

Reflexões sobre o passado e o futuro da astronomia no Brasil

J. A. de Freitas Pacheco

(Université de Nice-Sophia Antipolis

Observatoire de la Côte d'Azur)

Este Capítulo, que encerra a presente obra, começa apresentando depoimento memorialístico em que são destacados os eventos considerados mais determinantes para a construção da nova astronomia no Brasil. Em seguida descreve a evolução paralela das diversas subáreas que compõem a pesquisa astronômica no Brasil, culminando na situação atual com engajamento em projetos e consórcios internacionais, com capacitação já estabelecida no trato de volumosos bancos de dados astronômicos. Por fim, apresenta uma análise dos pontos fortes e fracos da astronomia brasileira, culminando com sugestões para melhorar nossa capacitação em novas técnicas instrumentais ligadas a alta resolução angular, estimular o desenvolvimento instrumental e a participação de universidades na concepção e realização de projetos astronômicos espaciais, além de uma reestruturação da SAB, assim como uma revisão de seu papel em instâncias governamentais.

Antes do início

Redigir o Capítulo final de uma obra sobre a história da astronomia brasileira, na qual diversos autores, com visões e sensibilidades distintas contribuem, é uma imensa tarefa e uma grande responsabilidade. Os riscos são importantes e a possibilidade de que os objetivos não sejam plenamente alcançados não é desprezível. Espero que, com tal salvaguarda, os leitores deste Capítulo sejam condescendentes, caso a síntese das ideias exprimidas não seja bem-sucedida.

Não existe ainda um consenso na comunidade para se acordar um marco fixando a implantação da astronomia no Brasil, isto é, fixando o momento a partir do qual grupos de pesquisa passaram a ter uma existência perene, com projetos bem definidos e desenvolvendo um programa adequado de formação de estudantes. Vários textos retrospectivos, por exemplo, Rocha Vieira e Steiner (1982), mencionam a década de 70, mas, no meu entender, os anos 60 representam melhor o período onde uma transição ocorreu na astronomia brasileira, como procurarei justificar mais adiante.

Isto não significa a inexistência de atividades em astronomia no período anterior a década de 60 no qual, muito pelo contrário, podemos destacar as ações de individualidades que muito contribuíram para o desenvolvimento da disciplina.

Certamente um dos nomes frequentemente lembrados é o de Mário Schenberg, um dos mais importantes físicos brasileiros (ver “Mário Schenberg, pioneiro da astrofísica teórica brasileira” no Capítulo “Astrofísica”, no Volume I). Schenberg, na realidade, não tinha preocupação especial com a **astrofísica**. Para ele, dentro de sua visão global, a disciplina se inseriria na física, da mesma forma que, por exemplo, o eletromagnetismo ou a mecânica estatística. Schenberg esteve muito mais preocupado com problemas fundamentais ligados à mecânica quântica, como as álgebras de Clifford ou de Grassmann¹, ou ainda com a procura de uma descrição eletromagnética do espaço-tempo, tal como descrita em um dos seus últimos trabalhos publicado na Revista Brasileira de Física² (Schenberg, 1972). Na **astrofísica**, a clarividência de Schenberg manifestou-se durante sua viagem aos Estados Unidos em 1940. Dez anos antes, Wolfgang Pauli havia postulado a existência de uma nova partícula, o **neutrino**. Schenberg, em colaboração com George Gamow, físico russo-americano, estudou a influência da captura β (beta) por um núcleo atômico, com a consequente emissão de um par de neu-

¹ Um tipo de álgebra com estrutura peculiar e com importantes aplicações na geometria e na física quântica.

² Aliás, fica em aberto a questão do por que Schenberg não submeteu esse artigo a uma revista internacional em que certamente seu trabalho teria tido maior impacto.

trinos³. Dois importantes trabalhos publicados (Gamow and Schoenberg, 1940; Gamow and Schoenberg, 1941) resultaram desta colaboração, que representam um marco no estudo das fases avançadas da evolução estelar e no entendimento do colapso gravitacional (**objetos colapsados**). Em seguida esteve no Observatório de Yerkes, onde teve a ocasião de trabalhar com Chandrasekhar⁴. Desta colaboração resultou importante artigo (Schönberg and Chandrasekhar, 1942) no qual os autores mostram a consequência dos gradientes químicos na solução das equações de estrutura interna das estrelas e a existência de um limite, conhecido como “limite de Schenberg-Chandrasekhar”⁵ que, uma vez ultrapassado, leva a estrela a evoluir fora da chamada **Sequência Principal**. Embora estes sejam os trabalhos de Schenberg em **astrofísica** com maior frequência lembrados ou citados, em 1949, numa colaboração com M. Cosyns, C. Dilworth e G. P. S. Occhialini, ele publicou artigo na revista *Nature*, sobre a possibilidade de alguns sistemas estelares binários serem fontes de **raios cósmicos**.

Após seu retorno ao Brasil, Schenberg foi diretor do Departamento de Física da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da Universidade de São Paulo (FFCL/USP) de 1953 a 1961, período em que criou o Laboratório de Pesquisas do Estado Sólido e Baixas Temperaturas, uma de suas mais importantes iniciativas em favor do desenvolvimento da física no Brasil, assim como participou ativamente para a aquisição, pela USP, de seu primeiro computador de porte. Infelizmente, Schenberg no Brasil não promoveu nenhuma ação em favor da (então quase inexistente) **astrofísica**, em particular formando ou simplesmente atraindo estudantes que pudessem ser encaminhados futuramente para tal disciplina. Pelo seu carisma, teria certamente antecipado a implantação da **astrofísica** no Brasil, caso tivesse sido essa uma de suas preocupações.

Do ponto de vista do desenvolvimento institucional, devemos mencionar o nome de Lélío Itapuanbyra Gama, matemático e astrônomo que participou da criação do Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq), foi um dos fundadores do Instituto de Matemática Pura e Aplicada (IMPA) e seu primeiro diretor (1952 a 1965), acumulando esta função com a direção do Observatório Nacional (ON)⁶. Apesar de ter realizado cerca de 33 mil observações da latitude

³ A reação em questão é conhecida como processo URCA.

⁴ Subrahmanyan Chandrasekhar, astrofísico e matemático indo-americano e Prêmio Nobel de Física em 1983.

⁵ O limite de Schenberg-Chandrasekhar estabelece um valor da ordem de 12-14% do hidrogênio nuclear que pode ser transformado em hélio, antes que a estrela deixe a **Sequência Principal**.

⁶ Lélío Gama foi diretor do ON entre 1951 e 1967, embora tenha ingressado na instituição como “calculador” em 1917.

do Rio de Janeiro durante os anos de 1925 a 1933, seus resultados foram publicados muito mais tarde, em 1977⁷. Tivessem sido publicados antes, teriam certamente contribuído a um melhor conhecimento da rotação da Terra. Seu maior legado, durante os anos que permaneceu ativo no ON, foi o estudo das variações seculares do campo magnético terrestre.

Outro nome de destaque é o de Abrahão de Moraes, diretor do Instituto Astronômico e Geofísico (IAG) da USP no período de 1955 a 1970. O Ano Geofísico Internacional, IGY, (1957) permitiu a Abrahão de Moraes uma série de iniciativas em favor da modernização da instituição, em particular a instalação de uma câmara lunar de Markowitz na luneta Zeiss (colaboração com o Observatório Naval de Washington) e de um radiointerferômetro, destinado ao estudo da **ionosfera**, pelos professores Luiz de Queiroz Orsini e Hélió Guerra Vieira da Escola Politécnica (ver o Capítulo “O Instituto Astronômico e Geofísico da USP” no Volume I). Este último instrumento permitiu a Abrahão de Moraes obter registros da **passagem meridiana** dos primeiros satélites artificiais da Terra (Sputnik I e II, Explorer I) e realizar, a partir deles, importante trabalho sobre o achatamento da Terra (Moraes, 1958)⁸, que teve grande repercussão na comunidade. Além de sua atividade como cientista, Abrahão de Moraes teve a necessária clarividência ao reconhecer que, para solidificar o desenvolvimento da astronomia no país, seria preciso investir na formação de jovens, criar um observatório de porte e instalá-lo num local adequado. De fato, concluindo o texto do capítulo “A Astronomia no Brasil”, parte do livro de Fernando Azevedo, “As Ciências no Brasil”, Abrahão de Moraes escreveu:

Para que possa nosso país cooperar eficazmente para o progresso da astronomia, mister se faz a ereção de um observatório, ou a transferência de um dos existentes para uma região de clima mais propício, afastada dos grandes centros urbanos. Torna-se ainda necessário atrair para nosso meio alguns astrônomos de grande capacidade e enviar aos grandes estabelecimentos europeus e americanos, nossos jovens que se interessem pelos estudos astronômicos.

