

# **Subcomissão de Astronomia Óptica da Comissão Especial de Astronomia**

Documento resumido para  
19 de março de 2010

## **Composição**

Beatriz Barbuy – Relatora  
Bruno Castilho  
Renato Dupke  
Márcio Maia  
Kepler de Oliveira  
José Renan de Medeiros  
Cláudia Vilega Rodrigues  
Luiz Paulo Ribeiro Vaz

## **Objetivos**

Este documento apresenta a situação atual da astronomia óptica brasileira com ênfase na infra-estrutura disponível. Com base nos documentos apresentados por pesquisadores e grupos em resposta à solicitação anteriormente feita pela Comissão Especial de Astronomia (CEA), listamos as necessidades dos astrônomos para consolidação e desenvolvimento da astronomia brasileira e as possibilidades práticas para este fim.

# 1. Introdução

A Astronomia profissional no Brasil obtêve impulso apenas nos anos 70. A comunidade astronômica brasileira tem tentado desde então seguir a evolução mundial da ciência e mais recentemente também da tecnologia astronômica. Alguns dos passos importantes nessa direção foram:

- a formação de doutores no exterior (ocorrido principalmente com bolsas do CNPq nos anos 60 e 70);
- a criação da pós-graduação no país nessa área, e posterior orientação de novos doutores no Brasil;
- o início da operação do Observatório do Pico dos Dias em 1981, com telescópio de 1.6m;
- a associação ao projeto Gemini em 1994, com participação de 2.5% em 2 telescópios de 8-m instalados no Chile e Havaí, com observações realizadas desde 1999;
- a associação ao consórcio *Southern Astrophysical Research Telescope* (SOAR), telescópio de 4-m no Chile, com participação de 34%, com observações a partir de 2004;
- e, finalmente, a construção de instrumentos para o telescópio SOAR, incluindo o instrumento *SOAR Integral Field Unit Spectrograph* (SIFS) que esta em comissionamento, e os equipamentos *Brazilian Tunable Filter Imager* (BTFI) e *SOAR Telescope Echelle Spectrograph* (STELES) a serem comissionados em 2010 e 2011, respectivamente.

Aproximadamente metade da comunidade astronômica brasileira trabalha em astronomia óptica. Os artigos publicados em 2008 e 2009 indicam uma participação de 52% em 2008 e 50% em 2009.

Alguns cargos ocupados por astrônomos brasileiros em comissões no exterior demonstram o grau de inserção internacional de nossa comunidade, dentre os quais podemos citar:

- Vice-presidência da *International Astronomical Union* (IAU), tendo esta sido a única vez em que houve um brasileiro no comitê executivo da IAU;
- Participação nos consórcios Gemini e SOAR demonstra a maturidade científica da comunidade, que abre caminho para outras parcerias;
- Realização da Assembléia Geral da IAU no Brasil em 2009, Ano Internacional da Astronomia, dando destaque ao país;
- Participação no satélite francês *CO*nvection, *RO*tation & *pl*anetary *Tr*ansits (COROT) que propiciou acordo França-Brasil;
- Participação em projetos internacionais de grandes surveys, como o *Sloan Digital Sky Survey* (SDSS) e *Dark Energy Survey* (DES);
- Participação em comitês de revisão em grandes telescópios internacionais. Já houve participação nos comitês do *European Southern Observatory* (ESO), *Hubble Space Telescope*, além daqueles dos telescópios Gemini e SOAR;
- Presença efetiva de membros brasileiros no “board” de revistas internacionais de primeira linha como *Astronomy & Astrophysics*, *Celestial Mechanics* e *Icarus*.

Além disso, salientamos o aumento considerável e sustentado do número de pesquisadores na área com alta qualificação, nas últimas décadas e a criação de novos grupos em instituições consolidadas e emergentes, muitas vezes acompanhada de novos programas de pós-graduação.

