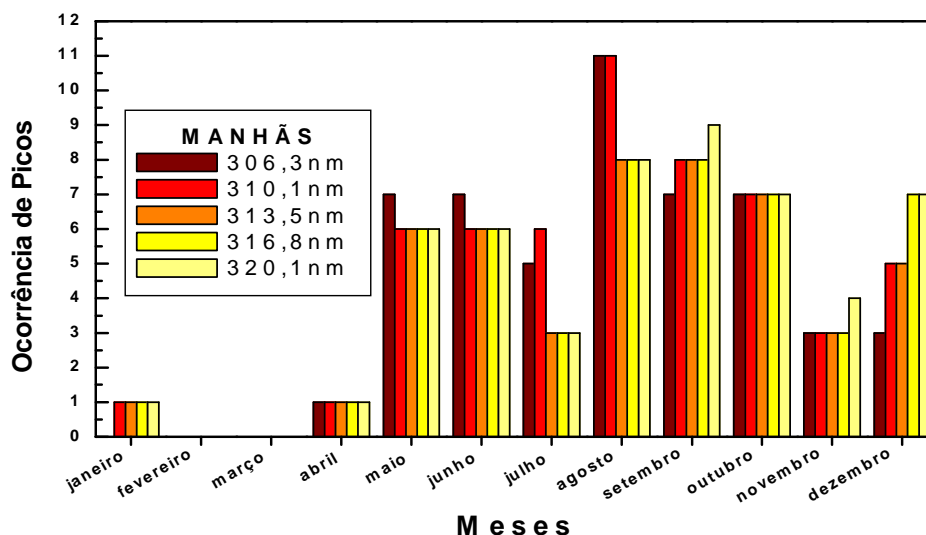


Fig. 6.5 - Ocorrência dos Picos nas Espessuras ópticas de aerossóis para o período das manhãs entre os anos de 1992 a 2006 no OES/CRS/CIE/INPE-MCT.

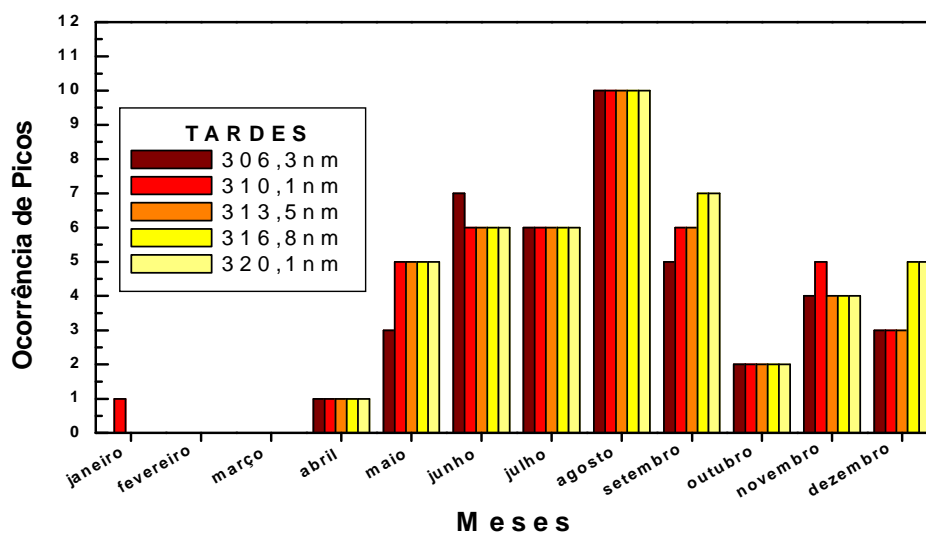


Fig. 6.6 - Ocorrência dos Picos nas Espessuras ópticas de aerossóis para o período das tardes entre os anos de 1992 a 2006 no OES/CRS/CIE/INPE-MCT.

Estes são os meses com maior ocorrência de focos de queimadas no Brasil segundo análise do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (ver Figuras 6.7 e 6.8). Os resultados obtidos para o período das manhãs do mês de dezembro podem ser explicados parte por ser este um dos meses de maior ocorrência de focos de queimadas no Rio Grande do Sul (Carbone et al., 2006) e parte pelo mecanismo de análise escolhido que separa os eventos de picos por comprimentos de onda. Neste mês, alguns dias se caracterizaram como picos para um comprimento de onda e outros não, estando o dia no limiar dos valores de corte. Para o período das tardes, as maiores ocorrências de picos são observadas nos meses de maio a setembro, associados com o número de focos de queimadas.

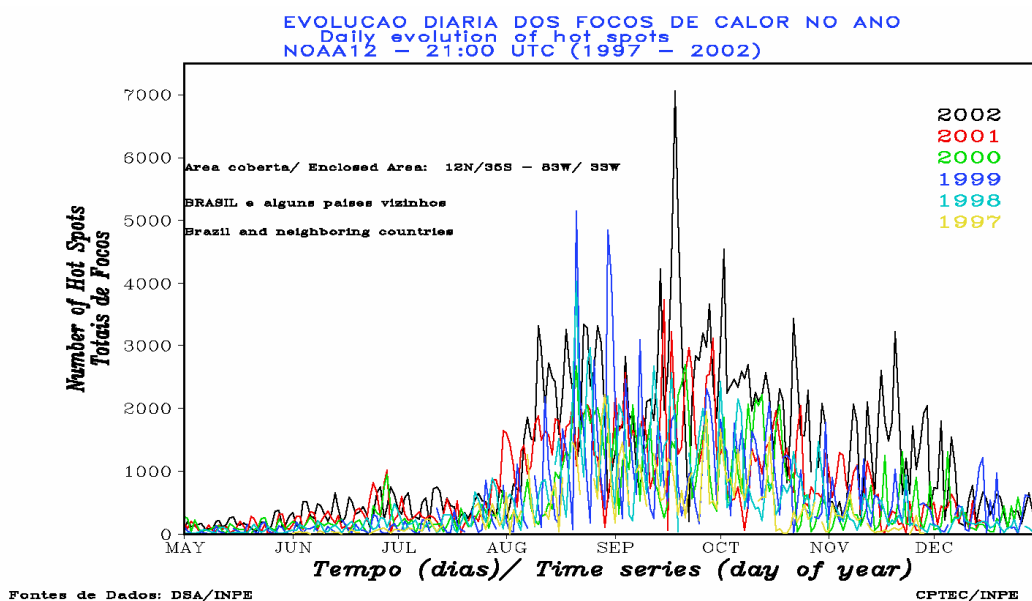


Fig. 6.7 - Focos de Calor no ano, de 1997 a 2002.

Fonte: <http://www.cptec.inpe.br/products/clima/imgrads-gif/evo2000.gif>

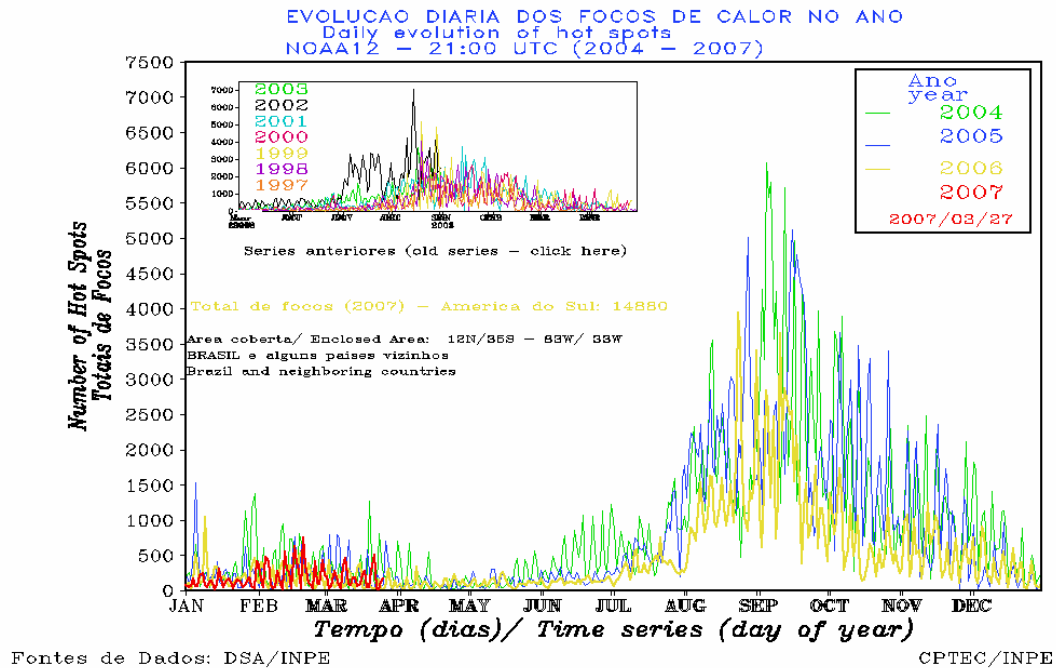


Fig. 6.8 - Focos de Calor no ano, de 2004 a 2007.

Fonte: <http://www.cptec.inpe.br/products/queimadas/queimavtemnoaa.html>

Uma das fontes possíveis para os picos nas medidas de EOA são as resultantes dos processos de queima de biomassa (Longo et al., 1999; Ogunjobi et al, 2003 e Badarinath et al, 2003). Para a verificação de tal afirmação foram analisados dados de satélite de focos de queimadas para os dias com valores altos de EOA. Como não é possível a apresentação de diversos dias analisados neste relatório devido ao uso de espaço, foi escolhido o dia 13 de setembro de 2003. Uma vez que os aerossóis são removidos da atmosfera através das chuvas, verificou-se que não ocorreu precipitação nos dias que antecederam o dia do teste. Isto é mostrado na Figura 6.9, onde os dados pluviométricos estão plotados para o mês de setembro de 2003.

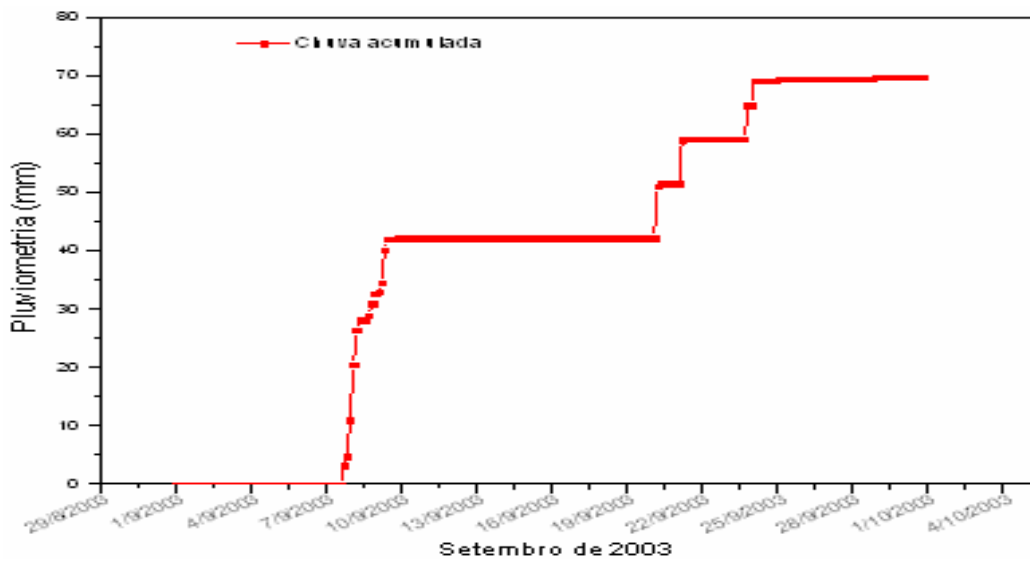


Fig. 6.9 – Dados pluviométricos a partir do Sensor de Chuva da PCD do OES, para o mês de setembro de 2003, indicando ausência de chuva nos dias que antecedem o dia selecionado para a análise.