Abrahão de Moraes, até sua morte em 1970, procurou agir conforme tal linha diretriz: convidou professores estrangeiros para ministrarem cursos em

⁷ Fato mencionado também em “Imigrantes japoneses no ‘menor observatório do mundo’” no Capítulo “Astrônomos amadores”, neste Volume.

⁸ Novamente deve-se lamentar que este importante trabalho tenha sido publicado nos Anais da Academia Brasileira de Ciências (ABC), revista que, apesar de sua qualidade, não possui ampla circulação internacional.

São Paulo⁹, atraiu jovens como Giorgio E. O. Giacaglia, o qual foi preparar seu doutoramento nos EUA, enquanto que Sylvio Ferraz-Mello, Paulo Benevides Soares, Licio da Silva e eu mesmo fomos para a França. Até seu fim prematuro, esteve à frente do estudo de sítios possíveis para a instalação do futuro Observatório Astrofísico Brasileiro (OAB).

A transição dos anos 60

O IGY teve o mérito de conscientizar os pesquisadores da época, trabalhando em astronomia (e/ou geofísica) da necessidade de uma organização da disciplina e a procura de uma estabilidade institucional que garantisse a perenidade das pesquisas.

No início dos anos 60 foi estabelecido um convênio entre a (hoje extinta) Associação de Amadores de Astronomia de São Paulo (AAA-SP) que, em 1959, construiu o primeiro radiotelescópio brasileiro e a Universidade Mackenzie. Nessa ocasião foi criado o GRAM (Grupo de Rádio Astronomia Mackenzie) que futuramente daria origem ao CRAAM (Centro de Rádio Astronomia e Astrofísica Mackenzie). O GRAM foi um dos primeiros grupos a ter programas científicos bem definidos (física solar e relações solares-terrestres, entre outros), operar um radiobservatório (inicialmente no Parque Ibirapuera em São Paulo e posteriormente em Campos de Jordão e Atibaia), bem como desenvolver um trabalho de formação de estudantes. A história deste grupo confunde-se praticamente com a história da **radioastronomia** no Brasil (ver o Capítulo “Radioastronomia” neste Volume).

Em 1966, no Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) em São José dos Campos, graças a forte apoio do seu reitor, Luiz Cantanhede de Carvalho Almeida Filho, e o incentivo de Abrahão de Moraes, aliado à existência de um telescópio de 52 cm¹⁰, equipado de um fotômetro fotoelétrico (**fotometria**), constituiu-se um pequeno grupo de pesquisas, do qual fiz parte, que se dedicava ao estudo teórico e observacional de estrelas variáveis, bem como da dinâmica de satélites artificiais. No ano seguinte, com o retorno da França de

⁹ Carlos Varsavsky em 1961, que ministrou curso sobre evolução estelar, Jean Delhaye em 1963, que ministrou curso de astronomia estelar e Roger Cayrel em 1966, que ministrou curso sobre atmosferas estelares.

¹⁰ O observatório do ITA foi inaugurado nos fins dos anos 60. O telescópio foi projetado pelo engenheiro Bradley Young, que contou com importante colaboração do técnico A. Szulc. Tal telescópio, até hoje é o maior instrumento astronômico concebido e construído inteiramente no Brasil.

Sylvio Ferraz-Mello, o qual optou por se incorporar ao ITA, o grupo adquiriu a liderança científica que faltava. Além dos cursos ministrados, Ferraz-Mello coordenou o mestrado em astronomia do ITA, desenvolvendo com estudantes (em particular Carlos Alberto P. de Oliveira Torres e Germano Quast) um profícuo projeto de estudo de estrelas eruptivas (*flare stars*).

Também nos fins dos anos 60, no Instituto de Física (IF) da USP foi formado um grupo de **astrofísica** teórica liderado pelo professor Jun'ichi Osada e do qual faziam parte alguns físicos ligados a Mário Schenberg¹¹, como Mauro Cattani, Normando Fernandes e L. Rocha-Barros. Este grupo, além de realizar e publicar trabalhos importantes sobre processos físicos que contribuem para a opacidade radiativa no interior das estrelas, atraiu vários estudantes de talento, facilitando bastante a implantação da **astrofísica** no IAG/USP. Os primeiros estudantes que o incipiente grupo de **astrofísica** do IAG acolheu a partir de 1971 vieram de tal grupo e os primeiros cursos de pós-graduação ministrados por professores do IAG¹², foram no IF, graças a uma iniciativa de Osada.

As instabilidades institucionais

A astronomia brasileira teve uma história deveras conturbada. Mudanças frequentes das tutelas de nossas instituições impediram, durante muito tempo, a concretização de qualquer política científica a longo prazo, dificultando o desenvolvimento e a perenidade dos grupos de pesquisa. Some-se a essas dificuldades os inúmeros conflitos de ordem pessoal registrados na história destes estabelecimentos, que constituíram verdadeiros entraves à implantação e ao desenvolvimento da disciplina no país. A estabilidade recente deve-se ao processo de redemocratização do país, ocorrido a partir de 1985.

Estas mudanças tutelares e suas consequências podem ser exemplificadas na história das nossas duas maiores instituições astronômicas, isto é, o ON e o IAG/USP.

O então Imperial Observatório do Rio de Janeiro (IORJ) foi criado em 1827 durante o reinado de d. Pedro I e vinculado ao chamado Ministério do Império. Desde sua fundação, inúmeros entraves burocráticos ocorreram, dificultando mesmo a escolha do diretor, que foi designado somente no segundo

¹¹ Então aposentado compulsoriamente pelo regime militar e impedido de frequentar o campus universitário.

¹² Estes cursos, Física dos **Raios Cósmicos** e **Astrofísica de Altas Energias** foram os primeiros ao nível de pós-graduação ministrados na USP, no campo da **astrofísica**.

império, em 1845 por d. Pedro II. Em 1865, o Imperial Observatório passou a ser subordinado à Escola Central, ela mesma sendo um desmembramento da Escola Militar. Esta subordinação permaneceu até 1871, quando foi criada a Comissão Administrativa do IORJ. Até essa data as atividades do Imperial Observatório resumiam-se ao ensino de astronomia aos alunos das escolas militares (ver o Capítulo “Ensino superior de astronomia” no Volume I).

A partir de 1871 a instituição foi reorganizada, passando a desenvolver pesquisas nas áreas de meteorologia, astronomia, geofísica e a prestar serviços como a determinação e a manutenção da hora legal (ver os Capítulos “Difusão da hora legal” e “Primeiras Pesquisas em Astronomia” no Volume I). Foi nomeado para diretor do IORJ o cientista francês Emmanuel Liais, que ficou no cargo por seis meses reassumindo, para um segundo mandato, em 1874. Liais, que tivera desavenças com o diretor do Observatório de Paris, o famoso Urbain Le Verrier que previu a existência de Netuno, teve durante o seu segundo mandato, uma séria disputa com seu colega Manuel Pereira Reis (ver o Capítulo “Ensino superior de astronomia” no Volume I). Como consequência, Liais demitiu-se em 1881 e retornou à França.

Luiz Cruls foi o sucessor de Liais e, durante sua administração, nova mudança estrutural ocorreria em 1890, logo após a proclamação da República, quando a instituição passou para a tutela do Ministério da Guerra, sob a denominação de Observatório do Rio de Janeiro (ORJ). Em 1909 foi criada a Diretoria de Meteorologia e Astronomia (DMA) no Ministério da Agricultura e, mais uma mudança: foi extinto o ORJ e criado o Observatório Nacional (ON), subordinado à DMA. Em 1921 a DMA foi subdividida em duas diretorias: uma de meteorologia e outra de astronomia, geofísica e metrologia à qual ficou subordinado o ON. A instituição teria nova tutela em 1930, o recém-criado Ministério de Educação e Cultura (MEC) onde ficaria até 1976, ocasião em que passou a ser subordinado ao CNPq. Permaneceu sob a égide do CNPq até 2000 quando foi incorporado ao Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) onde permanece até hoje. Estas consecutivas reorganizações administrativas afetaram sensivelmente o desenvolvimento de programas a longo prazo na instituição, que mostra ainda hoje sequelas de intempestivos atos administrativos passados.