Este é um momento ímpar na história da astronomia brasileira, que encontra apoio inédito para investimentos que permitam que o Brasil passe a ser um dos atores principais na astronomia atual.

## 2. Ciência

A astronomia óptica brasileira é variada, abrangendo os principais tópicos listados a seguir, para os quais tem pesquisadores com a competência requerida para competir em nível mundial:

- ◆ Sistema solar: planetas e pequenos corpos incluindo asteróides, cometas e objetos trans-neptunianos.
- ◆ Formação e evolução de estrelas e planetas.
- ◆ Procura de planetas extra-solares.
- ◆ Estrelas variáveis, incluindo anãs brancas, variáveis cataclísmicas, binárias de raios-X, sistemas simbióticos, procura de evidências com monitoramento de surtos de raios gamma e supernovas.
- ◆ Meio interestelar, incluindo estudos de regiões HII, polarimetria de nuvens interestelares, nebulosas planetárias.
- ◆ Física de estrelas por estudo de estrelas variáveis, cromosferas, atmosferas estelares.
- ◆ Estrelas, incluindo composição química, populações estelares da Via Láctea, Nuvens de Magalhães, e galáxias próximas.
- ◆ Aglomerados de estrelas jovens (T Tauri), do disco (abertos) e velhos (globulares), principalmente através de imageamento, diagramas cor-magnitude e modelamento de populações estelares resolvidas
- ◆ Populações estelares de galáxias normais (elípticas, espirais), através de espectroscopia integrada.
- ◆ Núcleos ativos de galáxias
- ◆ Levantamentos de galáxias através de espectroscopia de baixa resolução.
- ◆ Evolução de Galáxias.
- ◆ Grupos de Galáxias, compactos, normais e fósseis.
- ◆ Aglomerados de Galáxias, Meio intergalático e Intra-aglomerado.
- ◆ Estrutura em Larga Escala no Universo.
- ◆ Caracterização da energia escura através de estudo das oscilações acústicas de bárions, das propriedades dos aglomerados de galáxias, de efeito de lentes fracas e da identificação de supernovas distantes.

## 3. Infraestrutura Atual e em desenvolvimento

A infraestrutura observacional atual é, em sua maior parte, composta por facilidades nacionais, com poucas facilidades de grupos de pesquisa. Abaixo apresentamos uma breve descrição de cada uma delas.

### 3.1. Observatório do Pico dos Dias

O Observatório do Pico dos Dias (OPD - [www.lna.br/opd](http://www.lna.br/opd)) foi inaugurado em 1981, e persiste como o melhor observatório do país, produzindo ciência de qualidade, expressa em artigos científicos, teses e dissertações, e com uma função educativa importante. O OPD conta atualmente com 4 telescópios:

- A. 1,6m Perkin Elmer - Instalado em 1980, focos Cassegrain e Coudé, Automatizado, maior telescópio em solo nacional;
- B. 0,6m Boller & Chivens - Instalado em 1992, foco Cassegrain, Automatizado, originalmente instalado no Observatório de Valinhos (USP);
- C. 0,6m Zeiss - Instalado em 1983, foco Cassegrain, Manual, não há perspectivas de

automatização;

D. 0,4m Meade - Instalado em 2007, foco Cassegrain, Automatizado, em processo de robotização.

Para estes telescópios existem os seguintes instrumentos em operação:

1. Espectrógrafo Coudé (1981), 400-100nm, R=12000,25000, Fenda
2. Espectrógrafo Cassegrain (1992), 400-1000nm, R=400-4000, Fenda - atualizado 2006
3. Espectrógrafo Eucalyptus (2003), 400-100nm, R = 4000,8000, Fibras
4. Câmara Imageadora CCD (1988), 350-1000nm, Filtros, Imagem Direta
5. Câmara Infra-Vermelha (1998), ou conjunto com (A) e (C), Filtros, Imagem Direta
6. Fotômetro rápido (1985), 350-1000nm, Filtros, contagem de fótons
7. Módulo de Polarimetria (1996), utilizada em conjunto com (D) e (E) - atualizada 2007
8. Camara imageadora SBIG (2007), 350-1000nm, Filtros, Imagem Direta