Também, a partir dos valores de EOA encontrados, foram encontrados focos de queimadas referentes aos dias 10 a 13 de setembro de 2003, para o sul do Paraguai, norte da Argentina e Rio Grande do Sul, tanto para os satélites NOAA 12 e 16 como para o AQUA, Figuras 6.10, 6.11, 6.12 e 6.13.

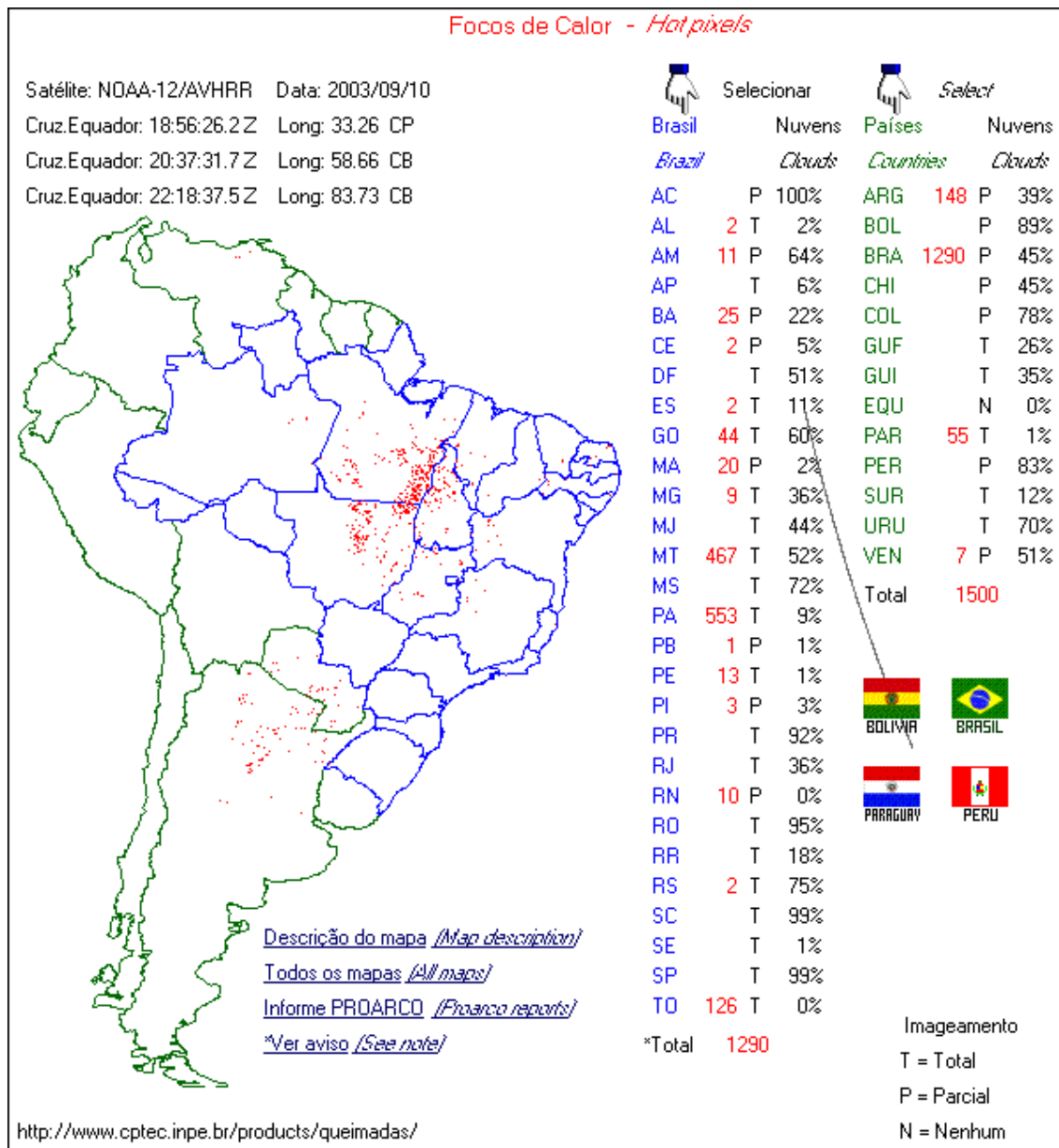


Fig. 6.10 – Imagem do Satélite NOAA 12 ilustrando focos de queimadas para América do Sul para o dia 10 de setembro de 2003.

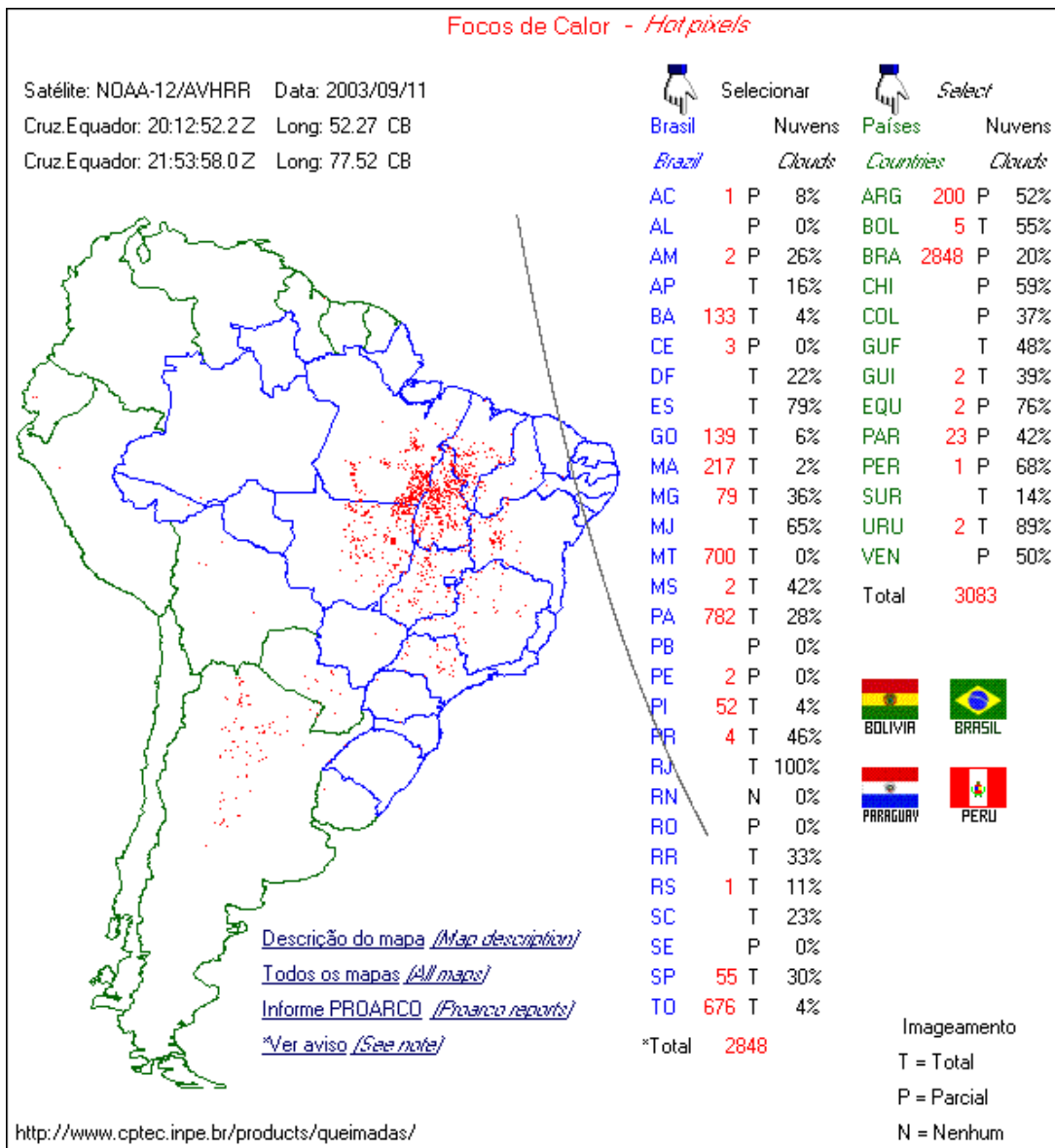


Fig. 6.11 – Imagem do Satélite NOAA 12 ilustrando focos de queimadas para América do Sul para o dia 11 de setembro de 2003.

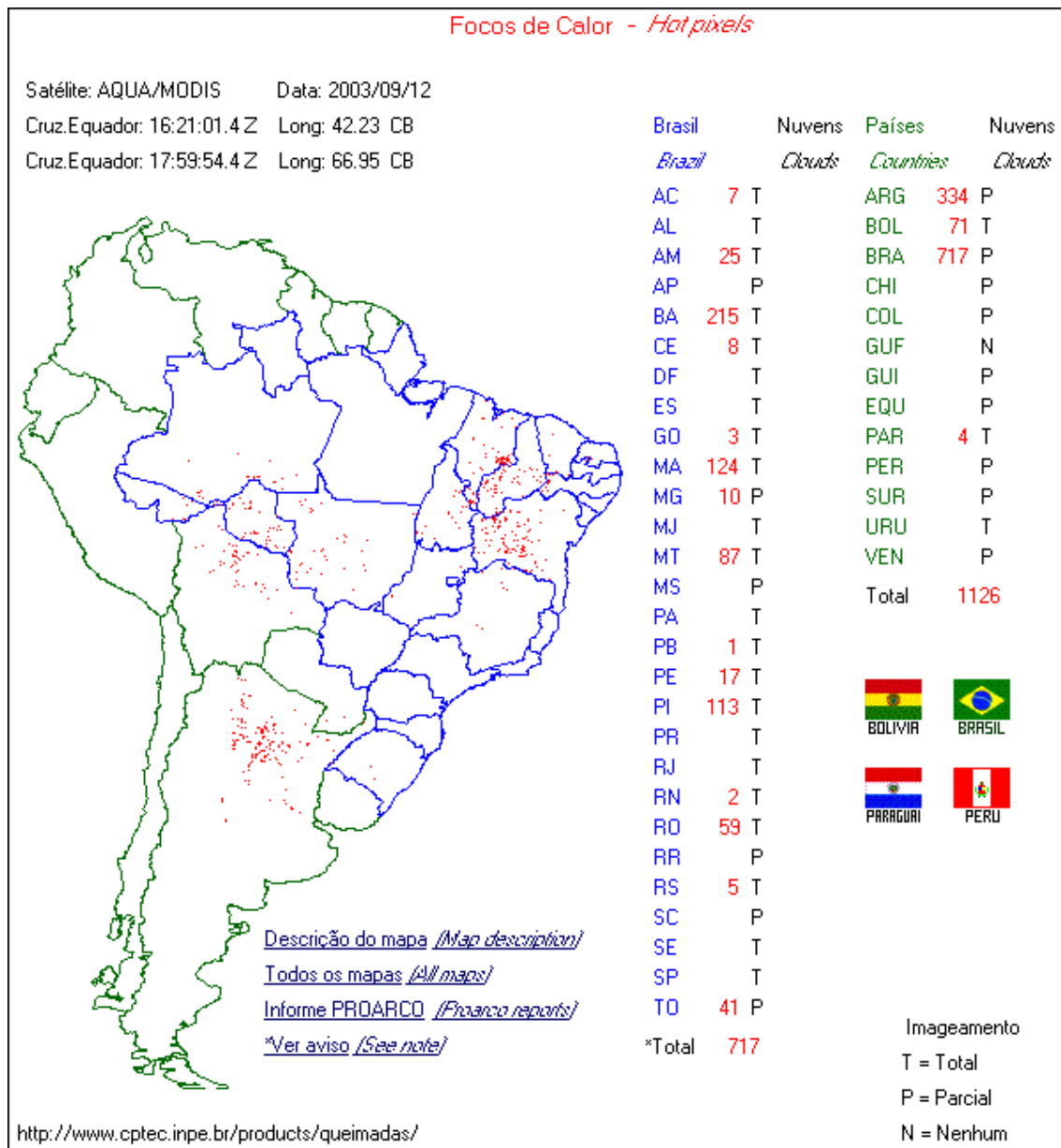


Fig. 6.12 – Imagem do Satélite AQUA/MODIS ilustrando focos de queimadas para América do Sul para o dia 12 de setembro de 2003.

