



Universidade de São Paulo

Biblioteca Digital da Produção Intelectual - BDPI

Departamento de Física Experimental - IF/FEP

Livros e Capítulos de Livros - IF/FEP

1982

Astronomia.

MOSCATI, Giorgio; VIEIRA, Edemundo da Rocha; STEINER, João Evangelista. "Astronomia". In: MOSCATI, Giorgio; LERNER, Eugênio; MAGALHÃES, Luiz Edmundo de; VIEIRA, Ruy Carlos de Camargo; VIANA, José de Alencar Carneiro; SILVA, Alberto Carvalho da; VELHO, Gilberto Cardoso Alves; VERSIANI, Flávio Rabelo. Avaliação & Perspectivas. Brasília: CNPq/Coordenação Editorial, v. 2, p. 21-58, 1982.

<http://www.producao.usp.br/handle/BDPI/45951>

Downloaded from: Biblioteca Digital da Produção Intelectual - BDPI, Universidade de São Paulo



AVALIACÃO PERSPECTIVAS

1982

Volume 2/Ciências Exatas e da Terra

1. Astronomia
2. Computação
3. Estatística
4. Física
5. Geociências
6. Matemática
7. Oceanografia
8. Química



SEPLAN

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO



CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO
CIENTIFICO E TECNOLÓGICO

Coordenação Editorial Brasília 1983

507.2981
C7552
V.2
NSYS-0244654

Presidente da República
JOÃO BAPTISTA DE FIGUEIREDO
Ministro de Planejamento
ANTÔNIO DELFIM NETTO
Secretário Geral
JOSÉ FLÁVIO PÉCORÁ

Presidente do CNPq
LYNALDO CAVALCANTI DE ALBUQUERQUE

Diretores
JOSÉ DE ANCHIETA MOURA FÉ
JOSÉ DUARTE DE ARAÚJO
LUIZ CARLOS TAVARES
ROBERTO LEAL LOBO E SILVA FILHO

Superintendente de Desenvolvimento Científico
MANUEL MARCOS MACIEL FORMIGA

Coordenador Geral de Avaliação & Perspectivas 1982
GIORGIO MOSCATI

Coordenador de Ciências Exatas e da Terra
EUGÊNIO LERNER

Coordenador de Ciências Biológicas
LUIZ EDMUNDO DE MAGALHÃES

Coordenador de Engenharias
RUY CARLOS DE CAMARGO VIEIRA

Coordenador de Ciências Agrárias
JOSÉ DE ALENCAR CARNEIRO VIANA

Coordenador de Ciências da Saúde
ALBERTO CARVALHO DA SILVA

Coordenador de Ciências Humanas e Sociais
GILBERTO CARDOSO ALVES VELHO

Coordenador de Ciências Sociais Aplicadas
FLÁVIO RABELO VERSIANI

Secretário de Apoio
YASHIRO YAMAMOTO

Superintendência de Desenvolvimento Científico
Av. W/3 Norte - Quadra 511 - Bloco A
70750 - Brasília - DF
Fone: (061) 274-1155 - ramais 396 e 442

SUMÁRIO GERAL

APRESENTAÇÃO GERAL	5
INTRODUÇÃO ÀS CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA	15
1. ASTRONOMIA	21
2. COMPUTAÇÃO	59
3. ESTATÍSTICA	107
4. FÍSICA	125
5. GEOCIÊNCIAS	207
6. MATEMÁTICA	243
7. OCEANOGRAFIA	289
8. QUÍMICA	337
ANEXO 1	415
ANEXO 2	421

CNPq
Avaliação & Perspectivas. Brasília, CNPq/
Coordenação Editorial, 1983.

8. v.

1. Desenvolvimento científico - Brasília 2.
Pesquisa científica - Brasil I. Título

CDU 001.89 (81)

1. ASTRONOMIA

Redator:

**Edemundo da Rocha Vieira
(UFRGS – Instituto de Física)**

Colaborador:

**João Evangelista Steiner
(USP – Instituto Astronômico e Geofísico)**

SUMÁRIO

ASTRONOMIA MODERNA	25
A relevância da pesquisa em astronomia	25
Problemas da Astronomia Contemporânea	27
Astronomia no Brasil	31
Subáreas da Astronomia moderna	32
AVALIAÇÃO DA ASTRONOMIA NO BRASIL – 1978/1981	36
Introdução	36
Ensino da Astronomia	37
Reuniões e simpósios	40
Avaliação das atividades de pesquisa nas várias subáreas	41
PERSPECTIVAS E PROJETOS	51
Astronomia Fundamental	51
Astronomia Dinâmica	52
Astrofísica Óptica	53
Radioastronomia	54
Astronomia espacial	55
Aquisição e processamento de dados	55
RECOMENDAÇÕES	57

A relevância da pesquisa em astronomia

Objetivando o estudo de processos observados no espaço exterior, a Astronomia Moderna está intimamente relacionada às demais ciências, sendo mesmo impossível situar com precisão suas fronteiras. Em diversas ocasiões a Astronomia abrigou o estudo de processos físicos, antes que tais estudos tomassem corpo como disciplina autônoma dentro da Física, dando-lhes o seu desenvolvimento inicial. São exemplos clássicos a Física dos Gases Ionizados, predecessora da Física dos Plasmas, e a Teoria das Raias Espectrais, predecessora da Física Atômica.

A Astronomia não se limita à simples aplicação das leis físicas aos processos observados, mas traz à luz novos processos, estimula o seu estudo e contribui para a completividade da Física. A Astronomia é ainda o elo de ligação entre a Física e o imenso laboratório que é o Universo. Foram fenômenos astronômicos que serviram para testar a Teoria da Relatividade Geral de Einstein, e que motivaram a introdução da Constante Cosmológica. A Astronomia revela a existência, no Universo, de condições físicas irrealizáveis em laboratório, e só através da Astronomia será possível chegar ao conhecimento das leis físicas vigentes em tais condições.

A Astronomia está também estreitamente vinculada à Matemática e estimula seu desenvolvimento pelos problemas que propõe. É exemplo clássico o Problema dos Três Corpos, originário da Mecânica do Sistema Solar. Menos clássicos, mas não menos importantes, são os problemas não lineares gerados pela Astrofísica (a equação de Emden é um exemplo bastante conhecido), e os problemas de Estatística gerados pelo estudo da distribuição dos objetos e movimentos celestes no espaço (citem-se as contribuições à teoria dos estimadores e às técnicas de teste de hipóteses). Outrossim, abriga a Astronomia o desenvolvimento de técnicas avançadas de cálculo algébrico e numérico e de técnicas de computação.

Outro vínculo importante liga a Astronomia à Tecnologia. A necessidade de aperfeiçoamento das técnicas de detecção das radiações eletromagnéticas e corpusculares oriundas do espaço exterior gera novos problemas tecnológicos às vezes solucionados internamente, às vezes transferidos a centros especializados de pesquisa e desenvolvimento tecnológico. São exemplos clássicos, na Radioastronomia, o desenvolvimento de sistemas de baixo nível de ruído, em particular, de amplificadores paramétricos e, na Astronomia Óptica, o desenvolvimento de amplificadores de imagem dos quais é ancestral ilustre a câmara de Lallemand. Laboratórios de óptica, eletrônica e radiopropagação coexistem com todos observatórios e radiobservatórios, e o trabalho neles desenvolvido não se limita às necessidades de manutenção e de construção de acessórios; tais laboratórios estão permanentemente envolvidos no desenvolvimento de projetos e protótipos, seja gerando nova tecnologia, seja promovendo sua transferência de um meio para outro.

É esta intimidade com a Física, com a Matemática e com a Tecnologia que caracteriza a moderna Astronomia. A Astronomia é uma opção para físicos, matemáticos e engenheiros e é esta a formação básica que é exigida dos astrônomos. Como corolário depreendem-se as dificuldades e inconveniências da formação profissional do astrônomo ao nível de graduação, sendo preferível o seu recrutamento na área de Ciências Exatas, em geral, com a formação específica posterior ao nível de pós-graduação.

Não obstante a sua íntima conexão com áreas de caráter aplicado, a Astronomia deve ser qualificada como ciência pura. Com efeito, são reduzidas, atualmente, as repercussões imediatas da pesquisa astronômica na vida prática, muito embora no passado tenha desempenhado um papel fundamental em problemas como a determinação da hora e das coordenadas geográficas, a fixação de cronologias, previsão de marés e fenômenos sazonais, etc.

Por outro lado, como foi dito acima, um rápido exame da história da Física e da Matemática revela o imenso papel que teve, e potencialmente tem, a Astronomia na colocação de problemas que levaram a saltos qualitativos no progresso daquelas ciências. Tais problemas, muitas vezes insuspeitados anteriormente, resultam da imensa escala dos fenômenos celestes, muito acima das possibilidades experimentais dos laboratórios humanos. Tal fato é, em si, suficiente para explicar o interesse despertado pela Astronomia em todos os tempos, lugares e condições.

Além disso, a Astronomia Moderna tem-se desenvolvido com base em uma tecnologia experimental muito refinada, freqüentemente criada e desenvolvida no seio das instituições de pesquisa astronômica, com posterior aplicação em outros campos; como exemplos pode-se citar inúmeros dispositivos ópticos, detectores de radiação, técnicas de medida e interpretação de imagens, métodos de tratamento de dados e muitos outros.

Todavia, independentemente da sua utilidade própria, a Astronomia goza de uma

peculiaridade cuja compreensão é indispensável para o exame do seu papel cultural. Trata-se simplesmente da imensa curiosidade que o Universo celeste desperta no homem comum, culto ou não. Nesse domínio a Astronomia tem a desempenhar um papel cultural perfeitamente claro, papel este de crítica e informação. A repercussão de tal atuação transcende em muito os limites estreitos dos exemplos citados e outros que possam ser imaginados. Com efeito, ao propiciar a tomada de uma atitude individual e coletiva de crítica objetiva de fenômenos, a Astronomia libera os indivíduos de uma visão submissa e os impele à reflexão e à crítica em todas as situações.

Por esse conjunto de fatores, a Astronomia é imprescindível como atividade organizada de pesquisa e ensino em qualquer meio cultural moderno, ainda que os seus aspectos utilitários sejam indiretos.

Problemas da Astronomia Contemporânea

Com o avanço das técnicas de observação, assim como com as facilidades introduzidas pelo uso de computadores, a Astronomia conseguiu, ao longo dos últimos vinte/trinta anos um acúmulo de novas descobertas e um refinamento da nossa compreensão do Universo, sem precedentes desde os tempos de Galileu.

Até os anos 40, a Astronomia estudava o céu apenas na região óptica do espectro. A Radioastronomia começou a desenvolver-se apenas após a Segunda Guerra Mundial. Atualmente, os fenômenos celestes podem ser analisados nas mais diversas regiões do espectro: rádio, infravermelho, ultravioleta, Raios X, Raios γ . O desenvolvimento dessas técnicas e o refinamento dos detectores ópticos foram os grandes responsáveis pela nova imagem do Universo que vem sendo construído em nosso século.

