

WHITE PAPER PARA A COMISSÃO ESPECIAL DE ASTRONOMIA DO MCT

ASTRONOMIA ESPACIAL

João Braga (INPE), Eduardo Janot-Pacheco e Laerte Sodré Jr. (IAG/USP)

Resumo: Neste documento tecemos considerações e fazemos recomendações a respeito da área de astronomia espacial no Brasil. Com base na importância crescente das observações multiespectrais de objetos e sistemas astrofísicos, aliada aos grandes avanços tecnológicos recentes que permitem o desenvolvimento de instrumentos extremamente sensíveis, a capacidade de observar o universo acima da atmosfera terrestre tornou-se imprescindível científica, tecnológica e estrategicamente para o país. Entendemos que a recente expansão da astronomia brasileira e o importante desenvolvimento econômico e social atual do país, amplamente reconhecido a nível internacional, sinalizam claramente para a urgência de se investir em instrumentação científica para operação no espaço.

Introdução:

Num contexto internacional, vários dos grandes projetos em astronomia têm sido concebidos para funcionar em plataformas espaciais. Considerando que um dos 17 temas prioritários identificados no Plano de Ação de C, T & I do MCT para 2007-2010 é o Programa Espacial, é importante e oportuno que a área de astronomia seja considerada de forma relevante no programa. As instituições com atividades em astronomia devem atuar de forma articulada e integrada no sentido de levar à Agência Espacial Brasileira (AEB) não apenas projetos que aproveitem as oportunidades existentes, mas também idéias e iniciativas no sentido de induzir novos nichos de atuação da área de astronomia no setor espacial. Além disso, é importante discutir e elaborar uma estratégia comum de participação brasileira em projetos espaciais internacionais. Isso é ainda mais relevante quando constatamos o fato de que a maioria dos grandes projetos em planejamento busca de forma intensa parcerias internacionais em virtude dos altos custos envolvidos com missões espaciais científicas competitivas.

Cenário Atual no País:

Atualmente no Brasil existem alguns projetos e iniciativas na área de astronomia espacial. É importante que, a partir dessas experiências, desenvolvamos condições de expandir de forma significativa não só a concepção de missões brasileiras mas também a participação nacional em grandes projetos espaciais internacionais. No cenário nacional, apenas o MCT/INPE conta atualmente com a infra-estrutura e os recursos humanos capazes de desenvolver satélites e seus sub-sistemas, em parceria com a indústria aeroespacial. É de grande interesse estratégico, e extremamente importante para o futuro da astronomia no país, que as universidades e outros institutos com grupos de pesquisa na área insiram-se de forma efetiva no setor espacial. Para isso, é imprescindível que seja aberto um debate com a Agência

Espacial Brasileira no sentido de induzir a abertura de novas oportunidades na área de astronomia espacial. A comunidade acadêmica deve se mobilizar para criar uma intensa demanda de forma a estimular a AEB a investir em programas, além do UNIESPAÇO já existente, que propiciem as condições financeiras e de recursos humanos necessárias para as universidades desenvolverem projetos de instrumentos astronômicos para satélites e missões espaciais. Uma participação importante delas em pesquisas a partir do espaço redundará num aumento considerável de atividades na área, trazendo benefícios concretos para a cadeia projetos-fabricação-lançamentos do país. Dentre as iniciativas brasileiras atuais, incluem-se a participação nos satélites CoRoT e HETE-2, e o desenvolvimento da missão MIRAX.

Participação na missão CoRoT

O satélite *CoRoT* (Convection, Rotation and Planetary Transits) faz parte do programa de pequenos satélites da agência espacial francesa CNES. Com peso total de 600 kg, ele utiliza uma plataforma PROTEUS (CNES-Alcatel) de órbita baixa (850 km), tendo sido lançado em 27 de Dezembro de 2006 para uma missão de três anos. Ela foi recentemente prorrogada por mais três anos (cf. <http://corot.oamp.fr/>).

A carga útil é composta de um telescópio afocal de 270 mm, uma câmera de grande campo ($\sim 3,3^\circ$ de raio, no céu), equipada com quatro detectores CCD (2048 x 2048 pixels) e eletrônica de controle, processamento e transmissão de dados. O satélite mede 4,20 x 6,00 metros aproximadamente e foi colocado numa órbita inercial polar, que permite a observação de zonas do céu livres de eclipses pela terra por cerca de 150 dias ininterruptos, constituindo isso um dos grandes trunfos do experimento. Participam da missão vários laboratórios franceses, os países europeus Alemanha, Áustria, Bélgica, e Espanha, e o Brasil, contribuindo para a carga útil ou para o segmento solo.