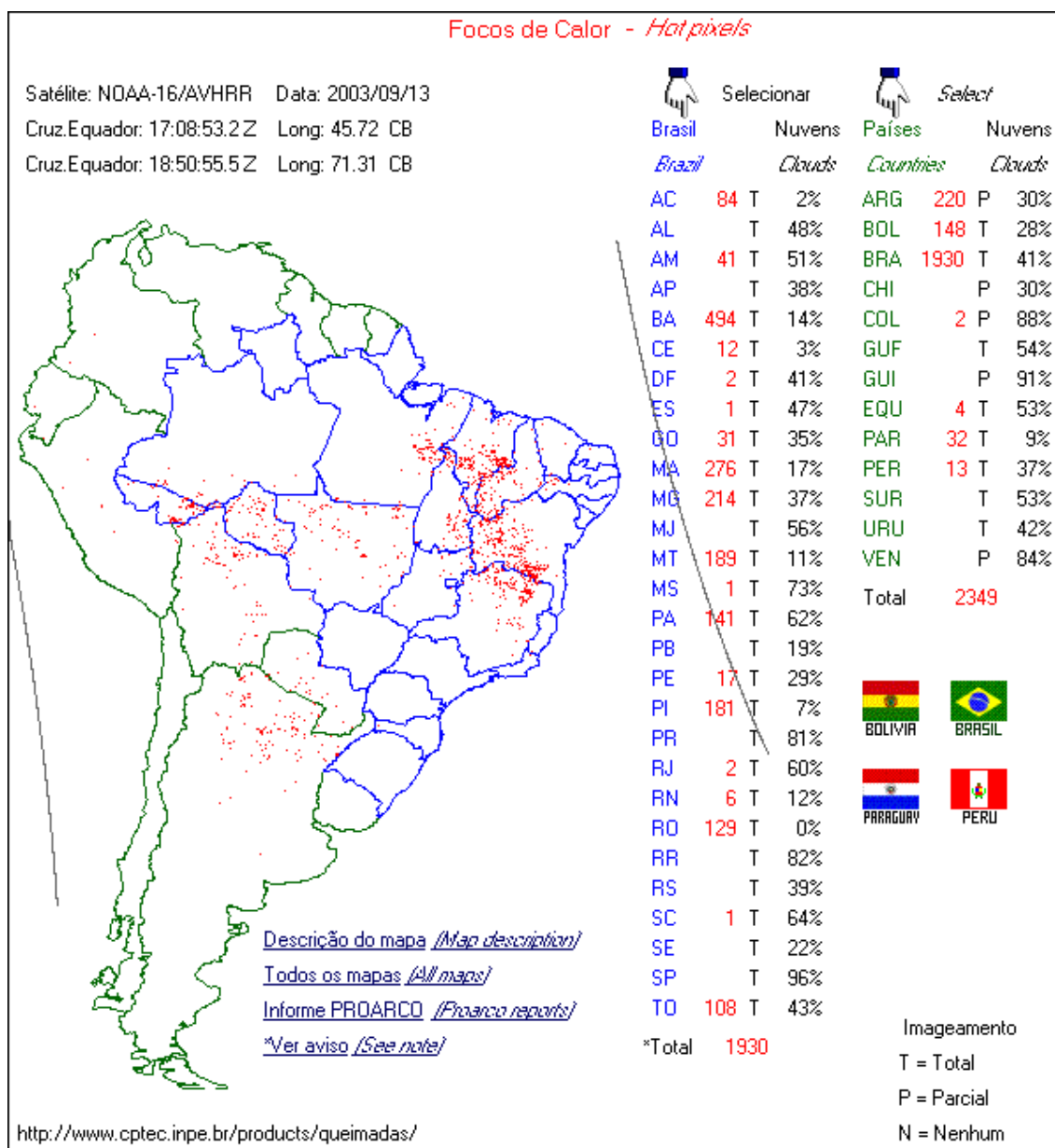


Fig. 6.13 – Imagem do Satélite NOAA 16 ilustrando focos de queimadas para América do Sul para o dia 13 de setembro de 2003.

Considerando a distância dos focos do Paraguai e Argentina ao Observatório Espacial do Sul, estima-se que de dois a três dias seriam suficientes para que as massas de ar trouxessem destas regiões a queima de biomassa até o OES/CRS/CIE/INPE - MCT. Foram feitas análises dos campos de ventos do dia 10 ao dia 13 de setembro de 2003 para as pressões atmosféricas de 500 e 700 mb, de acordo com Longo et al. (1999). As médias diárias para estes mesmos dias observados nas Figuras acima foram associadas imagens dos campos de ventos gerados a partir dos dados reprocessados e disponíveis

no site do NCEP (National Centers for Environmental Prediction) utilizando o software GrADS conforme as Figuras 6.14, 6.15.

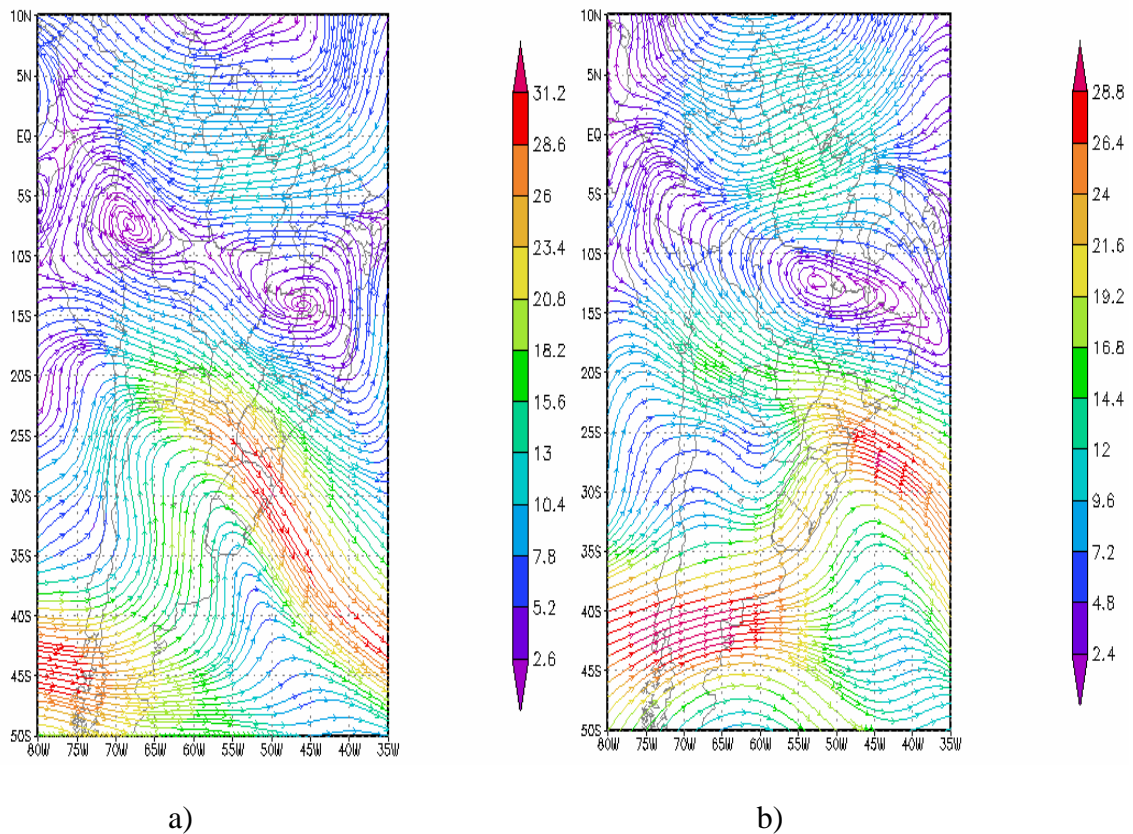


Fig. 6.14 – Média diária de campos de ventos para o dia a) 10 e b) 11 de setembro de 2003, a) a 500mb de pressão se deslocando do Paraguai e b) a 700mb de pressão se deslocando da Argentina em direção ao Rio Grande do Sul.

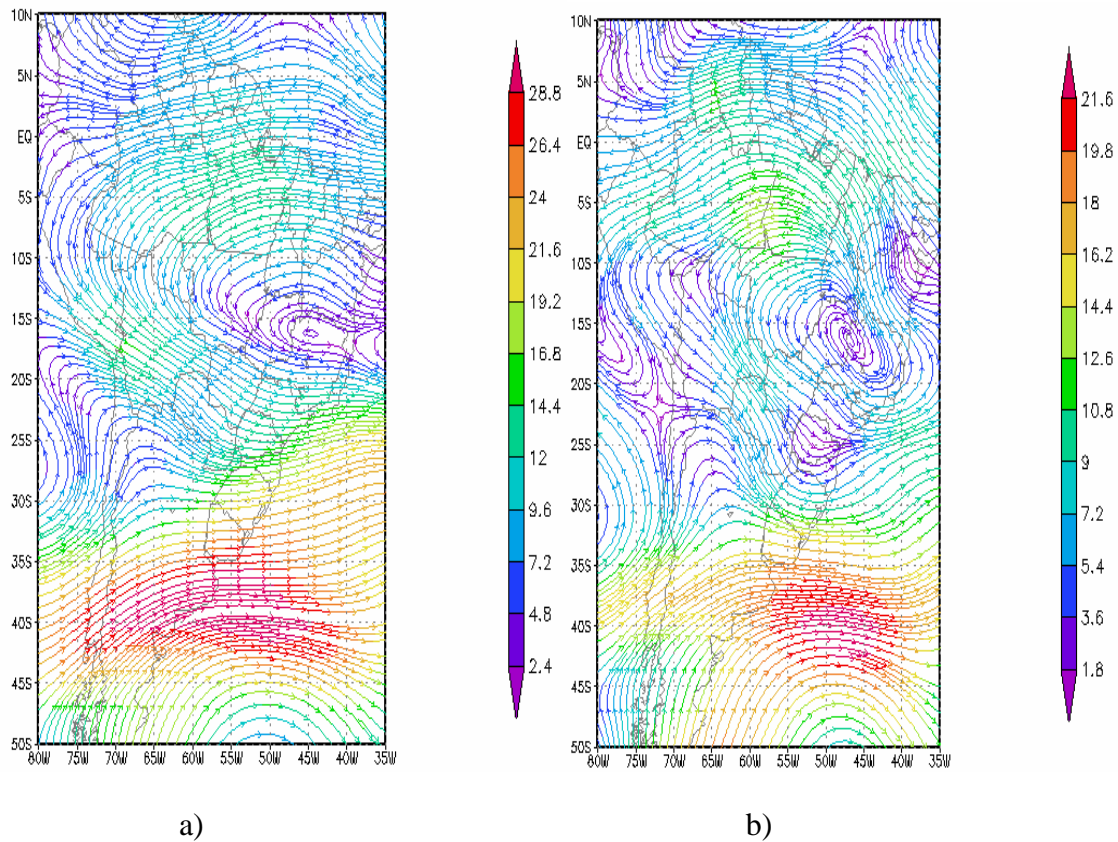


Fig. 6.15 – Média diária de campos de ventos para o dia 12 de setembro de 2003 chegando ao Rio Grande do Sul, a) vindas do Norte da Argentina a 500mb de Pressão e b) do Norte da Argentina e Paraguai a 700mb de pressão.

