

As Futuras Grandes Navegações Espaciais: a essencialidade da propulsão nuclear

The Future Great Space Navigations: how essential is the space nuclear propulsion?

Coronel Engenheiro Carlos Augusto Teixeira de Moura^{1,2}
Lamartine Nogueira Frutuoso Guimarães^{3,4}

¹ Chefe da Seção de Mobilização Aeroespacial, Ciência e Tecnologia - EMAER

² Mestre em Ciência - ITA

³ Chefe da Divisão de Energia Nuclear - Instituto de Estudos Avançados - IEAv

⁴ Doutor em Engenharia Nuclear

RESUMO

O Brasil já é um desenvolvedor e grande utilizador de aplicações espaciais. Assim como outros países emergentes, como China e Índia, o Brasil não pode abdicar da participação nas futuras explorações do espaço profundo, mesmo se sabendo das restrições impostas pelos países centrais para acesso a tecnologias sensíveis, entre as quais a nuclear e a espacial. Este artigo preconiza a necessidade de o Brasil iniciar uma linha de pesquisa em propulsão nuclear espacial, de forma a garantir a possibilidade de acesso ao espaço profundo. Para tanto, apresentam-se os argumentos para justificar que se abraça esse desafio, confrontando-se com as motivações e os ambiciosos programas de outras potências emergentes. Salienta-se a rara janela de oportunidades ainda existente, pois cresce o movimento internacional para restringir a posse de material físsil, imprescindível para a propulsão nuclear. Sintetiza-se um estudo de planejamento governamental, executado segundo a metodologia da Escola Superior de Guerra, visando ao estabelecimento dessa linha de pesquisa. Destacam-se os resultados referentes à exploração de cenários, a definição de objetivos de Estado e na proposição de uma concepção estratégica. Ressalta-se que a proposta aproveita uma infra-estrutura inicial já existente no Comando Geral de Tecnologia Aeroespacial (CTA), e que os recursos necessários são significativamente modestos frente ao potencial incomensurável da exploração do espaço profundo.

Palavras-chave: Propulsão Nuclear. Propulsão Espacial. Grandes Navegações. Programa Espacial.

Recebido: 30/04/2008

Revisado: 14/07/2008

Aceito: 25/07/2008

Autor: Carlos Augusto Teixeira de Moura, Coronel Engenheiro, Engenheiro de Infra-estrutura Aeronáutica (1980) e Mestre em Ciência, Área de Informática (1996), ambos pelo ITA. **Contatos:** Esplanada dos Ministérios, Bloco M, 4º andar – CEP 70.045-900 – Brasília, DF; tel.: (61) 3223-0880 e 3313-2668; e-mail: carlos_moura2000@yahoo.fr.



ABSTRACT

Brazil is already a developer and a great user of space technology applications. It is already known that emergent countries, such as China and India have interests in deep space exploration. Because of that it is felt that Brazil must not abdicate on the participation of future deep space exploration missions, even though considering restrictions imposed by the developed countries to this sensitive technologies, such as nuclear and space technologies. This paper emphasizes the necessity for Brazil to initiate a research line in nuclear space propulsion, in such a way to guarantee the possibility to access deep space. For such, it is presented the reasons that justify such a program. These reasons are presented thought confrontation of the motivations and the brief description of ambitious programs financed by emergent powers. It is also presented the rare window of opportunities still in existence, because it is growing the notion to restrict the fabrication and possession of fissile material, which is a must for nuclear space propulsion. A Governmental planning case study is presented according to the methodology from the "Escola Superior de Guerra", that allows the establishment of a research program in nuclear space propulsion. Emphasis is given on the results explored by case scenarios, definitions of State objectives and a proposition of a strategic concept. It is important to mention that this proposal takes advantage of an initial infra structure already in existence at the Institute for Advanced Studies from the Command-General of Space Technology (CTA), and that the initial financial resources required are significantly modest, when compared with the great potential that will come from the deep space exploration.

Keywords: *Nuclear propulsion. Nuclear space propulsion. Great space navigations. Space program.*

INTRODUÇÃO

As aplicações espaciais já fazem parte do cotidiano do brasileiro: meteorologia, comunicações e monitoramento ambiental são apenas alguns dos exemplos incorporados ao vasto leque de informações que chegam diariamente aos lares do país. A tendência é de que esse leque se amplie, e para isso o país tem investido em capacitação própria nas diversas frentes do programa espacial.

Saindo-se desse cotidiano e voltando-se mais para o futuro, outras possibilidades podem se tornar essenciais para a continuidade do progresso e da satisfação das necessidades do país. Entre elas, a exploração do espaço profundo.

Considerando-se as atuais prioridades e limitações do país, a exigüidade de recursos e a diferença de posicionamento em relação às grandes potências centrais, que já se dedicam à investigação do espaço profundo, é natural que se questione a oportunidade e a viabilidade de o Brasil se lançar também a esse tipo de desafio.

Neste artigo, sinaliza-se que a humanidade está às portas de um novo período de significativas descobertas no espaço, com perspectivas de fortes implicações para o posicionamento estratégico das nações. Aspirar e se preparar para essas futuras grandes navegações é um direito e um dever da geração atual, principalmente ao se considerar que se vive, por ora, uma janela de oportunidades para

inclusão no restrito grupo de países que conduzirão tal empreitada.

1 UMA JANELA DE OPORTUNIDADES

As grandes conquistas da humanidade não estiveram ligadas simplesmente à curiosidade e à criatividade do ser humano. Diversas motivações impulsionaram o esforço investigativo ou desbravador. Dentre esses, podem-se citar os interesses econômicos, de sobrevivência (como alimentação, saúde e proteção), de exercício e de projeção de poder. Avanços como o desenvolvimento de novos meios de comunicação, de fertilizantes, de vacinas, de técnicas e materiais de construção, de explosivos e de meios de acesso ao espaço demonstram essa multiplicidade de interesses e fatores contribuintes para o progresso científico e tecnológico.

Historicamente, portanto, as relações de poder entre as nações sempre resultaram, de um lado, em vigorosos esforços de competição (vide o caso da corrida espacial). De outro, em medidas que tolheram iniciativas de desenvolvimento tecnológico (BUSTANI, 2006), como o foram as restrições à industrialização do Brasil, no período colonial, e os cerceamentos à transferência de tecnologias duais para as nações periféricas, mormente na segunda metade do século XX.

