

Capítulo 12

Pesquisas em Astrofísica no INPE*

Thyrso Villela¹, Oswaldo Duarte Miranda², João Braga³

¹E-mail: thyrso.villela@inpe.br

²E-mail: oswaldo.miranda@inpe.br. Revisão: Março/2015

³E-mail: joao.braga@inpe.br. Revisão: Junho/2018

Pesquisas em Astrofísica no INPE

12.1. INTRODUÇÃO	3
12.2. AS PESQUISAS EM ASTROFÍSICA NO INPE.....	5
12.3. INSTRUMENTAÇÃO UTILIZADA.....	6
12.3.1. INSTRUMENTOS NO SOLO.....	6
12.3.2. INSTRUMENTOS NO ESPAÇO.....	11
12.4. CONCLUSÃO.....	12
12.5. BIBLIOGRAFIA.....	13

12.1. INTRODUÇÃO

A Astrofísica estuda os objetos e as estruturas que formam o Universo em que vivemos. A Astrofísica é uma das atividades científicas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) que representa de forma mais direta o nome do Instituto. Historicamente, a origem da pesquisa em Astrofísica no INPE está ligada ao desenvolvimento da Ciência Espacial no Instituto. O objetivo inicial do INPE era estudar o espaço circunvizinho à Terra, e mais tarde esse campo de estudo foi ampliado passando a abranger o espaço exterior. Para isso, houve necessidade de desenvolver instrumentos que fizessem observações do espaço, a bordo de balões, foguetes e satélites, já que a atmosfera terrestre absorve grande parte dos sinais que vêm do espaço.

As pesquisas em Astrofísica no INPE começaram na década de 1960 e continuam até hoje. As primeiras pesquisas relacionavam-se com a Astrofísica de Altas Energias, que tem como objetivo entender os mecanismos físicos responsáveis pelas emissões de raios-X e gama oriundas de objetos cósmicos como, por exemplo, pulsares, estrelas binárias, galáxias. Posteriormente, houve o desenvolvimento de estudos na área de radioastronomia, com a incorporação pelo INPE em 1980 do Rádio Observatório do Itapetinga, em Atibaia e as colaborações em radiação cósmica de fundo em microondas com universidades dos Estados Unidos. Em meados da década de 1980, iniciaram-se os estudos relacionados com as observações na faixa óptica do espectro eletromagnético, com a vinda de um grupo de pesquisadores nessa área. Na década seguinte, iniciaram-se os estudos em ondas gravitacionais.

É importante destacar que a Astrofísica nada mais faz do que estudar o meio ambiente em que a Terra está inserida. Portanto, assim como é importante conhecer os rios, as montanhas, os vales e o clima que nos cercam, também é muito importante conhecer as estrelas, planetas, galáxias e cometas. Por isso, realizar pesquisas em Astrofísica significa também conhecer o nosso meio ambiente. É conveniente lembrar que o meio ambiente é o conjunto dos fatores externos que podem influir na vida biológica, social ou cultural de um indivíduo ou grupo; o espaço externo à Terra é um dos fatores que influenciam diretamente a vida na Terra. Portanto, devemos conhecê-lo da melhor forma possível.

O Sol, que é uma estrela, é o componente da natureza que mais diretamente afeta a vida na Terra. É ele quem define o regime de temperaturas no nosso planeta. O Sol também é o responsável pelos ciclos de vida das diversas espécies da Terra, definindo, por exemplo, a fotossíntese. Pode ter também efeitos indesejáveis, como a interferência nas telecomunicações e no aumento da incidência de câncer de pele no ser humano. Dessa forma, é mais do que evidente que devemos entender muito bem como o Sol se comporta para que possamos nos precaver de possíveis problemas.