O satélite é dedicado principalmente à sismologia estelar (análise de pulsações não-radiais das estrelas) e à procura de exoplanetas. Para isso, o experimento faz fotometria estelar de altíssima precisão ($\Delta F/F \sim 10^{-6}$), que aliada a longos períodos de medidas em cada região do céu, tem permitido atingir a resolução em frequência de 0,1m Hz, e a detecção, pela primeira vez na história da Humanidade, de planetas do tamanho da Terra, passando em frente aos respectivos discos estelares. Os primeiros resultados científicos com o satélite foram publicados no Vol. 506, da *Astronomy & Astrophysics* (2009), onde vários brasileiros co-assinam artigos.

Cientistas brasileiros foram convidados a se engajar nessa missão espacial pelos responsáveis científicos franceses no final de 1999. Um comitê COROT-Brasil foi então criado, reunindo astrônomos de diversos centros de pesquisa do país interessados no projeto. Membros desse comitê participaram desde então das principais reuniões científicas envolvendo o satélite. O país aderiu oficialmente à missão através de acordo internacional entre a AEB e o CNES, assinado em Abril de 2002 (cf. http://www.astro.iag.usp.br/~corot/princ_3.htm).

O Brasil participa no CoRoT através de: a) a utilização da Estação do INPE de Alcântara, que permitirá aumentar em cerca de 100% a capacidade de coleta de dados; b) a participação de até 5 engenheiros/cientistas brasileiros na elaboração de "software" de calibração, correção instrumental e redução de dados; c) a participação de cientistas brasileiros nos grupos de trabalho desde a definição, observação e análise preparatória das estrelas observadas, até a análise científica dos dados. Temos os mesmos direitos que os países europeus na exploração científica dos dados O país gastou cerca de US\$ 1,5 milhões de dólares com a missão CoRot, cujo custo aproximado (sem mão de obra) foi de cerca de 120 M€. O montante, em sua maior parte, diz respeito ao custo da estação de Alcântara, que será utilizada também para o programa brasileiro de micro-satélites.

Astrônomos de instituições brasileiras de várias partes do país tem participado cientificamente da missão *COROT*, e essa participação devera aumentar nos próximos anos.

As operações financeiras necessárias à manutenção da participação brasileira no CoRoT têm sido da ordem de algumas dezenas de Reais anuais e têm sido cobertas pelas agências de financiamento nacionais (essencialmente o CNPq, Fapesp, Capes e Faperj, além da USP.)

Participação na missão HETE-2

A participação do Brasil na missão internacional HETE-2 ("High Energy Transient Explorer" - space.mit.edu/HETE), liderada pelo Massachusetts Institute of Technology (MIT), se deu através da participação do pesquisador João Braga, do INPE, na equipe de investigadores da missão e na montagem e operação de uma estação de recepção (Burst Alert Station, na faixa de VHF) na unidade do INPE em Natal, RN. O HETE-2 foi o primeiro satélite dedicado ao estudo do Bursts de Raios Gama (GRBs) e operou de 2000 a 2006, obtendo resultados extremamente importantes na área. Exemplos são a descoberta do primeiro GRB inequivocamente associado a uma supernova (GRB 030329^{1,2}) e do primeiro GRB curto para o qual um afterglow óptico foi detectado (GRB 070503³). O custo da participação brasileira no HETE-2 foi extremamente baixo, constituindo-se apenas em despesas de transporte de equipamentos de pequeno porte de São José dos Campos para Natal e algumas viagens.

Projeto MIRAX

O MIRAX (Monitor e Imageador de Raios X) é um projeto liderado pelo INPE que constitui-se na primeira missão astronômica brasileira projetada para ser lançada ao espaço⁴. O planejamento atual das missões espaciais do INPE prevê o lançamento do MIRAX em 2014, como parte da carga útil do satélite científico Lattes, que utiliza uma versão da Plataforma Multi-Missão (PMM) desenvolvida pelo INPE.

O MIRAX é um sistema imageador de raios X na faixa de 2 a 200 keV, com resolução angular de alguns minutos de arco e amplo campo de visada (~1000 graus quadrados). O objetivo científico da missão é realizar um levantamento

sem precedentes do comportamento espectral e temporal de um grande número de fontes transientes de raios X em escalas de tempo de horas a meses.