O IAG teve, igualmente, um percurso administrativo turbulento, embora não ao mesmo nível daquele vivenciado pelo ON. Sua origem data da criação do Observatório de São Paulo (OSP) em 1912, na avenida Paulista. O OSP desenvolveu, na sua fase inicial, essencialmente atividades no domínio da meteorologia, uma vez que estava subordinado ao Serviço Meteorológico do Estado de São Paulo. Ainda na avenida Paulista, o OSP foi transformado em 1927 em

Observatório Astronômico e Meteorológico do Estado de São Paulo, quando Aypio Leme de Oliveira assumiu a direção da instituição. O movimento revolucionário paulista de 1930 colocou o estado de São Paulo sob intervenção federal e Aypio, procurando resguardar os interesses do Observatório, conseguiu colocar o mesmo sob a tutela da Escola Politécnica (EP) de São Paulo com a denominação de Instituto Astronômico e Geofísico (IAG). Esta situação permaneceu até fins de 1931, quando o Observatório recuperou sua autonomia, conservando no entanto o seu novo nome. Posteriormente, em 1942, o IAG foi anexado à USP, já em suas novas instalações no Parque do Estado, graças a uma iniciativa de Aypio Leme. Somente em 1972, logo após o falecimento do sucessor de Aypio, o professor Abrahão de Moraes, foi o IAG transformado em unidade universitária.

Constantes alterações das tutelas com consequentes mudanças estruturais, não foram apanágio do ON ou do IAG, tendo sido verificadas em maior ou menor escala na história de outras instituições, como na do atual Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Se a proclamação da República e o movimento constitucionalista paulista afetaram respectivamente as estruturas do ON e do IAG, é lícito levantarmos a questão das consequências do golpe militar de 1964 no curso da história da astronomia brasileira.

O Ato Institucional nº 5, ou simplesmente AI-5, suspendia todas as garantias constitucionais e, em particular, o *habeas corpus*. Associado a forte censura dos meios de comunicação, a sociedade brasileira vivia sob um regime de terror que, entre 1968 e 1974, ficou conhecido como os “anos de chumbo”. Face a tal situação, na época, o único foro utilizado pela comunidade científica para debater e expressar suas opiniões, era a reunião anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC). Outras sociedades, como a Sociedade Brasileira de Física (SBF), organizavam suas assembleias anuais com a da SBPC, o que permitia uma mais ampla participação da comunidade acadêmica e uma certa segurança em reunir-se. Era natural que, nesse momento de transição, surgisse a ideia de se criar uma sociedade que reunisse os astrônomos nos moldes da SBF. Tal agremiação, além de congregar a comunidade astronômica, deveria zelar pelas liberdades acadêmicas, estimular o desenvolvimento da astronomia no país, sendo um foro de debates sobre os grandes projetos de interesse comunitário, contribuindo assim à política científica do governo. Este último e fundamental papel da sociedade só acabou ocorrendo no fim do governo Lula, quando a Sociedade Astronômica Brasileira (SAB) teve ação preponderante na preparação do Plano Plurianual para a Astronomia, solicitado pelo MCT.

No entanto, embora a maioria dos astrônomos de diferentes instituições fosse favorável a tal iniciativa, alguns eram reticentes e mesmo contrários, devido ao clima político reinante. Argumentava-se que já existia a Comissão Brasileira de Astronomia (CBA) e que teríamos uma superposição inútil de entidades. Tal argumento era totalmente inconvincente, pois o papel da CBA era o de representar o Brasil (via CNPq) na União Astronômica Internacional (IAU), pouco ou nada tendo a ver com os objetivos pretendidos para a futura SAB (Freitas Pacheco, 1994). Nas vésperas da reunião fundadora da SAB, ocorrida em 16 de abril de 1974, o diretor do ON, Luiz Muniz Barreto, em uma reunião privada disse-me que estava cometendo um sério “erro político”, criando um “sindicato” de astrônomos e que, face aos meus antecedentes (políticos), tal ação seria mal-vista pelo governo, o que poderia colocar em risco a implantação do OAB, cujos recursos haviam sido recentemente aprovados. Após longa e áspera conversa, sem que os limites da cordialidade tivessem sido ultrapassados, Muniz Barreto decidiu participar da reunião que deu origem à SAB (ver o Capítulo “Organização da Comunidade Astronômica” neste Volume). Este episódio menor ilustra como, na época, as ações de dirigentes estavam de certa forma condicionadas à atmosfera reinante, imposta pelo regime de exceção em que vivíamos.

A eleição, embora indireta de Tancredo Neves em 1985, encerrou o período de governos militares no Brasil e, pouco a pouco, o processo de redemocratização foi retomado. No entanto, durante minha administração do ON, entre 1979 e 1981, nos últimos anos do regime militar, ocorreram fatos que merecem ser aqui mencionados, pelas consequências que tiveram para a astronomia brasileira.

Em 1979, Mário Henrique Simonsen assumiu o Ministério do Planejamento e convidou Maurício Matos Peixoto para a presidência do CNPq. Peixoto, matemático de reputação internacional e, igualmente, um dos fundadores do IMPA, reuniu ao seu redor pesquisadores de renome para constituir o novo corpo diretivo do CNPq, designando, em particular, o professor Oscar Sala como responsável pelos institutos subordinados à entidade. Foi nesse contexto que, convidado por Peixoto e Sala, aceitei o convite para dirigir o ON, tendo como objetivo maior dinamizar as atividades de pesquisa da instituição.

Nesse momento, o CRAAM estava vinculado ao ON/CNPq através de convênio estabelecido em 1976. Esse acordo foi uma consequência de instabilidades institucionais existentes na Universidade Mackenzie que, apesar da importância e da relevância científica do CRAAM, não se dispunha mais a assegurar as despesas salariais e a manutenção dos equipamentos¹³ (Kaufmann, 1994). Em fins de 1979 preparava-se a inauguração do então OAB,

¹³ Ver o Capítulo “Radioastronomia” neste Volume.

que ocorreria oficialmente em fevereiro de 1981, embora a fase de testes dos instrumentos e de operação das instalações tivesse sido iniciada em 1980. Preocupado com a questão da fragilidade deste novo laboratório, sobretudo pela inexistência de uma massa crítica de pesquisadores e técnicos, Oscar Sala levantou a possibilidade de ser criado um “Centro Nacional de Astrofísica” incorporando a **radioastronomia** (CRAAM) e o setor **óptico** (OAB). Tal centro, se criado, seria de grande relevância para a disciplina, não só porque congregaria um número adequado de pesquisadores e técnicos, mas também porque produziria grande impacto no desenvolvimento das pesquisas astronômicas no país. Estes aspectos favoreceriam a estabilidade institucional do Centro e justificariam o pleito aos órgãos de governo, de um orçamento próprio e adequado. Tal ideia foi proposta ao Conselho Técnico e Científico (CTC) do ON, produzindo uma onda de choque causada muito mais pelo fato de que alguns tinham reticências em perder o poder e a influência pessoal em favor dos interesses maiores da coletividade. Em face de tais reações, a proposta foi retirada para que fosse melhor discutida na comunidade.

Entrementes, um nível de turbulência bastante elevado estava presente no Ministério do Planejamento e Simonsen, após cinco meses, solicitou sua exoneração. Até hoje não se conhecem exatamente as causas que levaram à sua saída do Planejamento, mas supõe-se que tenham sido divergências com Antônio Delfim Netto na utilização dos recursos do IV Plano Nacional de Desenvolvimento (PND). Simonsen foi interinamente substituído pelo general Golbery do Couto e Silva que, após cinco dias, passou o cargo a Delfim Netto. O novo ministro do Planejamento decidiu colocar “pessoas de sua confiança” em órgãos subordinados e, em particular, no CNPq. Desta forma Maurício Matos Peixoto foi substituído em 1980 por Lynaldo Cavalcanti de Albuquerque, talvez o dirigente que tenha realizado a pior administração da história do CNPq.