O estudo realizado com campos de vento mostra uma possível influência das queimadas na espessura óptica dos aerossóis. Para uma análise mais cuidadosa, utilizaram-se análise de trajetórias retroativas de massas de ar, usando-se o Modelo Hysplit da NOAA (<http://www.arl.noaa.gov/ready/open/traj.html>), mostradas aqui apenas para o dia analisado, onde os triângulos maiores representam o intervalo de dias (24 horas) e os triângulos menores de horas (6 horas).

As seguintes trajetórias retroativas foram rodadas para 500 e 700mb de pressão:

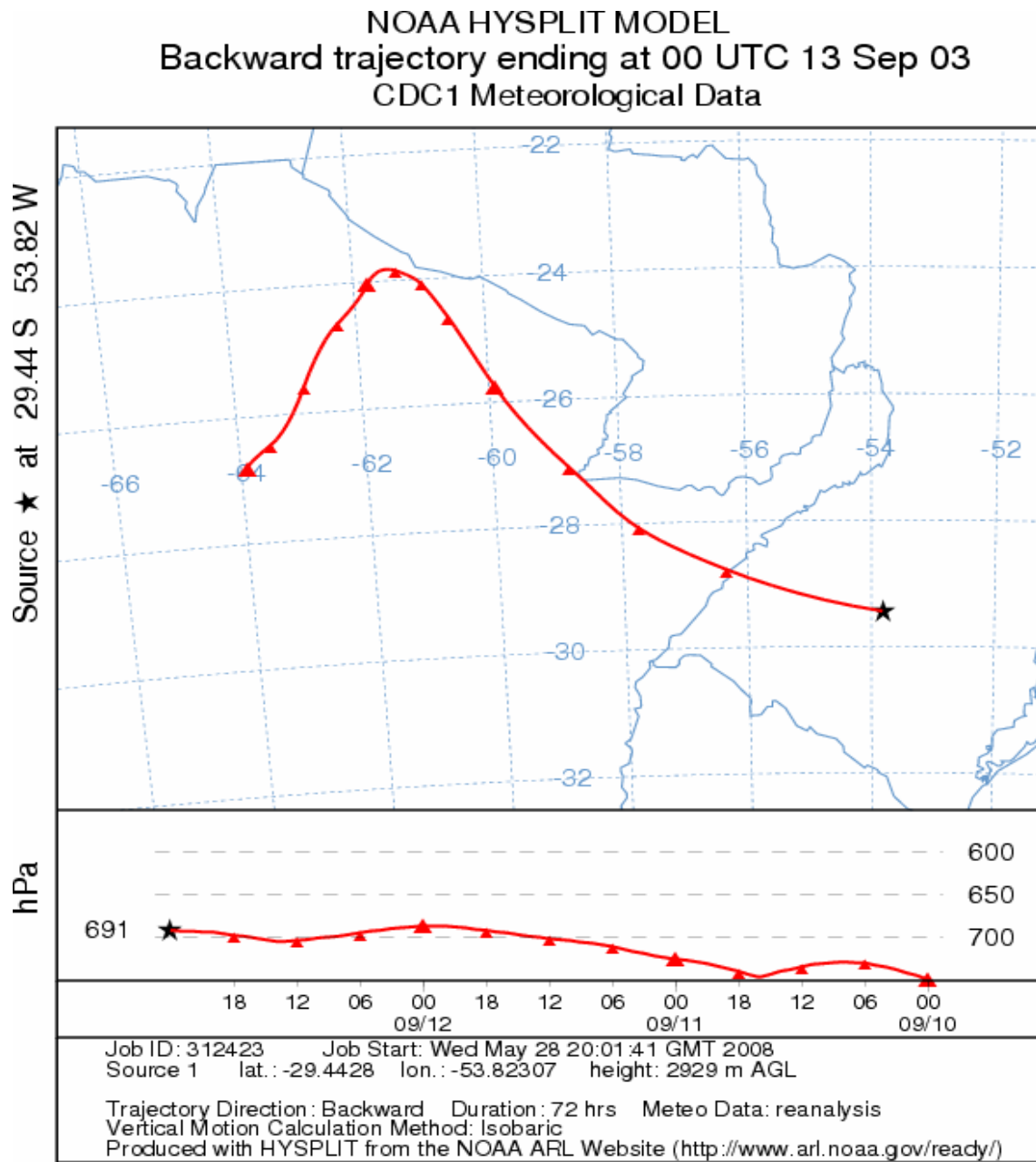


Fig. 6.16 – Trajetória retroativa das massas de ar a 700mb rodada para o dia 13/09/2003.

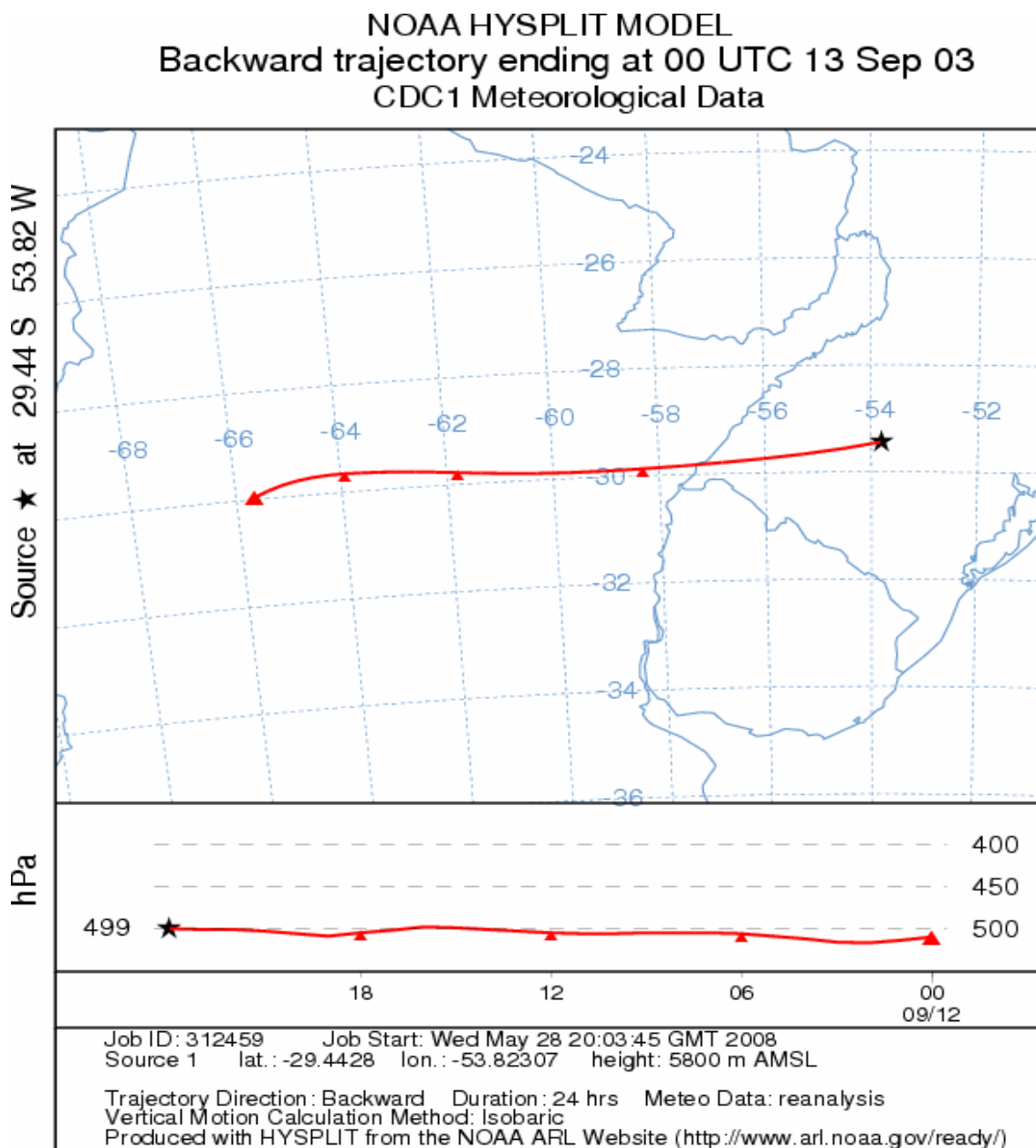


Fig. 6.17 – Trajetória retroativa das massas de ar a 500mb rodada para o dia 13/09/2003.

A partir das duas trajetórias rodadas para os dias que precedem o dia 13 pode-se ver claramente que massas de ar, em ambos os níveis de 500 e 700 mb, partem do norte da Argentina e atingem a região central do Rio Grande do Sul. Assim pode-se ver que queimadas ocorridas no norte da Argentina podem gerar aerossóis que poderão ser transportados até a região central do Rio Grande do Sul. Para uma melhor visualização do evento ocorrido no dia 13 reuniram-se as Figuras em uma única folha para uma melhor comparação entre elas, exibidas na página seguinte.