Os instrumentos do MIRAX estão sendo desenvolvidos no INPE, em uma cooperação internacional envolvendo a Universidade da Califórnia San Diego, o MIT e a Universidade de Tuebingen, na Alemanha, entre outras instituições. No âmbito nacional, o MIRAX foi aberto à participação de pesquisadores brasileiros; resultados do desenvolvimento inicial da missão, envolvendo os projetos das câmeras imageadores e simulações de ruído de fundo e de imagens, foram apresentados à comunidade em várias reuniões anuais da SAB. Pesquisadores da USP, da UFRN e da UFRS também integram a equipe científica da missão.

O custo total da missão está estimado em US\$10 milhões, sem levar em conta pagamento de pessoal (salários e bolsas) e o pagamento do lançamento, que ainda está indefinido.

O desenvolvimento do MIRAX contará ainda com voos em balão estratosférico de um protótipo denominado protoMIRAX⁵. Espera-se que esse projeto conte brevemente com um financiamento de R\$ 4,25 milhões da FINEP – em fase final de aprovação - através de encomenda vertical com recursos do Fundo Setorial Espacial (CT-Espacial). O protoMIRAX testará em ambiente quase-espacial vários sub-sistemas de hardware e software do MIRAX, e será capaz de obter imagens de fontes astrofísicas de raios X brilhantes para demonstração de técnicas inovadoras de imageamento com máscaras codificadas. Dentre os vários desenvolvimentos importantes e inovadores do protoMIRAX, inclui-se o primeiro sistema de detectores de raios X de CdZnTe para astronomia desenvolvido no país (em cooperação com o IPEN) e um sistema de controle de atitude para gôndola de balões, que será desenvolvido pela empresa COMPSIS, de São José dos Campos, parceira do projeto.

O Cenário Internacional:

Nos países com programas espaciais consolidados, incluindo os EUA, Comunidade Européia, Japão e Canadá, uma parcela importante dos investimentos é feita em missões científicas. Os grandes observatórios Hubble Space Telescope, Chandra, Swift, Fermi (EUA), XMM-Newton, Integral (ESA), Suzaku (Japão), entre outros, atualmente em operação, consumiram frações significativas dos orçamentos de seus respectivos programas espaciais, o que demonstra a concepção vigente nesses países de que missões científicas espaciais não só trazem grande prestígio às nações que as desenvolvem, como também propiciam importantes oportunidades para desenvolvimentos tecnológicos de ponta.

Nos países em desenvolvimento, o cenário também já começa a se desenhar nessa direção, como mostram as iniciativas recentes da Índia (*ASTROSAT*) e da China (*Space Hard X-Ray Modulation Telescope*), além de projetos importantes da Rússia. O exemplo da Índia é paradigmático, uma vez que esse país iniciou suas atividades espaciais da mesma forma e na mesma época que o Brasil: experimentos de pesquisa da alta atmosfera e ionosfera a bordo de

foguetes na década de 60. No entanto, hoje a Índia investe mais de US\$ 1 bilhão no seu programa espacial e tem uma vasta carteira de projetos espaciais em satélites, uma missão à Lua (Chandrayaan-1) e uma família muito bem sucedida de veículos lançadores (vide www.isro.org). No caso da China, que aparentemente investe mais de US\$ 2,2 bilhões por ano em seu programa espacial, o rol de projetos e atividades é extremamente vasto, envolvendo inclusive missões tripuladas (vide, por exemplo, en.wikipedia.org/wiki/Chinese_space_program). Na verdade, no domínio do espaço, o Brasil é a única exceção entre os BRICs. É necessário e estratégico que o Brasil aumente significativamente o patamar orçamentário de seu programa espacial, hoje na faixa de R\$ 200 milhões anuais, para que o país possa se tornar competitivo tanto nas áreas de aplicações (sensoriamento remoto, meteorologia, telecomunicações e navegação) como na áreas científicas, em particular a astronomia.

Outro aspecto importante a ser considerado é o fato de que os grandes projetos de observatórios da NASA, da ESA e do Japão têm procurado de forma crescente a participação de outros países em função dos altos custos envolvidos. Nesse contexto, é imprescindível e estratégica a inserção o Brasil nesses projetos, sob pena da astronomia do país privar-se de meios importantes de observação fora da atmosfera e passar a não ser competitiva a médio e longo prazos.

Projetos internacionais a médio prazo

O Brasil (por iniciativa de alguns pesquisadores) já está engajado formal ou informalmente em quatro projetos do programa “ESA COSMIC VISION 2015-2025” (<http://sci.esa.int/science-e/www/area/index.cfm?fareaid=100>). Eles são os satélites PLATO (http://www.lesia.obspm.fr/perso/claude-catala/plato_web.html), EUCLID (<http://www.mpe.mpg.de/opinas/projects/Euclid%20nip%20text+pict.htm>), SPICA (http://www.ir.isas.jaxa.jp/SPICA/h2I2_spie/h2I2.html) e MARCO POLO (<http://sci.esa.int/science-e/www/object/index.cfm?fobjectid=46019>). No caso dos dois primeiros, nossa participação, a exemplo do CoRot, ocorreria sob a forma de trabalho de software e partes mais simples de hardware, além de trabalho científico na fase de pré-lançamento. No caso do SPICA, que operará no IV, participaríamos com manpower para desenvolvimento instrumental (detectores/analísadores) e redução de dados.