Apenas para exemplificar, entre as grandes descobertas dos últimos vinte anos estão os quasares (1963), a radiação de fundo em microondas (1965), os pulsares (1967), os sistemas binários com objetos compactos (1970), a expansão superlumínosa de rádio fontes (1971), evidências de radiação gravitacional de um pulsar binário (1974), o fluxo anômalo dos neutrinos solares (1976), SS433 (1976) e as lentes gravitacionais (1979).

Apresentamos, a seguir, alguns dos inúmeros problemas pendentes na Astronomia Moderna. Tal levantamento é inevitavelmente parcial, mas pode ser útil para se avaliar as perspectivas que se abrem à nossa compreensão dos problemas do Cosmos.

Estrutura e evolução do Universo

Uma das mais impressionantes descobertas deste século foi anunciada em 1929 por Hubble: o movimento de recessão das galáxias. Esse fenômeno é devido à

expansão do Universo e encontrou amparo teórico na Relatividade Geral de Einstein. Em um passado distante ($\sim 1, 5 \times 10^{10}$ anos) teríamos toda a matéria do Universo concentrada a uma densidade infinita. Em um certo instante houve uma explosão — o *Big Bang* — que teria dado início ao nosso Universo. Uma confirmação observacional desse cenário foi obtida em 1965 por Penzias e Wilson, com a descoberta da radiação de fundo, com um espectro de corpo negro a 2.7 K. Essa radiação de fundo é o resíduo da grande explosão inicial. Outro teste positivo da Teoria do *Big Bang* é o da composição química. Os elementos criados nos primeiros minutos do Universo são: ^1H , ^2D , ^3He , ^4He e ^7Li . Os demais elementos seriam sintetizados mais tarde no interior das estrelas. As abundâncias do ^2D e do ^3He no meio interestelar, assim como do ^7Li em estrelas de população II extrema, foram determinadas usando o telescópio ultravioleta do Satélite OAO-2 e telescópios ópticos usuais. Os resultados são compatíveis com os esperados teoricamente. A maior dificuldade dos modelos relativísticos continua sendo a singularidade inicial (o *Big Bang*). Espera-se que os estudos acerca das chamadas teorias de grande unificação tragam novos esclarecimentos sobre as condições físicas nos primeiros instantes do Universo.

A origem das primeiras galáxias e estrelas também é problemática no modelo do *Big Bang*. Acredita-se que as galáxias e os aglomerados de galáxias, por exemplo, originam-se a partir de condensações provocadas por perturbações de pequena amplitude e de larga escala no Universo primitivo. O espectro dessas perturbações, contudo, não é conhecida e é imposto *ad hoc* na teoria. Ele pode estar, eventualmente, associado ao caos quântico que caracteriza o Universo até o tempo de Planck ($\sim 10^{-43}$ s). Não é claro, de qualquer modo, como se originam os imensos vazios interaglomerados descobertos recentemente. Há duas linhas extremas quanto à formação das galáxias e das primeiras estrelas. A primeira admite a formação de estrelas pré-galácticas em núcleos com a massa de Jeans na era da recombinação, que se aglomeram por força gravitacional formando galáxias, e estas, por sua vez, se aglomeram e formam aglomerados de galáxias. Na segunda linha admite-se, inicialmente, uma massa equivalente à de um aglomerado de galáxias que colapsa lentamente e se resfria, formando nuvens com massa da ordem da massa das galáxias que, por sua vez, colapsam e se fragmentam em estrelas. Temos, aqui, o problema do surgimento das estrelas de metalicidade nula. Seriam essas estrelas pré-galácticas? Nesse caso, essa geração de estrelas poderia ser responsável pela distorção da radiação de fundo observada em 1979 e os restos dessas estrelas poderiam também constituir a “massa oculta” (ver adiante) associada a galáxias. A detecção de radiação infravermelha produzida por estrelas de baixa massa, pouco luminosas, no halo de uma única galáxia parece ter sido conseguida recentemente (1982), mas essa observação ainda aguarda confirmação.

Em 1933, Zwicky mostrou que, se o aglomerado de Virgo é gravitacionalmente ligado, sua massa total é muito maior que a soma das massas das galáxias do aglomerado, isto é, parece haver uma grande quantidade de massa “escondida” no aglomerado. Observações feitas na última década com satélites de Raios X mostraram que essa massa escondida não está na forma de gás, que contribui com

apenas $\sim 10\%$ da massa total. Além disso, a massa escondida parece estar presente em todas as escalas: galáxias individuais, pares de galáxias, grupos e aglomerados. A nossa própria galáxia parece apresentar massa escondida. A maior evidência parece ser a medida das órbitas relativas de M31 (Andrômeda) e de nossa galáxia. As dispersões de velocidade dos aglomerados globulares é constante ou até crescente com a distância ao centro galáctico e a curva de rotação da galáxia ($v(r)\chi r$) seria achatada ou crescente até 33 kpc, pelo menos. O mesmo tipo de evidência é obtido da curva de rotação do gás, usando a linha de 21 cm do hidrogênio neutro ou a molécula CO. Outras galáxias espirais também mostram curvas de rotação achatadas, sugerindo que 60 a 80% da massa não está na forma de gás ou estrelas luminosas. A natureza dessa “massa escondida” ainda não é conhecida. Ela pode estar na forma de buracos negros, anãs brancas, estrelas de nêutrons, restos da primeira geração de estrelas massivas ($M > M_{\odot}$), estrelas de baixa massa de tipo M8 ou mais tardias (Júpiteres) ou ainda na forma de neutrinos massivos. Qualquer que seja sua natureza, a “massa oculta” contém a maior parte da massa do Universo.

As duas últimas décadas também trouxeram contribuições à nossa compreensão da natureza dos chamados núcleos ativos de galáxias, como as Seyfert. Medidas recentes sugerem que os próprios quasares estão também associados a núcleos de galáxias, sendo uma espécie de núcleo hiperativo. Os quasares e certos tipos de galáxias Seyfert têm espectros ópticos semelhantes e ambos são também fontes intensas de Raios X, encorajando a idéia de que a atividade nuclear pode ser devida ao mesmo processo físico. Os modelos correntes são baseados em um buraco negro supermassivo ($\sim 10^8 \cdot M_{\odot}$) que captura $\sim 10 M_{\odot}$ /ano, gerando luminosidades $\sim 10^{13} L_{\odot}$, a maior parte na forma de partículas relativísticas, numa região de dimensões $\sim 10^{14}$ cm. Ainda não se conhecem os mecanismos pelos quais a energia gravitacional da matéria capturada é transferida para as partículas relativísticas responsáveis pelo espectro *synchrotron* observado.

Estrutura e evolução das estrelas

Os sistemas binários, onde uma das componentes é um objeto compacto — anã branca, estrela de nêutrons ou buraco negro — têm também merecido consideráveis estudos, principalmente após o lançamento do satélite de Raios X, Uhuru, em 1970. O sistema é constituído, em geral, por uma estrela “normal” que perde massa, via disco de acreção ou vento estelar, para o objeto compacto. As novas clássicas, as novas anãs e vários tipos de variáveis cataclísmicas estão associadas a uma anã branca. No caso das novas, a liberação de energia parece estar associada a uma explosão termonuclear na superfície da anã branca, induzida pelo material capturado da componente secundária. Em outros casos, a atividade pode ser devida a variações na taxa de transferência de massa no sistema. A emissão de Raios X é mais importante em sistemas binários com uma estrela de nêutrons. Se esta possuir um campo magnético intenso, a matéria é capturada pelos pólos magnéticos, onde é comprimida e aquecida. Conforme a estrela de nêutrons gira,

tem-se um pulsar de Raios X. A acreção em estrelas de nêutrons não-magnéticas parece — por um mecanismo semelhante ao responsável pela explosão das novas — produzir os chamados *bursts* de Raios X, explosões intensas de curta duração (10 a 100 segundos). Ainda não está claro se os *bursts* de Raios γ , recentemente descobertos, podem ser explicados por um mecanismo semelhante. Sistemas binários com um buraco negro associado oferecem uma das poucas maneiras de se estudar esses misteriosos objetos. Cygnus X-1, uma poderosa fonte de Raios X associada a uma estrela da seqüência principal, permanece como o candidato mais forte a buraco negro até o presente, mas mais observações são ainda necessárias para elucidar-se a natureza desse objeto.

As observações realizadas no ultravioleta pelos satélites Copernicus e IUE revelaram que a maior parte das estrelas frias têm as mesmas características de emissão ultravioleta que, no Sol, estão associadas à cromosfera. Além disso, observações em Raios X do satélite Einstein sugerem que grande número de estrelas estão envolvidas por um envelope gasoso a uma temperatura da ordem de alguns milhões de graus, análogos à coroa solar. Como a atividade solar está intimamente ligada e é eventualmente determinada pelos campos magnéticos, a observação de coroas e cromosferas em outras estrelas implica que elas também têm campos magnéticos. Essas descobertas sugerem que para compreendermos os processos físicos que se desenvolvem nessas regiões, é importante entender os mecanismos de criação e dissipação dos próprios campos magnéticos solares.

Os fenômenos de perda de massa são conhecidos e observados em objetos tão díspares como as estrelas gigantes vermelhas, supergigantes azuis, núcleos de nebulosas planetárias e sistemas binários. Recentemente, observações do satélite IUE têm dado considerável impulso ao estudo dos ventos estelares, com a detecção de linhas produzidas por íons do vento e a determinação de taxas de perda de massa mais precisas. As principais conseqüências deste fenômeno são: os efeitos da perda de massa na trajetória evolutiva das estrelas e a ejeção de matéria para o meio interestelar, com o correspondente enriquecimento do gás a partir do qual novas estrelas serão formadas.

A generalização do uso de computadores permitiu o cálculo de modelos de evolução estelar de complexidade crescente. Esses modelos, contudo, ainda, apresentam inúmeras simplificações: são em sua maior parte unidimensionais e raramente bidimensionais. Não há nenhum modelo calculado em três dimensões. Além disso, muitas das taxas de reações nucleares são mal conhecidas. Os estágios evolutivos envolvendo perdas de massa seja de forma lenta, como no caso de ventos estelares, seja de forma rápida, como no caso de formação de uma supernova ou de uma nebulosa planetária, também são mal compreendidas, tanto do ponto de vista dos processos físicos envolvidos quanto do ponto de vista computacional, devido às instabilidades numéricas que surgem no cálculo dos modelos.

O estudo dos neutrinos solares oferece a possibilidade de testarmos nossa compreensão da evolução estelar. Na última década, experiências de detecção desses

neutrinos mostraram que o fluxo medido é inferior a um terço do predito pela teoria. A razão dessa discrepância não é ainda conhecida e constitui um desafio não só à Astrofísica mas também à Física Nuclear, mas força-nos a um reexame das teorias acerca da estrutura interna do Sol e das demais estrelas.

