



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

Estudo de estruturas de onda na camada mesosférica de sódio através de imagens all-sky e radar de laser

RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA (PIBIC/CNPQ/INPE)

Maíra Pamela Ramos Maestri (UNIFESP, Bolsista PIBIC/CNPq)
E-mail: maira@laser.inpe.br

Dr. Alexandre Álvares Pimenta (LASER/CTE/INPE, Orientador)
E-mail: pimenta@laser.inpe.br

Junho de 2009

RESUMO

Este trabalho, iniciado em março de 2009, tem como objetivo a continuidade ao projeto de Iniciação Científica em andamento desde 2008, para o estudo da camada mesosférica de sódio, também estudaremos as condições ionosféricas que afetam a morfologia das bolhas de plasma na região tropical.

Study of wave structures in the sodium layer mesospheric through all-sky images of radar and laser

ABSTRACT

This work, initiated in March 2009, aims to continue the project of Scientific Initiation in progress since 2008, to study the sodium layer mesospheric; ionospheric also study the conditions that affect the morphology of plasma bubbles in the tropical region.

SUMÁRIO

	Pág.
LISTA DE FIGURAS.....	9
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO.....	11
1.1 –Esboço Geral.....	9
CAPÍTULO 2 – CONCEITOS BÁSICOS.....	15
2.1 –Atmosfera.....	15
2.2 – Mesosfera.....	17
2.3 – Ionosfera.....	19
CAPÍTULO 3 – MATERIAIS.....	23
3.1 Imageador All-Sky.....	23
3.2 Radar de Laser.....	27
3.3 Matlab.....	33
CAPÍTULO 4–RESULTADOS E CONCLUSÃO.....	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - A Atmosfera Terrestre de 0 a 1000 km, dividindo-se acordo com ao seu perfil de temperatura ou de acordo com sua composição. Fonte: Brasseur & Solomon, 1986 - p.33, modificada.....	11
Figura 2 - Perfil típico da densidade eletrônica da Ionosfera, mostrando as regiões De concentração dos principais íons que formam a ionosfera e a estrutura das camadas. Fonte: Robert & Andrew, 2000	21
Figura 3.1 -Diagrama em blocos do imageador “All-Sky” com câmara CCD. Fonte: Medeiros (1999).....	23
Figura 3.1.2 -Imageador CCD all-sky sendo: (1) lente do tipo all-sky ; (2) rack; (3) sistema telocêntrico de lentes; (4) roda de filtros de interferência ótica; (5) sistema de reconstrução da imagem; (6) câmara CCD; (7) sistema de refrigeração da câmara CCD e (8) microcomputador. Fonte: Santana (2000).....	25
Figura 3.2 Fonte www.laser.inpe.br/download/instrumentacao	29
Figura 3.2.1 Fonte www.laser.inpe.br/download/instrumentacao	29

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Este trabalho, iniciado em março de 2009, tem como objetivo a continuidade ao projeto de Iniciação Científica em andamento desde 2008, para o estudo da camada mesosférica de sódio, também estudaremos as condições ionosféricas que afetam a morfologia das bolhas de plasma na região tropical.

A irregularidade ionosférica foi observada, nos últimos anos, por diferentes técnicas (por exemplo, radar de solo, digisonda, GPS, instrumentos ópticos, por satélite em situ foguete instrumentação) , a sua evolução de tempo e as características de propagação podem ser usadas para estudar aspectos importantes de dinâmica ionosférica e da união termosfera-ionosfera. No momento, uma das técnicas óticas mais poderosas para estudar a irregularidade ionosférica em grande escala é o sistema de fotômetro de visualização de todo céu, All -Sky, o qual normalmente mede a região-F nightglow (luminescência noturna) de forte emissão do oxigênio atômico 630 nm .