A Astrofísica pode também contribuir para a preservação da vida na Terra, seja por meio de previsão de catástrofes, como possíveis choques de cometas ou asteróides de grandes proporções com a Terra, seja por meio de estudos que possibilitem a colonização de outros planetas por seres humanos no futuro. O nosso planeta corre o risco de ser bombardeado por algum corpo que esteja vagando pelo espaço, como aconteceu no final do século passado com Júpiter, e sofrer graves consequências, entre elas a extinção da espécie humana. Existem evidências muito fortes de que no passado algo semelhante tenha ocorrido aqui na Terra e tenha provocado o desaparecimento de muitas espécies, entre elas todas as espécies de dinossauros. As pesquisas astronômicas podem ajudar na previsão de catástrofes como essas e permitir que medidas sejam tomadas com antecedência para evitá-las ou minimizá-las. Uma outra contribuição, e das mais importantes, da Astrofísica foi a de desmistificar credences irracionais e sem fundamento científico que, infelizmente, persistem até os dias de hoje, como a astrologia.

Os estudos em Astrofísica podem trazer benefícios diretos à sociedade e fornecer dados para que problemas de outras áreas possam vir a ser resolvidos. Hoje em dia, por exemplo, a Física de Partículas, que procura entender como a matéria é formada, precisa construir aceleradores de partículas de altíssimas energias. Infelizmente, isso não é tão simples assim, já que envolve sérios problemas tecnológicos e financeiros. No entanto, o Universo está repleto de regiões onde há energia suficiente para acelerar partículas a velocidades altíssimas. Pela observação dessas regiões e dos fenômenos que lá ocorrem, pode-se aprender muito sobre as coisas que acontecem aqui na Terra.

De uma forma geral, pode-se até questionar o porquê de se investir tempo e dinheiro em pesquisas relacionadas à Astrofísica num país como o Brasil. Afinal, o Brasil não é um país no qual os recursos financeiros sejam abundantes e ainda há muita coisa que precisa ser feita no campo social. No entanto, deve-se ter em mente que um país deve tentar dominar o maior número possível de temas ligados ao conhecimento humano, já que o bem-estar de seu povo está intimamente ligado ao grau de conhecimento que o País possui. O conhecimento é a arma mais poderosa para o desenvolvimento econômico e social.

Apenas como exemplos, podem ser citados os casos de alguns produtos que foram desenvolvidos ou aperfeiçoados graças aos investimentos feitos em pesquisas em Astrofísica e que hoje rendem dividendos para os detentores dessas tecnologias: as câmaras de vídeo com base no CCD (“charge coupled device”), como as de uso profissional ou doméstico, os aparelhos de tomografia computadorizada utilizados em medicina, os sistemas de inspeção de bagagens em aeroportos com “scanners” de raios-X, vários sistemas de microondas utilizados em telefonia celular, etc. Outro exemplo de aplicação prática dos conhecimentos proporcionados pela Astrofísica está na Meteorologia, que se valeu de estudos acerca da atmosfera de planetas para melhorar os modelos sobre o comportamento da atmosfera terrestre.

Além desses exemplos, pode ser citado ainda o enorme potencial que a Astrofísica tem de tentar responder a um dos maiores anseios do ser humano, que é o de entender o Universo em que vive e saber mais sobre esse meio ambiente que o cerca. Como vimos, o estudo da Astrofísica não se resume apenas à poesia que o tema suscita, mas induz e permite a solução de vários problemas cruciais para a sociedade.

Atualmente, as pesquisas em astrofísica realizadas pelo INPE estão concentradas na Divisão de Astrofísica (DIDAS), que é uma das três divisões científicas da Coordenação Geral de Ciências Espaciais e Atmosféricas (CGCEA) do INPE. O objetivo dessas pesquisas é entender os fenômenos que ocorrem no Universo de um modo geral. Busca-se conhecer as causas desses fenômenos e entender a física que governa os objetos vistos no céu, como estrelas, galáxias, quasares, buracos negros, entre outros.