As estrelas se formam a partir de colapsos em nuvens moleculares densas. Com o desenvolvimento de técnicas de observação no infravermelho tem sido possível conhecer algumas propriedades físicas, como temperaturas, densidade e movimentos, dessas proto-estrelas. As fontes intensas de radiação infravermelha parecem estar associadas a proto-estrelas imersas num denso envoltório de gás e poeira. Um aspecto observacional embaraçoso é a evidência de que as regiões HII com estrelas recentemente formadas estão sempre na periferia de nuvens moleculares escuras. Parece que estrelas massivas formam-se preferencialmente nos bordos das nuvens e não no seu interior, sugerindo que a nuvem teria sido comprimida por uma pressão exterior (onda de densidade?) que originou o processo de formação de estrelas.

Até o momento não se conhece nenhuma estrela, que não o Sol, com um sistema planetário associado. Uma candidata, a estrela de Barnard, não teve ainda confirmada essa associação. Do ponto de vista teórico, por outro lado, a formação de planetas parece conseqüência natural dos mesmos processos que originam as estrelas. Espera-se com o desenvolvimento de novos telescópios (em particular o Telescópio Espacial, a ser lançado provavelmente em 1985) consiga-se detectar planetas gigantes (tipo Júpiter) em torno de estrelas vizinhas.

Outro problema de enorme relevância é a existência ou não de vida e de seres inteligentes em outros lugares do Cosmos. A origem da vida na Terra, apesar de ser ainda uma questão obscura, parece ser conseqüência de determinadas condições químicas, físicas e de superfície que não devem ser únicas, de modo que é lícito imaginar que a vida possa estar difundida em inúmeras regiões do espaço. A Astronomia e a Ciência Espacial podem contribuir para elucidar essa questão, já que são essas áreas mais familiarizadas com as técnicas necessárias para realizar esse empreendimento, mas qualquer detecção de sinais que evidenciem a existência de civilizações extraterrestres terá um impacto e uma importância que transcenderá a própria Astronomia.

Astronomia no Brasil

A Astronomia brasileira teve pouca atividade de pesquisa até a década de 60. A partir dos anos 70, no entanto, houve um desenvolvimento sem precedentes. O retorno de diversos pesquisadores com doutorado no exterior e a implantação de instrumentos de pequeno porte possibilitaram o início da formação de pesquisadores no país. Dentre os instrumentos instalados, podemos citar vários telescópios fotométricos de 50-60cm bem como astrolábios e um círculo meridiano. Em meados da década de 70 foi instalada a antena milimétrica de Itapetinga, dando impulso à Radioastronomia. Nos últimos anos o telescópio de 1,60m do

Observatório Astrofísico Brasileiro (OAB) iniciou operação, abrindo uma nova etapa do processo de desenvolvimento da pesquisa astronômica no Brasil.

Paralelamente ao desenvolvimento da instrumentação, criaram-se programas de pós-graduação que hoje contam com cursos regulares, tendo formado cerca de quarenta mestres e doutores.

O desenvolvimento acima descrito, se bem que acelerado, é um tanto tardio se comparado com o desenvolvimento ocorrido no Brasil em áreas da Física, por exemplo. A situação geográfica invejável em que nos encontramos permite acesso ao Hemisfério Sul, mais interessante e inobservado do que o Hemisfério Norte. Neste hemisfério estão localizados o centro da galáxia, a parte mais densa do plano da galáxia, o *bojo* galáctico com suas populações peculiares bem como a maior parte dos aglomerados globulares, tão importantes para vários campos da Astrofísica. As nuvens de Magalhães são as duas galáxias mais próximas da nossa, suas distâncias são cerca de dez vezes menores do que a distância a Andrômeda, a mais próxima do Hemisfério Norte. Estes dois sistemas oferecem oportunidade única para estudos detalhados de diversas categorias de objetos e populações estelares em outras galáxias. Mencionamos, ainda, que em praticamente todas as outras áreas de pesquisa em Astronomia, cerca de metade dos objetos de interesse estão localizados no Hemisfério Sul. Pelo fato de o número de pesquisadores e de telescópios no Hemisfério Sul. Pelo fato de o número de pesquisadores e de telescópios no Hemisfério Norte ser muito maior do que no Hemisfério Sul, este tem se tornado muito menos estudado. A Astronomia brasileira apresenta, pois, potencialidade ímpar. Fica evidenciada, portanto, a necessidade de se realizar um grande esforço para capacitar os astrônomos brasileiros com os meios adequados a fazer pesquisa.

Subáreas da Astronomia moderna

Conforme apontava-se no documento anterior (1974/78) a divisão da Astronomia moderna em várias subáreas de pesquisa obedece unicamente a um critério temático que busca descrever, sucintamente, os principais temas da pesquisa astronômica. Por outro lado, ela deve refletir o estágio atual do conhecimento científico na área; novos resultados e mudanças de enfoque devem repercutir necessariamente sobre a divisão a ser adotada, cuja validade é, por isso, restrita no tempo. Levando em conta, também, as atividades que vêm sendo desenvolvidas pelas instituições envolvidas em Astronomia, decidiu-se adotar a seguinte divisão:

- Astronomia Fundamental;
- Astronomia Dinâmica;
- Astrofísica Estelar;
- Astrofísica do Meio Interestelar;
- Astrofísica Extragaláctica;
- Astrofísica do Sistema Solar;
- Instrumentação, Aquisição e Processamento de Dados.

A seguir serão expostos os principais temas de pesquisa envolvidos em cada uma das subáreas acima.

Astronomia Fundamental

Em um sentido restrito, a subárea que denominamos Astronomia Fundamental ocupa-se dos problemas ligados ao estabelecimento prático de um sistema de referência inercial vinculado aos astros distantes. Em uma definição mais ampla, que adotaremos no presente texto, a Astronomia Fundamental é o ramo que procura obter as posições e a descrição cinemática dos movimentos dos corpos celestes em geral, inclusive a Terra. A Astronomia Fundamental foi o ramo dominante até o fim do Século XIX e a sua importância passada foi devida à aplicação direta e imprescindível a problemas práticos: definição da unidade e da escala de tempo e navegação astronômica, sobretudo. Do ponto de vista científico, igualmente, a Astronomia Fundamental originou avanços da maior relevância: a escala de distâncias estelares, a cinemática geral da galáxia, comprovação experimental de fenômenos previstos em relatividade geral, detecção dos efeitos de não rigidez da Terra em sua rotação, entre outros.

Astronomia Dinâmica

É o ramo da Astronomia dedicado ao estudo dos processos dinâmicos, envolvendo de modo determinante a interação gravitacional dos corpos celestes. Envolve conceitos e métodos matemáticos e estatísticos para a análise da estrutura dinâmica dos sistemas estelares — galáxias, aglomerados estelares, aglomerados de galáxias e do Sistema Solar — movimento dos planetas, satélites, anéis, etc. Na Astronomia Dinâmica inclui-se também o estudo do movimento dos corpos celestes artificiais. No que se refere ao Sistema Solar, o desenvolvimento recente da Astronomia Dinâmica está sendo influenciado pelos avanços observacionais que têm permitido a acumulação de dados novos sobre os corpos gravitando ao redor dos planetas (satélites e anéis) e no espaço interplanetário (asteróides, cometas e meteoros). Estudos teóricos e numéricos estão sendo desenvolvidos com vistas a um melhor conhecimento dos fenômenos orbitais ressonantes e de sua influência em fenômenos cosmogônicos, tais como a captura de porções de matéria ou de corpos já formados em regiões de liberação (isto é, de equilíbrio ressonante estável) e o confinamento gravitacional de matéria em anéis, dando origem a estruturas filamentosas e à distribuição com bordos críticos.

Astrofísica Estelar

Este ramo da Astrofísica se ocupa da descrição da estrutura e evolução das estrelas, quer estejam isoladas, quer formem sistemas duplos (sistemas binários).

A idéia de que a fonte de energia das estrelas seja a fusão nuclear se mostrou fecunda na explicação da longevidade do Sol, na origem dos elementos químicos e na interpretação do diagrama HR. Com o advento de grandes computadores se tornou possível calcular, passo a passo, a estrutura interna de uma estrela em sua evolução no diagrama HR.

A comparação entre os resultados de modelos e os espectros observados permite

obter preciosas informações a respeito da temperatura, gravidade, composição química, velocidade dos gases e campos magnéticos das atmosferas estelares.

Os sistemas binários de estrelas possibilitam a determinação direta das massas e de outros parâmetros estelares importantes. Na última década descobriram-se diversas classes de sistemas contendo componentes compactos (anãs brancas, estrelas de nêutrons e buracos negros) o que possibilita o estudo de estágios finais da evolução estelar e também os processos de transferência e captura de matéria. Os objetos compactos são ainda laboratórios únicos no Universo onde podem ser estudados a matéria superdensa e campos magnéticos muito intensos.

Astrofísica do Meio Interestelar

O espaço entre as estrelas não é vazio, sendo ocupado por gás, grãos sólidos, campos de radiação, campos magnéticos e partículas de alta energia. Os objetos principais são:

- nebulosas difusas, geralmente regiões enormes compostas de gás e poeira, frequentemente associadas a estrelas quentes e jovens;
- nuvens interestelares, com grande variação de densidade e temperatura;
- nebulosas planetárias, regiões contendo gás e grãos em torno de estrelas muito quentes. São objetos de idade intermediária, tendo sido produzidas pela ejeção da camada externa por uma estrela gigante vermelha;
- radiação cósmica, ou partículas de alta energia (prótons, elétrons, núcleos pesados) deslocando-se através do espaço interestelar e interagindo com os demais componentes do meio;
- meio internuvens: região difusa, ocupando grande parte da galáxia. A estrutura deste meio é complexa, e sua detecção difícil.

Apesar dos primeiros estudos sistemáticos terem sido realizados no início do século, foi em meados da década de 50 que os estudos do meio interestelar receberam considerável impulso com a detecção da linha de 21 cm, produzida por uma transição hiperfina do átomo de hidrogênio. O grande progresso nesta área, entretanto, ocorreu na década de 70, estendendo-se aos dias atuais. De fato, as observações na região ultravioleta do espectro permitiram a detecção de linhas de elementos/íons, abundantes, até então inacessíveis. As primeiras observações foram realizadas a bordo de foguetes e balões, mas o grande impulso foi causado pelo lançamento de satélites, como o *Orbiting Astronomical Observatory* (OAO-2 e OAO-4 ou *Copernicus*) e o *International Ultraviolet Explorer* (IUE). No domínio dos Raios X, observações importantes foram feitas com a nave *Skylab*, e, mais recentemente, com o Observatório Einstein.

Finalmente, deve-se salientar os progressos na detecção de ondas infravermelhas e microondas, emitidas por objetos díspares como regiões HII e nuvens moleculares, propiciando a detecção de dezenas de espécies moleculares e a determinação das propriedades físicas dos grãos interestelares.