Países como Brasil, Índia e China, com semelhanças em termos, por exemplo, da demanda de integração pelas comunicações, mas com



distintos graus de necessidade de demonstração dissuasória, empreenderam esforços para desenvolvimento de programas espaciais e nucleares. Nessa busca, tiveram que superar múltiplas formas de bloqueio no acesso às tecnologias sensíveis, críticas para a consecução de seus projetos. As diferentes motivações e a dissimilaridade da forma como concentraram e aplicaram seus recursos explicam o porquê de os resultados alcançados serem hoje tão desproporcionais.

Prosseguir com projetos espaciais mais ambiciosos, visando à exploração do espaço profundo, requererá o emprego de fontes nucleares para provimento de energia tanto para uso interno nas espaçonaves (na forma de eletricidade e/ou calor), como para sua propulsão. Isso demandará o emprego de material radioativo com grau de enriquecimento superior ao que se vem utilizando em usinas nudoelétricas.

Ora, hoje os países não-armados nuclearmente já sofrem pressões quanto às iniciativas para desenvolver processos de enriquecimento de combustível nuclear, mesmo que o objetivo seja a produção de energia elétrica. Se esse enriquecimento visar a um grau superior, mesmo que abaixo do empregado em artefatos bélicos, é natural que haverá reações contrárias ainda mais fortes. Note-se, por exemplo, que já existe uma movimentação internacional (GUIMARÃES, 2006; IPFM, 2006; e MA, 2001) que procura restringir a produção e a posse de materiais físséis (Adota-se, neste trabalho, o seguinte conceito de materiais físséis: são os materiais capazes de sustentar uma reação explosiva de fissão nuclear em cadeia (IPFM, 2006, p. 6). No caso do urânio, trata-se daquele enriquecido com 20% ou mais de U-235 ou U-233).

Nesse contexto internacional restritivo, urge que o Brasil marque posições que lhe permitam, no futuro, desenvolver um segmento de exploração espacial mais avançada, rumo ao espaço profundo.

Para tanto, deve-se tornar explícito à comunidade internacional que o país inicia pesquisas voltadas para o uso pacífico da energia nuclear no espaço, e que as respectivas necessidades de combustível, tanto em quantidade como em teor de enriquecimento, em nada correspondem a interesses de aplicação bélica. (MOURA, 2007, p. 36).

2 EXPLORAÇÃO ESPACIAL E ENERGIA NUCLEAR

2.1 QUATRO DÉCADAS DE BRASIL ESPACIAL

No século XX, os desdobramentos da Guerra Fria propiciaram o expressivo desenvolvimento das tecnologias aeronáutica, espacial e nuclear. Além das inovações ligadas diretamente à conquista de supremacia militar, houve diversos avanços tecnológicos que contribuíram para o progresso da humanidade nas ciências, na medicina e nas engenharias. Podem-se citar, dentre outras, as inovações em materiais, eletrônica, sistemas de controle, comunicações, sistemas de rastreamento, além de novas aplicações de sensoriamento remoto e de meteorologia.

A incursão do Brasil na área espacial data de meados da década de 60, tendo evoluído, ao final dos anos 70, para a definição de um programa mais ambicioso, a Missão Espacial Completa Brasileira (MECB). Buscava-se, à época, colimar esforços para consolidar a autonomia do país nos segmentos de veículos espaciais, de centros de lançamento e de desenvolvimento e operação de satélites.

Resultados distintos nos projetos de cada segmento da MECB não permitiram sua concretização conforme planejado. Além dos problemas de recursos orçamentários insuficientes e de deficiências crônicas para compor e manter equipes especializadas, houve crescente cerceamento do acesso às tecnologias sensíveis, por parte de países dos quais já se obtinham bens e serviços dessa natureza.

Esse quadro, somado ao impacto sofrido no segmento de veículos lançadores, com o acidente do VLS-1 V03 em 2003, provocou significativas críticas quanto à condução do programa espacial, assim como a proposição de ações para superar os gargalos encontrados (AEB, 2005, p. 17). Hoje, por exemplo, já não se busca necessariamente a autonomia completa da época da MECB, mas admite-se recorrer, conforme a disponibilidade e o interesse, a desenvolvimentos com participação internacional (CTA, 2007).

Na atual conjuntura, convém examinar um resumo do histórico brasileiro no espaço, conforme apresentado em Moura (2007, p. 21):



As mais de quatro décadas de atividades espaciais brasileiras foram marcadas por muito pioneirismo e por uma limitada inserção na comunidade de países que exploram científica e industrialmente o espaço. Houve progresso no desenvolvimento e na utilização dos sistemas espaciais. Todavia, os resultados ficaram aquém da autonomia visada, principalmente se for traçado um paralelo com outros dois países emergentes, do chamado grupo dos BRICs: a China e a Índia.

Esses países, embora lutando, como o Brasil, para superar diversas limitações sociais e tecnológicas, lograram estabelecer programas mais robustos, continuados e com intensivos investimentos. Hoje, no campo espacial, distanciam-se na escala de sucesso alcançado e no grau de ambição do que visam para os próximos anos [...].

Ao se discutir o posicionamento estratégico do Brasil frente às perspectivas da exploração do espaço profundo, convém analisar alguns dos interesses desses países emergentes que os motivaram a investir em programas ambiciosos, que muitos poderiam creditar apenas às grandes potências centrais.

2.2 PAÍSES EMERGENTES E O INVESTIMENTO NO ESPAÇO

As inovações tecnológicas decorrentes da conquista espacial resultaram no desenvolvimento de novos bens e serviços, com ampla repercussão na vida contemporânea, não apenas para os líderes desses programas espaciais, mas numa abrangência de escala mundial. Mais que um privilégio, o emprego de aplicações espaciais tornou-se uma necessidade para todas as nações, particularmente aquelas com vastas extensões territoriais e grande população: transporte aéreo, prospecção e monitoramento ambiental, comunicações e meteorologia são apenas algumas das aplicações que dependem substancialmente de satélites.