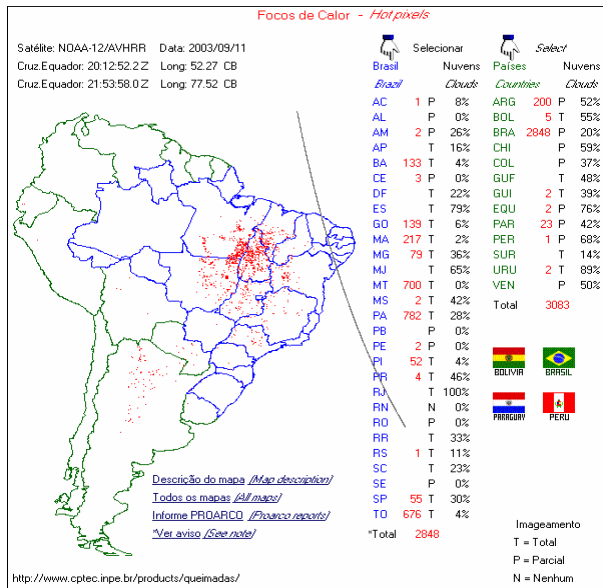


Fig. 6.11

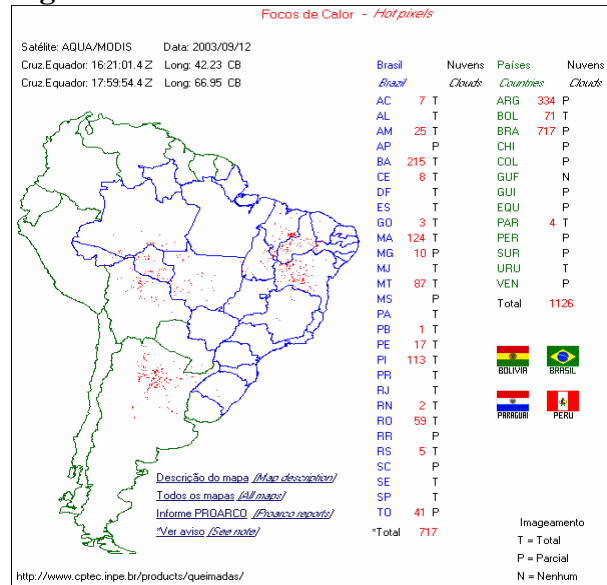


Fig. 6.12

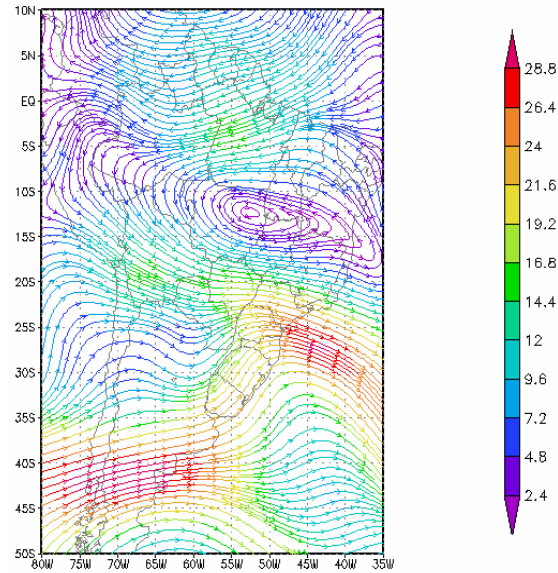


Fig. 6.14 b

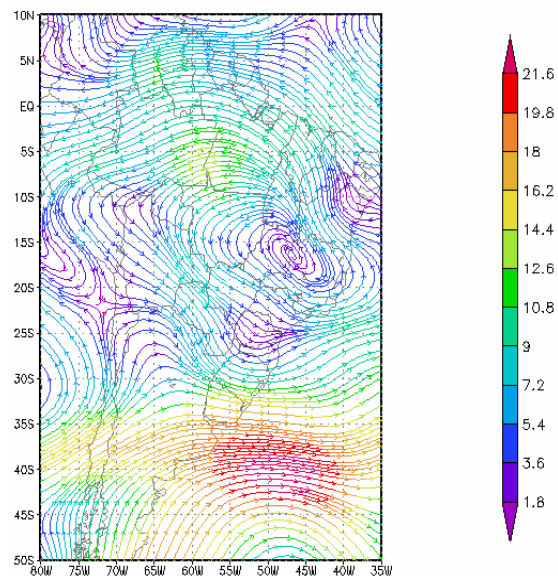


Fig. 6.15 b

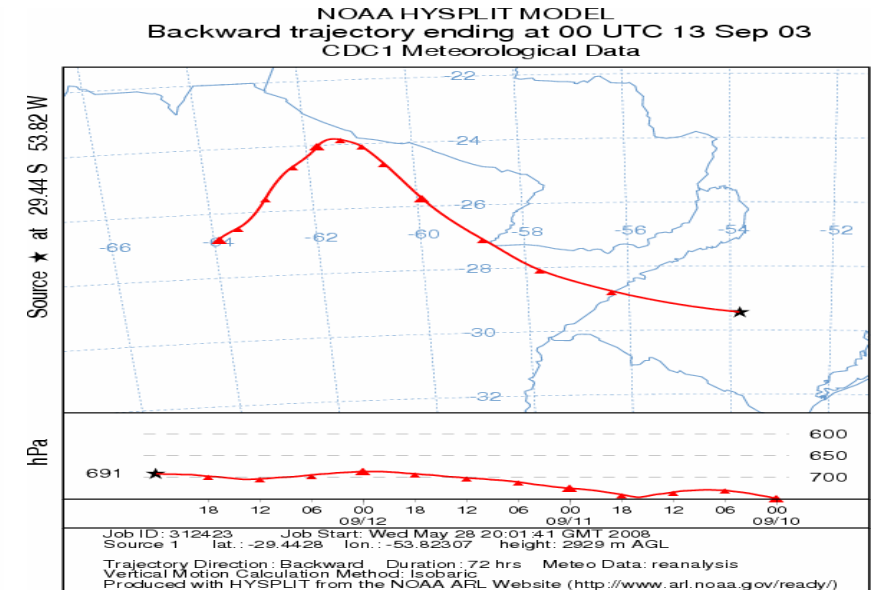
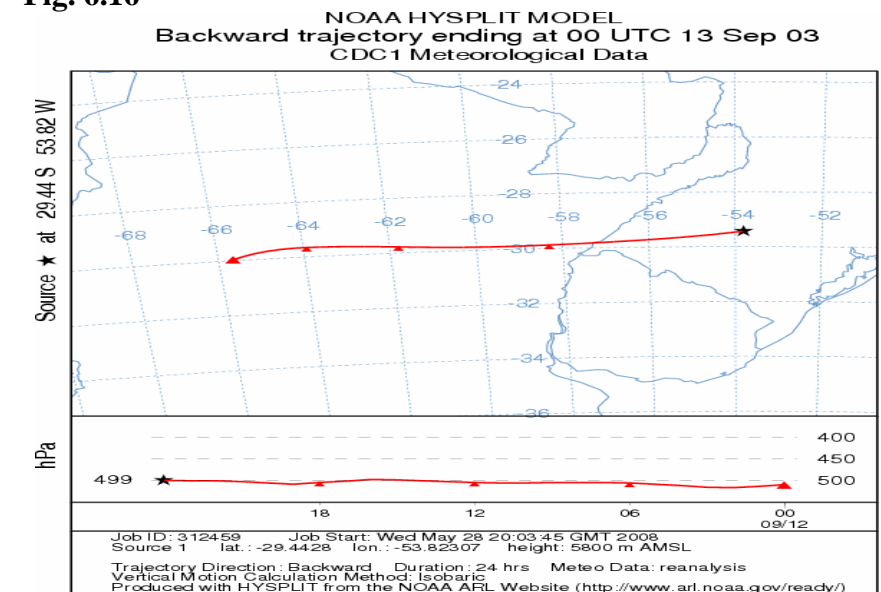


Fig. 6.16



6.17

Resultados para outros dias, além do dia 13, também são apresentados como exemplo, onde nas trajetórias retroativas de massas de ar para estes dias pode-se visualizar o transporte de massas de ar carregando aerossóis - gerados a partir da queima de biomassa - provenientes de outras regiões chegando a ser detectadas pelo Espectrofotômetro Brewer no OES. Os resultados obtidos a partir das trajetórias rodadas são exibidos nas próximas Figuras na página seguinte.

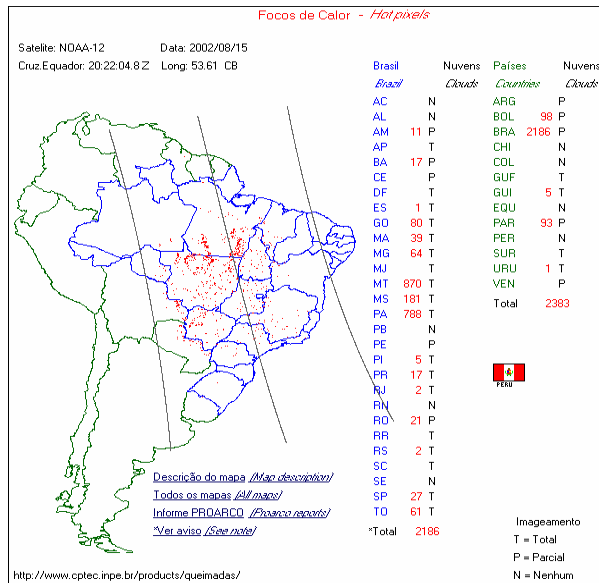
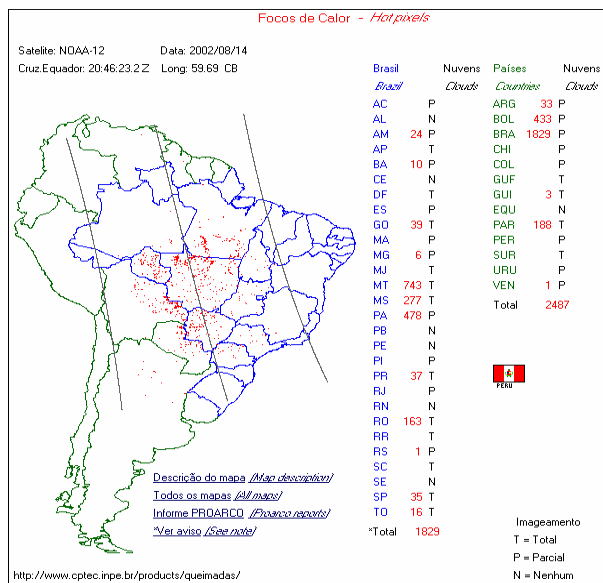


Fig. 6.19 - Imagem do Satélite NOAA 12 para o dia 15 de agosto de 2002.

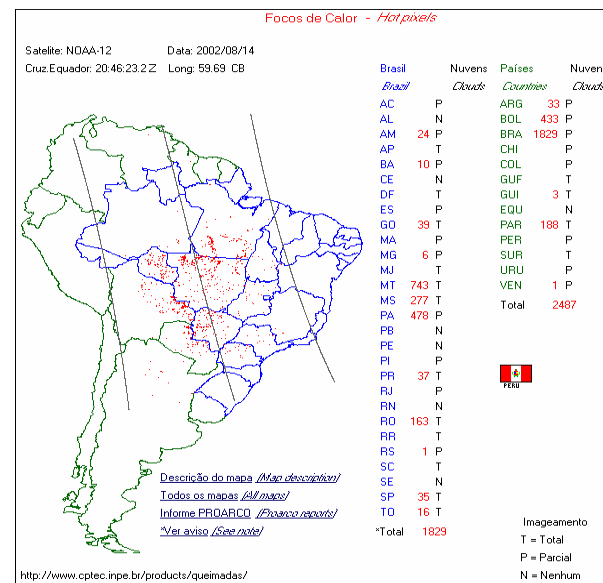


Fig. 6.20 Imagem do Satélite NOAA 1 para o dia 15 de agosto de 2002

Fig. 6.18 - Imagem do Satélite NOAA 12 para o dia 15 de agosto de 2002.

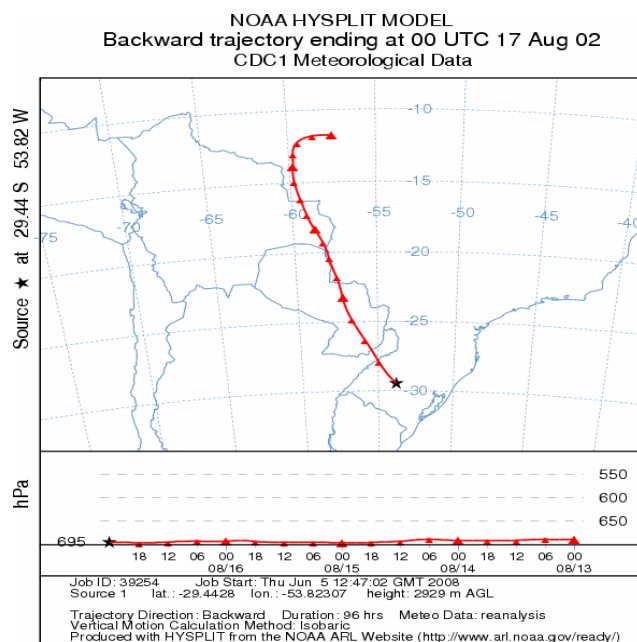


Fig. 6.21 - Trajetória de ventos para os dias anteriores ao dia 17 de agosto de 2002 a 700mb.

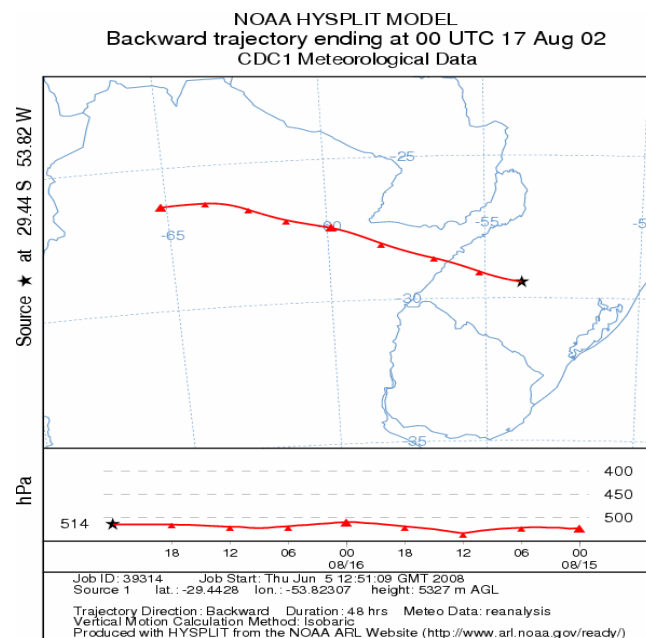


Fig. 6.22 - Trajetória de ventos para os dias anteriores ao dia 17 de agosto de 2002 a 500mb.