### Instrumentação Futura

O LNA está iniciando o projeto de desenvolvimento de um espectrógrafo echelle. A proposta surge no contexto dos resultados da Comissão de Avaliação da Infraestrutura Observacional do LNA, divulgado no final de 2007. O mesmo pode ser construído quase totalmente com verbas orçamentárias do LNA e em um custo estimado em material de US\$ 450mil. Como este tipo de equipamento é muito requisitado no OPD, até que o mesmo fique pronto o OPD está recebendo como doação do *Observatoire Pic du Midi* o espectrógrafo Músicos. Este é um echelle de R=30k com eficiência mediana, mas que se adapta a óptica do 1.6m sem muito esforço e pode ser utilizado até que o novo espectrógrafo entre em operação (previsão 2012).

Há ainda duas propostas para instrumentos polarimétricos:

- Uma nova câmera CCD multibanda e rápida com capacidade polarimétrica para o OPD/LNA;
- *A Fast Imaging Spectropolarimeter (FISP)* for LNA.

### 3.2. SOAR

O Brasil tornou-se sócio do telescópio SOAR em 1995. Inaugurado em abril/2004, O Projeto SOAR consiste de um telescópio com espelho de 4.1 metros de diâmetro, localizado no Chile, na mesma montanha, Cerro Pachon, em que se encontra o telescópio Gemini-Sul. Trata-se de consórcio entre o Brasil (33%), a agência nacional americana, *National Optical Astronomical Observatory* - NOAO (33%), a *University of North Carolina* - UNC (16.5%) e a *Michigan State University* - MSU (16.5%). O custo do telescópio foi de US\$ 28 milhões. O Brasil arcou com metade dos custos de construção, a UNC e MSU com 80% da outra metade, e o NOAO pagou US\$ 2 milhões e arcará com manutenção do telescópio por 20 anos, com uma contribuição de US\$ 2 milhões pelo Brasil em 20 anos.

O SOAR conta atualmente com os instrumentos: câmera imageadora no óptico SOI, espectrógrafo de baixa resolução no infravermelho OSIRIS, espectrógrafo de baixa resolução no óptico (com vistas a ter facilidade multi-objeto) GOODMAN, câmera imageadora no infravermelho SPARTAN. A seguir entrarão 3 instrumentos brasileiros:

- a) o *SOAR Integral Field Spectrograph* (SIFS - <http://www.lna.br/~sifs/>), está em fase de comissionamento no telescópio, e deverá estar em condições de funcionamento no primeiro semestre de 2010. Tem 1300 fibras, resultando em 1300 espectros dentro de uma região de 5"x15". A cobertura espectral é de 350-1050nm, e a resolução pode ser escolhida, chegando a R=30,000;
- b) o *SOAR Telescope Echelle Spectrograph* (STELES), com dois canais, para azul e vermelho, cobrindo a faixa espectral de 300-900nm, à resolução de R=50,000 (<http://www.lna.br/~steles/>). Seguirá para o Chile em 2011;

- c) o instrumento visitante de tipo Fabry-Perot, de grande campo, *Brazilian Tunable Filter Imager* (BTfi - [www.astro.iag.usp.br/~btfi/](http://www.astro.iag.usp.br/~btfi/)). O campo de visão é de  $3 \times 3$  arcmin<sup>2</sup>, corrigido por ótica adaptativa. Possibilitará resoluções de  $20 < R < 30000$ . Seguirá para o Chile em 2010.