Portanto, países emergentes, do porte do Brasil, não podem abdicar de um consistente programa espacial. Por mais que se reconheçam as restrições orçamentárias e a competição com os investimentos diretos na área social, não há como negar a importância desse tipo de programa para o alcance das aspirações de desenvolvimento sócio-econômico, de soberania e de integração nacionais.

2.3 ESPAÇO, ENERGIA NUCLEAR E DISSUAÇÃO

No caso de países como China e Índia, houve também uma convergência de interesses

geopolíticos que impulsionou o desenvolvimento das áreas nuclear e espacial. A necessidade de demonstrar um forte poderio militar levou-os a desenvolver artefatos nucleares e vetores de longo alcance. Esse esforço nacional sem dúvida estimulou o progresso de diversos setores científicos e tecnológicos, repercutindo na abertura de outras frentes de aplicação civil, como as de produção e exploração de aplicações espaciais.

Mas os projetos não pararam por aí: a Índia já planeja sua missão lunar, e a China, tendo deslanchado seu programa tripulado, declarou também a intenção de estabelecer sua própria estação espacial em órbita da Terra e uma base na Lua, para obter material destinado à fusão nuclear (ENCYCLOPEDIA, s.d.; SELDIN, 2007; WRITERS, 2007).

Só que projetos desse porte não ficam dissociados de outras demonstrações de poder, como destacado em Moura (2007, p. 25-26):

[...] nota-se que a China pretende firmar-se como potência militar no domínio espacial. Em 2006, anunciou a intenção de desenvolvimento de seu próprio sistema de navegação por satélites, o Compass [o sistema chamar-se-á Beidou, em chinês, e Compass, em inglês] (NARDON, 2007), usando, para transmissão de sinais seguros de emprego militar e em informações governamentais criptografadas, a mesma frequência de outros sistemas de posicionamento. Isso causa, naturalmente, grandes apreensões quanto às possibilidades de interferência intencional [...].

Outra instância dessa presença militar: em janeiro de 2007, a China realizou seu primeiro teste de destruição de um satélite em órbita, utilizando um míssil balístico. Isso demonstra sua disposição de investir em sistemas de defesa para atuarem no espaço [...] uma reação à postura norte-americana de prever o uso da força contra ações contrárias a seus interesses, conforme exposto nos comentários acerca da Política Espacial norte-americana de 2006 [...]. (KAN, 2007).

É fundamental reconhecer, portanto, que embora seja desejável e haja instrumentos que promovam a utilização pacífica do espaço (AEB, s.d.; MONSERRAT FILHO, 2007), as disputas geopolíticas exercerão forte influência na continuidade da corrida espacial: o jogo não está mais restrito aos EUA e à Rússia, ou aos países congregados pela Agência Espacial Européia. Países emergentes, com diferentes motivações e posturas, lançam-se em programas ambiciosos, e isso terá repercussões tanto na exploração da órbita



terrestre, como no desbravamento do espaço profundo.

2.4 O BRASIL E AS FUTURAS GRANDES NAVEGAÇÕES ESPACIAIS

Muitos capítulos da história humana estão fortemente ligados às grandes expedições. No caso brasileiro, a própria revelação para o mundo ocidental decorreu do impulso gerado pelas grandes navegações ao final do século XV. Após a conquista dos mares, sucedeu-se o desenvolvimento aeronáutico e, finalmente, na segunda metade do século XX, descortinou-se a fronteira do espaço, que sempre desafiara a imaginação e a criatividade do ser humano.

Fortes interesses estratégicos motivaram o elevado esforço, principalmente dos EUA e da URSS, para o domínio das técnicas de acesso e permanência no espaço. Esses rápidos avanços se desdobraram, também, em aplicações civis e permitiram a abertura de frentes de interesse pela presença do homem no espaço, a ponto de se partir para a implantação de estações espaciais, em órbita da Terra, e para o envio de diversas missões não-tripuladas de exploração do espaço profundo.

Mas, quais seriam as motivações concretas para se justificar e viabilizar essa exploração?

Uma delas se deve às vantagens que podem ser obtidas em processos produtivos realizados em ambiente de microgravidade, o que poderia justificar a instalação de unidades industriais no espaço. Outra seria a obtenção de matérias-primas raras ou inexistentes na Terra, que sejam importantes para processos produtivos ou para geração de energia (ENCYCLOPEDIA, s.d.).

Eventuais bases na Lua e em Marte poderiam, também, ser um recurso logístico fundamental para viabilizar, como estações intermediárias, missões de alcance mais longínquo. Portanto, além da investigação científica para melhor compreender os fenômenos espaciais e sua implicação na Terra, a exploração espacial se torna importante para o progresso da humanidade em função do potencial de acesso a matérias-primas, a privilegiadas posições estratégicas e a novos processos produtivos.

Os investimentos de maior destaque na exploração espacial provêm, principalmente, de

países mais bem posicionados científica e economicamente, já que os desafios tecnológicos, os altos custos e as incertezas caracterizam situações de elevado risco. Mas as iniciativas de países emergentes, como a China e a Índia, demonstram a importância dessas novas fronteiras para aqueles que almejam um papel mais proeminente no concerto das nações.

As demandas brasileiras de desenvolvimento econômico (incluindo agronegócio, prospecções e explorações minerais em terra, proteção e exploração dos recursos no mar), de monitoramento ambiental e de fronteiras, de comunicações e de integração, configuram o setor espacial como de alto interesse estratégico para o país. Alcançar crescente autonomia no desenvolvimento e na exploração de serviços espaciais é uma questão de soberania.

Hoje, com a infra-estrutura já instalada de laboratórios, de centros de lançamento e de outras organizações do ramo, e com a experiência já adquirida em projetos e operação de aplicações, o país, além de grande usuário, é também um potencial provedor de serviços espaciais.

Portanto, a base científica, tecnológica e industrial, que abrange tanto o domínio aeroespacial como o nuclear, credencia o Brasil como um potencial participante ativo das futuras grandes navegações espaciais.

2.5 A NECESSIDADE DA PROPULSÃO NUCLEAR

A colocação de um satélite em órbita requer o emprego de grande quantidade de energia em poucos minutos, para deslocar o veículo lançador e sua carga útil até velocidades de dezenas de milhares de quilômetros por hora. Já no espaço, em outro ambiente e com menos massa a deslocar, as manobras demandam quantidade de energia substancialmente menor, assim como se alonga, no tempo, a periodicidade e a forma de atuação. Além disso, há outras necessidades a suprir, como energia elétrica e térmica para o funcionamento dos sistemas a bordo e para a manutenção das condições ambientais exigidas pelos equipamentos e pelos tripulantes, conforme o caso.