Tradicionalmente, a DIDAS desenvolve pesquisas que necessitam de observações com instrumentos que ainda não estão disponíveis no Brasil, de forma a estimular o desenvolvimento de instrumentação científica no País e a formação de recursos humanos altamente qualificados. Isso se deve ao fato do INPE possuir uma boa infraestrutura para esse tipo de atividade, que normalmente não é encontrada nas universidades ou em outros centros de pesquisa brasileiros. Em particular, as atividades ligadas ao desenvolvimento instrumental espacial, com experimentos tanto em solo quanto a bordo de balões, foguetes, e satélites, têm o seu lugar natural no INPE. Como consequência direta dessa iniciativa, há o engajamento de empresas brasileiras em projetos de alto teor tecnológico agregado.

Atrelando à sua atuação técnico-científica, o INPE mantém um curso de pós-graduação, com mestrado e doutorado, em astrofísica. Os temas das dissertações e teses são ligados às pesquisas desenvolvidas na DIDAS. Também é mantido, no âmbito da CEA, um Setor de Lançamento de Balões à disposição da comunidade científica nacional e internacional para a realização de experimentos que envolvam a necessidade de utilização de balões estratosféricos.

12.2. AS PESQUISAS EM ASTROFÍSICA NO INPE

Atualmente, a pesquisa na DIDAS está dividida em seis linhas, embora essa divisão seja permeada pela atuação e interação de pesquisadores em diferentes linhas. As linhas de pesquisa são: Astrofísica de Ondas Gravitacionais, Cosmologia, Astrofísica de Altas Energias, Radiofísica, Heliofísica e Astrofísica Óptica e no Infravermelho. Essas linhas contam com a participação, além dos pesquisadores da DIDAS, de estudantes de pós-graduação (mestrado e doutorado), de iniciação científica, bolsistas de pós-doutoramento e pesquisadores visitantes.

Dentro das áreas de atuação das seis linhas de pesquisa supramencionadas são feitos os seguintes estudos: estudos teóricos e observacionais em Astrofísica Estelar, Astrofísica Extragaláctica, Cosmologia e Planetas Extra-Solares. É estudada a Radiação Cósmica de Fundo em Microondas, bem como fontes

cósmicas de radiação-X e gama. São estudados o Sol, as explosões solares e seus efeitos de propagação no meio interplanetário, as relações solares-terrestres e como essas atividades afetam o clima espacial. É estudado o Universo através do seu espectro de ondas gravitacionais. Para isso encontra-se em operação, e em fase de aperfeiçoamento, o primeiro Observatório de Ondas Gravitacionais do Brasil. São estudados através de ondas de rádio objetos como: quasares, galáxias, estrelas e regiões de formação de estrelas, tanto no contínuo, quanto em linhas espectrais.