### 3.3. Telescópios Gemini

O Projeto Gemini consiste de 2 telescópios com espelho de 8 metros de diâmetro, localizados um no Havaí e outro no Chile. Trata-se de um projeto de US\$ 180 milhões, em que o Brasil contribui com 2.5% do custo, num consórcio com os EUA (50%), UK (25%), Canadá (15%), Austrália (5%) e Argentina (2.5%). O pagamento para a construção pelo Brasil foi de US\$ 4.5 milhões, e a manutenção é da ordem de US\$ 700,000/ano. O Brasil tornou-se sócio do Projeto Gemini em 1993, O Gemini-Norte foi inaugurado em junho/1999, o Gemini-Sul em janeiro/2002.

Os telescópios Gemini permitem observações em comprimentos de onda desde o ultravioleta próximo, ao infravermelho médio (25  $\mu$ m). Instrumentos incluem: GMOS para espectroscopia de baixa resolução multi-objeto, ou espectroscopia de campo integral no modo IFU; vários imageadores no infravermelho próximo, e médio, com alta resolução espacial; espectrógrafo de alta resolução no infravermelho próximo Phoenix.

É importante informar que o Brasil possui produtividade de destaque dentro do Gemini. Por outro lado não participou até agora da construção de instrumentos.

### 3.4. Impacton

É o primeiro telescópio dedicado ao estudo das propriedades físicas de pequenos corpos do Sistema Solar. Tem 1m de diâmetro, e está sendo instalado no nordeste (Itacuruba, Pernambuco) e deve funcionar em modo remoto. Não é uma facilidade nacional, mas de acesso restrito a um grupo de pesquisadores.

## 4. Necessidade para manutenção, desenvolvimento e competitividade da astronomia brasileira

Foi feito um levantamento com a comunidade, que apresentou uma série de *white-papers* e painéis. Eles demonstram claramente a necessidade de telescópios de diferentes aberturas para alcançar diferentes objetivos científicos:

- telescópios de pequeno porte: 2 - 4 m
- telescópios de médio porte: 6- 10 m
- telescópios de grande porte: > 20 m

A comunidade tem interesses e competências em técnicas observacionais diversificadas em diferentes regiões espectrais. Essa diversidade complementa-se no sentido de utilizar todas as ferramentas existentes para a compreensão de uma área de pesquisa dentro de uma visão multiespectral. Dentro do contexto das astronomia óptica, as necessidades instrumentais abrangem as seguintes técnicas:

- ◆ imageamento: óptico e infravermelho
- ◆ fotometria: campo grandes, levantamentos, monitoramento temporal de objetos variáveis
- ◆ espectroscopia:
  - ◆ multi objetos em média/baixa resolução no óptico e infravermelho
  - ◆ alta resolução espectral ( $\sim 50.000$ ) em telescópios de 8m

- ◆ multiobjeto em alta resolução (25.000)
- ◆ ultra alta resolução - estabilidade ~100.000
- ◆ polarimetria;
- ◆ interferometria.

Com o aumento de facilidades observacionais devem ser assegurados meios para o cumprimento efetivo dos objetivos científicos propostos. Isso inclui recursos humanos e de infraestrutura. Esses recursos humanos devem incluir suporte em geral, técnicos, além de engenheiros e pesquisadores. Deve ser propiciada mais intensa formação e contratação de profissionais para o uso otimizado das facilidades. Um exemplo de infraestrutura necessária é o acesso a recursos de processamento computacional de ponta.

## 5. Possíveis soluções

A comunidade necessita, a curto prazo, de acesso a uma grande variedade de instrumentos e telescópios. Isso pode ser conseguido através das seguintes possibilidades (não-excludentes):

- ✓ manutenção das facilidades atualmente disponíveis e aumento de sua eficiência (OPD, SOAR e Gemini);
- ✓ entrada em grandes consórcios internacionais;
- ✓ participação na construção de grande telescópios.

A médio e longo prazo isso também pode ser buscado pela:

- ✓ construção de telescópios e
- ✓ desenvolvimento instrumental,
- ✓ utilização de dados de grandes levantamentos

Esses esforços devem buscar a criação de competência que permita a liderança e primazia em projetos de instrumentação e construção de telescópio em escala internacional. Assim, não devem ser cerceadas iniciativas de desenvolvimento instrumental (embora alguns não considerem isso essencial).