Para as etapas de lançamento e injeção em órbita, tem-se utilizado energia química, com



motores a propelente líquido ou sólido. Já o suprimento interno de energia costuma se dar por acumuladores químicos (baterias) que, no caso de satélites e outras sondas espaciais, podem eventualmente ser recarregados com energia solar. Daí a necessidade dos amplos painéis solares normalmente associados a esses equipamentos.

Apesar de sua grande utilidade, esses painéis não funcionam quando em zona de sombra e possuem limitações tanto de durabilidade (pois são constantemente bombardeados por partículas cósmicas que os danificam ao longo do tempo), como pela perda de eficiência à medida que se distanciam do Sol (a radiação recebida decresce com o cubo da distância). Mostram-se, portanto, inviáveis para a sustentação de missões de longa duração, mais afastadas do Sol, como é o caso da exploração do espaço profundo. Para esse tipo de missão, o conhecimento presente remete à necessidade de aplicação de diferentes formas de aproveitamento da energia nuclear.

Na figura 1, extraída de Moura (2007, p. 33), tem-se uma representação esquemática da faixa de aplicação espacial das diversas fontes de suprimento de energia, conforme os requisitos de tempo e de intensidade. Os propelentes químicos, por exemplo, atendem a requisitos de alta potência e curta duração, como demandado nas fases de lançamento dos veículos espaciais. Já a energia solar se presta ao provimento de níveis de potência

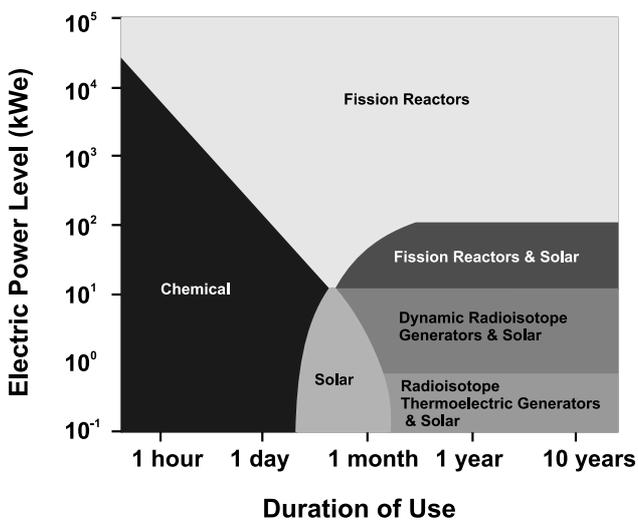


Figura 1 - Aplicabilidade espacial das fontes de energia em função da potência elétrica e do tempo requeridos (adaptado de ISHIGURO, 2007, parte IV, p. 8).

mais baixos, em fases subseqüentes da missão, com duração mais prolongada (respeitadas as restrições de distância em relação ao Sol, de dimensões dos painéis e dos períodos de operação no escuro).

Quando as condições operacionais impõem o funcionamento continuado por longos períodos e a grandes distâncias da fonte solar, cai-se na faixa que é atendida pelos radioisótopos (com baixos níveis de energia) até os reatores nucleares, que podem atender a vasta gama de demandas de potência e de duração.

Constata-se, pois, que a exploração do espaço profundo depende, fundamentalmente, de sistemas nucleares espaciais que provejam “energia de forma continuada, independentemente da distância ao Sol, e sem a necessidade de transporte de grande massa de combustível ou de dispositivos de acumulação” (MOURA, 2007, p. 33).

Os EUA e a URSS pesquisaram e desenvolveram, desde a década de 50, sistemas de energia nuclear para aplicação espacial (ISHIGURO, 2007; IAEA, 2005), tanto para prover energia térmica e elétrica, como para fins de propulsão. Diversos sistemas funcionaram em escala laboratorial, sendo alguns efetivamente empregados em dezenas de missões espaciais (IAEA, 2005).

Quanto ao emprego de reatores nucleares, os desafios tecnológicos e os riscos de contaminação após eventual acidente, principalmente na fase de lançamento, limitaram seu emprego: os EUA lançaram apenas um reator nuclear, enquanto a URSS empregou 34 até 1989, segundo IAEA (2005), ou cerca de 40, de acordo com ZAITEV (2007a). Enquanto isso, prosseguiu-se no aprimoramento dos sistemas apoiados nas demais fontes convencionais, o que deixou, de certa forma, amortecidos os esforços com respeito aos sistemas nucleares, restritos então a pequenos nichos de aplicação.

O cenário, no entanto, tem mudado: com a retomada de interesse por missões à Lua, a Marte e a outros planetas mais distantes, intensifica-se a necessidade de sistemas energéticos que superem as limitações das fontes químicas e solares e da propulsão iônica. Assim é que já se observam, na comunidade internacional, movimentos que

buscam o aprimoramento das técnicas e a junção de esforços para viabilizar sistemas de propulsão nuclear que sejam eficientes, confiáveis e seguros (IAEA, 2005; ZAITEV, 2007b).

Cumpra-se destacar, também, que já se tem notícia do provisionamento de material físsil para esse propósito: a revista *Nuclear News* divulgou que, de uma liberação de 200 toneladas métricas de urânio altamente enriquecido (HEU – *High Enriched Uranium*) do arsenal bélico dos EUA, 160 toneladas seriam guardadas para reatores navais (para propulsão nuclear no mar); 20 toneladas seriam diluídas para se transformar em LEO – *Low Enriched Uranium* (para uso em reatores de potência civis que geram eletricidade); e **20 toneladas deveriam ser utilizadas nos reatores de pesquisa e espaciais a serem desenvolvidos no futuro.** (NUCLEAR NEWS, 2005).