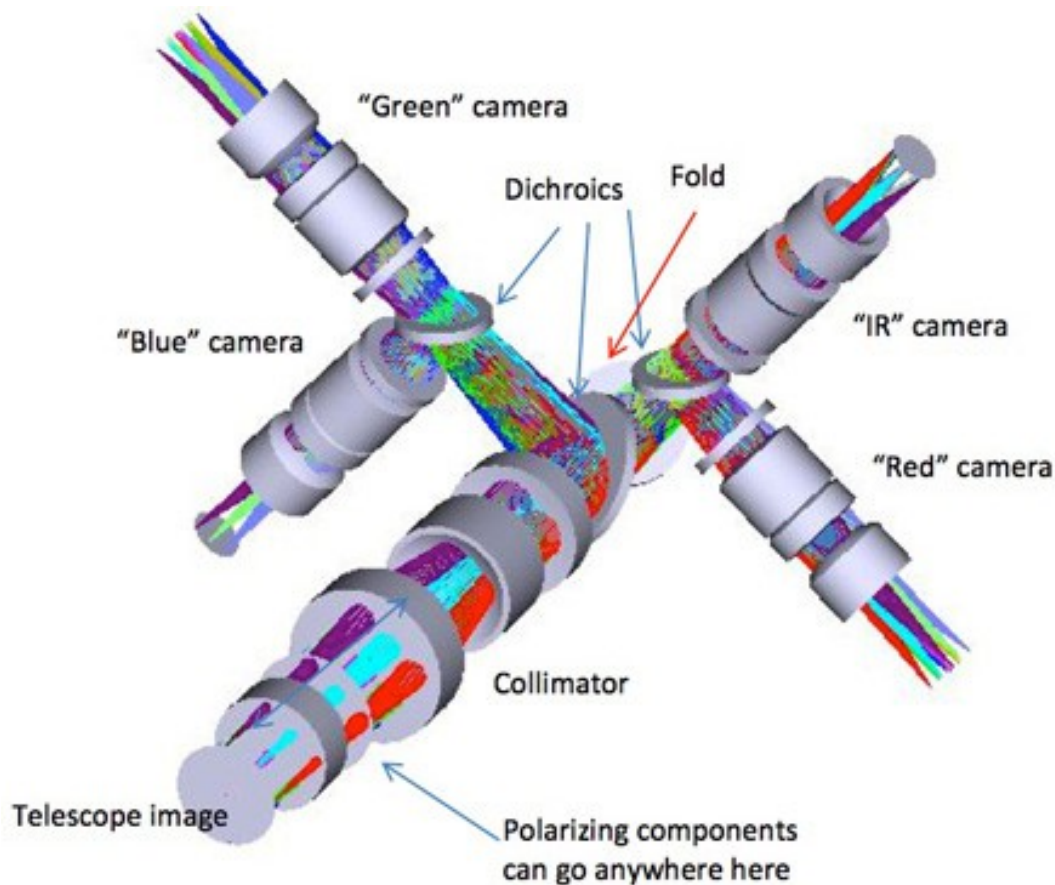
12.3. INSTRUMENTAÇÃO UTILIZADA

A pesquisa em Astrofísica visa entender a origem, evolução e destino do Universo e de seus componentes. Para isso é necessário obter dados ao longo de todo o espectro eletromagnético e mesmo fora dele, quando consideramos as ondas gravitacionais e as partículas de origem cósmica. Dessa forma, são utilizados instrumentos que operam no solo, como telescópios ópticos e radiotelescópios, e instrumentos no espaço, tais como telescópios e experimentos embarcados em balões, foguetes e satélites. Os pesquisadores da DIDAS utilizam-se praticamente de todo o arsenal de instrumentação disponível hoje em dia para coletar os dados relevantes para suas pesquisas.

12.3.1. INSTRUMENTOS NO SOLO

A DIDAS tem tido participação importante no desenvolvimento de novos instrumentos para uso com os telescópios do Laboratório Nacional de Astrofísica (LNA), do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações (MCTIC). Tal foi o caso da primeira câmara CCD criogênica, em 1987, no desenvolvimento do fotômetro rápido FOTRAP, no desenvolvimento do fotômetro rápido CCD e no projeto da Câmara Infravermelha (CamIV). Atualmente, em desenvolvimento, encontra-se o instrumento SPARC-4 (*Simultaneous Polarimeter and Rapid Camera in Four Bands*) que, como o nome sugere, reúne características de uma câmara fotométrica multi-banda com capacidades polarimétricas (Figura 1). Esse futuro instrumento será utilizado no telescópio “*Perkin Elmer*” do LNA. A DIDAS também esteve envolvida no desenvolvimento de instrumentação para o telescópio SOAR (*Southern Astrophysical Research*). O SOAR é um telescópio com espelho primário de 4,1 m de diâmetro e está localizado em Cerro Pachon (Chile).

Figura 1: Esquema do instrumento SPARC-4 em desenvolvimento na DAS/INPE.