Astrofísica Extragaláctica

A Astrofísica Extragaláctica estuda a estrutura, origem e evolução do Universo em grande escala. A descrição e entendimento detalhado da estrutura e evolução das galáxias constitui, atualmente, objeto de fervilhantes atividades de pesquisa. Os aglomerados e superaglomerados de galáxias constituem as maiores entidades físicas gravitacionalmente ligadas. A dinâmica e evolução destas entidades estão intimamente ligadas à evolução das galáxias individuais. Quasares e núcleos ativos de galáxias, por outro lado, parecem estar associados a buracos negros supermassivos. Constituem, também, os objetos mais distantes que podemos atualmente observar e, portanto, os mais primitivos. Por isso eles poderão nos dar importantes informações acerca da estrutura global e evolução do Universo.

Astrofísica do Sistema Solar

Este ramo da Astrofísica aborda os processos físicos que ocorrem no interior, superfície e atmosferas dos corpos que compõem o sistema solar.

Pelo fato do Sol ser a estrela mais próxima, o estudo detalhado deste corpo oferece oportunidade ímpar para a compreensão detalhada dos diversos processos que ocorrem nas estrelas. A detecção de um fluxo de neutrinos solares muito inferior ao calculado reabre a discussão das condições físicas do núcleo do Sol e poderá levar a um novo panorama do interior das estrelas. A maior parte das pesquisas solares, no entanto, se concentra na sua atmosfera, coroa e cromosfera pois estas partes são diretamente observáveis. O Sol constitui um laboratório único no qual se pode estudar processos de Física do Plasma como os mecanismos de armazenamento e liberação de energia e geração e propagação de ondas. O estudo do vento solar e as relações solares/terrestres são também de intensa atividade. A recente descoberta de coroas em quase todas as estrelas demonstrou que a teoria das coroas está longe de ser completamente entendida, o que revitalizou intensamente estas pesquisas.

Como as missões espaciais que possibilitaram estudos *in loco* de vários corpos do sistema solar e até mesmo o recolhimento e análise detalhada de materiais da Lua e planetas, os métodos astronômicos passam a segundo plano e o estudo destes objetos está cada vez mais próximo da Geofísica e Geologia. No entanto, outros corpos como cometas e asteróides, além dos planetas mais distantes, continuam a merecer a atenção dos astrônomos.

Introdução

As principais instituições que mantêm grupos de pesquisa em Astronomia no país são:

- Departamento de Astronomia do Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo (IAG/USP);
- Departamento de Astrofísica do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE/CNPq);
- Departamento de Astronomia do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA);
- Departamento de Astrofísica do Observatório Nacional (ON/CNPq);
- Departamento de Astronomia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG);
- Departamento de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS);
- Observatório de Valongo da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ);
- Departamento de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

Três grupos desta lista podem ser considerados como grandes (IAG, ON e INPE), tanto em número de pesquisadores, quanto em recursos observacionais e volume de trabalhos publicados. Nestas instituições concentram-se, também, os principais cursos de pós-graduação a nível de mestrado e doutorado em Astronomia. Os outros grupos podem ser considerados como pequenos, contando, em geral, com menos de dez pesquisadores entre doutores e mestres. A principal característica dos pequenos grupos é a de estarem, em geral, vinculados a instituições de Física que mantêm na pós-graduação disciplinas de Astronomia, à exceção do ITA que possui um departamento com atividade didática dirigida para a Astronáutica e o Observatório do Valongo.

O crescimento dos grandes grupos, na última década, foi possível graças ao volu-

Tabela 1 – Número de pesquisadores por instituição em 1981

	Doutores	Mestres	Bacharéis	Total
IAG	10	19	1	30
INPE	9	11	17	37
ITA	4	1	—	5
ON	11	11	10	32
UFMG	2	2	1	5
UFRGS	2	3	2	7
UFRJ	2	2	6	10
UFRN	1	3	—	4
Total	41	52	37	130

me de investimento aplicado nestas instituições atraindo diversos pesquisadores, alguns oriundos dos pequenos grupos, outros vindo de fora do país. Desta forma, foi possível estruturar a pós-graduação em Astronomia formando uma nova geração de pesquisadores. Esta migração em direção aos grandes centros foi em parte responsável, também, pelo não crescimento dos pequenos grupos durante este período. Mas a própria estrutura dos grandes grupos foi alterada com a entrada em operação do OAB que atraiu alguns dos astrônomos e técnicos mais experientes.

No entanto, este ciclo migratório parece ter chegado ao fim. A exaustão deste processo talvez se deva à falta de novos projetos de porte do OAB, e, em parte, devido à intensa formação de novos pesquisadores nos cursos implantados. Desta forma, a ocupação dos cargos de pesquisadores se torna cada vez mais concorrida nos grandes centros, onde já se verifica uma saturação na oferta de colocações. Situação inversa se verifica nos pequenos grupos onde os concursos são realizados sem que existam candidatos qualificados. Portanto, é possível prever que na próxima década ocorra uma inversão deste ciclo com um fluxo de astrônomos em direção aos pequenos grupos. Dentro deste contexto é que se deve ressaltar a importância de se manter e criar novos grupos que possam atuar como centros de assimilação de astrônomos recém-formados. Para que este objetivo seja cumprido com êxito é necessário agilizar a comunicação entre os diversos centros de pesquisa e evitar o isolamento em que alguns destes grupos se encontram no momento.

Ensino da Astronomia

O ensino da Astronomia na graduação

À exceção do INPE e do ON todos os outros grupos têm encargos didáticos na graduação. Normalmente, os pesquisadores são contratados para lecionar nos cursos de graduação que garantem, assim, a subsistência dos grupos. Em geral, a car-

ga didática é preenchida na forma de disciplinas de Astronomia oferecidas aos alunos da graduação. A experiência mais ampla nesse sentido é a do IAG/USP que mantém uma variedade relativamente grande de disciplinas optativas oferecidas aos alunos de graduação. Estas disciplinas cobrem os principais tópicos de interesse em Astronomia, desde cursos de Astronomia Fundamental e Dinâmica a diversos cursos específicos da área de Astrofísica. A maior parte dos alunos matriculados são do curso de Física, mas existem, também, alunos de Engenharia, Matemática, Geologia e Meteorologia. Estes cursos são bem recebidos pelos alunos que vêem neles uma possibilidade de ampliarem os seus conhecimentos no campo, mesmo que não estejam diretamente interessados em ingressar na atividade de pesquisa astronômica.

Em alguns grupos, no entanto, a carga didática dos pesquisadores é dedicada a cursos específicos na área de Física (UFRN e UFMG). No caso do ITA os cursos oferecidos se destinam à formação de engenheiros ligados à Astronáutica. Ao todo são oferecidas seis disciplinas com ênfase no estudo de trajetórias de veículos espaciais.

O único grupo a oferecer um curso de graduação em Astronomia é o Observatório do Valongo (UFRJ). No restante da comunidade, todavia, predomina a opinião contrária à graduação de astrônomos ao nível de bacharelado; os profissionais da Astronomia devem então ser recrutados entre estudantes das áreas afins (Física, Matemática, Engenharia, etc.). Essa opinião se fundamenta na importância da formação integral dos estudantes nas áreas de origem, bem como exigüidade do mercado de trabalho em Astronomia.

Uma experiência interessante que tem apresentado um saldo positivo é o curso de férias ministrado no IAG/USP. Este curso é oferecido no mês de janeiro a professores secundários, alunos de graduação e ao público em geral. O objetivo do curso é o de transmitir de uma maneira informal as principais teorias astronômicas. Normalmente contam com um elevado índice de matrículas e uma boa receptividade junto à comunidade. Experiência semelhante tem ocorrido na UFRGS.

Boa parte dos alunos que ingressam nos cursos de pós-graduação obtiveram bolsas de iniciação científica durante a graduação. No período de vigência desta bolsa o aluno se engaja em um programa de trabalho procurando assimilar as peculiaridades da pesquisa em Astronomia. Normalmente os alunos que obtiveram estas bolsas e optaram pela pós-graduação em Astronomia têm um desempenho melhor que os outros. Por esta razão, esta é uma atividade que deve ser incentivada no intuito de dar ao aluno uma perspectiva mais exata da pesquisa astronômica.

Pós-graduação em Astronomia

Existem, atualmente, três programas de pós-graduação em Astronomia no país, a

saber: IAG/USP, INPE/CNPq e ON/CNPq. Estes cursos, a nível de mestrado e doutorado, foram a base da formação de recursos humanos nesta área. O curso que tem funcionado mais regularmente é o do IAG/USP que possui o maior número de estudantes. A maior parte dos pesquisadores em atividade no país se formou direta ou indiretamente nesta instituição. A tendência original do curso era a de oferecer uma sólida formação teórica aos estudantes sendo a parte observacional e instrumental relegada a um plano secundário. Esta opção inicial foi imposta, em parte, pelas limitações observacionais existentes na época de implantação e, em parte, pela limitada experiência observacional dos pesquisadores que iniciaram este programa. Contudo, a tendência atual do curso é a de dar relevância ao aspecto observacional sem se descuidar da formação teórica que deve ser igualmente ampla.

O curso do INPE ganhou importância com a absorção do CRAAM/ON e com isto agregou ao seu acervo de instrumental científico o radiotelescópio de Itapetinga, um dos principais instrumentos para observação radioastronômica de ondas milimétricas de alta resolução existente no Hemisfério Sul. Neste curso, algumas atividades multidisciplinares são desenvolvidas através de colaboração entre os diversos departamentos interessados.

O programa de pós-graduação do ON constitui uma reestruturação do curso originário do CRAAM e que era de responsabilidade do DRA/ON, agora com sede no Rio de Janeiro. Este curso está sendo estruturado e pretende contar com um currículo mais dinâmico, explorando as facilidades instrumentais e laboratoriais da instituição. Neste sentido, estão sendo introduzidas disciplinas como informática, tratamento de dados, novos detetores, microprocessadores e controle de sistemas. O principal objetivo deste curso é o de dar uma formação experimental sólida aos pesquisadores, procurando eliminar a distinção clássica entre astrônomos teóricos e observacionais.

O programa de pós-graduação em Astronomia do ITA se encontra praticamente desativado. Este departamento, criado em 1967, formou uma parcela considerável da primeira geração de astrônomos do país. Atualmente, como as atividades deste departamento estão dirigidas para as Ciências Aeroespaciais com ênfase em Mecânica Orbital, os pesquisadores desta instituição utilizam os cursos existentes no INPE e no IAG.

Nos grupos existentes nas universidades federais (UFRGS, UFMG, UFRN) a pós-graduação em Astronomia é desenvolvida dentro do curso de pós-graduação em Física. Nestes cursos os alunos se formam a nível de mestrado para, posteriormente, terminarem o doutoramento fora da instituição de origem. Com a consolidação dos recursos instrumentais e dos cursos de pós-graduação existentes é possível que alguns destes alunos que antes teriam que terminar o doutoramento fora do país, possam, agora, terminar a sua formação, utilizando a estrutura existente nos três grandes grupos.