As imagens de emissão do OI 630 monocromático normalmente mostram o campo magnético do norte-sul quase alinhados as bandas de depleção de intensidade, que são as assinaturas óticas na base da camada F da irregularidade de plasma na região-F (também chamadas bolhas de plasma). A observação da região-F OI 630 nm nightglow é feita através do fotômetro localizado em Cachoeira Paulista (22.75°S, 45.0W, latitude de inclinação 17.95°S), Brasil, os dados do período de Outubro de 1988 a Setembro de 2000, foram usados para estudar os processos eletrodinâmicos associados com a bifurcação das bolhas de plasma. Relatamos a observação das variedades de altura no ápice das bifurcações de bolha de plasma. A altitude de bifurcação observada quando feito o mapa atrás ao equador magnético alcança a altitude de 450-540 km. Essa observação mostra que há uma variedade de altitude preferencial da bifurcação de bolha de plasma. Além do mais, com respeito aos tamanhos de largura leste-oeste para explicar as bifurcações de bolha de plasma, a nossa observação não apóia o mecanismo da dependência de largura, desde que

as bifurcações de bolha de plasma foram observadas tanto para bolhas estreitas como para largas. Exploramos um número de outras explicações possíveis para as características observadas. As implicações nas estruturas espaciais observadas e o nível de concentrações de plasma ambientes na geração de bifurcações de bolhas de plasma serão discutidos.

CAPÍTULO 2

CONCEITOS BÁSICOS

2.2 Atmosfera

Atualmente a atmosfera terrestre possui uma estrutura vertical extremamente variável quanto a inúmeros aspectos: composição, temperatura, umidade, pressão, movimentos, etc. A atmosfera é dividida em várias camadas, em que cada uma delas possui características próprias embora não sejam homogêneas (figura 1.1).