Atualmente, a DIDAS é responsável pela operação do Rádio-Observatório do Itapetinga (ROI), situado numa área de 3 alqueires dentro do município de Atibaia (SP). Esse é o local onde se encontra a maior antena destinada à radioastronomia no Brasil. Em funcionamento desde o início da década de 1970, o ROI está à disposição de toda a comunidade científica nacional. Possui uma antena de 13,7 m de diâmetro capaz de receber sinais de frequências entre 1 e 150 GHz (Figura 2). São realizadas várias pesquisas astronômicas, incluindo as relacionadas a física solar, formação de estrelas, astronomia galáctica e extragaláctica.

Outro instrumento em operação pela DIDAS é o Espectrógrafo Solar Brasileiro (em inglês, *Brazilian Solar Spectroscope – BSS*), que opera com uma antena de 9 m de diâmetro, instalado atualmente na unidade do INPE em Cachoeira Paulista (SP). Esse instrumento é dedicado à observação, e

visualização em tempo real, da atividade solar em ondas de rádio decimétricas (1.000 – 2.500 MHz). A emissão rádio nessas frequências é proveniente de uma região onde ocorre a aceleração das partículas que geram as explosões solares. Esse instrumento faz parte da rede de coleta de dados do Programa de Clima Espacial do INPE (EMBRACE).

Figura 2: O Rádio Observatório de Itapetinga (ROI)



Em fevereiro de 2015 foi concluída a fase II de desenvolvimento do primeiro Interferômetro Decimétrico Brasileiro (em inglês *Brazilian Decimetric Array* – BDA) que, na sua configuração final, consistirá de trinta e oito antenas de 4 m de diâmetro. O projeto BDA, fruto de colaboração entre pesquisadores da DIDAS e instituições da Índia e Estados Unidos, é otimizado para fazer vários mapas bidimensionais do Sol nas frequências de 1,2 GHz a 1,7 GHz; 2,8 GHz e 5,6 GHz a cada segundo, com resolução de até 0,7 x 1,1 minuto de arco.

O BDA será usado para estudar questões fundamentais da física solar, além de realizar investigações científicas que envolvam fontes astrofísicas galácticas e extra-galácticas. Também integrará a rede de coleta de dados do programa de Clima Espacial do INPE. A Figura 3 mostra a disposição do BDA em março de 2015 e esse interferômetro encontra-se operando na unidade do INPE em Cachoeira Paulista (SP).

Figura 3: A disposição do arranjo central do Interferômetro Decimétrico Brasileiro (BDA) em sua fase II.



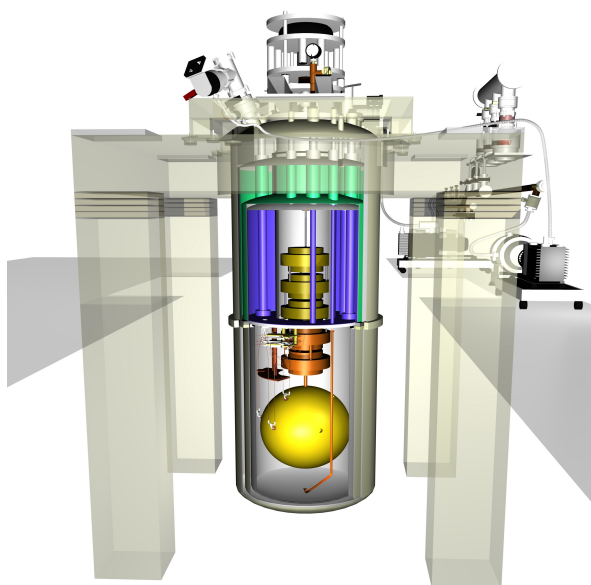
O radiotelescópio GEM (do inglês *Galactic Emission Mapping* – Mapeamento da Emissão Galáctica) é fruto de projeto desenvolvido em uma colaboração internacional envolvendo pesquisadores da DIDAS, Estados Unidos, Itália e Colômbia. Trata-se de uma antena de 5,5 m de diâmetro (Figura 4) capaz de operar com receptores rádio em cinco frequências: 408 MHz; 1,465 GHz; 2,3 GHz; 5 GHz e 10 GHz . O objetivo é fazer um levantamento, em forma de mapas, de todo céu nas frequências mencionadas. Esses mapas são importantes para a limpeza de emissões contaminantes em mapas da radiação cósmica de fundo e já estão sendo utilizados para esse fim por pesquisadores da DAS e de instituições parceiras. Atualmente, o GEM opera na frequência de 5 GHz e possui capacidade de medir a polarização da emissão Galáctica. Para minimizar o ruído proveniente do sistema detector, foi desenvolvido um refrigerador que permite ao GEM operar a temperatura de 77 K. Esse instrumento também está instalado na unidade do INPE em Cachoeira Paulista (SP).