Assim, no momento em que era debatida a criação ou não do Centro Nacional de Astrofísica, fomos surpreendidos por uma decisão do novo presidente do CNPq de transferir o CRAAM para o INPE. Tal transferência, desejada pelo chefe do CRAAM, Pierre Kaufmann, foi baseada num parecer elaborado pelo professor José Goldenberg. Deve ser enfatizado o fato de que o suposto mediador, o professor Goldenberg, jamais ouviu a direção do ON, jamais consultou as atas do CTC que relatavam os debates ocorridos e jamais procurou conhecer a opinião dos pesquisadores, os maiores interessados. Tal decisão da presidência, baseada num relatório que pode ser considerado, no mínimo, como parcial, revela um autoritarismo típico do regime vivido até 1985. Mesmo no seio do próprio CRAAM tal decisão não foi bem recebida e alguns pesquisadores, como Jacques Lépine, Maria Alcina Brás e Reuven Opher decidi-

ram não ir para São José dos Campos, o que enfraqueceu consideravelmente o grupo. Após alguns meses, os pesquisadores e técnicos do CRAAM que não se transferiram para o INPE, foram contratados pelo IAG, num esforço feito pelo diretor da época, Sylvio Ferraz-Mello. Divergências começaram a surgir entre a direção do CRAAM e a direção científica do INPE a partir de 1986, causadoras de uma nova atomização do grupo. Kaufmann e alguns pesquisadores foram para a EP/USP, enquanto os demais permaneceram no INPE. A **radioastronomia** brasileira não resistiu a esses sucessivos tsunamis pessoais e institucionais, sofreu um processo de desaceleração e não se recuperou totalmente até hoje.

Ao assumir a direção do ON em 1979, a instituição ocupava ainda o edifício histórico em São Cristóvão, que se encontrava em processo de tombamento. Por uma feliz coincidência, na mesma época, o Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT), também sediado no campus de São Cristóvão, era dirigido por Paulo de Moraes, filho de Abrahão de Moraes, com o qual mantinha relações de amizade. Soube então, por Paulo de Moraes, que o IBICT deveria mudar-se para Brasília e que diversos órgãos públicos ainda sediados no Rio de Janeiro estavam interessados em ocupar o edifício que seria liberado. Era uma oportunidade de ouro para o ON que não deveria ser perdida. A recuperação da sede do IBICT foi uma ideia imediatamente encampada pelo professor Oscar Sala e Maurício Mattos Peixoto, os quais tudo fizeram, antes de serem substituídos por Lynaldo Cavalcanti, para que o ON tivesse novo edifício-sede, que estivesse de acordo com suas ambições de desenvolvimento. É preciso ficar bem explícito, que o projeto de ocupação do edifício do IBICT pelo ON previa, igualmente, que as instalações antigas dariam origem a um museu de astronomia vinculado ao ON.

A instituição passava por momento de intensa reorganização, como mencionado anteriormente e mudanças sempre acarretam conflitos de interesses. Por razões de política científica e com o aval do CTC, um novo chefe para o Departamento de Astronomia foi indicado. Um novo choque se produziu, mas fora do âmbito do ON e, mais uma vez, uma forte interferência externa se fez sentir, com uma dimensão quase que inimaginável. Roberto Marinho, presidente das organizações “O Globo”, interveio diretamente junto à direção do CNPq para “exigir” a reintegração de Ronaldo Rogério de Freitas Mourão no cargo de diretor do Departamento de Astronomia. Como consequência, recebi um telefonema do presidente do CNPq, Lynaldo Cavalcanti, solicitando a recondução de Ronaldo à chefia do Departamento. Expliquei as razões por que não podia atender a tal pedido e coloquei à sua disposição meu próprio cargo de diretor do ON. A resposta veio dias depois, através de decisão da presidência do CNPq, onde ficava criado o “Projeto de Memória da Astro-

nomia no Brasil e Ciências Afins” completamente desvinculado do ON e sob a responsabilidade de Ronaldo de Freitas Mourão. Fui chamado em seguida para uma reunião em Brasília, supondo que seria com o presidente do CNPq, pois a convocação viera de seu gabinete e na qual seria discutida a minha permanência ou não na direção do ON. Para minha surpresa tive, na realidade, uma entrevista com um coronel do exército que se apresentou como “assessor militar” da presidência. Durante a conversa fria, mas sempre cordial, o “assessor” perguntou-me diretamente sobre minhas convicções políticas e se a exoneração do Ronaldo Mourão tinha alguma relação com elas. Não incentivei este tipo de abordagem e mostrei imediatamente as atas das discussões tidas no CTC a respeito da situação do Departamento de Astronomia, bem como a decisão, por unanimidade dos membros, de que um novo chefe fosse indicado. O “assessor” pediu-me cópia de todos os documentos, dizendo que seria contactado nos próximos dias. Ao retornar ao Rio de Janeiro, solicitei minha demissão em caráter irrevogável, sendo substituído por Lício da Silva alguns dias depois. Após deixar a direção, permaneci ainda no ON até 1985, dedicando-me integralmente a reconstruir a pós-graduação em astronomia e geofísica em bases sólidas, tal como havia feito anteriormente no IAG em 1974.

O sonho de ter um museu ligado ao patrimônio histórico do ON foi concretizado em 1985, com a criação do Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST). Embora inicialmente se imaginasse tal estrutura vinculada ao ON, a criação do MAST permitiu congrega historiadores e especialistas em museologia, constituindo um universo quase único no país, capaz de preservar a história e procurar entender o desenvolvimento da astronomia no Brasil, bem como o de suas ciências afins (ver o Capítulo “Museu e unidade de pesquisa” neste Volume). Hoje aperfeiçoa-se o conceito de museu “vivo” onde convivem num mesmo espaço museólogos e cientistas: os primeiros desfrutam do convívio com aqueles que produzem o conhecimento, enquanto que os segundos aprendem com os primeiros como melhor transmiti-los à sociedade dentro do contexto político-social em que vivem. Um bom exemplo desta situação é o Observatório de Nice, onde o núcleo histórico concebido pelo grande arquiteto francês Charles Garnier, com contribuição de Gustaf Eiffel, convive no mesmo espaço onde se situam os edifícios atuais que abrigam pesquisadores e laboratórios. Quem sabe o ON e o MAST encontrarão no futuro um *modus vivendi* que permitirá a ambas instituições maior sinergia da qual todos terão a ganhar.

As arbitrariedades cometidas no ON durante a administração de Lynaldo Cavalcanti foram duramente denunciadas pela SBPC através do seu secretário, Ennio Candotti, em carta endereçada à presidência do CNPq. Da mesma forma, protestos em relação aos acontecimentos ocorridos no ON foram en-

caminhados ao CNPq por parte de físicos e acadêmicos do Rio de Janeiro. No entanto, é inexplicável o silêncio mantido pela SAB durante o decorrer destes episódios. Talvez, no futuro, emergjam as razões que nos permitirão entender tal comportamento por parte daqueles que representavam a SAB naquele momento da nossa história.

O Laboratório Nacional de Astrofísica (LNA)

Na análise das instituições brasileiras, o LNA merece destaque pelo impacto que teve no desenvolvimento da **astrofísica** observacional brasileira a partir da década de 1980 (ver o Capítulo “O Observatório de Montanha” neste Volume). Inúmeras teses de doutorado foram realizadas com base em dados coletados no pico dos Dias e projetos de observação a longo prazo puderam ser concretizados, como o programa de obtenção de abundâncias químicas de **nebulosas planetárias** galácticas e das Nuvens de Magalhães ou o levantamento de velocidades **radiais** de **galáxias** austrais, complementando o estudo feito no hemisfério norte pelo CfA (*Center for Astrophysics*) em Harvard. O primeiro projeto justificou junto à FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) a obtenção de recursos que permitiram a aquisição do **espectrógrafo Cassegrain** Boller & Chivens (B&C) e de um detector SIT-Vidicon (Codina Landaberry e Freitas Pacheco, 1979), enquanto o segundo permitiu a duplicação da chamada *z-machine* do CfA, ou máquina para medir velocidades **radiais**.

Em 1979 o então OAB encontrava-se administrativamente vinculado ao Departamento de Astrofísica do ON, embora seu orçamento representasse uma rubrica especial. Havia naquele momento um déficit orçamentário que impedia a finalização do pagamento do **espectrógrafo *coudé*** e das obras dos alojamentos no pico dos Dias. Esta questão foi resolvida de imediato com uma dotação orçamentária especial, obtida graças ao apoio de Oscar Sala junto à presidência do CNPq, permitindo a solução destes problemas.