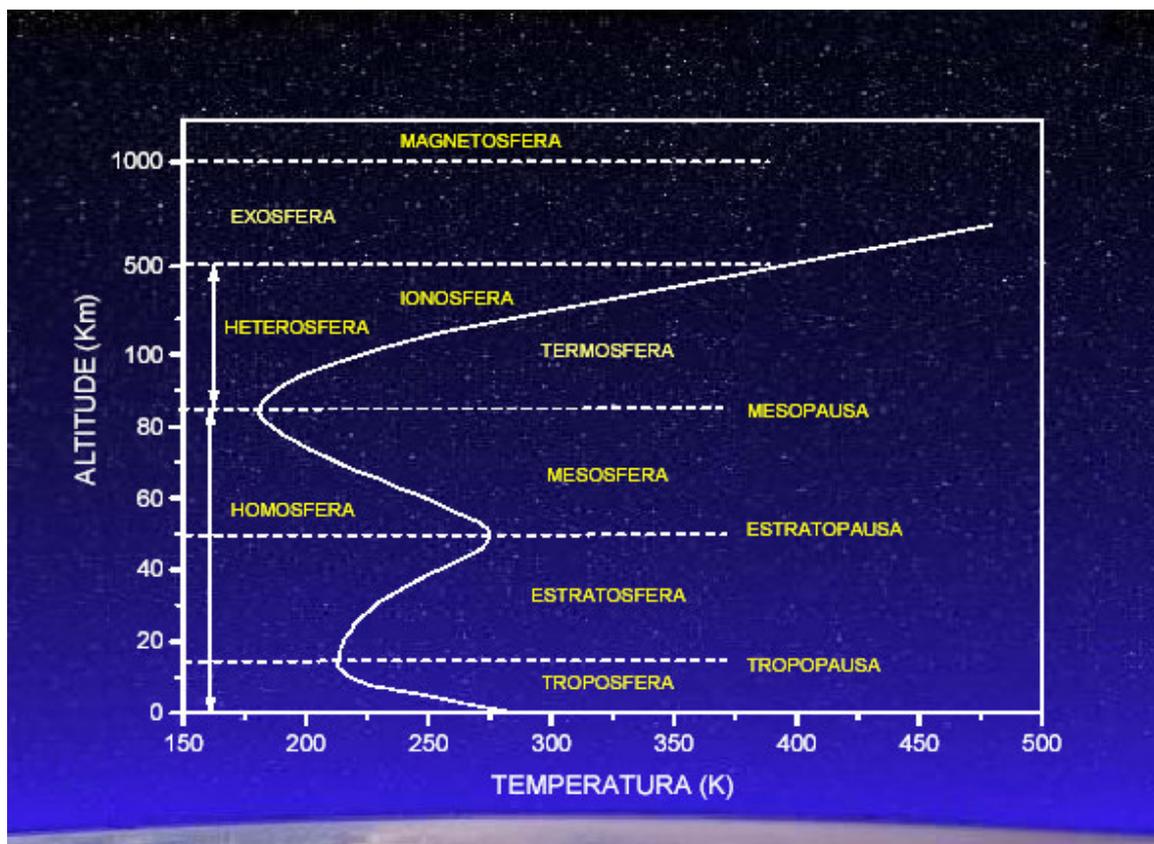


FIGURA 1: A Atmosfera Terrestre de 0 a 1000 km, dividindo-se acordo com ao seu perfil de temperatura ou de acordo com sua composição.
Fonte: Brasseur & Solomon, 1986 - p.33, modificada.

2.2 Mesosfera

A Mesosfera é a camada atmosférica onde há uma substancial queda de temperatura chegando até a -90°C em seu topo, está situada entre a estratopausa em sua parte inferior e mesopausa em sua parte superior, entre 50 a 85 km de altitude. É na mesosfera que ocorre o fenômeno da aeroluminescência das emissões da hidroxila e é nela que se dá a combustão dos meteoróides. É na mesosfera que se concentra a maior parte do ozônio, por ela é possível monitorar as ondas de maré e ondas de gravidade através dos movimentos que se propagam através dos gases ionizados desta região. Nesta região também é possível observar as ondas atmosféricas que são facilmente observáveis devido ao fenômeno da aeroluminescência. A mesosfera encontra-se acima da estratopausa. Nesta região, o processo de radiação é muito importante na remoção de calor, e a temperatura decresce com a altura. As temperaturas mais frias da atmosfera terrestre são atingidas na região da mesosfera, podendo alcançar valores menores do que 180 K. As baixas temperaturas das regiões mesosféricas não podem ser explicadas apenas através de considerações radiativas. Faz-se necessário recorrer aos processos dinâmicos decorrentes dos movimentos ondulatórios e de transferência de momentum. Na mesosfera, as principais fontes de energia são: a absorção da radiação ultravioleta solar pelo ozônio nas bandas de Hartley, entre 242 e 310 nm; a desativação colisional (*quenching*) do oxigênio atômico no nível 1D, geradas por fotólise do O_3 e O_2 ; quantidades significativas de energia são devidas à liberação de energia potencial química da recombinação de três corpos do oxigênio atômico e da reação exotérmica que envolve o hidrogênio (H), e o O_3 ; as interações dinâmicas nas quais ondas de gravidade, marés atmosféricas e ondas planetárias são dissipadas; e o aquecimento e resfriamento devido a movimentos verticais, dentre os quais aqueles relacionados às marés atmosféricas. Já o resfriamento mesosférico decorre dos processos radiativos que envolvem óxido nítrico (NO), O , O_3 e do CO_2 , sendo que este último desempenha um papel dominante.