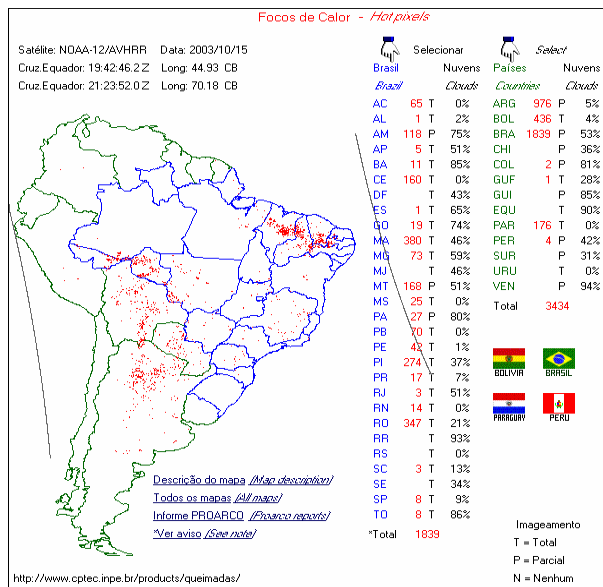


Fig. 6.23 -
Imagem do
Satélite
NOAA 12
para o dia 15
de outubro
de 2003

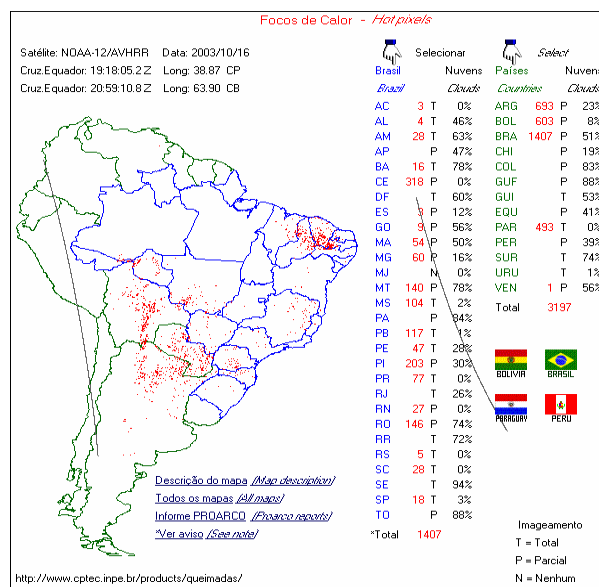


Fig. 6.24 -
Imagem do
Satélite
NOAA 12
para o dia 16
de outubro
de 2003

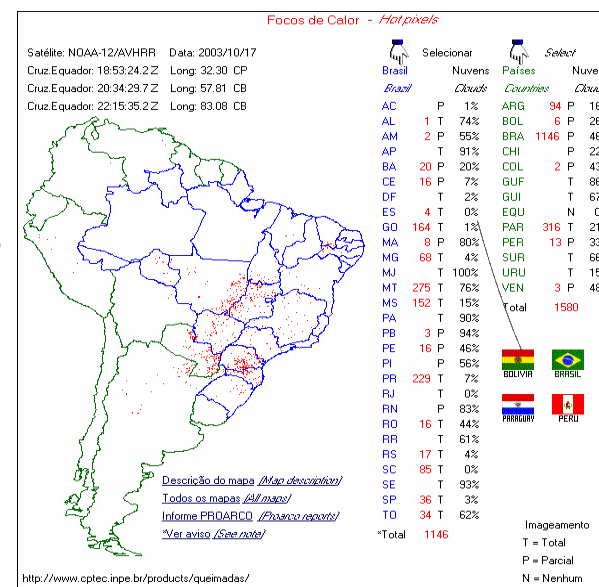


Fig. 6.25 -
Imagem do
Satélite
NOAA 12
para o dia 17
de outubro
de 2003

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectory ending at 00 UTC 18 Oct 03
CDC1 Meteorological Data

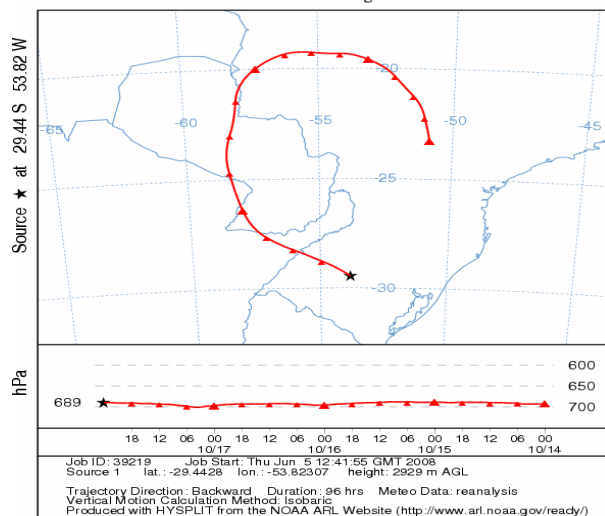


Fig. 6.26 -
Trajetória de
ventos para os
dias anteriores ao
dia 18 de outubro
de 2003 a 700mb.

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectory ending at 00 UTC 18 Oct 03
CDC1 Meteorological Data

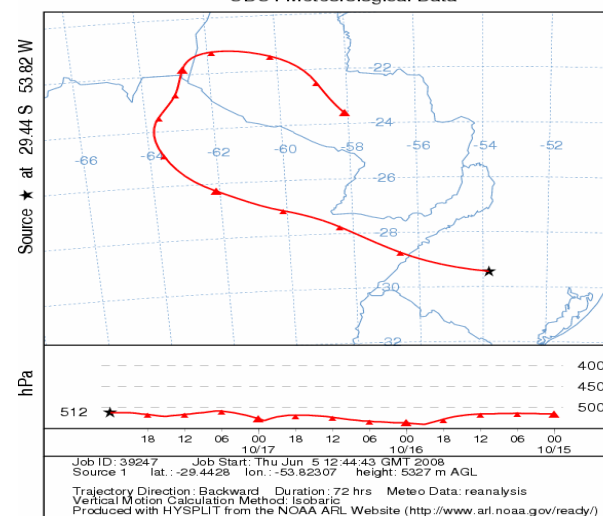


Fig. 6.27 -
Trajetória de
ventos para os
dias anteriores ao
dia 18 de outubro
de 2003 a 500mb.

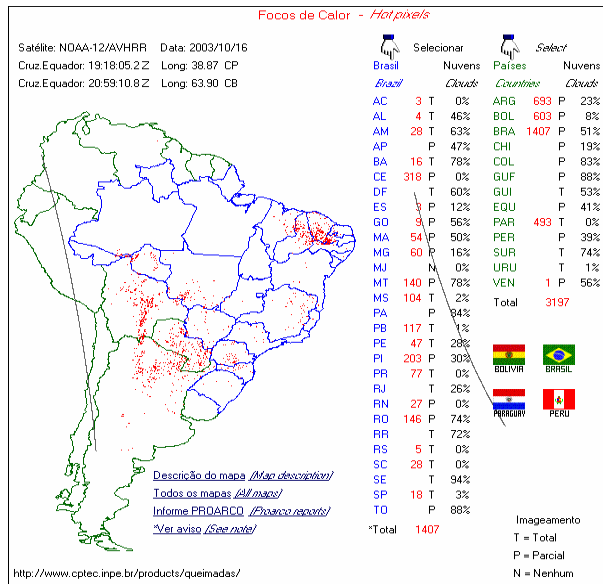


Fig. 6.28 - Imagem do Satélite NOAA 16 para o dia 1º de setembro de 2004

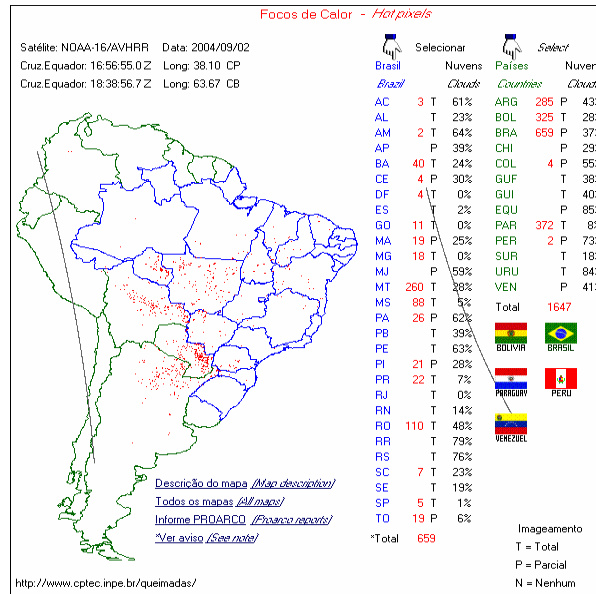


Fig. 6.29 - Imagem do Satélite NOAA 16 para o dia 2 de setembro de 2004

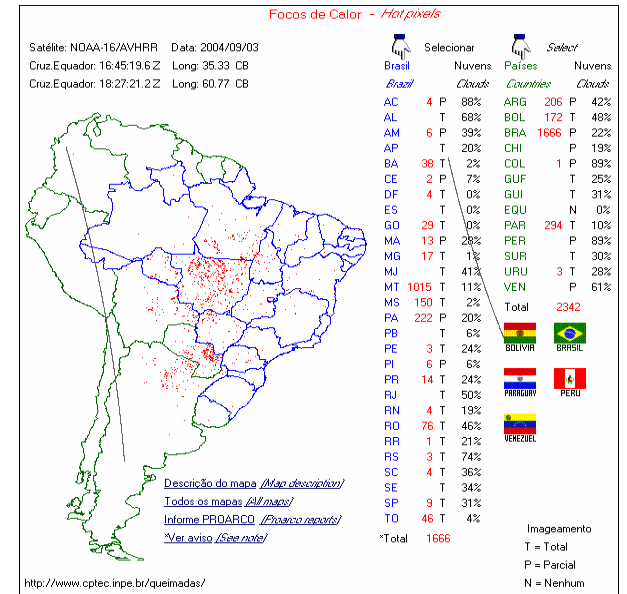


Fig. 6.30 Imagem do Satélite NOAA 1 para o dia de setembro de 2004

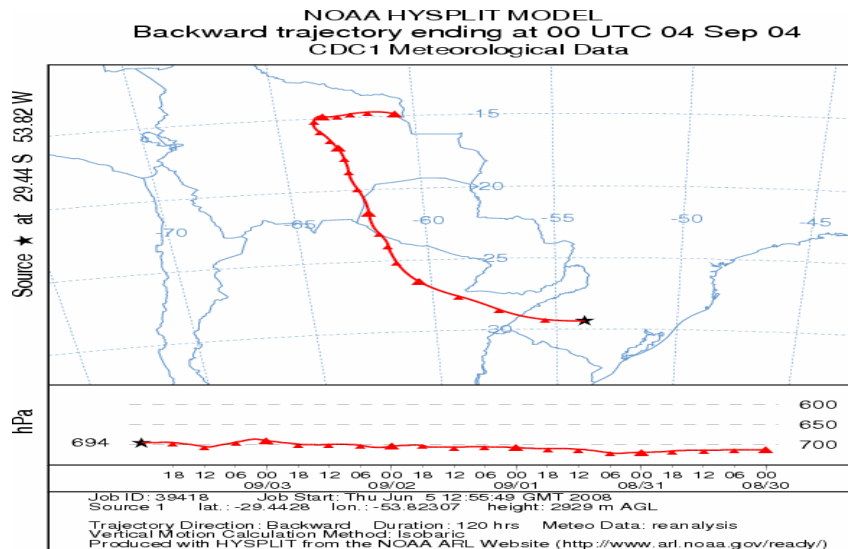


Fig. 6.31 - Trajetória de ventos para os dias anteriores ao dia 4 de setembro de 2004.