Abandonada a ideia do Centro Nacional de Astrofísica, havia a necessidade de se regulamentar o acesso da comunidade aos instrumentos situados no pico dos Dias. A direção do ON apresentou então ao CTC projeto para a constituição de uma comissão de programas, cujos membros seriam indicados pela comunidade¹⁴. Além disso, o projeto incluía proposta para a

¹⁴ Por razões práticas, um ou dois membros do OAB teriam assento permanente em tal comissão.

distribuição do tempo útil do telescópio, baseada no procedimento adotado em observatórios como o ESO (*European Southern Observatory*) ou o Observatório Nacional de Haute Provence. Em outras palavras, cerca de 10% do tempo de utilização seria atribuído ao chamado tempo de engenharia, ou seja, tempo necessário para manutenção e reparos e outros 10% para o chamado tempo de *commissioning*, no qual as equipes que desenvolvem os instrumentos possam testá-los, ajustá-los e realizar as primeiras observações, como retribuição ao investimento feito no desenvolvimento do equipamento. O projeto definia ainda a questão das observações dos “alvos de oportunidade” (**supernovas** e outros eventos inesperados) e suas prioridades em relação aos programas de observação usuais.

Deve-se salientar que, embora o porcentual dos tempos de engenharia ou *commissioning* pudesse variar, tal procedimento é comum em todos os grandes observatórios. No entanto, parte da comunidade interpretou tal proposta como sendo por demais favorável ao ON, que acabaria tirando proveito da distribuição do tempo de uso do telescópio, em detrimento das demais instituições (ver “Desvendando o universo com grandes mapeamentos” no Capítulo “Empreendimentos internacionais” neste Volume). A esta controvérsia veio somar-se a questão do uso da *z-machine* pela comunidade. Como mencionado anteriormente, o detector Reticon mais o sistema de aquisição de dados constituíam uma duplicação feita pelo CfA do equipamento operando no hemisfério norte. O acordo estabelecido entre o CfA e o ON previa que a parte brasileira deveria, em contrapartida, observar uma região predeterminada do céu. Normalmente tais observações deveriam ter sido feitas durante o *commissioning*, mas, diante da não aprovação da proposta de distribuição de tempo, elas eram efetuadas através de solicitações sucessivas, tal como para os demais usuários. Ao mesmo tempo, sem que o projeto de medida de velocidades **radiais** do hemisfério sul tivesse sido completado, a comunidade exigia abertura pública do instrumento, criando um contencioso que contribuiu para que parte dos astrônomos exigisse do CNPq a autonomia do OAB. Foi um dos últimos atos administrativos de Lynaldo Cavalcanti a criação do LNA em março de 1985.

É preciso que fique bem clara a posição aqui defendida. Como mencionado anteriormente, a criação do LNA foi, indiscutivelmente, um marco para o desenvolvimento da astronomia brasileira. No entanto, talvez devêssemos ter melhor debatido a sua transformação em instituto independente. Poderíamos ter negociado, em razão das missões do OAB/LNA, um quadro mínimo de pesquisadores e técnicos, um orçamento adequado de investimentos a médio e a longo prazos que garantisse o desenvolvimento e a manutenção adequada das instalações. Mas nada disso foi feito. Pesquisadores do ON lotados em Itajubá

foram transferidos para o novo instituto e os recursos do Departamento de Astrofísica, rubrica LNA, constituíram a base de seu orçamento. Essa precariedade de meios materiais e humanos limitou por demais as ações iniciais do LNA. Sua transformação em instituto autônomo do CNPq em 1989 corrigiu boa parte dessas distorções.

Evolução da astronomia brasileira

A evolução das áreas de pesquisa em astronomia no Brasil seguiu a evolução da instrumentação disponível e dos temas que surgem como consequência de novas descobertas (ver o Capítulo “Pós-Graduação em Astronomia” neste Volume). Ainda no século 19, durante a fase histórica do ON, cometas e trânsitos dos planetas internos pelo disco solar eram os temas privilegiados. Já no século 20, antes da transição dos anos 60, os estudos estavam voltados para a determinação de órbitas de estrelas binárias visuais e de **asteroides**. A **astronomia fundamental** sofreu renovação na fase de transição com a instalação de um moderno **círculo meridiano** Zeiss e de um **astrolábio Danjon** no Observatório Abrahão de Moraes em Valinhos, SP, e, posteriormente, de um segundo **astrolábio Danjon** no ON. O **astrolábio**, com modificações adequadas, teve nova vida com as observações do diâmetro solar, trabalho feito em colaboração com o *Centre d'Études et de Recherches en Géodynamique et Astrométrie*¹⁵ (CERGA) do Observatório da Côte d'Azur (OCA). A descoberta de variações do diâmetro solar com um período da ordem de mil dias (sinal significativo presente tanto nos dados do hemisfério norte quanto nos do sul), sem uma explicação adequada até a presente data, causou grande impacto na comunidade (embora exista igualmente um certo ceticismo quanto à realidade do efeito) motivando o lançamento do satélite *Picard*, que efetua atualmente tais medidas a partir do espaço, onde não existem efeitos e/ou correções atmosféricas. Com as observações de posições e de movimentos próprios feitas a partir do espaço¹⁶, houve declínio natural da **astronomia fundamental** feita a partir do solo.

A **astronomia dinâmica** teve grande impulso a partir da segunda metade dos anos 70 com a criação do Seminário de Astronomia Dinâmica e Matemática organizado por Sylvio Ferraz-Mello, congregando vários grupos ativos

¹⁵ Na nova estrutura do OCA o CERGA não existe mais.

¹⁶ Missão Hiparco, já encerrada e missão GAIA, com lançamento previsto para o segundo semestre de 2013.

no país. Temas variados de pesquisa como sistemas não integráveis, ressonâncias múltiplas, movimento de satélites planetários entre outros, foram abordados. Houve, igualmente, com o decorrer do tempo um declínio da atividade nestes temas, mas atualmente observa-se forte migração para o estudo dos exoplanetas, graças principalmente ao acesso dos dados de trânsitos planetários obtidos pelo satélite *CoRoT*, missão espacial europeia da qual o Brasil participa de forma minoritária. Mais ainda, acentuou-se o estudo de pequenos corpos do sistema solar, em particular daqueles com órbitas suscetíveis de cruzar a órbita da Terra (portanto com probabilidade não desprezível de impactar nosso planeta), graças ao projeto de um pequeno telescópio robótico em operação no Nordeste brasileiro pelo ON.

A **astrofísica** estelar, até fins da década de 80, constituiu a subárea mais ativa da astronomia brasileira. No início dos anos 70, o telescópio de 52 cm do ITA, o único em operação no país na época, propiciou o estudo, conforme já mencionado anteriormente, de estrelas variáveis e de estrelas eruptivas do tipo dMe¹⁷. Os resultados obtidos, explicando a variabilidade quiescente¹⁸ das estrelas dMe através de um modelo de manchas atmosféricas, tiveram grande impacto na comunidade, representando certamente um marco importante na história da disciplina. O estudo da variabilidade, embora não intrínseca, prosseguiu na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) onde se desenvolveu, a partir do fim dos anos 70, um programa de estudos de **estrelas binárias eclipsantes**. Nessa mesma época, as pesquisas em São Paulo (IAG) e no Rio de Janeiro (ON) se focalizaram no estudo das abundâncias estelares e no estudo de envoltórios de estrelas evoluídas tais como as Wolf-Rayet¹⁹, as **nebulosas planetárias**, as **estrelas simbióticas**, as supergigantes de tipo B[e]²⁰ e as estrelas Be²¹. Embora o telescópio nacional do pico dos Dias não estivesse ainda operacional, vários pesquisadores (brasileiros ou não) vindos do exterior, mantiveram colaborações com seus grupos formadores na França e nos EUA. Estas parcerias permitiram o acesso, quer seja a dados espectroscópicos de alta

¹⁷ dMe: estrela **anã** (“d” de *dwarf*) **vermelha** (**tipo espectral M**), cujo **espectro** apresenta linhas de emissão (e) do hidrogênio e cálcio.

¹⁸ Variabilidade da radiação de um astro em período de não atividade eruptiva.