2.3 A Ionosfera

A ionosfera é a parte da atmosfera onde a concentração de elétrons e íons positivos livres é apreciável, a ponto de influenciar a propagação das ondas de rádio. Seus limites não são bem definidos, ela está situada aproximadamente entre 60km e 1000km de altura. Normalmente se divide em três regiões, chamadas D, E e F, que correspondem a três faixas de altura do perfil de densidade eletrônica, NE, onde ocorrem máximos de Ne.

a) Região D, localizada entre 60km e 95km de altura onde a ionização é presente. É a menos densa de todas as regiões ionosféricas, deixando de existir durante a noite. Essa região é responsável pela absorção das ondas de rádio em alta frequência que é refletida nas camadas superiores.

b) Região E, localizada entre 95 km e 180 km de altura, essa é subdividida em: Camada E: normalmente encontrada; Camada Es (esporádica): pouco densa e instável; Camada E2: tem maior densidade que a camada E. A região A é importante pela presença de correntes elétricas que nela fluem e sua interação com o campo magnético.

c) Região F, localizada acima de 180m de altura onde se concentram as camadas refletoras mais importantes: a camada F1 encontrada esporadicamente e a camada F2 normalmente encontrada e atualmente em fase de estudos a camada F3 na região equatorial. A fonte primária de ionização provem da fotoionização dos componentes atmosféricos promovida pelos Raios Solares na faixa de comprimento de onda no Extremo Ultravioleta – EUV, e de Raios – X. Fontes secundárias de ionização constituem-se de processos colisionais entre partículas excitadas – elétrons, íons ou moléculas neutras. A ionosfera é constituída em sua maior parte por íons monovalentes positivos (O^+ , 2O , N^+ , NO^+ , 2N , H^+ , He^+) e elétrons.)

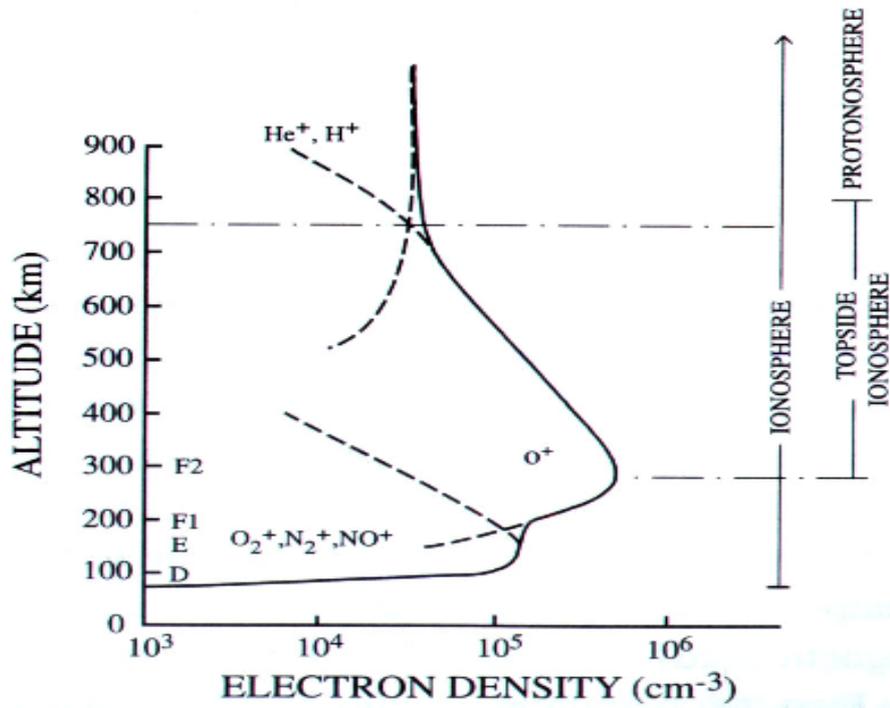


FIGURA 2: Perfil típico da densidade eletrônica da Ionosfera, mostrando as regiões de concentração dos principais íons que formam a ionosfera e a estrutura das camadas.