Tabela 2 — Número de teses defendidas no período de 1978/1981

	Doutor	Mestre	Total
IAG	4	8	12
INPE	2	8	10
ON	—	3	3
UFMG	—	2	2
UFRGS	—	1	1
Total	6	22	28

Um aspecto fundamental na formação de um astrônomo são as conferências e seminários sobre temas de pesquisa. Esta atividade proporciona a possibilidade de atualização de alunos e pesquisadores sobre progressos obtidos em temas específicos de trabalho. Normalmente, alguns destes seminários são realizados por pesquisadores da instituição que apresentam resultados do seu próprio trabalho. Mas com o intuito de evitar o isolamento do grupo é importante que sejam realizadas regularmente conferências por pesquisadores de fora da instituição e mesmo de fora do país. Isto tem sido possível graças a recursos obtidos individualmente junto às entidades financiadoras existentes: CNPq, FAPESP, Finep e Capes. Contudo, no caso de pesquisadores estrangeiros, seria desejável que existisse uma programação a mais longo prazo que tire proveito do fato de que diversos astrônomos de renome internacional passam em trânsito pelo Brasil em direção aos grandes observatórios existentes no Chile. Desta forma, seria possível manter um fluxo regular de informações sobre resultados recentes e sobre trabalhos em andamento em outros centros.

Reuniões e simpósios

As reuniões científicas mais frequentes que ocorreram no período em questão foram as reuniões anuais promovidas pela Sociedade Astronômica Brasileira (SAB) no mês de julho, em São Paulo (1978 e 1979), no Rio de Janeiro (1980) e Campinas (1981). Cerca de cinquenta/sessenta trabalhos foram apresentados em cada uma destas reuniões.

Foram realizados dois simpósios: o primeiro sobre Fenômenos de Perda de Massa ocorreu em Cambuquira/MG, em novembro de 1979, e que contou com cerca de cinquenta participantes. Na área de Astronomia Dinâmica foi realizado um Simpósio sobre o Movimento de Planetas e Satélites. Este foi o terceiro de uma série de simpósios que se iniciou em São Paulo (1973) e prosseguiu em Austin (1977).

Foi realizada, em Campos do Jordão/SP, a I Escola Avançada de Astrofísica (agosto de 1981), organizada pelo IAG/USP. Este foi um empreendimento visando complementar a formação de estudantes de mestrado e doutorado. Comparece-

ram 58 participantes do Brasil e três da Argentina.

Houve, ainda, a realização da Escola de Cosmologia e Gravitação, organizada pelo CBPF, SAB, ON e Academia Brasileira de Ciências.

Avaliação das atividades de pesquisas nas várias subáreas

Neste documento, decidiu-se que, para um melhor acompanhamento das atividades de pesquisa em Astronomia, seria interessante a avaliação por subárea.

A análise dos trabalhos desenvolvidos foi feita principalmente a partir dos resumos de comunicações apresentados nas reuniões anuais da SAB, bem como de relatórios das instituições, tendo sido consultados vários dos pesquisadores envolvidos.

Astronomia Fundamental

À semelhança do que se passa no exterior, a Astronomia Fundamental reúne um efetivo pequeno de pesquisadores brasileiros, inferior a quinze.

Historicamente, o grupo mais antigo está sediado no Rio de Janeiro e mantém programas de observações de binárias visuais e fotográficas, de pequenos planetas. No período considerado houve uma aproximação entre pesquisadores do ON e da UFRJ (Valongo), para a execução de programas comuns. Infelizmente, este trabalho que é levado a cabo de maneira um pouco isolada do restante da comunidade, mantém-se dentro dos limites da produção de observações; isso se deve ao fato de que os membros do grupo, salvo uma ou duas exceções, não possuem experiência no exterior e formação suficiente. A instalação do ensino de pós-graduação na UFRJ não veio remediar a situação, de vez que ela é excessivamente restrita e se manteve no interior do próprio grupo.

O grupo do IAG é o que se encontra mais solidamente instalado. Contando com pessoal formado no exterior e com o apoio do curso de pós-graduação, o grupo pode progredir científica e academicamente. Este grupo explora os resultados obtidos com o círculo meridiano e o astrolábio, instalados no Observatório Abrahão de Moraes, em Valinhos.

O círculo meridiano, que é o instrumento por excelência da Astronomia Fundamental, foi operado de forma limitada durante o período, em um programa de posições de estrelas fundamentais e zodiacais. As dificuldades para um aproveitamento intensivo do instrumento estão ligadas à sua natureza mesma: pouco automatizado e formando um conjunto de grande complexidade metrológica, a eficiência da sua operação repousa em uma grande quantidade de trabalho de preparação e controle e de observações noturnas que exigem a dedicação de uma equipe significativamente maior que a disponível no presente, mormente se levarmos em conta a pesada carga docente, acadêmica e administrativa de seus componentes.

Os resultados mais significativos obtidos no período referem-se ao controle do sistema instrumental, particularmente a correção do círculo graduado e a obtenção de azimutes absolutos.

O astrolábio, por outro lado, foi utilizado com grande eficiência. Abandonou-se um pouco a preocupação com a obtenção da hora e da latitude para se aprofundar na formação de catálogos de posições estelares. No período foram terminados dois catálogos independentes, pequenos, porém de alta precisão, para os quais foram desenvolvidas técnicas de controle da distância zenital de observação e métodos modernos de redução global das observações.

Ainda com o astrolábio intensificou-se o programa de observações do Sol, iniciado de forma pioneira em 1974; este programa tem grande importância, posto que a orientação do sistema de referência inercial é definida em termos do movimento aparente do Sol. O Sol é um astro particularmente difícil de se observar em virtude das condições físicas desfavoráveis que ele mesmo cria: no caso do círculo meridiano é impossível evitar erros sistemáticos graves, razão pela qual muitos observatórios abandonaram seus programas solares. Instrumento compacto e simples, o astrolábio provou ser muito adequado a essa finalidade.

Os programas com o astrolábio se desenvolveram no quadro de cooperação entre o IAG, o ON e os Observatórios de Paris e do CERGA, na França, compreendendo cessão e troca de equipamentos, estágios e viagens internacionais nos dois sentidos e ampla troca de informações.

O grupo astrolábio do ON formou-se dentro da cooperação com o IAG. Dedicase, com grande afinco, a programas paralelos aos do IAG, tendo completado no período um catálogo de posições estelares e quatro campanhas de observações solares. A formação acadêmica do seu pessoal se faz no curso de pós-graduação do IAG.

Na UFRN formou-se um pequeno grupo para a instalação e operação de um astrolábio, porém os trabalhos de observação deverão ter início em 1983.

Astronomia Dinâmica

As atividades de pesquisa nesta subárea estão orientadas para o estudo da Mecânica do Sistema Solar com ênfase no estudo dos movimentos em que ocorrem ressonâncias e das questões matemáticas que se lhe associam, e dos problemas de movimento de satélites artificiais. Além disso, foi iniciada a observação sistemática de satélites brilhantes e de satélites fracos nas vizinhanças de planetas (Júpiter, Saturno e Urano).

As principais instituições envolvidas nestas pesquisas são o IAG/USP, ITA, ON, a Unesp, o INPE, a UFPE e a UFPR.

Durante este período foram realizados um colóquio nacional e um simpósio in-

ternacional especificamente voltados para a subárea. Em dezembro de 1981 teve lugar o *International Symposium and Workshop on the Motion of Planets and Satellites*, em Embú/SP, reunindo cientistas de vários países. Em julho de 1982 foi realizado o Colóquio Nacional sobre Movimento de Satélites Artificiais em São José dos Campos/SP, o qual visou aumentar o intercâmbio entre os vários pesquisadores e estudantes de pós-graduação da subárea e fazer um levantamento da capacitação atingida no Brasil em Dinâmica Orbital, sobretudo com vistas à execução da Missão Espacial Completa.

A atividade de pesquisa na área acadêmica está concentrada no Seminário de Astronomia Dinâmica e Matemática no IAG/USP, em funcionamento desde 1975, que congrega vinte pesquisadores e estudantes de pós-graduação da USP, do ITA e da Unesp, e que se reúne naquele instituto. O seminário tem respondido de maneira adequada à necessidade estrutural gerada pela necessidade de que seus componentes constituam um grupo de pesquisas único, não obstante a grande diversidade geográfica de seus locais de trabalho.

Astrofísica Estelar

Esta é a área onde é maior a participação dos pesquisadores e, portanto, onde é maior o número de contribuições. De forma mais ou menos importante, todas as instituições nesta subárea, estiveram envolvidas embora algumas merecessem ser ressaltadas pelo volume e relevância das contribuições, tanto a nível teórico como observacional.

As pesquisas tomaram grande impulso a partir da entrada em operação do telescópio de 1,60m do OAB. Isto permitiu aos astrônomos estelares a obtenção de dados até então inacessíveis, tais como espectroscopia de alta resolução (Coudé) e fotometria fotoelétrica de estrelas fracas. Além disso, a instalação do fotopolarímetro do IAG/USP neste telescópio abriu aos observadores um novo leque de possibilidades que tem sido bastante explorado. A implementação de sistemas de aquisição e automação através de microprocessadores, recentemente realizado junto ao fotômetro e ao fotopolarímetro, resultou em outro fator importante de progresso na área.

Por outro lado, muitas contribuições e trabalhos puderam contar com recursos observacionais disponíveis no radiotelescópio de Itapetinga. Os pequenos refletores como os do IAG/USP, UFMG e, especialmente da UFRGS, também tiveram uma participação relativamente importante.

Diversos trabalhos foram realizados sobre atmosferas estelares. Uma das áreas mais estudadas é a que se refere a objetos que apresentam perda de massa. Nesse caso, foram estudadas as condições físicas em envelopes em expansão de supergigantes azuis, gigantes vermelhas e estrelas austrais de nebulosas planetárias, que permitem, a partir de observações fotométricas e espectroscópicas, fazer-se diagnósticos de perda de massa. Prosseguiu-se o estudo de estrelas Be, através da

análise dos processos físicos que levam à emissão de linhas, variabilidade dos perfis, excesso de infravermelho e emissão transitória de Raios X em sistemas binários onde uma das componentes é uma Be. Também tem sido estudada a física de coroas, cromosferas e regiões de transição em diversos tipos de estrelas tardias. Para esse tipo de estrelas tem-se estudado a produção de moléculas nos envelopes, bem como os mecanismos de perda de massa produzidos pela pressão da radiação estelar sobre as moléculas. Estuda-se, também, as propriedades polarimétricas de diversas estrelas de tipo tardio, visando um melhor conhecimento de seus envoltórios de gás, moléculas e poeira.

Outra área de intensa atividade observacional e teórica é a das variáveis cataclísmicas, onde diversos sistemas foram estudados, permitindo a determinação de vários períodos presentes nas curvas de luz. No caso das novas clássicas, tem-se estudado as propriedades físicas do material ejetado na explosão, principalmente quanto à sua composição química, linhas de emissão e massa.

Estrelas variáveis de longo período, do tipo Mira, têm sido objeto constante de pesquisas, tanto do ponto de vista teórico como observacional. Neste sentido, foi formado o grupo de estudo de estrelas Mira funcionando regularmente, constituído por pesquisadores do ON, UFRGS e IAG/USP, buscando a uniformização dos trabalhos nesta linha. Outros estudos estão relacionados a estrelas tipo BY Draconis (ON/CNPq) e fotometria DDO de aglomerados galácticos (UFRGS).