¹⁹ Estrelas Wolf-Rayet ou WR, assim chamadas em homenagem aos seus descobridores, Charles Wolf e Georges Rayet, são estrelas massivas, quentes e altamente evoluídas que sofrem intensa perda de massa e se caracterizam por largas linhas de emissão em seus **espectros**.

²⁰ Estrela B[e] é uma estrela supergigante quente (**tipo espectral B**) e peculiar por apresentar excesso de radiação infravermelha e linhas proibidas de emissão denotadas por [e].

²¹ Estrela Be é uma **estrela quente do tipo espectral B**, não supergigante, cujo **espectro** apresenta linhas de emissão denotadas por “e”.

qualidade ou a telescópios bem equipados e situados em sítios adequados, que permitiram a obtenção de resultados significativos nestes campos de pesquisa.

Também na segunda década de 70, vários pesquisadores argentinos²² chegaram na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), em particular Federico Strauss²³, responsável pelo início das observações fotoelétricas com o telescópio de 50 cm situado no Morro de Santana, em Porto Alegre, que permitiu a formação de pesquisadores de talento e abriu o caminho para o estudo de aglomerados estelares.

O início das operações do telescópio do pico dos Dias acelerou o processo de formação de doutores no país, com temas de tese baseados principalmente em observações **fotométricas e espectroscópicas**. As observações estelares não se limitaram à região **óptica** e resultados de interesse foram obtidos com o uso da antena milimétrica de 13,7 m operando no Rádio Observatório do Itapetinga (ROI) em Atibaia, SP, com a qual várias fontes de **maser (maser galáctico)** de água e com emissão de monóxido de silício foram descobertas. Vários levantamentos do céu foram efetuados no país utilizando a instrumentação disponível. O levantamento de fontes infravermelhas ($\lambda = 2,2 \mu\text{m}$) feito em Valinhos (1982) em colaboração com o Observatório de Meudon, do qual resultou um novo catálogo de fontes na **banda** espectral em questão. O levantamento de abundâncias químicas de **nebulosas planetárias** austrais, efetuado durante as últimas três décadas, incluindo objetos do disco e do bojo galáctico (aproximadamente 250 objetos), sendo um dos mais completos realizados até o presente no nosso hemisfério. Mais recentemente (anos 90), podemos mencionar o levantamento de objetos jovens do céu austral, incluindo aproximadamente 500 fontes para as quais **espectros** na região de $H\alpha$ e da linha do LiI (670,7 nm) foram obtidos. Deste levantamento resultou a descoberta de cerca de 50 **estrelas T Tauri** e cerca de 110 **estrelas do tipo Herbig Ae/Be**.

No caso específico do Sol as pesquisas têm sido realizadas principalmente pelo CRAAM e pelo INPE. No que concerne ao CRAAM, estudos do Sol e em particular de sua atividade, datam dos anos 60, época da criação do GRAM. Hoje o CRAAM possui moderno radiotelescópio de 1,5 m de diâmetro dedicado a observações solares que opera em ondas submilimétricas (212 GHz e 405 GHz), instalado nos Andes argentinos (El Leoncito) em 1999. Tal instrumento tem fornecido observações valiosas para o estudo da formação e da evolução das erupções solares associadas a zonas ativas do Sol.

²² Principalmente tentando escapar do terror imposto pelo regime militar argentino e procurando melhores condições de trabalho num país que se redemocratizava. A ciência brasileira muito ganhou com essa imigração da inteligência argentina.

²³ Infelizmente desaparecido prematuramente em 1981, aos 39 anos de idade.

Na última década do século 20 houve crescimento considerável da astronomia galáctica e **extragaláctica** que, pouco a pouco, tornou-se uma das mais importantes subáreas da astronomia brasileira. Astrônomos argentinos²⁴ acolhidos pela UFRGS no fim dos anos 70 iniciaram um programa de pesquisas **extragalácticas**, com ênfase no estudo de **núcleos ativos** enquanto que, na mesma época, o retorno de Luiz Nicolaci da Costa dos EUA para o ON foi responsável pelo início de um vasto programa de estudos da estrutura em grande escala do universo (ver “Desvendando o universo com grandes mapeamentos” no Capítulo “Empreendimentos internacionais” neste Volume). Como subproduto desse programa resultaram trabalhos sobre a estrutura de grupos e de aglomerados de **galáxias**, bem como os estudos das propriedades dinâmicas e **espectroscópicas** de **galáxias elípticas**, efetuados por diferentes pesquisadores do ON. Em São Paulo (IAG) as atividades nessa subárea começaram no decorrer da década de 80 e estiveram focalizados na dinâmica de **galáxias**, grupos e aglomerados, bem como na investigação de suas **evoluções químicas**. Em particular, a existência (ou não) de gradientes de metalicidade na **Galáxia**, usando como corpos de prova **regiões HII**, **nebulosas planetárias** e mais recentemente as **variáveis cefeidas**, tem sido um programa de destaque nesta subárea. A importância das pesquisas neste domínio deve-se acentuar no futuro próximo com o acesso dos pesquisadores brasileiros aos telescópios de grande porte, voltados principalmente para a pesquisa **extragaláctica**.

A **cosmologia** constitui uma subárea particular, pois na realidade é um campo de pesquisa multidisciplinar no qual físicos experimentais²⁵ e teóricos (teoria de campos e partículas) têm tido cada vez mais papel preponderante (ver o Capítulo “Cosmologia Teórica” neste Volume). No Brasil essas atividades datam dos anos 60, graças aos trabalhos de Fernando de Mello Gomide e Mituo Uehara (ambos professores do Departamento de Física do ITA), em particular sobre as consequências da introdução *ad hoc* do **princípio de Mach** nas equações de Einstein, aplicadas para diferentes modelos cosmológicos. No início dos anos 70 a **cosmologia** começou também a se desenvolver no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) com os trabalhos de Mário Novello e colaboradores. Com a criação da Escola de Cosmologia e Gravitação em 1978 por Novello, contando em cada edição com a participação dos melhores especialistas do mundo, vários jovens foram atraídos para esta área, motivando a criação de grupos em diferentes instituições brasileiras.

²⁴ Miriani Pastoriza, Horácio Dottori e Zulema Abraham.

²⁵ Físicos dedicados à detecção direta da matéria escura.

Do ponto de vista observacional, o primeiro grande projeto resultou da colaboração entre o CfA-Harvard e o ON no início dos anos 80, como já mencionado, visando a mapear a estrutura em grande escala do universo. Nessa mesma década, voos em balões²⁶ efetuaram mapas da **radiação cósmica de fundo**, no comprimento de onda de 3,3 mm (ver o Capítulo “Astronomia espacial” neste Volume). Atualmente grupos de **cosmologia** existem em São Paulo (IAG, IF/USP, IFT/UNESP — Instituto de Física Teórica da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” — e INPE), Rio de Janeiro (ON, CBPF e UFRJ — Universidade Federal do Rio de Janeiro), Vitória (UFES — Universidade Federal do Espírito Santo) e Salvador (UFBA — Universidade Federal da Bahia). A compreensão da estrutura em grande escala do universo, bem como a determinação de parâmetros cosmológicos, como a escala acústica dos **bárions**, requer formidável esforço observacional, que necessita de intensa colaboração não só entre grupos brasileiros, mas também que inclua grupos e instituições de diversos países. O *Dark Energy Survey* (DES) é um exemplo destas grandes colaborações envolvendo cerca de 25 instituições em todo o mundo. O Brasil está representado pelo ON, CBPF, LNCC (Laboratório Nacional de Computação Científica) e o IF/UFRGS. Este levantamento deverá obter imagens em cinco cores de uma região do céu de 5 mil graus quadrados²⁷, esperando-se que sejam observadas e catalogadas cerca de 300 milhões de **galáxias**.

Um outro exemplo é o levantamento J-PAS²⁸, talvez um projeto ainda mais ambicioso que o DES, já que se espera cobertura de um quinto do céu (cerca de 8 mil graus quadrados), usando-se câmara constituída por um mosaico de 14 CCDs, contendo aproximadamente 1,2 bilhão de elementos de imagem (**pixels**). As observações serão feitas em 56 cores (54 filtros de **banda** estreita e 2 de **banda** larga), cobrindo a região espectral entre 0,35 μ m e 1,0 μ m, o que permitirá a medida de deslocamentos para o vermelho (**redshifts**) com precisão de $\Delta z \sim (0,003)(1+z)$. O projeto é essencialmente uma colaboração entre o Brasil e a Espanha, embora participem, de forma minoritária, instituições americanas.