2.6 VISÃO DE FUTURO PARA O BRASIL ESPACIAL

Como país emergente, que possui um elevado passivo social, o Brasil ainda terá grandes dificuldades para conciliar o atendimento de necessidades básicas da população com os investimentos requeridos para se aproximar dos padrões de uma sociedade do conhecimento. O foco nos grandes Objetivos Nacionais pode, no entanto, mostrar que esses esforços não são contraditórios:

Para o **progresso** de sua população, o Brasil já utiliza e deverá desenvolver ainda mais a ampla gama de aplicações espaciais, seja nas ciências ambientais, como climatologia e meteorologia, e na exploração e controle de recursos naturais; seja nas aplicações de engenharia, como as comunicações, a navegação aérea e marítima e as tecnologias de geoprocessamento; ou, ainda, nas aplicações de sistemas de vigilância e de defesa. Esse diversificado leque de aplicações é essencial para a continuidade dos esforços de **integração nacional** e de diminuição das disparidades regionais. Para tanto, deverá prosseguir no desenvolvimento dos três segmentos de seu programa espacial, quais sejam, o de aplicações espaciais, o de veículos lançadores e o de infraestrutura espacial. Somente dessa forma ter-se-á autonomia suficiente para alcançar elevado grau de **soberania** na condução dos projetos de interesse nacional. (MOURA, 2007, p. 37).

A complexidade, a multidisciplinaridade e o longo prazo de maturação dos programas espaciais requerem uma abordagem de longo prazo. Logo,

quando algumas das potências emergentes, que já estiveram em patamar equivalente ao brasileiro em termos espaciais, sinalizam para a exploração do espaço longínquo, o Brasil não pode abdicar dessa possibilidade. Deve-se investir, no mínimo, em algumas das tecnologias críticas para o desenvolvimento futuro de programas mais ambiciosos, antes que as pressões internacionais lhe bloqueiem essa possibilidade.

Portanto, numa visão de futuro do Brasil reconhecido como potência emergente, há que se incluir a capacidade de participar do desenvolvimento de projetos de investigação ou de exploração espacial além da órbita terrestre, o que requererá sistemas propulsivos e de fornecimento de energia de fonte nuclear.

3 PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO PARA A PROPULSÃO NUCLEAR

Para análise dessa proposta de inclusão brasileira no campo das pesquisas em propulsão nuclear espacial, adotou-se, numa pesquisa realizada em 2007 (MOURA, 2007), o método de planejamento da Escola Superior de Guerra (ESG, 2006a, 2006b; CABRAL, 2007) englobando as três fases básicas de diagnóstico, política e estratégica, sendo essa última limitada apenas à concepção estratégica.

3.1 POLÍTICA E PROGRAMA ESPACIAIS

Nessa análise, tomou-se como sistema de estudo o SINDAE – Sistema Nacional de Desenvolvimento de Atividades Espaciais, assim como as organizações da área nuclear com potencial envolvimento nas pesquisas de energia nuclear para emprego na propulsão de espacial. O SINDAE, que foi instituído em 1996 (AEB, 2005, p. 15), congrega as diversas instituições que atuam na área espacial: a Agência Espacial Brasileira (AEB), o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, o Comando-Geral de Tecnologia Aeroespacial (CTA, antigo DEPED), do COMAER, com seus institutos e centros de lançamento e rastreamento, assim como a indústria e as universidades com atividade espacial.

Os objetivos e as diretrizes de mais alto nível para a atuação brasileira no espaço estão definidos na Política Nacional de Desenvolvimento das



Atividades Espaciais - PNDAE (BRASIL, 1994), onde consta que o objetivo geral das atividades espaciais é o de “promover a capacidade do País para [...] utilizar os recursos e as técnicas espaciais na solução de problemas nacionais e em benefício da sociedade brasileira”. E para cumprimento dessa Política, estabeleceu-se o Programa Nacional de Atividades Espaciais (AEB, 2005), que contempla as missões e as ações para a realização dos objetivos do programa, assim como as prioridades e diretrizes para as atividades espaciais e para o planejamento dos integrantes do SINDAE (AEB, 2005, p. 10).

Conforme apontado em Moura (2007, p. 43), o PNAE, embora não aponte explicitamente para linhas de pesquisa em propulsão nuclear, apresenta um posicionamento de abertura tal que pode, certamente, amparar essa iniciativa. Vê-se, por exemplo, que dentre as prioridades para o período 2005-2014, destacam-se: investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) “para o **domínio de tecnologias críticas**” e “utilização de instrumentos de **cooperação internacional**” (AEB, 2005, p. 19-20, grifo nosso). Realce, também, para os seguintes objetivos específicos das ações e atividades de P&D: “pesquisas destinadas ao desenvolvimento e à aplicação de **tecnologias de caráter estratégico** para os sistemas espaciais”; “qualificação de **novas tecnologias de lançadores**”; “**pesquisas em Ciências Espaciais**”; e “projetos de pesquisa em áreas correlatas à espacial [...] que possam diretamente contribuir para o avanço da ciência e da tecnologia espaciais” (AEB, 2005, p. 57-58, grifo nosso).

3.2 AMEAÇAS E OPORTUNIDADES NO ÂMBITO EXTERNO

Com relação ao âmbito externo, experimenta-se uma postura usualmente restritiva, por parte dos países centrais, quanto às iniciativas de novos atores na comunidade espacial. Além da disputa por um mercado de transporte e de serviços espaciais que movimentam vultosas somas, há também as desconfianças quanto ao desenvolvimento e ao destino das tecnologias duais. Se já não bastassem as preocupações quanto à estabilidade política dos países emergentes e seu posicionamento nos cenários geopolíticos

regionais, intensificam-se, agora, medidas restritivas motivadas pelo receio de desvio dessas tecnologias para ações de terror.

No entanto, a necessidade de mobilizar amplos e diversificados recursos, associada à conveniência de compartilhar os riscos nas missões mais ambiciosas, leva os países a procurarem cooperações, inclusive com países ainda não protagonistas.

No campo nuclear, o Brasil já desponta como um produtor de combustível nuclear e de nucleoeletricidade. Todavia, mesmo tendo assinado o Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares (TNP) e mantendo uma postura de transparência e de fortalecimento dos mecanismos de confiança mútua, sofre pressões da comunidade internacional para a imposição de novas restrições. Isso, sem dúvida, pode tolher as perspectivas de incursão no campo das aplicações nucleares no espaço.