Do ponto de vista da evolução química da Galáxia, estudos fotométricos de estrelas em aglomerados abertos e globulares têm sido realizados no sentido de determinar a sua metalicidade e distribuição de cor.

Cabe ainda ressaltar os estudos teóricos realizados por um grupo de pesquisadores ligados ao CBPF/CNPq, visando a elucidação dos processos físicos ocorridos nos últimos estágios estelares — física do colapso de núcleos estelares e formação de supernovas.

Astrofísica do Meio Interestelar

Nos últimos quatro anos houve o desenvolvimento de considerável número de projetos relacionados com a Astrofísica do Meio Interestelar nas principais instituições de pesquisa do país.

Talvez a principal área de atuação dentro desta especialidade tenha sido o estudo das propriedades das nebulosas interestelares, tanto do ponto de vista observacional como teórico. Foram desenvolvidos projetos relacionados à estrutura térmica e de ionização em regiões HII, processos físicos, abundância dos elementos, estrutura e formação de grãos sólidos, através de modelos e observações de objetos galácticos e das Nuvens de Magalhães. Nebulosas planetárias foram também objeto de interesse, principalmente quanto à sua distribuição espacial e estrutura de ventos estelares das estrelas centrais. Nestes aspectos foi essencial a colaboração

com pesquisadores da Universidade de Groningen, Holanda, pela obtenção e análise de observações ultravioletas do satélite IUE. No país, as medidas observacionais (espectroscopia, fotometria e fotopolarimetria) foram obtidas essencialmente com o telescópio de 1,60m de Brasópolis, cuja saturação já se faz notar pela impossibilidade de realização de determinados projetos.

Outros objetos relacionados às nebulosas acima foram também estudados, como as nebulosas de reflexão, através de fotopolarimetria óptica, fontes MASER de H₂O galácticas e extragalácticas, através de observações milimétricas no Observatório de Itapetinga, e fontes infravermelhas.

O meio interestelar “neutro” foi também estudado do ponto de vista observacional, com fotometria e polarimetria ópticas, avermelhamento interestelar, propriedades dos grãos interestelares, transições moleculares na região rádio e, também do ponto de vista teórico, com estudos da estrutura de ionização em regiões HI.

As regiões de formação estelar foram objeto de análises teóricas com o estudo da formação de moléculas e grãos. De modo mais geral, as nuvens moleculares densas e difusas foram consideradas do ponto de vista da formação, espectroscopia e parâmetros físicos das moléculas interestelares, com a previsão de linhas moleculares passíveis de observação produzidas por moléculas ainda não detectadas.

As propriedades dos raios cósmicos foram pesquisadas, principalmente quanto à detecção, propagação e difusão no meio interestelar. Foi também considerada a interação destas partículas e também dos grãos interestelares, com o campo magnético galáctico.

Astrofísica Extragaláctica

Esta é uma das subáreas de pesquisa que mais tem se desenvolvido nos últimos anos, não só em número de trabalhos publicados ou apresentados em reuniões ou simpósios científicos, mas também em número de pesquisadores e de instituições envolvidas. É interessante observar que este fenômeno vem ocorrendo não só no Brasil mas também em outros centros cuja tradição e qualidade de pesquisa em Astronomia é reconhecidamente muito maior, o que, de certa forma, atesta a capacidade competitiva da atual Astronomia brasileira.

As pesquisas desenvolvidas neste período referiram-se, sobretudo, à estrutura das galáxias normais, natureza dos quasares e dos núcleos ativos de galáxias, estudos das Nuvens de Magalhães, estrutura e evolução dos grupos e aglomerados de galáxias; também foram atacadas questões referentes à nucleosíntese primordial, estrutura em larga escala do Universo e Cosmologia. As instituições envolvidas foram: CBPF, IAG/USP, INPE, ON, UFRGS, UFRN.

Uma parte dos trabalhos publicados nesta área é de natureza teórica, refletindo o interesse na construção de modelos que descrevam adequadamente os fenômenos

observados. Contudo, os trabalhos observacionais, que são de fundamental importância inclusive para a construção de modelos teóricos, foram desenvolvidos com maior dificuldade devido à falta de instrumentação mais moderna.

Apesar disso, foi grande o número de trabalhos observacionais versando, sobretudo, em fotometria fotoelétrica de galáxias normais e de Seyfert pelo grupo da UFRGS e IAG/USP, além de observações espectroscópicas e radioastronômicas de núcleos ativos e quasares, bem como observação radioastronômica de radiofontes extensas. Mais recentemente, a instalação do refletor de 1,60 m do Pico dos Dias permitiu a obtenção de placas fotográficas em consequência do engajamento de vários grupos em projetos neste sentido.

Por outro lado, a realização da I Escola Avançada em Astrofísica, oferecendo cursos específicos sobre Cosmologia e Aglomerados de Galáxias, em muito favoreceu a interação entre os vários grupos com repercussões importantes sobre o desenvolvimento das pesquisas.

Astrofísica do Sistema Solar

Em Física Solar os trabalhos já efetuados no IAG/USP forneceram resultados sobre a caracterização de inhomogeneidades da estrutura solar e a interferência que causam na distribuição de brilho e a emissão de microondas e Raios X, durante uma expansão isentrópica, e sua aplicação em explosões solares.

No INPE/CNPq a Missão do Sol Máximo vem produzindo resultados relevantes a partir da análise de medidas de elevada sensibilidade e resolução temporal, coordenadas em tempo real, no Itapetinga, e no satélite SMM, suplementarmente nos satélites ISEE-3, P. 78, Hélios A e B, e Hinotori (Raios X, γ e UV). Campanhas coordenadas com balões estratosféricos do INPE foram planejadas e serão executadas (1981-1983).

Outras atividades nesta área devem ser ainda mencionadas, tais como a propagação de Very Large Frequency (VLF), baixa ionosfera, relações solares-terrestres e galáctico-terrestres, experimentos ativos com ejeção de plasmas no espaço, patrulhamento solar de rotina em microondas.

Na área de Física Cometária, no IAG/USP já foram obtidos dados sobre as propriedades fotométricas da componente sólida cometária, baseadas no modelo de Lyttleton.

Instrumentação, Aquisição e Processamento de Dados

Dado que o tipo de pesquisa e desenvolvimento instrumental depende fortemente do comprimento de onda do fóton que se deseja detectar, dividiu-se esta sub-área em:

- Instrumentação
- Astrofísica Óptica (visível e infravermelho)
- Radioastronomia
- Astronomia Espacial (UV, X e γ)
- Aquisição e Processamento de Dados

• Instrumentação

- Astrofísica óptica

Os pesquisadores desta área se beneficiaram com a inauguração do telescópio de 1,60m do OAB, em Brasópolis. Este moderno instrumento dispõe de um sistema rápido de apontamento que permite uma operação bastante simplificada e eficiente. É o telescópio mais importante em operação no país e tem sido utilizado por toda a comunidade astronômica que tem procurado adaptar alguns dos temas de pesquisa em função deste aparelho. A sua utilização tem sido feita através de missões que, em geral, duram de duas a quatro noites e são concedidas por uma comissão de distribuição dos turnos e que julga o mérito de cada pedido.

O desenvolvimento da aparelhagem para uso no OAB tem sido possível através do empenho de todos os grupos. Já existe em operação regular um espectrógrafo Coudé, um espectrógrafo Cassegrain com um detector multicanal, câmara fotográfica e um fotômetro. Além disto, existe uma preocupação crescente em modernizar os equipamentos para aumentar a eficiência das observações. Neste sentido, está sendo construído um novo fotômetro, desenvolvido no ON, além da implementação do já existente. A partir do próximo ano, deverá ser colocado em operação regular o Reticon, desenvolvido no ON, para observações espectroscópicas.

Paralelamente a este esforço coletivo no sentido de desenvolver equipamentos que possam ser utilizados por todos os grupos, cada grupo tem procurado desenvolver sistemas mais modernos de tratamento de dados. Este é um aspecto fundamental face o enorme volume de dados que deverão ser gerados pelos detectores bidimensionais (CCD, placa fotográfica) a serem instalados. No caso de placas fotográficas pode-se utilizar o microdensitômetro do ON, mas o tratamento destas imagens deve ser realizado por cada grupo interessado. Além disso, a manipulação e tratamento de imagens é um processo interativo, portanto, somente um grupo que disponha de facilidades de cálculo é capaz de manipular os dados obtidos nestas observações.

A inauguração do OAB tornou possível o início de diversos trabalhos observacionais em Astrofísica Extragaláctica e que antes não podiam ser realizados dadas as dimensões reduzidas dos telescópios então existentes. No momento, estão sendo realizadas observações fotográficas de grupos e aglomerados de galáxias que dependem do microdensitômetro PDS existente no ON. Alguns projetos utilizam também observações fotométricas e espectroscópicas de galáxias individuais

(UFRGS, IAG). Mais recentemente, com o início da fase de testes do Reticon, o grupo do ON iniciou um programa de *redshift-survey* no Hemisfério Sul. Assim que o CCD estiver disponível as pesquisas neste setor devem ser ampliadas dada a possibilidade de se observar objetos muito mais fracos.

Além dos aparelhos disponíveis no OAB os diversos grupos têm procurando utilizar os seus próprios instrumentos de menor porte. O telescópio do IAG (Valinhos) está sendo utilizado para desenvolver um *survey* no infravermelho, em colaboração com pesquisadores franceses. O telescópio de 50 cm da UFRGS (Porto Alegre) tem sido regularmente utilizado para observações fotométricas. O telescópio de 60 cm da UFMG (Piedade) dispõe de um fotômetro e um espectrógrafo e está sendo utilizado para observar estrelas binárias. O telescópio de 52 cm do ITA é utilizado em atividades didáticas.

– Radioastronomia

Até o presente, toda atividade de pesquisa em radioastronomia esteve concentrada no Radiobservatório de Itapetinga (INPE), sendo que apenas recentemente novos projetos surgiram no ON, no IAG e na UFRN.

O Radiotelescópio de Itapetinga, inicialmente operado pela Universidade Mackenzie, passou para o ON em 1977 e, em 1980, passou a ser operado pelo INPE, com participação do ON, através de uma comissão de usuários.

Várias sessões de observações com o receptor MASER em 22 GHz e 24 GHz, refrigerado a hélio líquido, foram realizadas. Levantamentos sistemáticos de fontes emissoras de radiação MASER da molécula H_2O estão sendo realizados e fontes já conhecidas estão sendo monitoradas. Foram, também, observadas raias de recombinação do hidrogênio ($H66\alpha$) e raias da molécula de amônia (NH_3) do meio interestelar e raias de monóxido de silício em estrelas.

Melhorias foram introduzidas nos programas de aquisição de dados para o contínuo. Mapeamento de radiofontes e observações de fontes extragalácticas (quasares, galáxias Seyfert) foram realizadas.