Para o dia 17 de agosto de 2002 foi possível visualizar o transporte de aerossóis a partir de 4 dias anteriores, das regiões do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, Bolívia, Paraguai e parte da Argentina para a região centro do Rio Grande do Sul a 700 mb de pressão. Para 500 mb de pressão pode-se visualizar que a trajetória a partir de 2 dias anteriores, começando no norte da Argentina. Para ambas as pressões a origem das trajetórias coincidem com os focos de queimadas detectados por satélite.

Já para o dia 18 de outubro de 2003 foi possível visualizar a trajetória das massas de ar a partir de 4 dias anteriores, começando no Paraná, passando por Mato Grosso do Sul, Paraguai e parte da Argentina para 700 mb de pressão. A 500 mb, a análise começa para 3 dias antes, onde pode-se visualizar que partindo do Paraguai, as massas de ar também percorrem o norte da Argentina. Novamente para ambos os níveis de pressão percebe-se claramente que as massas de ar percorrem regiões com grande número de focos de queimadas. Também é importante observar que as Figuras 6.24 e 6.25 apresentam alguns focos de queimadas dentro do Rio Grande do Sul, no entanto, devido à trajetória das massas de ar percebe-se que as emissões provenientes destas queimas de biomassa não seriam transportadas até o Observatório.

No dia 4 de setembro de 2004 as trajetórias foram analisadas para 3 dias anteriores, começando próxima à fronteira entre Mato Grosso e Bolívia, passando pelo Paraguai e norte da Argentina para o nível de 700 mb. Foi usado apenas o nível de 700 mb, pois este melhor representa a trajetória das massas de ar que precederam o dia 4 para esta análise. Percebe-se claramente que o caminho percorrido passa exatamente sobre regiões com excessivos números de focos de queimadas, indicando a forte influência dessas queimadas sobre a região central do Rio Grande do Sul.

A partir das trajetórias geradas é possível perceber, durante os dias analisados, a grande influência das queimadas do centro e norte do Brasil, norte da Argentina e Paraguai sobre o centro do Rio Grande do Sul medida através de espessuras ópticas de Aerossóis, comparando-as com as imagens dos focos de queimadas detectados pelos satélites.

CAPÍTULO 7

CONCLUSÕES

Nesta 2ª etapa do projeto foram obtidos e analisados dados de Espessuras Ópticas de Aerossóis de 1992 a 2006, concluindo 15 anos de dados coletados, reduzidos e analisados. Verificaram-se particularmente os dias considerados como picos da EOA, onde, além de ter sido analisada a sua ocorrência mensal, também se associou alguns dias suas trajetórias de massas de ar.

Através da análise do banco de dados obtido foi possível construir as Figuras 6.5 e 6.6, as quais indicam a ocorrência do número de picos obtidos para cada mês. Para o período das manhãs, os picos ocorreram em maior número nos meses de maio, junho, agosto, setembro e outubro. Para as tardes para os meses de maio a setembro. Ambos os períodos estão associados ao período de grande quantidade de queima de biomassa nas regiões Centro e Norte do Brasil.

Como exemplo, mostrou-se mais detalhadamente os dias 13 de setembro de 2003, 17 de agosto de 2002, 18 de outubro de 2003 e 4 de setembro de 2004 com as trajetórias retroativas de massas de ar para estes dias e os que precederam os eventos, bem como imagens de satélite mostrando o número de focos de queimadas sobre a América do Sul. Pode-se perceber claramente a partir das análises das trajetórias que houve transporte de massas de ar proveniente de regiões como Centro, Sul e Norte do Brasil, Bolívia, Paraguai e Norte da Argentina para a região central do Rio Grande do Sul, indicando, portanto, a influência desta fonte de aerossóis na região central do Rio Grande do Sul.

CAPÍTULO 8

TRABALHOS PUBLICADOS E APRESENTADOS

Ao longo do período da bolsa, o bolsista participou dos seguintes eventos com publicação e/ou apresentação de trabalho:

- INFLUÊNCIA DE QUEIMADAS NA ESPESSURA ÓPTICA DE AEROSSÓIS NA BANDA DO UV NO EXTREMO SUL DO BRASIL: 2002 – 2006. Cujos autores são: Possani, Germano; Carbone, Samara; Pinheiro, K. Damaris; Alvalá, Plínio Carlos; Schuch, J. Nelson. XIV CBMET – XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2006.
- ANÁLISE DA SAZONALIDADE DAS ESPESSURAS ÓPTICAS DE AEROSSÓIS OBSERVADAS NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL. Cujos autores são: Possani, Germano; Carbone, Samara; Bertagnolli, Caroline; Pinheiro, K. Damaris; Alvalá, Plínio Carlos; Schuch, J. Nelson. Simpósio Brasileiro de Geofísica Espacial e Aeronomia (SBGEA), 2006.
- ESTUDO DO MÉTODO DE LANGLEY NA DETERMINAÇÃO DAS ESPESSURAS ÓPTICAS DE AEROSSÓIS NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL. Cujos autores são: Possani, Germano; Carbone, Samara; Bertagnolli, Caroline; Pinheiro, K. Damaris; Alvalá, Plínio Carlos; Schuch, J. Nelson. XXI Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia – UNIJUÍ, 2006.
- COMPARAÇÃO DA RADIAÇÃO UV-B EM DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO DE 2005 NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL. Cujos autores são: Luana Serafini dos Santos; Damaris Kirsch Pinheiro; Michel André Pelliser; Caroline Bertagnolli; Germano Possani; Nelson Jorge Schuch. 21ª Jornada Acadêmica Integrada (JAI) – UFSM, 2006.
- COMPARAÇÃO DA RADIAÇÃO UV-A EM DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO DE 2005 NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL. Cujos autores são: Michel André Pelliser; Damaris Kirsch Pinheiro; Luana Serafini dos Santos; Nelson Jorge Schuch; Germano Possani; Caroline Bertagnolli. . 21ª Jornada Acadêmica Integrada (JAI) – UFSM, 2006.

- ANÁLISE DA SAZONALIDADE DA ESPESSURA ÓPTICA DE AEROSSÓIS DE 1997 e 1998 NO OES. Cujos autores são: Ana Marcelli Soares; Damaris Kirsch Pinheiro; Caroline Bertagnolli; Germano Possani. 21^a Jornada Acadêmica Integrada (JAI) – UFSM, 2006.
- INFLUENCE OF BIOMASS BURNING AT AEROSOL OPTICAL THICKNESS ON SOUTHERN BRAZIL FROM 1997 TO 2006. Cujos autores são: Germano Possani; Ana Marcelli Soares; Caroline Bertagnolli; Damaris K. Pinheiro; Plínio C. Alvalá; Nelson J. Schuch. XX IV International Union of Geodesy and Geophysics – IUGG, 2007.
- WAVELETS IN THE STUDY OF THE SECONDARY EFFECTS OF THE ANTARCTIC OZONE HOLE AT SOUTHERN SPACE OBSERVATORY: 2003 – 2005. Cujos autores são: Caroline Bertagnolli; Germano Possani; Damaris K. Pinheiro; Nelson J. Ferreira; Nelson J. Schuch. XX IV International Union of Geodesy and Geophysics – IUGG, 2007.
- INFLUÊNCIA DE QUEIMADAS SOBRE O RIO GRANDE DO SUL MEDIDA ATRAVÉS DE ESPESSURAS ÓPTICAS DE AEROSSÓIS – SICINPE 2007. Cujos autores são: Germano Possani; Plínio C. Alvalá; Nelson J. Schuch; Damaris K. Pinheiro; Ana Marcelli Soares, Nadiara Pereira. 22^a Jornada Acadêmica Integrada (JAI) – UFSM, 2007.
- INFLUÊNCIA DE QUEIMADAS DO CENTRO E NORTE DO BRASIL, NORTE DA ARGENTINA E PARAGUAI SOBRE O CENTRO DO RIO GRANDE DO SUL MEDIDA ATRAVÉS DE ESPESSURAS ÓPTICAS DE AEROSSÓIS. Cujos autores são: Ana Marcelli Soares; Germano Possani; Nadiara Pereira; Dr. Nelson Jorge Schuch; Dra. Damaris Kirsch Pinheiro. 22^a Jornada Acadêmica Integrada (JAI) – UFSM, 2007.
- ESTUDO DE CASO: EVENTOS DE QUEIMA DE BIOMASSA E AS MASSAS DE AR SOBRE O CENTRO DO RIO GRANDE DO SUL. Cujos autores são: Nadiara Pereira; Damaris K. Pinheiro; Nelson J. Schuch; Germano Possani, Ana Marcelli Soares. 22^a Jornada Acadêmica Integrada (JAI) – UFSM, 2007.

- ESTUDO DE CASO: VARIAÇÃO DIURNA DAS ESPESSURAS ÓPTICAS DE AEROSSÓIS PARA DIAS COM E SEM PICOS NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL ENTRE 1998 E 2007. Cujos autores são: Germano Possani, Plínio C. Alvalá, Damaris K. Pinheiro, Nelson J. Schuch, Ana Marcella Soares, Nadiara Pereira. XXII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia – UNIJUÍ, 2007.
- ANÁLISE DA VARIAÇÃO DAS ESPESSURAS ÓPTICAS DE AEROSSÓIS COM O COMPRIMENTO DE ONDA NA FAIXA DE ULTRAVIOLETA NO PERÍODO DE 1997 A 2006 NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL. Cujos autores são: Ana M. Soares, Damaris K. Pinheiro, Nelson J. Schuch, Plínio C. Alvalá, Germano Possani, Nadiara Pereira, Caroline Bertagnolli. XXII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia – UNIJUÍ, 2007.
- ANÁLISE DOS EFEITOS SECUNDÁRIOS DO BURACO DE OZÔNIO ANTÁRTICO SOBRE A REGIÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL OCORRIDOS NOS ANOS DE 2004 E 2005 ATRAVÉS DA ANÁLISE DOS CAMPOS DE VENTO. Cujos autores são: Nadiara Pereira, Neusa Paes Leme, Damaris K. Pinheiro, Nelson J. Schuch, Caroline Bertagnolli, Germano Possani. XXII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia – UNIJUÍ, 2007.
- ANÁLISE PICOS DE ESPESSURAS ÓPTICAS DE AEROSSÓIS SOBRE O OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL (29.4° S, 53,8° O) DE 1997 A 2006. Cujos autores são: Germano Possani, Nelson J. Schuch, Damaris K. Pinheiro, Plínio C. Alvalá, Ana Marcella Soares, Nadiara Pereira, Caroline Bertagnolli, Luana Serafini dos Santos. 10th International Congress of the Brazilian Geophysical Society –SBGf, 2007.
- IDENTIFICAÇÃO DOS EFEITOS SECUNDÁRIOS DO BURACO DE OZÔNIO ANTÁRTICO NO ANO DE 1997 NO SUL DO BRASIL ATRAVÉS DE ONDELETAS. Cujos autores são: Caroline Bertagnolli, Nelson J. Schuch, Germano Possani, Damaris K. Pinheiro, Nelson J. Ferreira. 10th International Congress of the Brazilian Geophysical Society –SBGf, 2007.