Tem-se, portanto, no âmbito externo ao SINDAE e ao sistema das atividades nucleares brasileiras, uma dualidade de ameaças e oportunidades, descritas em Moura (2007, p. 45), que devem ser consideradas para o devido posicionamento estratégico do país.

3.3 PONTOS FORTES E FRACOS NO AMBIENTE INTERNO

O Brasil já escreveu uma significativa história como desenvolvedor e operador de aplicações espaciais e nucleares, com amplos benefícios para a comunidade interna e sem se constituir em ameaça no contexto internacional. Embora tenha havido graus distintos de evolução, tem-se padecido de algumas limitações comuns, típicas dos programas centrados na esfera pública: deficiências de pessoal, inconstância de provimento de recursos, descontinuidades de planejamento e oscilações de diretrizes políticas e de prioridades. (RABELLO, 2007).

Felizmente, há nichos de excelência que têm permitido avanços industriais, com reflexos para o progresso tecnológico e econômico, como no programa nuclear. Esses avanços, num ciclo virtuoso, demandam mais serviços, tecnologia e energia, o que pode realimentar positivamente o mercado e as áreas de pesquisa e inovação. Alguns desses aspectos mais



significativos foram apresentados em Moura (2007, p. 48-50), dos quais se podem destacar, como pontos fortes:

- o Brasil possui um Programa Espacial (o PNAE) e uma infra-estrutura básica para desenvolvimentos no domínio espacial;
 - reatores nucleares e sistemas espaciais empregam tecnologias de interesse de áreas estratégicas para a defesa nacional (BRASIL, 2007 e 2003);
 - no âmbito do Comando-Geral de Tecnologia Aeroespacial (CTA), há instituições com atividades nas áreas nuclear e espacial, que compõem um conjunto inicial de recursos humanos e laboratoriais para pesquisas e desenvolvimento em propulsão nuclear espacial; e
 - pode ocorrer fertilização cruzada entre as iniciativas para a propulsão nuclear e as destinadas a pequenas usinas nucleares de geração de energia elétrica para aplicação em locais mais remotos do país, essas descritas por GOMES (2005).
- E, dentre os pontos fracos, podem-se citar:
- os recursos para o PNAE têm sido modestos para os atuais projetos e atividades, não havendo margem para grandes investimentos em outros projetos de mais longo alcance;
 - recorrente incapacidade do setor público em manter equipes de pesquisadores em tecnologias sensíveis;
 - percepção negativa de parte da opinião pública e de formadores de opinião quanto aos resultados incompletos do PNAE, particularmente no segmento de lançadores;
 - o não cumprimento, pelo Brasil, de compromissos assumidos para a implantação da

Estação Espacial Internacional (ISS) enfraquece a percepção do país como potencial participante em novas iniciativas de cooperação internacional; e

- a falta de incentivo às pesquisas em energia nuclear diluiu esforços e não se fez atrativa a jovens pesquisadores.

3.4 POLÍTICA E ESTRATÉGIAS PARA A PROPULSÃO NUCLEAR

3.4.1 CENÁRIOS E OBJETIVOS

No trabalho descrito em Moura (2007), fez-se uma prospecção de cenários (otimista, pessimista e médio), a partir do levantamento dos Fatos Portadores de Futuro (FPF), da apreciação do Poder Nacional frente a esses fatos e da análise das possibilidades de evolução.

Da análise dos FPF, selecionaram-se os eventos futuros com maior probabilidade de ocorrência, compoendo-se, assim, o Cenário Mais Provável. Seguindo o método de planejamento adotado, estabeleceu-se um conjunto básico de premissas éticas e pragmáticas, para, em seguida, reelaborarem-se os eventos na forma de Objetivos de Estado e de Governo: esses visam a melhor aproveitar os aspectos positivos, assim como a minorar ou eliminar os que se contrapõem ao que se pretende alcançar. O quadro 1 a seguir resume o Cenário Desejado.

3.4.2 CONCEPÇÃO ESTRATÉGICA

Com a definição desses objetivos, foram propostas em Moura (2007, Apêndice D) 31 ações estratégicas e oito diretrizes estratégicas (para o Ministério da Defesa, o COMAER e o Ministério da Ciência e Tecnologia, com implicações também junto ao Ministério das Relações Exteriores e ao Gabinete de

Objetivos de Estado e de Governo	
1	Aprimoramento de medidas de autodeterminação e de salvagarda do conhecimento na área nuclear.
2	Efetivação de cooperações internacionais nas áreas nuclear e espacial.
3	Fomento dos projetos e pesquisas do PNAE para acesso autônomo ao espaço.
4	Fomento das pesquisas e da indústria na área nuclear.
5	Aumento gradativo dos recursos orçamentários para a área de defesa.
6	Fomento dos projetos de capacitação em tecnologias sensíveis que atendam interesses comuns da área de defesa.
7	Aumento gradual do efetivo de pesquisadores e técnicos das áreas nuclear e espacial.
8	Esclarecimento efetivo acerca dos benefícios e riscos das aplicações nucleares, assim como das medidas de segurança associadas.

Quadro 1 - Objetivos do Cenário Desejado



Segurança Institucional) que, sem expectativa de completudeza, permitem iniciar a linha de pesquisa em propulsão nuclear espacial. Dentre as ações, destaca-se uma das mais importantes e urgentes: **“1.3 Declarar, em âmbito internacional, as intenções brasileiras de pesquisa de aplicação nuclear no espaço, enfatizando seu caráter pacífico”** (MOURA, 2007, Apêndice D).

Para que não se pense essa proposta como algo distante demais da realidade brasileira, cumpre ressaltar que já existe, no âmbito do COMAER, uma infra-estrutura básica de pesquisa nuclear aplicada e um núcleo de pesquisadores para o início das pesquisas. Pela proposta do Programa TERRA – que visa às tecnologias-chave para reatores de pequeno porte geradores de energia elétrica e os reatores previstos para a propulsão nuclear espacial (GUIMARÃES, 2007a, 2007b) – seria da ordem de seis milhões de reais o aporte de recursos para configurar laboratórios e formar pessoal especializado para realizar as etapas de curto prazo do programa (quatro anos).