As observações solares, dentro da Missão do Máximo Solar, vêm produzindo resultados relevantes, com medidas de elevada sensibilidade e resolução temporal.

Do ponto de vista instrumental, melhorias estão sendo introduzidas: instalação de novo computador para controle da antena e aquisição de dados, instalação de um receptor de 94 GHz, construção de um espectrógrafo acusto-óptico, que aumentará consideravelmente a resolução e a faixa de frequência observada, para observações de raias.

Foram realizados três vôos em balão estratosférico em dezembro de 1981 e janeiro de 1982, transportando um telescópio com um radiômetro na frequência de

24.5 GHz e 31.4 GHz para determinação da radiação de fundo em microondas (30K). Essas medidas foram efetuadas em cooperação entre o Departamento de Astrofísica do INPE e a Universidade de Princeton. Os resultados obtidos estão em análise atualmente por ambas instituições.

– Ultravioleta e Radiação γ

Este setor de pesquisa desenvolve-se exclusivamente no INPE/CNPq pela utilização de balões estratosféricos que transportam o equipamento. Dentro deste programa foi construído um telescópio para raios gama com resolução de 30° (Projeto Source) em 1 MeV. Este aparelho foi lançado no início de 1981 e as medidas obtidas estão sendo analisadas. Outros dois projetos nesta área estão sendo desenvolvidos através de acordo com pesquisadores franceses e americanos.

No início de 1982 foram realizados dois vôos com um telescópio para radiação ultravioleta. Nestas experiências realizadas em conjunto com pesquisadores franceses e do ON procurou-se detectar algumas fontes extragalácticas mais brilhantes na região de 2000 Å. As observações utilizavam filmes fotográficos especiais e estão sendo analisadas.

Foi iniciado o desenvolvimento de detectores de radiação gama (50 KeV-8 MeV), utilizando diodos de Ge(Li) de alta resolução em energia, para operação em balões estratosféricos (Projeto Geli). Três cargas úteis foram construídas no INPE, com a colaboração dos grupos franceses CESR (Toulouse) e CEA/CEN (Saclay). Primeiras medidas foram realizadas em abril de 1982.

• Aquisição e Processamento de Dados

Este tem sido um setor tradicionalmente deficiente na Astronomia brasileira mas que, apesar disso, vem conhecendo um desenvolvimento crescente desde há alguns anos.

De fato, exceção feita ao INPE/CNPq, os recursos computacionais disponíveis nas várias instituições envolvidas na pesquisa astronômica são, em geral, totalmente inadequados, senão escassos ou absolutamente inexistentes, como no caso da UFRN. Centros de computação de médio ou grande porte, bastante utilizados pela maioria dos grupos, não se constituem absolutamente numa solução para o problema. Em geral, estes centros são inapropriados para o processamento de dados astronômicos que requer, antes de tudo, computadores dedicados com possibilidade de terminal interativo.

O quadro geral, no entanto, tende à melhoria, na medida em que os vários grupos parecem estar despertando para o problema e começam a fazer um certo esforço na implementação de projetos na área.

Durante o período, os maiores progressos foram obtidos pelo grupo do ON, o que permitiu a realização e continuidade de grande parte das pesquisas observacionais levadas a cabo nos últimos anos, pela comunidade. Apesar de ainda insuficiente frente às necessidades impostas pelo estágio atual em que se encontra a Astrofísica brasileira, os desenvolvimentos empreendidos pelo ON têm exigido um grande sacrifício da parte deste grupo o qual deve arcar, também, com o gerenciamento do OAB. Na realidade, estes problemas só deverão ser resolvidos satisfatoriamente na medida em que houver uma maior participação de toda a comunidade na implementação da instrumentação para o OAB.

Dentre as realizações, destaca-se a instalação definitiva do microdensitômetro automático PDS 1010 do ON. A colocação em serviço deste aparelho deverá permitir a continuidade dos trabalhos em espectroscopia Coudé e fotometria fotográfica de objetos extensos, iniciados após a instalação do OAB. Além disso, o grupo do ON adquiriu um minicomputador Sisco MB 8000 que, embora de modestas capacidades, permitiu o desenvolvimento de algumas rotinas para o tratamento das imagens digitalizadas. Também foram implantados o sistema de aquisição e processamento de dados espectroscópicos obtidos a partir do detector Reticon, o qual deverá entrar em funcionamento proximamente. Outra linha de pesquisa realizada pelo ON, através do seu pessoal técnico-científico no OAB, foi o desenvolvimento e construção de sistemas de automação e processamento em tempo real, a serem acoplados ao fotômetro e ao fotopolarímetro (este em colaboração com o IAG/USP). Deve-se observar aqui que um dos frutos mais importantes deste trabalho é a formação de pessoal plenamente capacitado para futuras realizações que, certamente, deverão prosseguir.

Outros progressos na área foram conseguidos pela UFRGS com a instalação de um microdensitômetro Askorecord (Zeiss-Jena), o qual, embora não automático, possibilitou ao grupo a redução de placas fotográficas tomadas no OAB.

PERSPECTIVAS E PROJETOS

Neste capítulo estão alinhados os projetos apresentados e/ou sugeridos pelos vários grupos envolvidos na pesquisa em Astronomia, e que deveriam ser desenvolvidos e implementados a curto e médio prazo.

À exceção da subárea de Astronomia Dinâmica, todos os projetos apresentados pertencem à subárea de Instrumentação, Aquisição e Processamento de Dados. Devido a isto, decidiu-se subdividir a subárea, conforme demonstrado a seguir:

- Astronomia Fundamental;
- Astronomia Dinâmica;
- Astrofísica Óptica;
- Radioastronomia;
- Astronomia Espacial (bandas UV, X e γ);
- Aquisição e Processamento de Dados.

De maneira geral, para cada projeto específico procurou-se apontar as subáreas de Astrofísica sobre as quais ele teria maiores repercussões.

Astronomia Fundamental

A Astronomia Fundamental nos próximos anos deverá obter seus resultados mais significativos dos programas ora em curso, todos de longo prazo. Assim é que, por exemplo, o serviço astrolábio do IAG, após a conclusão de aperfeiçoamentos instrumentais feitos num astrolábio, se engajou em um programa de observações do Sol e de estrelas em duas distâncias zenitais diferentes o que fornecerá resultados ímpares nesse setor. O ON também começa a transformar seu astrolábio nesse sentido, sendo que, em ambas instituições teremos nesse período os resultados definitivos também das observações, realizadas de forma clássica com os astrolábios e o círculo meridiano. Ainda nesse período, se cobre de grande expectativa a entrada em funcionamento do astrolábio da UFRN já que, devido à sua latitude próxima ao Equador, ele possibilitará a observação do Sol, da Lua e

dos planetas durante o ano inteiro, bem como fazer a conexão entre catálogos estelares do Hemisfério Norte e Sul. A importância de todos esses programas tem sido enfatizada e recomendada pela União Astronômica Internacional.

Afora os processos clássicos, nos quais a Astronomia Fundamental no Brasil está engajada, deverá se proceder no período a um entrosamento com o Projeto Espacial Hipparcos tanto no concernente à exploração dos resultados, quanto para o estabelecimento da ligação do sistema Hipparcos com o sistema fundamental. É importante ressaltar que os resultados do sistema Hipparcos são diferenciais e terão papel preponderante na sua conexão com o sistema fundamental, as observações clássicas, principalmente as realizadas com os círculos meridianos.

Isso tudo faz com que nesse período haja grande intercâmbio de pesquisadores entre os diversos centros de pesquisa engajados nos projetos observacionais, em um esforço de melhorar o instrumental de observação e medida, quer pela automação dos aparelhos existentes, quer pela criação direta de aparelhos automáticos, bem como no sentido de otimizar processos de redução e análise de dados.

Dever-se-á também lançar as bases para o início de atividades astrométricas em rádio.

Astronomia Dinâmica

Os projetos brasileiros de pesquisa em Astronomia Dinâmica concentram-se em sua maior parte no estudo da Mecânica do Sistema Solar e do Movimento dos Satélites Artificiais. As pesquisas na área de Mecânica do Sistema Solar orbital teórica concentram-se no estudo da ressonância e de suas consequências, e dos problemas matemáticos, cuja solução se faz necessária para a boa compreensão dos mecanismos que atuam em presença de ressonância. Essas pesquisas se estendem aos problemas reais de ressonância no sistema solar (satélites galileanos, asteróides ressonantes, satélites de Saturno e de Urano), e são completados pela análise dos resultados observacionais disponíveis e pela observação de satélites naturais com o telescópio de 1,60 m do OAB-ON. Nos próximos anos o programa observacional poderá ser estendido a outros tipos de objetos.

O movimento dos satélites artificiais é estudado pelos grupos vinculados direta ou indiretamente ao projeto espacial brasileiro, com ênfase nos problemas de modelagem, de controle orbital, e de estabilização por gradiente de gravidade. As pesquisas revestem-se do caráter prático imposto pela definição da missão espacial completa, mas incluem pesquisas teóricas em controle e dinâmica orbital, áreas em que já existiam grupos atuantes no país antes da definição do programa.

No INPE/CNPq, dentro do Programa de Dinâmica Orbital quatro projetos terão intenso desenvolvimento: modelagem e análise para órbitas de satélite (Projeto Orbat); desenvolvimento de *software* numérico para aquela finalidade (Projeto Terreal); controle de atitude de satélite (Projeto Contat); geodésia espacial.

Astrofísica Óptica

O Observatório Astrofísico Brasileiro (OAB) constitui a médio prazo o principal observatório óptico para a pesquisa em Astrofísica. Apesar de o telescópio em si já estar funcionando satisfatoriamente, a maximização da produção científica só poderá ocorrer com uma adequada capacitação da instrumentação periférica (espectrógrafo, detectores, computadores, etc.). A utilização de modernos detectores e procedimentos, juntamente com a capacitação computacional necessária poderão aumentar a produção científica do observatório em uma ordem de grandeza. Um esforço conjunto e coordenado dos pesquisadores e instituições envolvidas deverá equipar o OAB com instrumentos necessários à realização de pesquisas competitivas a nível internacional.

Mencionaremos, a seguir, os principais equipamentos que deverão ser instalados no OAB;

- o detector Reticon, ora em fase de testes, deverá ser adaptado também ao espectrógrafo Coudé;
- a instalação de câmera de televisão para diversos fins (especialmente espectroscópicos) deverá ter alta prioridade;
- implantação do segundo canal no fotômetro rápido;
- o desenvolvimento de câmera CCD deverá capacitar o OAB não só a realizar fotometria bidimensional mas, também, poderá servir como detector espectrofotométrico. A operação de uma câmera CCD implica na existência de um mini-computador dedicado, com periféricos, tais como disco rígido e leitora de fitas;
- um espectrógrafo Cassegrain com características modernas e otimizado para o telescópio de 1,60m deverá ser projetado e construído, se possível, no Brasil. Este espectrógrafo deverá ser utilizado com detectores do tipo Reticon, CCD e placas fotográficas;
- construção de um fotoespectropolarímetro óptico.