Figura 4: O Radiotelescópio GEM (“Galactic Emission Mapping”)



Outro projeto em desenvolvimento pela DAS é o Observatório de Ondas Gravitacionais Mário Schenberg – Projeto Gráviton (Figura 5). Esse projeto é um esforço de cientistas brasileiros de diversas instituições (DAS/INPE, USP, UNICAMP, ITA, entre outras) para construir uma antena gravitacional ressonante capaz de observar sinais gravitacionais oriundos de fontes astrofísicas. A primeira detecção de ondas gravitacionais terá um impacto extraordinário na pesquisa em Astrofísica, não só porque confirmará uma previsão fundamental da Teoria da Relatividade Geral e testará várias teorias de gravitação, mas também porque representará a abertura de uma nova janela astronômica para estudo do Universo, permitindo observar fenômenos que seriam impossíveis de ser observados no espectro eletromagnético. A antena Schenberg consiste numa esfera maciça com 65 cm de diâmetro, feita de uma liga de cobre-alumínio e com massa da ordem de 1.150 kg. O telessensor será capaz de converter a energia das ondas gravitacionais em impulsos elétricos que serão amplificados por dispositivos supercondutores. Após a digitalização, os dados serão analisados computacionalmente. Para minimizar ruídos externos o detector terá que ser mantido sob alto vácuo e refrigerado a temperaturas ultracriogênicas da ordem de 0,02 K (ou -273,14 °C)

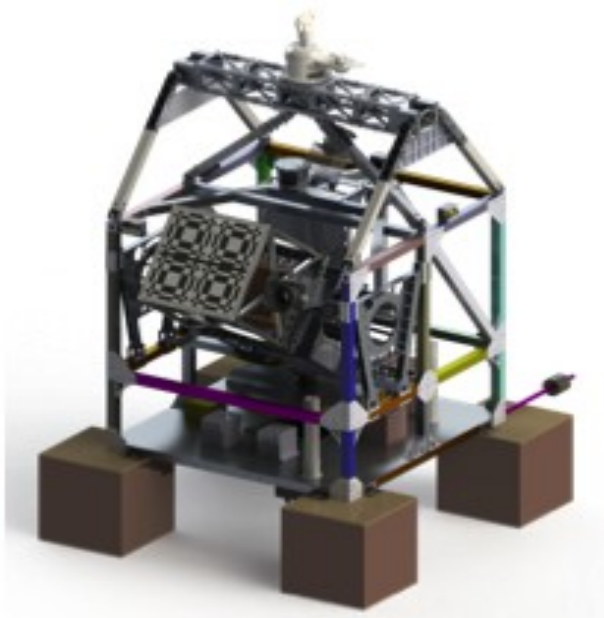
Figura 5: Esquema da antena detectora de ondas gravitacionais Schenberg.