Ao longo do programa, os recursos para custeio geral e para o gradativo aumento do quadro de pesquisadores e técnicos não ultrapassariam duas dezenas de milhões de reais. A título de comparação, o investimento para alcançar essa capacidade estratégica de longo prazo equivaleria ao preço do serviço de lançamento de um único micro-satélite de coleta de dados de órbita baixa, ou a um décimo do preço de lançamento de um único satélite de comunicações de órbita geoestacionária.

3.4.4 VISÃO PROSPECTIVA

Acredita-se que, em se executando as ações propostas, ter-se-á logrado ao final do horizonte de planejamento de quatro anos:

- a declaração, junto à comunidade internacional, das pretensões brasileiras de pesquisas para aplicações nucleares espaciais, com o conseqüente desenvolvimento de tecnologias e de enriquecimento de material físsil no nível requerido;
- uma significativa superação de mitos quanto à utilização da energia nuclear, tanto no âmbito governamental como junto à opinião pública;

- o desenvolvimento preliminar da linha de pesquisa em propulsão nuclear espacial, com realizações de elevado conteúdo tecnológico, de aplicação prática, conforme preconizado por GUIMARÃES (2007a); e

- uma ampliação da base de conhecimentos e o desenvolvimento de produtos e processos de ampla gama de aplicações na engenharia.

Com o aprofundamento dessa capacitação para produzir e operar sistemas nucleares espaciais, com elevados requisitos de desempenho, de confiabilidade e segurança, o Brasil poderá se apresentar como parceiro viável em projetos internacionais de maior vulto, onde custos e riscos poderão ser compartilhados com outros países.

CONCLUSÃO

O Brasil já é um grande utilizador de aplicações espaciais, e a demanda por esses serviços deverá ser intensificada à medida que o país se desenvolve. Não obstante, o Programa Nacional de Atividades Espaciais ainda é modesto, quando comparado aos programas dos demais países do BRICs, especialmente China e Índia. Essa diferença provém do enfoque estratégico que esses países adotaram com respeito ao acesso ao espaço e das prioridades que atribuíram aos projetos decorrentes. As metas ambiciosas relacionam-se com posicionamentos dissuasórios e com a necessidade de garantir serviços estratégicos, indo além das demandas de aplicação geral para os serviços espaciais e visando aos objetivos nacionais de longo prazo, como os de soberania e progresso.

As missões espaciais para além da órbita terrestre não tratam apenas de investigação científica. Há outros fortes interesses estratégicos a motivar o que se poderia chamar uma nova era de “grandes navegações”, nas quais serão protagonistas os países que detiverem tecnologias sensíveis, dentre elas a de propulsão nuclear espacial. Essa combinação de tecnologias espaciais com nucleares certamente será alvo de fortes restrições pela comunidade internacional, com mecanismos de cerceamento econômico, comercial e político, geralmente sob pretextos de segurança regional ou global.



Admitindo-se, como visão de futuro, que o Brasil seja reconhecido como potência emergente, condutor de programas que atendam aos objetivos de progresso, integração e soberania nacionais, há que se garantir essa possibilidade de exploração do espaço longínquo, e isso passa pela necessidade de o país posicionar-se como um dos desenvolvedores de pesquisas em propulsão nuclear espacial.

Por ora, as possibilidades de emprego de sistemas nucleares no espaço ainda estão em aberto, mas, a julgar pelos desdobramentos, em escala mundial, dos arranjos para a limitação do acesso a tecnologias nucleares, o cenário deverá se tornar mais restritivo. Principalmente porque haverá necessidade de enriquecimento de combustível em teor acima do emprego em geração nucleoe elétrica, o que vai de encontro aos movimentos para restringir a posse de materiais fisséis.

Já existe, no país, uma infra-estrutura básica de pesquisa e desenvolvimento, tanto no campo aeroespacial como no nuclear, que, se reforçada e orientada por consistentes diretrizes político-estratégicas, será capaz de superar desafios tecnológicos e aproveitar as janelas de oportunidade da conquista espacial.

Este artigo baseou-se num trabalho de pesquisa em planejamento governamental que, para a realização do cenário desejado, apresentou oito Objetivos de Estado e de Governo, compreendendo o fomento às pesquisas nas áreas nuclear e espacial; a alocação de recursos continuados; a ampliação dos quadros especializados; e medidas de salvaguarda de conhecimento, de cooperação internacional e de esclarecimento quanto aos benefícios, aos riscos e às medidas de segurança dos programas espacial e nuclear. A concepção estratégica decorrente compreendeu várias ações e diretrizes estratégicas, envolvendo diversos órgãos governamentais. Destaca-se que a linha de pesquisa básica deverá se iniciar no CTA, com um projeto de reator rápido modular de pequeno porte, o que requererá recursos equivalentes ao preço de lançamento de um único micro-satélite de órbita baixa: trata-se, portanto, de um investimento modesto, quando comparado ao ganho, para as gerações futuras, de oportunidades de acesso ainda incomensuráveis.

Por fim, ressalta-se que os objetivos de exploração espacial podem-se mostrar, à primeira vista, demasiadamente ambiciosos e arriscados. Mas um país como o Brasil não pode se furtar a desafios compatíveis com sua estatura político-estratégica: há que se fomentar as potencialidades e capacidades. Uma dessas formas é impulsionar programas multiplicadores já existentes e convergir as capacitações em novas propostas, com horizontes de mais longo prazo, visando aos mais elevados objetivos do país.

Na virada do século XIX para o século XX, o brasileiro Santos Dumont teve que deixar seu país para exercer sua capacidade inventiva na França, onde se encontrava um ambiente mais propício à criação e à inovação. Isso resultou no desenvolvimento da aviação, revolucionando a vida moderna. Um século depois, há que se recorrer ao mesmo espírito inovador e empreendedor para enfrentar os desafios tecnológicos e políticos. Mais ainda, é necessário permitir aos “Santos Dumont” do século XXI encontrar aqui, em solo brasileiro, o ambiente criativo e de inovação para desenvolver a exploração espacial na sua completude, o que inclui a necessidade de propulsão nuclear espacial.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA. **Direito espacial**. Brasília: s.d. Disponível em: <<http://www.aeb.gov.br/conteudo.php?ida=22&idc=163>>. Acesso em: 08 out. 2007.

AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA. **Programa nacional de atividades espaciais 2005-2014**. Brasília: 2005. Disponível em: <http://www.aeb.gov.br/area/download/pnae_web.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2007.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. **Plano básico de pesquisas e desenvolvimento 2006-2009**. (DCA 80-3/2005 – Confidencial). Brasília: COMAER, 2005.



RASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. **Programa de transição do SISCEAB utilizando o conceito de sistema CNS/ATM**. Brasília, 2006. (PCA 351-3, p. 13). Disponível em: <http://www.fab.mil.br/datascomemora/2006/trafegoaereo/Prog_trans.pdf>. Acesso em: 06 out. 2007.

BRASIL. Ministério da Defesa. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Concepção estratégica: ciência, tecnologia e inovação de interesse da Defesa Nacional**. Brasília: MD/MCT, 2003, p. 44.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Tecnologias de interesse da Defesa Nacional**. Disponível em: <https://www.defesa.gov.br/ciencia_tecnologia/index.php?page=areas>. Acesso em: 30 maio 2007.

BRASIL. **Política nacional de desenvolvimento das atividades espaciais** (PNDAE). Brasília: 8 dez. 1994. (Decreto n. 1332). Disponível em: <<http://www.aeb.gov.br/conteudo.php?id=2&idc=70>>. Acesso em: 26 set. 2007.

BUSTANI, José Maurício. Uma conquista que passou despercebida. **Jornal do Brasil**, 24 jun. 2006.

CABRAL, Paulo Dantas; SPILLER, Eduardo Santiago. **Construção de cenários exploratórios probabilísticos com o emprego de técnicas prospectivas**. Rio de Janeiro: ESG, 2007.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Glossário. CNEN. s. d. <http://www.cnem.gov.br/ensino/glossario.asp#V>, Acesso em: 25.set.2007.

ENCYCLOPEDIA ASTRONAUTICA. **Chinese lunar base**. s. d. Disponível em: <<http://www.astronautix.com/craft/chirbase.htm>>. Acesso em: 08 out. 2007.

ESCOLA SUPERIOR DE GUERRA. **Manual básico da Escola Superior de Guerra: elementos doutrinários**. Rio de Janeiro: ESG, v. 1, 2006a, p. 61-74.

ESCOLA SUPERIOR DE GUERRA. **Manual básico da Escola Superior de Guerra: assuntos específicos**. Rio de Janeiro: ESG, v. 2, 2006b.

GOMES, Venâncio A. *et al.* **Central nuclear flutuante brasileira na Amazônia: uma proposta**. Rio de Janeiro: UNIFA/ECEMAR, 17 nov. 2005.

GUIMARÃES, Lamartine N. F. **Atividades da ENU na área de tecnologia nuclear Avançada: previsão de recursos necessários para o quadriênio 2007/2010**. São José dos Campos: CTA/IEAv, 2007a.

GUIMARÃES, Lamartine N. F. **Parecer sobre a proposta de banimento da produção de material fissil**. São José dos Campos: CTA/IEAv, 31 jul. 2006 (Doc. n. IEAv-ENU/010/2006 - Confidencial).

GUIMARÃES, Lamartine N. F. **Proposta de projeto: Programa TERRA (Tecnologia de Reatores Rápidos Avançados)**. São José dos Campos: CTA/IEAv, 03 mar. 2007b (Apresentação em Powerpoint).

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **The role of nuclear power and nuclear propulsion in the peaceful exploration of space**. Vienna: 2005.

INTERNATIONAL PANEL ON FISSILE MATERIALS. **Developing the technical basis for policy initiatives to secure and irreversibly reduce stocks of nuclear weapons and fissile materials**. First Report of the International Panel on Fissile Materials, 2006. Disponível em: <www.fissilematerials.org>. Acesso em: 21 mar. 2007.

ISHIGURO, Yuji; GUIMARÃES, Lamartine. **Missões espaciais e energia nuclear**. São José dos Campos: CTA/IEAv, 14 mar. 2007. Disponível em: http://www.ieav.cta.br/enu/energia_nuclear_espaco.php. Acesso em: 12 jun. 2007.

KAN, Shirley. **China's anti-satellite weapon test**. Disponível em: <<http://fpc.state.gov/documents/organization/84322.pdf>>. Acesso em: 08 out. 2007.

MONSERRAT FILHO, José. Direito Espacial do Planeta Terra. **Jornal da Ciência**. 07 mar. 2007. Disponível em: <<http://www.jornaldaciencia.org.br/Detail.jsp?id=45066>>. Acesso em: 08 out. 2007.

MOURA, Carlos Augusto Teixeira de. **O programa espacial brasileiro: viabilizando novos horizontes com a propulsão nuclear espacial**. Rio de Janeiro: ESG, 2007. 89f., il. (MO-2007/GSI-09).

NUCLEAR NEWS. **HEU to be redirect to naval reactors and other uses**. Dec., 2005, p. 23.

RABELLO, Sidney Luiz. **Proposta para discussão da reestruturação do programa nuclear brasileiro – Parte I: Balanço do PNB e os Benefícios das Aplicações Pacíficas**. Mar. 2007. **Jornal da Ciência** n. 3218, de 08 mar. 2007. Disponível em: <<http://www.jornaldaciencia.org.br>>. Acesso em: 25 jul. 2007.

SELDIN, Peter B. **French government group wants Europe to join 2nd space race**. Feb. 12, 2007. Disponível em: <http://www.space.com/spacenews/businessmonday_070212.html>. Acesso em: 08.out.2007.

WRITERS, Staff. **Mission to moon not a race with others**. Beijing (SPX) Aug 20, 2007. Disponível em: <http://www.space-daily.com/reports/Mission_To_Moon_Not_A_Race_With_Others_999.html>. Acesso em: 08 out. 2007.

ZAITEV, Yuri. **Nuclear power in space: part 1**. Moscow: RIA Novosti, 13 ago. 2007a. Disponível em: <<http://en.rian.ru/analysis/20070813/71144707.html>>. Acesso em: 24 ago. 2007.

ZAITEV, Yuri. **Nuclear power in space: part 2**. Moscow: RIA Novosti, 15 ago. 2007b. Disponível em: <<http://en.rian.ru/analysis/20070815/71683111.html>>. Acesso em: 24 ago. 2007.