O telescópio refletor Zeiss de 60cm deverá entrar em operação no início de 1983. Este telescópio deverá operar basicamente para fins fotométricos.

Além disso, o OAB deverá ser enriquecido com a transferência do telescópio de 60cm do IAG/USP. Este telescópio, além de ter características muito semelhantes ao de 1,60m, tem excelente mecânica, óptica e sistema de *read-out* o que o indica para observações de fotometria bidimensional com CCD.

O número de projetos submetidos ao OAB indica que muito em breve este observatório estará totalmente saturado. Seria, pois, conveniente que se estude desde já a viabilidade de implantação de novos telescópios. Tal estudo deveria ocorrer em dois níveis: viabilidade de se construir um telescópio do porte de 1-3m, inteiramente nacional e viabilidade de se adquirir um telescópio óptico na faixa de 3-6m. Desde já coloca-se a questão do sítio para telescópios deste porte. Recomenda-se que seja feito um levantamento o mais completo possível dos sítios as-

tronômicos do Brasil e que se estude a viabilidade de uso dos sítios de Chacaltaya (Bolívia) e Cerro Tololo (Chile).

Quanto à região infravermelha do espectro, apenas em 1982 foram iniciadas as observações, com o telescópio de 60cm do Observatório Abrahão de Moraes, com um levantamento em $2.2 \mu\text{m}$ do plano galáctico, que ainda está em andamento. A seguir, mencionaremos os projetos instrumentais em desenvolvimento nessa área:

- o fotômetro para o infravermelho próximo (IAG/USP), refrigerado a nitrogênio líquido, deverá entrar em funcionamento até fins de 1982. Operará nas bandas H, I, J, K e L e necessitará de um sistema de aquisição de dados eficiente. Está prevista a conversão do detector PbS para um detector fotovoltaico de In Sb, mais sensível, bem como seu acoplamento ao fotoespectropolarímetro;
- o fotoespectropolarímetro (IAG/USP) está sendo construído para utilização junto ao telescópio de 1,60m do OAB. Consiste de um espectrômetro CVF centrado em $3 \mu\text{m}$ e com uma resolução $\Delta\lambda/\lambda \sim 1/50$. Observações polarimétricas serão possíveis na faixa de $1 \mu\text{m}$ a $3 \mu\text{m}$. Este instrumento deverá ser utilizado principalmente na observação de cometas e, em particular, do Cometa de Halley.

A médio prazo, deve-se analisar a possibilidade da instalação de um telescópio dedicado ao infravermelho em Chacaltaya (Bolívia), já que este sítio oferece ótimas condições para observações em $27 \mu\text{m}$ e $300 \mu\text{m}$, entre outras frequências. Estas são regiões do espectro muito pouco estudadas, inclusive no Hemisfério Norte.

Radioastronomia

O radiotelescópio de 13.7m de Itapetinga (INPE)/CNPq, deverá ser equipado com um receptor de 30 GHz para aproveitar a melhor transparência de atmosfera, para observações no contínuo. Estas observações são de interesse para Astrofísica Extragaláctica (quasares, núcleos ativos de galáxias) e Galáctica (mapeamento de radiofontes). Um novo receptor para 22 GHz, com misturador refrigerado poderá evitar as custosas operações do receptor Maser. Seu interesse está, principalmente, dirigido para o meio interestelar (Maser H_2O).

As experiências do *Very Large Base Interferometry* (VLBI) são da maior importância, constituindo uma das técnicas mais avançadas da Astronomia Moderna, com potencial enorme para Geofísica, Astrometria e Astrofísica em geral, tanto galáctica como extragaláctica. O radiotelescópio de Itapetinga foi dotado de terminal próprio de VLBI (Mk II). Será implantado um sistema com terminal Mk III e padrão de hidrogênio em 1983/84 (Convênio INPE/NASA). A equipe que opera o radiotelescópio pode ser fortalecida através da interação com outros grupos de pesquisa.

No início de 1982 uma parte do antigo Departamento de Radioastronomia do ON se transferiu para o Departamento de Astronomia do IAG/USP. Este grupo

está desenvolvendo em colaboração com o ON e a UFRN um projeto de radiotelescópio milimétrico de 2,4m de diâmetro, que poderá operar até 230 GHz. Várias moléculas apresentam transições entre 80 e 120 GHz e este instrumento permitirá estudos do meio interestelar, em particular, da estrutura da galáxia. Além de monitoramento de radiofontes intensas, explosões solares e determinação do conteúdo de ozônio da atmosfera.

O ON prevê a instalação no Estado do Rio Grande do Sul de um interferômetro igual ao que existe em Cambridge (Inglaterra), com 6 km de linha de base, 830 elementos interferométricos, operando na frequência de 150 GHz. Com tal instrumento será possível mapear radiofontes extragalácticas e galácticas e estudar a estrutura em larga escala do Universo.

Astronomia espacial

Somente o INPE/CNPq trabalha em Astronomia Espacial. Os projetos a serem implantados em futuro próximo são:

- projeto visando construção, calibração e vôos em balões estratosféricos de telescópio para radiação ultravioleta extraterrestre, está em desenvolvimento (Projeto Fuve). Dois vôos do telescópio SCAP-2000 do Observatório de Génève e LAS de Marseille em colaboração com o INPE e ON foram realizados em fevereiro e março de 1982. Essas medidas estão sendo analisadas.
- projeto visando construção, calibração e testes em vôos de balões estratosféricos de telescópio de Raios Gama (0,1 – 5 MeV) está em curso (Projeto Pulsar), visando pesquisas de pulsadores galácticos. Um protótipo já voou a bordo do balão em 30 de novembro de 1981. As medidas em análise indicam que deve-se aumentar a área efetiva do cintilador e o número de horas de exposição para se obter uma chance razoável de detectarem um evento. Atualmente está se trabalhando com um cintilador plástico de área – 3000 cm^2 e com vôo a partir da Região Central do Brasil, Uberaba, para permanência a 40 km da ordem de dois dias;
- projeto de medidas de alta resolução temporal em Raios X duros de explosões solares, por detector especial em balão estratosférico desenvolvido e construído pelo INPE; este trabalho, coordenado em tempo real no Itapetinga, está em fase de implantação. Alguns ensaios iniciais, com cargas úteis de grupos estrangeiros, foram negociados e estabelecidos.

Aquisição e processamento de dados

Como já foi mencionado, um dos aspectos que caracterizam a Astronomia moderna é a grande quantidade e velocidade de aquisição de dados. Ocorre hoje, com frequência, que muitos entraves na pesquisa científica surgem devido aos reduzidos recursos disponíveis para se tratar a enorme quantidade de dados obtidos com os detectores. Nesse sentido, é altamente prioritário equipar o OAB com computadores de porte mini/micro, destinados ao controle dos instrumentos e tratamento preliminar dos dados obtidos.

Este problema tende a se tornar mais grave tão logo entrem em operação os detectores bidimensionais tipo CCD, onde as imagens obtidas devem ser endereçadas integralmente, o que exige um computador com palavra de 32 bits. A aquisição de um computador desse porte está sendo solicitada pelo IAG/USP, dentro de um projeto de aquisição e processamento de imagens. Este projeto, que prevê a construção de duas câmaras CCD (uma para operação no OAB e outra para digitalização de placas fotográficas), tão logo esteja concluído deverá ser colocado à disposição da comunidade.

RECOMENDAÇÕES

- A atividade de pesquisa em Astronomia exige equipamento de custo relativamente elevado para ser adquirido por instituições individuais. Por outro lado, é possível que pesquisadores de várias instituições desenvolvam e utilizem o mesmo equipamento que adquire, assim, o caráter de Laboratório Nacional. Recomenda-se que se crie um Programa Brasileiro de Astronomia de comum acordo entre a comunidade científica e as agências financiadoras. Tal programa deve nortear a utilização dos equipamentos existentes e o desenvolvimento de novos instrumentos. Dadas as características da pesquisa científica, um programa desta natureza é mais necessário para a Astronomia do que para outras áreas. O Observatório Astrofísico Brasileiro, já implantado e sob administração do ON/CNPq deve adquirir, na prática, o caráter de laboratório nacional. Recomenda-se que se estude a melhor forma de implementar este caráter.
- Os meios de aquisição e análise de dados em grande quantidade e velocidade são imprescindíveis para a Astronomia Moderna. Recomenda-se que se empregue especial esforço na implementação dos meios computacionais adequados à pesquisa.
- Considerando que é necessária a implantação de novos telescópios a médio/longo prazo, recomenda-se que se faça um levantamento e estudo o mais detalhado possível dos sítios astronômicos brasileiros. Que se estude a viabilidade de instalação de telescópios nos sítios de Cerro Tololo (Chile) e Chacaltaya (Bolívia).
- Recomenda-se que se estude a viabilidade de construção no país de telescópios de porte 1-3 metros e a viabilidade da aquisição de telescópio óptico/infravermelho de três a seis metros e suas implicações tecnológicas para o parque industrial brasileiro em termos de mecânica e óptica de precisão.
- Considerando-se que os grupos maiores (IAG/ON) encontrarão dificuldades crescentes para absorverem os pesquisadores recém-formados, recomenda-se que se apóie a ampliação dos grupos menores e a criação de novos centros de pesquisa.
- Grande parte dos recursos para pesquisa provém das agências financiadoras (CNPq, Finep, FAPESP, etc.), que necessitam de renovação anual ou bienal. Reco-

menda-se que deve ser permitida a alocação de recursos a programas de quatro a cinco anos de forma a possibilitar o planejamento de pesquisa a médio prazo e garantir a estabilidade de apoio a grupos já estabelecidos.

- O problema do pessoal de apoio técnico-administrativo nas universidades é de prioridade básica para o desenvolvimento da ciência. Recomenda-se que sejam criadas bolsas para técnicos do CNPq, à semelhança das bolsas de pesquisadores. A forma de concessão da bolsa deve ser estudada pelo Comitê Assessor.
- Existe ainda uma real necessidade de se importar equipamentos e componentes de vários tipos para realizar pesquisas no Brasil. Recomenda-se que as universidades e outros órgãos de pesquisa tenham maior facilidade no processo de importação sem necessidade de autorização pela Cacex ou outros órgãos estaduais e federais. Este processo deve ser fiscalizado pelo CNPq.
- A interação científica a nível internacional é condição importante para a manutenção do bom nível das pesquisas. Recomenda-se que sejam aumentadas as possibilidades de viagens de pesquisadores para efetuarem pesquisas e participarem em congressos e simpósios. Tal recomendação é particularmente importante para os pesquisadores dos institutos do CNPq que têm dificuldades administrativas para obterem afastamento do país.
- Apesar de vários equipamentos de pesquisa estarem instalados no país, missões de observação no exterior são ainda extremamente importantes, não só pela possibilidade de utilização de equipamento de maior porte como também pela familiarização que o pesquisador adquire com novas tecnologias e novos métodos. Recomenda-se um forte apoio a estas missões.