Outras medidas e fatores que devem ser considerados na busca de um aumento da competência científica da astronomia brasileira incluem:

- ✓ o estímulo a iniciativas para obtenção de dados em projetos em nível internacional;
- ✓ incentivo à competitividade de astrônomos brasileiros em chamadas internacionais de tempo.
- ✓ busca de mecanismos para minimizar os entraves burocráticos envolvidos na realização de projetos.

## 6. Possibilidades relativas a facilidades

É importante manter as facilidades de astronomia observacional existentes, mas é fundamental que sejam ampliadas. Novos telescópios devem necessariamente ser instalados em sítio de ótima qualidade astronômica para justificar os investimentos realizados. Algumas das possibilidades encontram-se no Chile e Havaí. Entretanto aspectos científicos (visibilidade do centro da Galáxia e da Nuvens de

Magalhães do hemisfério Sul) e logísticos (proximidade ao Brasil, SOAR, facilidade para atuação da indústria brasileira, acesso ao mesmo céu do *Large Synoptic Survey Telescope* - LSST) fazem com que uma solução nos Andes seja mais atrativa.

Entre as possibilidades de acesso a novas facilidades, podemos mencionar:

- ✓ Grandes telescópios: Há 3 projetos em estudo, e consideramos importante nos associarmos a um deles, para não sermos alijados desse processo de desenvolvimento da Astronomia da próxima década. Os projetos são: GMT/Chile, E-ELT/Chile, TMT/Havaí, com espelhos de 24m, 42m e 30m respectivamente, todos com primeira luz planejada para 2018-2020. Em quaisquer dos projetos será feito um esforço no sentido da participação da indústria Brasileira em sua construção;
  - ✓ Consórcios: ingresso total ou parcial a observatórios internacional como o ESO, NOAO, CFHT, LSST. Notando aqui, que não há no NOAO, CFHT telescópios acima de 4m.
  - ✓ Participação em grandes levantamentos internacionais: LSST, SDSS-III, DES, PAU-Brasil. Para tanto há necessidade de preparação de infraestrutura de armazenamento e transporte de dados, capacidade de processamento para a análise de volumes de dados sem precedentes na história da astronomia, além de treinamento de pessoal especializado.
  - ✓ Construção de novos telescópios: houve 3 propostas nos WPs: PAU-Brasil Sul: telescópio de 2.5m para survey de galáxias; telescópio robótico para monitoramento de fontes variáveis; U-HARPS: telescópio de 6m com espectrógrafo de ultra alta resolução para procura de planetas.
- Alguns destes projetos devem fornecer informações mais detalhadas para uma avaliação mais criteriosa da relação custo/benefício e interesse geral da comunidade nos mesmos.

## 6.1. Considerações sobre a Infraestrutura existente

A infraestrutura atual de acesso geral foi discutida em um workshop de abrangência nacional onde foram avaliados os pontos fortes e necessidades de melhora. Trabalhos mais aprofundados seguirão para que haja decisões executivas sobre os temas discutidos, mas alguns resultados das discussões merecem destaque:

- Os Observatórios OPD SOAR, e Gemini precisam funcionar com maior eficiência e novos instrumentos são necessários.
- Para melhor eficiência do telescópio SOAR um maior suporte técnico é necessário, pois atualmente parte dos instrumentos têm problemas e não são utilizados em toda sua potencialidade. Novos instrumentos previstos para 2010/11 darão novo impulso na ciência realizada pelo SOAR.
- Os telescópios Gemini não tem um conjunto de instrumentos que abrangem todas as áreas de demanda da comunidade brasileira para telescópios deste porte. Uma possibilidade é o Brasil se juntar a outros parceiros na construção de instrumentos para o Gemini, o que é um passo natural para a evolução do desenvolvimento instrumental brasileiro. Com o acesso ao Gemini a comunidade brasileira amadureceu no uso de telescópios de grande porte, o que é demonstrado pela alta produtividade e impacto dos trabalhos brasileiros. Foi destacado que é uma vantagem o Gemini ter um telescópio no hemisfério sul e outro no norte possibilitando escolha de alvos não limitada geograficamente.
- O OPD favorece experiência/prática de observação para alunos de pós-graduação, e pode fornecer dados para ciência em determinados nichos. Esta sendo realizada uma melhoria no sistema de controle que levará a possibilidade de observações remotas. É necessária a revisão do modo de operação dos telescópios para melhorar a eficiência que é baixa devido as condições climáticas.