Além da astronomia fotônica, pesquisadores brasileiros encontram-se também implicados em projetos envolvendo partículas de **altas energias** e **ondas gravitacionais** como “mensageiros cósmicos”. A física em São Paulo

²⁶ Colaboração entre o INPE e a Universidade da Califórnia, Berkeley.

²⁷ Sobre grau ao quadrado ver a nota de rodapé 24 de “Desvendando o universo com grandes mapeamentos” no Capítulo “Empreendimentos internacionais” neste Volume.

²⁸ J-PAS: Javalambre Physics of the Accelerating Universe Astrophysical Survey.

começou com a vinda de Gleb Wataghin, físico de origem russa que se encontrava na Universidade de Turim, que iniciou um programa de estudos dos **raios cósmicos** (ver o Capítulo “Pesquisas em Raios Cósmicos” neste Volume). Com seus colaboradores brasileiros Marcelo Damy de Souza Santos, formado na primeira turma (1936) de alunos da recém-criada FFCL/USP e Paulus Aulus Pompeia, que se juntaria mais tarde (1939) ao grupo, Wataghin realizou importante trabalho sobre os “chuveiros penetrantes”, iniciando o estudo dos **raios cósmicos** no Brasil. Da mesma forma, a origem e a propagação dos **raios cósmicos** foi um dos temas de pesquisa do Departamento de Astronomia do IAG na época de sua criação, em 1972. Hoje, a participação de físicos brasileiros na colaboração AUGER envolvendo vários países, representa evolução natural de uma área de pesquisa presente nas origens do IF/USP e do IAG/USP.

Por outro lado, graças ao esforço de Odylio D. Aguiar, do INPE e uma colaboração com o IF/USP, iniciou-se em 2001 a construção de um detector esférico ressonante (**esferas ressonantes**) de **ondas gravitacionais** (detector Mário Schenberg), instalado atualmente no campus da USP em São Paulo (ver o Capítulo “Ondas Gravitacionais” neste Volume). A antena Schenberg permitirá aos físicos e técnicos implicados adquirir a experiência necessária para participar em projetos mais ambiciosos e em colaboração com cientistas de outros países, que propiciarão no futuro uma detecção direta de um sinal gravitacional. Nesse sentido o grupo do INPE, em colaboração com pesquisadores do *Jet Propulsion Laboratory* (JPL) da Caltech (*California Institute of Technology*), propuseram um **interferômetro** espacial constituído por três plataformas situadas numa órbita equatorial geoestacionária e separadas por uma distância de 73 mil km. Tal antena poderá detectar sinais gravitacionais com frequências sub-Hertz emitidos, por exemplo, por **buracos negros** supermassivos.

Uma nova temática interdisciplinar começou a se desenvolver no país no início do novo século, a **astrobiologia**. Esta subárea objetiva o estudo do aparecimento e da evolução da vida no universo e congrega, além de astrônomos, biólogos, físicos e químicos. Em 2009 o IAG decidiu instalar em seu campus de Valinhos um Laboratório de Astrobiologia (AstroLab) destinado ao estudo de micro-organismos **extremófilos**, a simulação de ambientes extraterrestres e a procura de bioassinaturas que possibilitem a detecção remota de vida.

Considerações finais

A astronomia brasileira mostra em 2013 sinais de pujança com cerca de 500 pesquisadores com título de mestre ou doutor atuando no país, sendo que a maior parte deles foi formada por instituições nacionais. A qualidade e a reputação de alguns de nossos cursos têm atraído estudantes de vários países da América do Sul. Por outro lado, as condições favoráveis para a pesquisa e de concessão de bolsas, em particular graças à política promovida pelas agências de fomento como o CNPq, CAPES e Fundações Estaduais de Amparo a Pesquisa (ver o Capítulo “Financiamento de Astronomia” neste Volume), têm atraído inúmeros pós-doutorandos de todas as partes do mundo, representando contribuição formidável para a astronomia brasileira.

O Brasil seguiu, felizmente, o processo de internacionalização da pesquisa astronômica quando, em 1993, aderiu ao consórcio Gemini que opera dois telescópios da classe de 8,0 m nos hemisférios norte (Havaí) e sul (Chile) (ver “Participação do Brasil em consórcios internacionais” no Capítulo “Empreendimentos internacionais” neste Volume). Em face da contribuição financeira do país, a comunidade tem direito a 2,5% do tempo de observação²⁹. O acesso a telescópios de tal porte representou um passo decisivo para o desenvolvimento das observações **extragalácticas** por astrônomos brasileiros. Um segundo passo foi dado em abril de 2004 com a inauguração do *Southern Astrophysical Research Telescope* (SOAR), situado em Cerro Pachón (Chile), não muito distante da localização do telescópio Gemini Sul. O observatório SOAR é o resultado de uma colaboração entre o Brasil e os EUA, representados pelo MCTI, *National Optical Astronomical Observatory* (NOAO), Universidade da Carolina do Norte (UNC) e a Universidade do Estado do Michigan (MSU). O SOAR está equipado com um telescópio de 4,1 m de diâmetro com **óptica ativa** constituída por 120 atuadores eletromecânicos. O instrumento deverá ser dotado brevemente de um módulo de **óptica adaptativa**, permitindo o imageamento de objetos celestes com uma **resolução** próxima do limite de difração, num campo de 3' de arco e abrindo novas perspectivas para observações de alta **resolução** angular.

Mais recentemente, o país efetuou novo esforço alugando noites³⁰ para aumentar nosso potencial observacional no CFHT, telescópio Canadá-França-Havaí (3,6 m de diâmetro) situado no monte Mauna Kea (Havaí) a 4.200 m de altitude. O instrumento está equipado com a chamada MegaCam, um mosaico de CCDs similar ao que será utilizado no levantamento J-PAS, fundamental

²⁹ Entre 2013 e 2015 o percentual será de 6,3%.

³⁰ No período 2009 a 2011 e renovado para o período 2012-2015.

para o imageamento profundo de aglomerados de **galáxias** e levantamento de dados para o estudo da teia cósmica.

Deve-se mencionar ainda a possibilidade que o Brasil, via pesquisadores do ON, integre o projeto do Grande Telescópio Sinótico (GTS) a ser instalado igualmente em Cerro Pachón, cuja operação está prevista para 2022³¹. Trata-se de instrumento de grande abertura visando efetuar, em 6 filtros, levantamento de uma área do céu da ordem de 20 mil graus quadrados. Visa-se detectar objetos transientes como **supernovas**, variações luminosas em **galáxias** causadas pela destruição de estrelas por forças de maré devidas a **buracos negros** e objetos com grande movimento próprio, tais como os **asteroides**. Espera-se que com o GTS sejam catalogadas 3 bilhões de **galáxias** com **redshift** fotométrico³².

Além disso, ao que tudo indica, a adesão do Brasil ao ESO deverá se efetivar no decorrer de 2013³³. Isto representará, certamente, novo marco para a astronomia brasileira, não só pela participação do país nessa prestigiosa organização internacional, mas também porque a comunidade terá que desenvolver uma nova filosofia de trabalho, diferente daquela com que até agora conviveu. Primeiramente porque em boa parte do tempo de observação dos grandes telescópios do ESO, o modo interferométrico é utilizado. Isto significa que, em combinações com dois telescópios (dois da classe de 8,0 m ou um de 8,0 m e outro auxiliar de 1,6 m), a quantidade física medida é a **visibilidade das franjas de interferência**, seja em filtros de **banda** larga, seja em filtros de **banda** estreita. Em breve será possível a recombinação do feixe de 3 telescópios, o que permitirá a recuperação da fase e a consequente obtenção de imagens de síntese, abrindo novas perspectivas para a pesquisa estelar e **extragaláctica**. Torna-se urgente que os pesquisadores brasileiros se familiarizem com essas técnicas, tanto do ponto de vista da aquisição quanto do tratamento de dados, para melhor aproveitamento do potencial desses telescópios.

Por outro lado, o desenvolvimento de novos instrumentos é feito através de concorrências abertas pelo ESO entre os países-membros. As equipes das instituições participantes dessas concorrências têm tempo de observa-

³¹ Previsão talvez irrealista uma vez que o instituto associado ao projeto não dispõe ainda do orçamento necessário.