12.3.2. INSTRUMENTOS NO ESPAÇO

Além dos instrumentos citados acima, que se configuram como instrumentos de solo, a DIDAS tem desenvolvido instrumentos para operar no espaço. Em particular, o Projeto MASCO teve como objetivo construir um telescópio capaz de produzir imagens em raios X e gama de várias regiões do Universo. As emissões cósmicas nessas faixas de frequências só podem ser observadas a grandes altitudes, por causa da absorção da atmosfera terrestre. Para realizar essas observações, o telescópio foi colocado a bordo de uma plataforma estabilizada suspensa por balão estratosférico inflado por hidrogênio e realizou as observações a 40 km de altitude, numa atmosfera residual correspondente a 0,01% da atmosfera na superfície terrestre. A técnica utilizada para obter as imagens em raios X e gama é conhecida como **máscara codificada**, daí o nome do projeto, que se originou das primeiras sílabas das palavras que formam o nome da técnica de imageamento utilizada neste instrumento. O MASCO foi o primeiro experimento astronômico brasileiro embarcado. Essas pesquisas [5] continuam com o projeto do satélite MIRAX (Monitor e Imageador de Raios X) e seu protótipo em balão protoMIRAX (Figura 6).

Figura 6: O telescópio imageador de raios X protoMIRAX.



O programa de satélites científicos do INPE, iniciado nos finais do anos 1990, prevê o desenvolvimento de três satélites científicos, dedicados às áreas de Geomagnetismo, Aeronomia, e Astrofísica. O conceito de uma câmara imageadora de raios-X foi selecionado para ser o principal experimento do satélite astrofísico desse programa. O experimento é um monitor e imageador de raios X duros (MIRAX), constituído basicamente de um detector de última geração composto por uma liga de telureto de cádmio e telureto de zinco (CZT).

A massa do instrumento será de aproximadamente 50 kg sendo colocado em órbita equatorial circular a 750 km de altitude. O principal objetivo científico da missão é realizar um monitoramento contínuo de uma ampla região contendo o Centro Galáctico e suas vizinhanças. Isso proporcionará um estudo detalhado de fontes transientes de raios X, além de estudos de microquasares, pulsares de acreção, buracos negros estelares, explosões de radiação-gama, entre outros objetos e fenômenos. Estão previstos dois lançamentos de balões estratosféricos, provavelmente em 2016, para testar conceitos e subsistemas que serão usados no satélite MIRAX. As missões de desenvolvimento, em balões estratosféricos, são chamadas de experimentos proto-MIRAX.

12.4. CONCLUSÃO

Os pesquisadores da DIDAS têm contribuído para o avanço da Astrofísica em termos mundiais. Várias descobertas foram feitas graças às pesquisas realizadas no INPE. Essas contribuições incluem todas as áreas de pesquisa citadas ao longo deste texto. Em termos de avanços na área de instrumentação, vários sistemas foram desenvolvidos em todos os campos de atuação dos pesquisadores do INPE. Em particular, as pesquisas em instrumentação astronômica, realizadas pelo INPE, são responsáveis pela quase totalidade da produção nacional da área. As pesquisas realizadas pela DIDAS contribuem também para a formação de pessoas altamente qualificadas que são incorporadas aos vários segmentos produtivos brasileiros, seja da área técnico-científica ou de áreas correlatas, o que garante um retorno altamente importante para a sociedade brasileira.

12.5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Villela Neto, T., Pesquisas em astrofísica no INPE, publicação interna do INPE (INPE-7177-PUD/38), São José dos Campos, 2003.
- [2] Wuensche, C.A. & Rodrigues, C.V., Pesquisa em astrofísica no INPE, publicação interna do INPE, São José dos Campos, 2004.
- [3] Caminhos para o Espaço, editora Contexto, organização por F. de Oliveira, 1991.
- [4] Portal WeB da Divisão de Astrofísica do INPE – <http://www.das.inpe.br>
- [5] Braga, J., Astronomia Espacial. Em: História da Astronomia Brasileira, Oscar Matsuura (Org.), Companhia Editora de Pernambuco, v. II, pp. 550-578, 2014.