Fonte: Robert & Andrew, 2000

CAPÍTULO 3

MATERIAIS

3.1 Imageador All -Sky

O imageador all-sky está instalado em Cachoeira Paulista, constituído por uma lente tipo “all-sky”, um sistema telecêntrico, uma roda de filtros de interferência, um sistema de re-imageamento, uma câmara CCD, o qual é capaz de detectar variações da aero luminescência noturna e registrá-las através de imagens como arquivos digitais, um sistema de refrigeração e um microcomputador. Especificamente o imageador pode: registrar imagens completas do céu nas emissões da aero luminescência 557,7 nm, 630,0 nm, do O₂(0,1), do OH e do fundo luminoso do céu noturno; monitorar as variações da aero luminescência em tempo real. Seu início de operação começou em Cachoeira Paulista em 1987, com a intenção de investigar irregularidade de plasma na região F tropical.

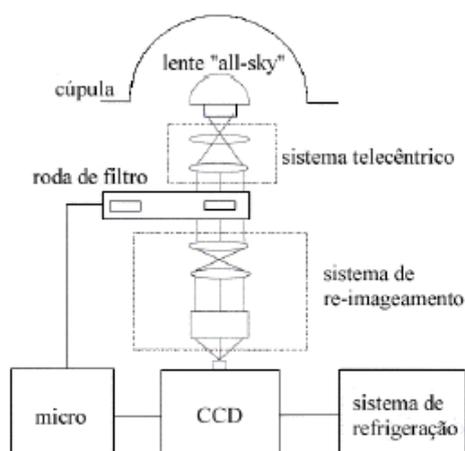


Figura 3.1 -Diagrama em blocos do imageador “All-Sky” com câmara CCD.

FONTE: Medeiros (1999)

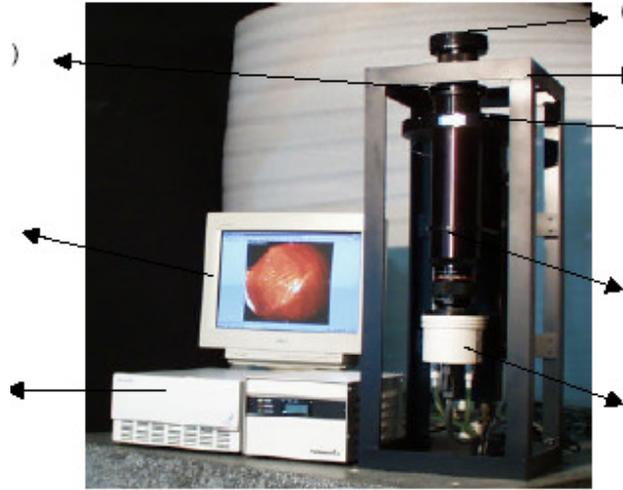


Figura 3.1.2 -Imageador CCD all-sky
FONTE: Santana (2000).

3.2 Radar de laser

A parte da atmosfera entre 30 e 150 km é uma região de difícil acesso por ser alta demais para experimentos em balões, mas muito baixa para satélites. Por este motivo a maioria das observações desta região é feita por sensoriamento remoto. Entre as técnicas disponíveis a do radar de laser tem várias vantagens. O princípio básico do radar de laser é semelhante ao princípio do radar convencional, mas com um laser substituindo o transmissor de microondas. O uso da luz visível do laser permite a observação de componentes da atmosfera invisíveis ao radar de microondas. Através do espalhamento Rayleigh (o mesmo processo que deixa o céu azul) é possível observar os constituintes principais da atmosfera, medindo densidade e temperatura. O espalhamento Mie permite medir a presença de pequenas partículas suspensas na atmosfera, tais como os aerossóis estratosféricos provocados por erupções vulcânicas. É também possível medir a presença de determinados tipos de átomos através de espalhamento ressonante, quando o comprimento de onda do radar é ajustado para corresponder a uma ressonância do átomo. Este processo é utilizado para estudar sódio atmosférico. No caso de radar de laser o transmissor é um laser e o receptor é um detector de luz. O laser é utilizado por causa das seguintes características:

- Luz monocromática - largura de banda geralmente $< 1 \text{ pm}$ ($\Delta\lambda/\lambda \cong 10^{-6}$).
- Feixe estreito - $< 0.1 \text{ mr}$.
- Pulso curto $\leq 1 \text{ }\mu\text{s}$.
- Potência alta (potência de pico $> 100 \text{ kw}$).
- Espalhamento Rayleigh é o espalhamento por átomos ou moléculas livres.
- Espalhamento Ressonante corresponde a determinadas transições entre níveis de energia do átomo.
- Espalhamento Mie é espalhamento por partículas esféricas cujos tamanhos são comparáveis com o comprimento de onda da luz. Varia com comprimento de onda de uma maneira bastante complexa.

- Espalhamento Raman é um processo onde a luz espalhada tem comprimento de onda diferente da luz incidente. A diferença corresponde a transições entre estados vibracionais ou rotacionais de uma molécula.

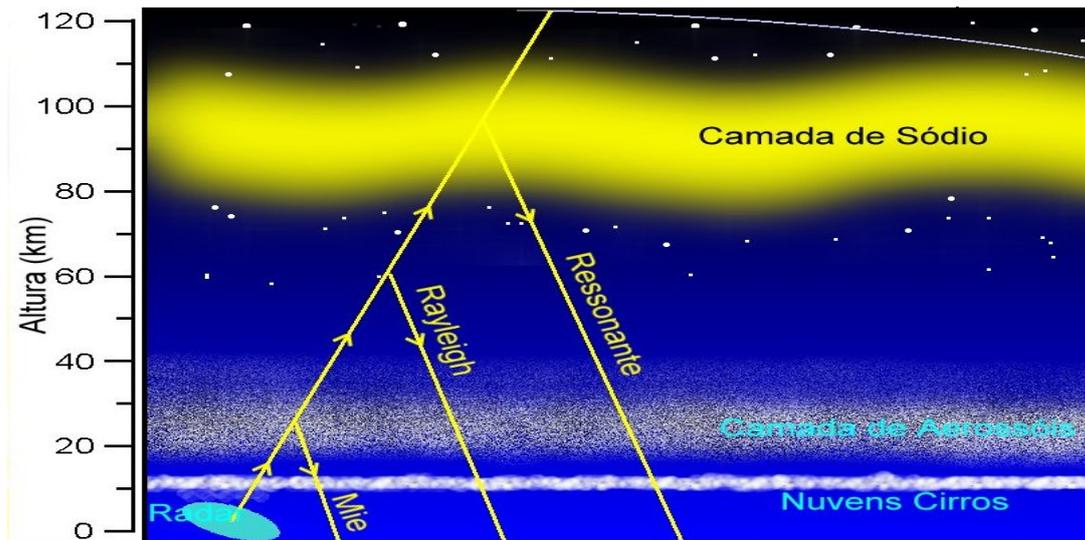


Figura 3.2 Fonte www.laser.inpe.br/download/instrumentacao

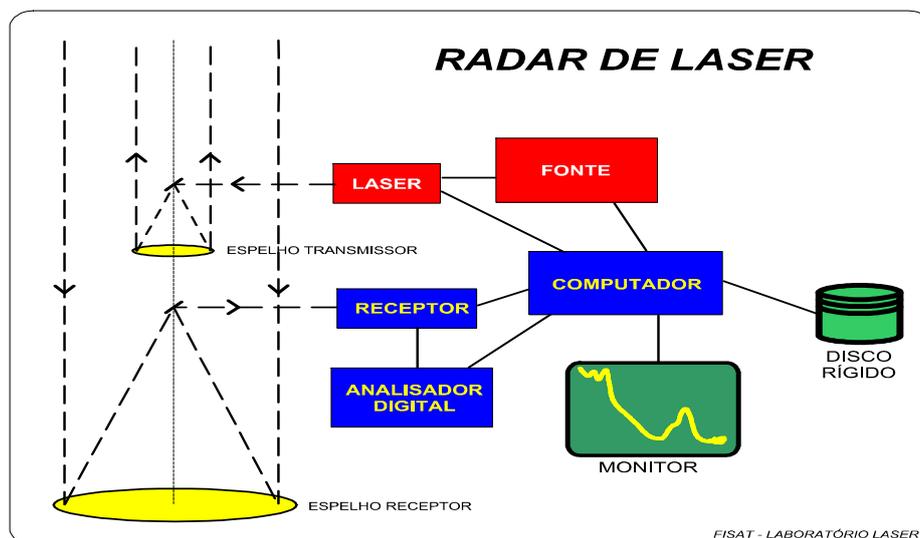


Figura 3.2.1 Fonte Figura 3.2 Fonte www.laser.inpe.br/download/instrumentacao

As aplicações do Radar de Laser são:

- Perfis de densidade/temperatura atmosférica entre 0 e 100 km, utilizando espalhamento Raman e Rayleigh.
- Estudos de aerossóis estratosféricos entre 15 e 30 km.
- Estudos de metais meteóricos entre 80 e 110 km.
- Medidas da temperatura Doppler através da determinação do espectro do sinal de espalhamento ressonante de Na, K ou Fe.
- Medidas de ventos através da determinação do espectro do sinal de espalhamento ressonante de Na, K ou Fe.

3.3 Matlab

MATLAB (MATrix LABoratory) é um software interativo de alta performance, criada no fim dos anos 1970 por Cleve Moler, cujo elemento básico de informação é uma matriz que não requer dimensionamento, esse software é voltado para o cálculo numérico. O MATLAB integra análise numérica, cálculo com matrizes, processamento de sinais e construção de gráficos em ambiente fácil de usar onde problemas e soluções são expressos somente como eles são escritos matematicamente, ao contrário da programação tradicional.