³² O deslocamento para o vermelho de uma **galáxia** ou **quasar** não é medido espectroscopicamente (ver **espectroscopia**), mas fotometricamente (ver **fotometria**) com filtros de **banda** larga.

³³ Em 22/4/14 o processo de ingresso do Brasil no ESO encontra-se na Câmara dos Deputados à espera apenas da aprovação final da Comissão de Finanças e Tributação para em seguida ser enviado ao Senado e, finalmente, à Presidência da República.

ção garantido (*commissioning time*), assim como alvos prioritários³⁴, o que as coloca nas condições mais favoráveis para realizar descobertas de impacto. É necessário que nossas instituições se preparem para responder tais concorrências, uma vez que o desenvolvimento instrumental é o calcanhar de Aquiles da astronomia brasileira (ver o Capítulo “Desenvolvimento de Instrumentação” neste Volume). Desta forma, os grupos brasileiros poderão participar do desenvolvimento dos projetos de vanguarda e das observações com tempo garantido.

Esta plethora de projetos será (e já está sendo) uma fonte formidável de dados que necessitarão ser armazenados e gerenciados. Além disso, dados obtidos por diferentes observatórios no solo e no espaço estão sendo colocados à disposição da comunidade internacional via *International Virtual Observatory Alliance* (IVOA), o qual desenvolve igualmente as ferramentas informáticas adequadas para facilitar a manipulação dos dados disponíveis. No Brasil, várias iniciativas vão nesse sentido e, entre elas, podemos mencionar o BraVO (*Brazilian Virtual Observatory*) e o LIneA (Laboratório Interinstitucional de e-Astronomia) que colaboram com o IVOA. O primeiro congrega grupos do INPE, LNA, IAG e UFSC (Universidade Federal de São Carlos), enquanto o segundo reúne grupos do ON, CBPF e LNCC objetivando gerenciar e distribuir para a comunidade os dados resultantes destas várias colaborações internacionais, em particular aqueles resultantes do DES.

Como já mencionamos, o desenvolvimento instrumental é um dos pontos fracos da astronomia brasileira já que, exceção feita ao LNA e ao INPE, a grande maioria das instituições não dispõe de engenheiros instrumentistas e de laboratórios adequados. A título de comparação, o OCA³⁵ na França possui uma relação entre o número de engenheiros e o número de pesquisadores ligeiramente superior à unidade o que, por razões diversas, é praticamente impossível de se obter em nossas instituições universitárias.

Um outro ponto fraco é a pesquisa astronômica feita através de plataformas espaciais. No início dos anos 80, graças a colaborações com a França (principalmente) e os EUA, vários experimentos embarcados em balões estratosféricos lançados pelo INPE em Cachoeira Paulista, SP, foram realizados. Entre eles podemos mencionar o projeto *Source*, constituído por um telescópio para detectar **raios γ** (gama) com energias da ordem de 1 MeV e com uma **resolução** angular de 30°; o

³⁴ Nesse sentido, a cada semestre o investigador principal do instrumento envia à Comissão de Programas do ESO a lista dos alvos protegidos, exclusivos do *commissioning*.

³⁵ Esta situação não é particular do OCA, mas ocorre nos grandes observatórios franceses como o de Paris-Meudon, Marselha, Grenoble, entre outros.

projeto FUVÉ, constituído por pequeno telescópio com um detector ultravioleta (UV) intensificado, com o qual imagens UV de M31 foram obtidas e o projeto GeLi³⁶, detector de alta **resolução** espectral para observar fontes de **raios X** e γ .

Com a utilização cada vez mais frequente de satélites como plataformas espaciais, o interesse científico pelos balões estratosféricos diminuiu consideravelmente a partir da década de 90. No entanto, embora o país tenha lançado alguns satélites voltados à observação da Terra, em particular em colaboração com a China, nenhum satélite voltado para exploração do espaço exterior foi lançado até o presente. Há vários anos pesquisadores e técnicos do INPE trabalham no projeto MIRAX, satélite destinado a explorar fontes de raios X no disco galáctico, usando um sistema de máscara codificada, técnica que permite uma boa **resolução** angular das fontes extensas (ver o Capítulo “Astronomia espacial” neste Volume). No entanto, os pesquisadores devem fazer face a uma série de entraves, como falta de recursos humanos, orçamento insuficiente, que tem produzido sucessivos atrasos no desenvolvimento do projeto. A pesquisa espacial no país sofre de problemas crônicos. Uma organização complexa e ineficaz, incluindo vários órgãos e agências governamentais que se superpõem, bem como uma fraca sinergia entre os setores militares, em princípio encarregados do desenvolvimento de veículos lançadores de cargas úteis e os setores civis, encarregados das cargas em questão. Apesar do interesse estratégico, tecnológico e econômico das pesquisas espaciais, os recursos alocados pelos sucessivos governos têm sido claramente insuficientes, seja para desenvolver o Veículo Lançador de Satélites (VLS) brasileiro, seja para desenvolver um programa de satélites científicos. Além disso, é absolutamente necessário integrar as universidades no programa espacial brasileiro, bem como procurar atrair técnicos especializados de outros países que se encontrem disponíveis, seja como consequência da crise econômica, seja por razões de natureza política.

Do ponto de vista de uma política científica para a astronomia, o modelo adotado até agora está longe do ideal. É fundamental que o MCTI crie uma “Comissão Nacional de Astronomia” (CNA), tal como proposto no Plano Nacional de Astronomia — 2012, não só com um objetivo de assessoramento, mas também com a responsabilidade de organizar a avaliação periódica da disciplina e do seu planejamento a médio e a longo prazos. Tal comissão pode e deve se apoiar na SAB. Para tal, uma reestruturação da SAB se faz necessária. Comissões representando as subáreas em atividade no país devem ser criadas, permitindo uma análise dos temas pelos nossos melhores cientistas, segundo suas especialidades. Tais comissões devem periodicamente efetuar uma

³⁶ Detector constituído por um cristal de germânio-lítio.

avaliação das subáreas, propor soluções às dificuldades encontradas e traçar uma perspectiva para o futuro³⁷. Caberia à SAB realizar a síntese, discuti-la em assembleia geral e propor as conclusões finais à CNA. Tal esquema, além de democrático e transparente, permite maior comprometimento da comunidade com seu futuro, o que é indispensável para o sucesso desta nova fase da astronomia brasileira, prestes a se iniciar.

Referências

Codina Landaberry, S. J. and Freitas Pacheco, J. A. de (1979), Astronomical observations with the optical multichannel analyser of the São Paulo University, *Revista Brasileira de Física*, 9, 1, 45-77.

Freitas Pacheco, José Antonio de (1994), “Reminiscências pessoais da época da criação da SAB”, *A Astronomia no Brasil: Depoimentos*, 17-29, B. Barbuy, J. Braga e N. Leister (Eds.), São Paulo: SAB.

Gamow, G. and Schoenberg, M. (1940), The Possible Role of Neutrinos in Stellar Evolution, *Physical Review*, 58, 12, 1117.

Gamow, G. and Schoenberg, M. (1941), Neutrino Theory of Stellar Collapse, *Physical Review*, 59, 539-547.

Kaufmann, Pierre (1994), “Realizações experimentais em rádio-astronomia”, *A Astronomia no Brasil: Depoimentos*, 49-76, B. Barbuy, J. Braga e N. Leister (Eds.), São Paulo: SAB.

Moraes, Abrahão (1958), Effects of the Earth's oblateness on the orbit of an artificial satellite, *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 30, 465-510.

Rocha Vieira, Edemundo e Steiner, João E. (1982), *Avaliação e Perspectivas — Ciências Exatas e da Terra — 1. Astronomia*, Brasília: SEPLAN/CNPq.

Schönberg, M. (1972), Ellectromagnetism (*sic*) and Gravitation, *Revista Brasileira de Física*, 1, 91-122.

Schönberg, M. and Chandrasekhar, S. (1942), On the evolution of the main-sequence stars, *Astrophysical Journal*, 96, 2, 161-172.

³⁷ Tal procedimento existe na França, onde o planejamento da disciplina é feito por um órgão de governo, o Instituto Nacional de Ciências do Universo (INSU, que seria equivalente à CNA proposta) que, para tal, se apoia fortemente na Sociedade Francesa de Astronomia e Astrofísica (SF2A).