Recomendações Gerais:

Considerando o cenário internacional e o estágio atual do Brasil na área de astronomia espacial, resumidos neste documento, fazemos as seguintes recomendações para consideração da Comissão Especial de Astronomia do MCT:

- As instituições brasileiras com atividades em astronomia devem se articular com o INPE para desenvolver em conjunto um programa robusto de desenvolvimento de instrumentos astronômicos espaciais para observações astronômicas em todos os comprimentos de onda, principalmente nas faixa mais afetadas pela absorção atmosférica (infravermelho, ultravioleta, raios X e raios gama).

- A AEB deve ser chamada pela comunidade astronômica (professores das universidades e pesquisadores dos institutos de pesquisa) para um debate nacional a respeito da importância do desenvolvimento de satélites científicos para o país, com ênfase nas missões de observação do universo; a AEB deve ser estimulada a definir uma estratégia de investimentos de recursos financeiros e humanos na área de astronomia espacial nas universidades e nos institutos de pesquisa de modo a permitir o desenvolvimento de projetos, seleção, construção, lançamento e operação de plataformas espaciais de interesse científico.
- O MCT deve criar mecanismos que permitam o aproveitamento otimizado, de forma articulada e participativa entre as instituições, das oportunidades de inserção do país em grandes projetos internacionais de satélites e/ou missões espaciais na área de astronomia, astrofísica e cosmologia.
- O MCT deve recomendar ao Governo Federal que haja um aumento gradual acelerado do orçamento da AEB, afim de que o Brasil atinja nos próximos cinco anos um patamar de investimentos em ciência espacial uma ordem de grandeza maior do que o atual e compatível com o esperado de uma nação de seu porte.
- As universidades devem incentivar a introdução progressiva de temas de astronomia e tecnologia espacial nos cursos de graduação existentes no país.

Recomendações específicas para 2010:

- Criação de um grupo de trabalho para coordenar as atividades de astronomia espacial no país, organizado pela SAB.
- Estimular a AEB a apresentar um edital para desenvolvimento de pré-projetos que objetivem encontrar nichos científicos para serem explorados em missões espaciais. Este tipo de ação permitirá incorporar setores do mundo acadêmico que até o momento não tiveram oportunidade ou interesse em se envolver com projetos associados às atividades espaciais. Para esta iniciativa sugerimos um montante inicial de dois milhões de reais (R\$2.000.000,00).
- É necessário ampliar o interesse pela astronomia espacial, principalmente entre os jovens que estão se aproximando da Astronomia. Propomos a realização de uma Escola de Astronomia Espacial e Tecnologia de Satélites Científicos, a ser oferecida de dois em dois anos, tendo como público alvo estudantes de graduação avançados e estudantes de pós-graduação em Astronomia e ciências afins. O objetivo desta escola será apresentar o conjunto de conceitos associados ao desenvolvimento e implementação de missões espaciais.
- A comunidade astronômica brasileira já participa ativamente da exploração dos dados produzidos por diversos experimentos no espaço, como os dados de arquivo do HST, Chandra, XMM, Fermi, WMAP, etc., além do CoRoT. Para um melhor aproveitamento desses recursos propomos a organização, a cada dois anos, de escolas *hands-on* visando disseminar os conhecimentos sobre a análise de dados e, assim, maximizar o retorno científico possibilitado por essas missões espaciais.

- Recomendamos, finalmente, que se organize o II Workshop de Astronomia Espacial no final de 2010 e que este, além de contar com a participação da comunidade astronômica, tenha também, se for o caso, representantes do setor aeroespacial, como a Embraer, a AIAB (Associação das Indústrias Aeroespaciais Brasileiras) e AAB (Associação Aeroespacial Brasileira).

Referências:

1. Ricker, R, & the HETE Science Team, 2003, IAU Circ., 8101, 1
2. Mészáros, P. 2003, Nature, 423, 809
3. Villasenor, J. et al., 2005, Nature, 437, 855
4. Braga, J. et al. 2004, Advances in Space Research, 34, 2657
5. Braga, J. et al. 2009, Advances in Space Research, submetido