O MATLAB é um sistema interativo. Esse sistema permite a resolução de muitos problemas numéricos em apenas uma fração do tempo que se gastaria para escrever um programa semelhante em linguagem Fortran, Basic ou C. Além disso, as soluções dos problemas são expressas quase exatamente como elas são escritas matematicamente

O MATLAB foi reescrito em C, em 1984 fundaram a MathWorks e prosseguiram no seu desenvolvimento. As bibliotecas reescritas ficaram conhecidas como JACKPAC. Ele foi adotado pela primeira vez por engenheiros de projeto de controle, a especialidade de Little, e rapidamente se espalhou para outros campos de aplicação. Agora, é também utilizado nas áreas da educação, em especial o ensino da álgebra linear e análise numérica, e é muito popular entre os cientistas envolvidos com o processamento de imagem.

CAPÍTULO QUATRO

Resultados

O resultado desse início de pesquisa dos fenômenos que ocorrem na região mesosférica e ionosférica é o conhecimento de um fenômeno chamado “bubble” encontrado nas bolhas de plasmas, são regiões mais iluminadas devido a uma maior concentração de fótons excitados.

Analisaremos um número significativo de imagens para obter a frequência desse fenômeno. Além de pesquisar possíveis maneiras de diminuir as interferências que essas bolhas de plasma causam nas comunicações via satélite, acarretando em problemas nos sistemas de navegação via GPS e de comunicação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MEDEIROS, A. F. Observações de ondas de gravidade através do imageamento da aero luminescência / A.F. Medeiros. – São José dos Campos: INPE, 2001.

YAMASHITA, C. S. Efeito das tempestades magnéticas intensas na ionosfera de baixa latitude / C. S. Yamashita – São José dos Campos: INPE, 1999.

MEDEIROS, A. F. Observações de ondas de gravidade através do imageamento da aero luminescência / A.F. Medeiros. – São José dos Campos: INPE, 2001.

ATAÍDE, J. S. P., Caracterização do movimento vertical de ondas de gravidade através de dados de radar meteorológicos e imageador de aero luminescência.