O acesso à observação in loco e a instrumentação permitem à comunidade brasileira o conhecimento necessário para o uso otimizado das facilidades, o que ajuda também para a elaboração dos pedidos

para telescópios locais e também de infraestruturas maiores.

O desenvolvimento instrumental é desafiador para a indústria nacional em áreas como mecânica fina, eletrônica de alta performance (FPGA) e tecnologia de informação possibilitando um potencial retorno para a sociedade.

– A escolha da melhor solução em cada caso acima deve ser buscada por um estudo das peculiaridades e abrangência de cada projeto e dos interesses da astronomia brasileira. No caso dos projetos de grandes telescópios existe uma premência pela definição da participação brasileira que deve ser realizada ainda em meados de 2010, quando os consórcios estarão fechando seus parceiros.

- O estudo deve ser realizado levando em conta todas as implicações de compromissos envolvidos em uma dada decisão. Deve ser dado o suporte necessário para que as atividades científicas sejam plenamente desenvolvidas, isto implica em recursos humanos em todas as frentes (organizacional, computacional, científica, etc.). Para uma parceria efetiva do Brasil no grandes projetos astronômicos, em todos os níveis (científico, tecnológico e de formação de pessoal) não adianta ter só tempo nos telescópios. Qualquer que seja a solução escolhida, precisa ser assegurada a sustentabilidade de seu funcionamento, com contratação de pessoal em todos os níveis, para que os resultados almejados sejam alcançados.

## 7. Conclusão

Pela primeira vez na história, sentimos segurança em nos arvoramos a avaliar projetos antes considerados impossíveis, que se inserem em um contexto mundial inédito, combinando um desenvolvimento científico único associado a um avanço tecnológico muito rápido. Isto nos leva a buscar as seguintes metas:

- ✓ manutenção das facilidades atualmente disponíveis e aumento de sua eficiência (OPD, SOAR e Gemini);
- ✓ procurar acesso a novas facilidades, como entrada em grandes consórcios internacionais;
- ✓ verificar possibilidades de participação na construção de grande telescópios, com a possibilidade de retorno financeiro e tecnológico para a indústria nacional;
- ✓ elaborar um plano de suporte de longo prazo às atividades em astronomia envolvendo recursos humanos (científico, técnico e de suporte) e financeiros;



## Apêndice 1 - White-papers e painéis da área

A lista abaixo apresenta os títulos dos *white-papers* e painéis apresentados pela comunidade e considerados por esta subcomissão.

- ❖ Grandes telescópios da próxima década
- ❖ Funcionamento do Observatório do Pico dos Dias
- ❖ U-HARPS-Brasil
- ❖ Telescópio robótico brasileiro
- ❖ O projeto PAU-Brasil
- ❖ Formação e evolução de estrelas e planetas
- ❖ Caracterização fotosférica de estrelas
- ❖ Câmara multibanda polarimétrica para o OPD
- ❖ Aglomerados de estrelas, remanescentes e associações
- ❖ Polarimetria óptica e no IR próximo
- ❖ Participação brasileira no LSST
- ❖ Buracos negros supermassivos e atividade nuclear de galáxias
- ❖ PAU-Brasil Sul
- ❖ Pequenos corpos do sistema solar