- COMPORTAMENTO SAZONAL DAS ESPESSURAS ÓPTICAS DE AEROSSÓIS ENTRE OS ANOS DE 1997 A 2006 NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL. Cujos autores são: Ana Marcelli Soares, Damaris K. Pinheiro, Nelson J. Schuch, Plínio Alvalá, Germano Possani, Nadiara Pereira, Caroline Bertagnolli. 10th International Congress of the Brazilian Geophysical Society –SBGf, 2007.
- ESTUDOS DE CASOS DA INFLUÊNCIA DE QUEIMADAS DO CENTRO DO BRASIL, NORTE DA ARGENTINA E PARAGUAI SOBRE O CENTRO DO RIO GRANDE DO SUL MEDIDA ATRAVÉS DE ESPESSURA ÓTICA DE AEROSSÓIS. Cujos autores são: Nadiara Pereira, Germano Possani, Ana Marcelli Soares, Caroline Bertagnolli, Luana Serafini, Damaris K. Pinheiro, Nelson J. Schuch. 10th International Congress of the Brazilian Geophysical Society –SBGf, 2007.
- ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DA INCIDÊNCIA DA RADIAÇÃO UV-B NO PERÍODO DE 1994 A 2007 NA REGIÃO DO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL. Cujos autores são: Luana Serafini, Damaris K. Pinheiro, Nelson J. Schuch, Plínio C. Alvalá, Caroline Bertagnolli, Germano Possani, Simone Spiazzi, Ana Marcelli Soares, Nadiara Pereira. 10th International Congress of the Brazilian Geophysical Society –SBGf, 2007.
- BIOMASS BURNING EVENTS INFLUENCE IN AEROSOL DATA BY BREWER SPRECTROPHOTOMETER AT SOUTHERN SPACE OBSERVATORY. Cujos autores são: Samara Carbone, Robinson L. Manfro, Caroline Bertagnolli, Germano Possani, Tiele Caprioli, Damaris K. Pinheiro, Nelson J. Schuch. 36 th Committee on Space Research (COSPAR), evento realizado em Beijing – CHINA, de 16 a 23 de Julho de 2006, resumo publicado.
- EFEITOS SECUNDÁRIOS DO BURACO DE OZÔNIO ANTÁRTICO SOBRE A REGIÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL PARA O ANO DE 2000. Cujos autores são: Nadiara Pereira, Caroline Bertagnolli, Germano Possani, Damaris K. Pinheiro, Nelson J. Schuch, Neusa Paes Leme, Nelson Jesus Ferreira. XV Congresso Brasileiro de Meteorologia – a ser apresentado em agosto de 2008, São Paulo.

CAPÍTULO 9

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Badarinath, K. V. S.; Latha, K. M.; Chand, T. R. K.; Gupta, P. K.; Gosh, A. B.; Jain, S. L.; Gera, B. S.; Singh, R.; Sarkar, A. K.; Singh, N.; Parmar, R. S.; Koul, S.; Coolí, R.; Shambhu, N.; Ojha, V. K. e Singh, G. **Characterization of aerosols from biomasa burning – a case study from Mizoram (Northeast), India.** *Chemosphere*, v. 54, p. 167 – 175, 2003.
- Baker, M. B. **Cloud Microphysics and Climate.** *Science*, v. 276, p. 1072 – 1078, 1997.
- Begum, Z. N. **Significance of multiple scattering in the computation of solar radiation transfer in the atmosphere.** *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*, v. 66, p. 35 – 39, 2000.
- Bergin, M. H.; Xu, J.; Fang, C.; Zeng, L.; Tong, Y.; Cass, G. R.; Salmon, L. G. e Chameides, W. L. **Aerosol Radiative, Physical and Chemical Properties in Beijing during June, 1999.** *Journal of Geophysical Research*, v.55, 2000.
- Carbone, S., Padilha, L.F., Rosa, M.B., Pinheiro, D.K., Schuch, N.J. First estimations of the aerosol optical thickness using Langley Method at Southern Brazil (29.4° S, 53.8° W). **Advances in Space Research**, v. 37, pp. 2178-2182, 2006.
- Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) <http://tempo.cptec.inpe.br:9080/PCD/> Outubro, 2005.
- Chameides, W. L.; Yu, H.; Liu, S. C.; Bergin, M.; Zhou, X.; Mearns, L.; Wang, G.; Kiang, C. S.; Taylor, R. D.; Luo, C.; Huang, Y.; Steiner, A. e Giorgi, F. **Case study of the effects of atmospheric aerosols and regional haze on agricultura: An opportunity to enhance crop yields in China through emisión controls?** *Science*, v. 96, n. 24, p. 13626 – 13633, 1999.
- Charlson, R. J.; Schwartz, S. E.; Hales, J. M.; Cess, R. D.; Coakley, J. A.; Hansen, J. E. e Hofmam, D. J. **Climate forcing by anthropogenic aerosols.** *Science*, v. 255, p. 423 – 430, 1990.
- Coulson, K. L. **Solar and Terrestrial Radiation: Methods and Measurements.** New York: Academic Press, 1975. 322p.

- Crutzen, P.J. e Andreae, M.O. **Biomass burning in the tropics: Impact on atmospheric chemistry and biogeochemical cycles.** Science, v. 250, p. 1669 – 1678, 1990.
- Dickerson, R. R.; Kondragunta, S.; Stenchikov, G.; Civerolo, K. L.; Doddridge, B. G. e Holben, B. N. **The impact of aerosols on solar ultraviolet radiation and photochemical smog.** Science, v. 278, p. 827 – 830, 1997.
- Finlayson-Pitts, B. J. e Pitts, J. N. **Chemistry of the upper and lower atmosphere.** San Diego: Academic Press, 2000. 969.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) **Radiative forcing of climate change.** Climate change 1994, Ed. Houghton, J. T.; Meira Filho, L. G.; Bruce, J.; Lee, H.; Callander, B. A.; Haites, E.; Harris, N. e Maskel, K. Cambridge university Press, 1995.
- Heintzenberg, J. **The life cycle of the Atmospheric Aerosol,** in: Bourton, C. F. (Ed), Topics in atmospheric and interstellar physics and chemistry, c. XII, p. 251 – 267, 1994.
- Hinds, W.C. **Aerosol Technology – Properties, Behavior, and Measurement of Airborne Particles.** John Wiley & Sons, New York, 1982.
- Hood, L. L. Effects of short-term solar uv variability on the stratosphere. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, v. 61, p. 45- 51, 1999.
- Kasten, F. e Young, A. T. **Revised optical air mass tables and approximation formula.** Applied Optics, v. 28, n.22, p. 4735 – 4738, 1989.
- Kaufman, Y.J. e Fraser, R.S. **Confirmation of smoke particles effect on clouds and climate forcing.** Science, v. 277, p. 1636 – 1639, 1997.
- Kirchhoff, V. W. J. H.; Silva, A. A. e Pinheiro, D. K. **Wavelength dependence of aerosol optical thickness in the UV-B band.** Geophysical Research Letters, v. 29, n. 12, doi: 10.1029/2001GL014141, 2002.
- Knoll, F. G. **Radiation detection and measurement.** New York: John Wiley and Sons, 1979. 833p.
- Krzyscin J. W. e Puchalski, S. **Aerosol impact on the surface UV radiation from the ground based measurements taken at Belsk, Poland 1980-1996.** Journal of Geophysical Research, v. 103, n. D13, p. 16175 – 16181, 1998.

- Kylling, A.; Bais, A. F.; Blumthaler, M.; Schreder, J.; Zerefos, C. S. and Kosmidis, E. **Effect of aerosols on solar UV irradiances during the photochemical activity and solar ultraviolet radiation campaign**, Journal of Geophysical Research, v. 103, n.D20, p. 26051 – 26060, 1998.
- Lean, J. **Variations in the sun's radiative output**. Reviews of Geophysics, v. 29, n. 4, p. 505 – 535, 1991.
- Lenoble, J. **Atmospheric Radiative Transfer**. Hampton: A DEEPAK Publishing, 1993, 553 p.
- Liu, S. C.; McKeen, S. A. e Madronich, S. **Effect of anthropogenic aerosols on biologically active ultraviolet radiation**. Geophysical Research Letters, v. 18, n. 12, p. 2265 – 2268, 1991.
- Longo, K. M.; Thompson, A. M.; Kirchhoff, W. J. H.; Remer, L. A.; Freitas, S. R.; Dias, M. A. F. S.; Artaxo, P.; Hart, W.; Spinhirne, J. D. e Ymasoe, M. A. **Correlation between smoke and tropospheric ozone concentration in Cuiabá during Smoke, Clouds, and Radiation-Brazil (SCAR-B)**. Journal of Geophysical Research, v. 104, n. D10, p. 12113 – 12129, 1999.
- McGee, T. J.; Burris Jr, J. **SO₂ absorption cross sections in the near uv**. Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer, v. 37, n.2, p. 165 - 182, 1987.
- Marquard, L. C.; Wagner, T. e Platt, U. **Improved air mass factor concepts for scattered radiation differential optical absorption spectroscopy of atmospheric species**. Journal of Geophysical Research, v. 105, n. D1, p. 1315 – 1327, 2000.
- Molina, L.T.; Molina, M. J. **Absolute absorption cross sections of ozone in the 185 to 350 nm wavelength range**. Journal of Geophysical Research, v. 91, n. D13, p. 14501 – 14508, Dec. 1986.
- National Oceanic and Atmospheric Administration – Air Resources Laboratory. HYSPLIT MODEL: <http://www.arl.noaa.gov/ready/open/traj.html>
- Ogunjobi, K. O.; He, Z.; Kim, K. W. e Kim, Y. J. **Aerosol optical depth during episodes of Asian dust storms and biomass burning at Kwangju, South Korea**. Atmospheric Environment, v. 38, p. 1313 – 1323, 2003.

- Pinheiro, D. K. **Estudo do comportamento do dióxido de nitrogênio atmosférico com base nos dados do espectrofotômetro Brewer.** São José dos Campos: INPE, INPE-10017-TDI/881, Tese de Doutorado, 2003.
- Reid, G. C. **Solar variability and its implications for the human environment.** Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, v. 61, p. 3 – 14, 1999.
- Rottman, G. **Solar ultraviolet irradiance and its temporal variation.** Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, v. 61, p. 37 – 44, 1999.
- Schwartz, S, E. **The whitehouse effect-shortwave radiative forcing of climate by anthropogenic aerosols: an overview.** Journal Aerosol Science, v. 3, p. 359 – 382, 1996.
- Sci-Tec Instruments Inc. **Brewer MKIII spectrophotometer operator's manual.** Saskatoon: Sci-Tec instruments, 1999. 135p.
- Seinfeld, J. H. e Pandis, S. N. **Atmospheric chemistry and physics from air pollution to climate change.** New York: John Wiley & Sons, 1998. 1326p.
- Silva, A. A. e Kirchhoff, V. W. J. H. **Improved Aerosol Optical Thickness Measurements in the uvb Range** In: Zerefos, C. (Ed), Ozone, v. II, Proceedings of the XX Quadrennial Ozone Symposium, 2004.
- Silva, A. A., and Kirchhoff, V. W. J. H. **Aerosol Optical Thickness from Brewer Spectrofotometers and an investigation into stray light effect.** Applied Optics, 43, 2484 - 2489, 2004.
- Teillet, P. M. **Rayleigh optical depth comparisons from various sources.** Applied Optics, v. 29, n. 13, p. 1897 – 1900, 1990.
- Torres, O. e Krotkov, N. **Aerosol absorption effects in the TOMS UV algorithm.** In: Zerefos, C. (Ed), Ozone, v. II, Proceedings of the XX Quadrennial Ozone Symposium, 2004
- Twomey, S. **The influence of pollution on the shortwave albedo of clouds.** Journal of the Atmospheric Sciences, v. 34, p. 1149 – 1152, 1977.
- Waggoner, A. P.; Weiss, R. E. e Larson, T. V. **In-situ rapid response measurement of H₂SO₄/(NH₄)₂SO₄ aerosols in urban Houston: A comparison with rural Virginia.** Atmospheric Environment, v. 17, p. 1723 – 1731, 1981.
- Yavorsky, B. e Detlaf, A. **Handbook of physics.** Moscow: Mir, 1980. 1135p.
- Young, A. T. **Air mass and refraction.** Applied Optics, v. 33, n. 6, p. 1108 – 1110, 1994.