

Veículos Lançadores de Satélites - Cenário Atual e Futuro

BRIG.-DO-AR TIAGO DA SILVA RIBEIRO

INTRODUÇÃO

As atividades espaciais brasileiras estão organizadas em grandes programas abrangendo iniciativas de cunho científico, de aplicações e de capacitação tecnológica, e também aquelas voltadas à implantação, manutenção e ampliação da infra-estrutura operacional e de apoio às atividades de pesquisa e de desenvolvimento. Em amplitude nacional, como previsto na lei de criação da Agência Espacial Brasileira (AEB), estes programas e atividades constam do Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE), e compreendem as ações destinadas a concretizar os objetivos da Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (Pndae). A política e o programa nacional são os balizadores para a participação dos órgãos componentes do Sistema Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (Sindae), onde o Departamento de Pesquisas e Desenvolvimento (Deped), do Comando da Aeronáutica, integra-se como órgão setorial.

Dentre os programas do PNAE, dizem respeito ao Deped os veículos lançadores de satélites e parte do programa de infra-estrutura espacial, particularmente os referentes à implantação do Centro de Lançamento de Alcântara (CLA) e à atualização e manutenção do Centro de Lançamento da Barreira do Inferno (CLBI).

Os investimentos nas atividades espaciais dos programas do PNAE sob a responsabilidade do Comando da Aeronáutica visam, além de outros objetivos, tornar o Brasil independente quanto à capacidade de lançar os seus satélites e estar em condições de competir no mercado internacional. Outro objetivo é a comercialização do CLA para veículos estrangeiros.

CENÁRIO MUNDIAL DE VEÍCULOS LANÇADORES DE SATÉLITES

O desenvolvimento na área espacial sempre foi restrito a um número reduzido de países e sua exploração comercial ainda é privilégio de poucos. Até recentemente a principal e mais expressiva participação mundial na pesquisa espacial, tem sido dos EUA e da Rússia, seguindo-se de países da Europa por meio do programa espacial gerenciado pela

Agência Espacial Européia (ESA). A França e a Alemanha participam do programa com os maiores orçamentos. No ano de 1997, a França participou com 30 % do programa e a Alemanha com 25 %, de um total aproximado de 2,8 bilhões de dólares. Outros países que desenvolvem programas espaciais são a China, o Japão, a Índia, Israel e o Brasil. A Ucrânia tem procurado, por meio de associações com outros países, utilizar veículos remanescentes da antiga União Soviética.

Os veículos lançadores são normalmente classificados como pequenos, médios, intermediários e pesados. As órbitas nas quais os satélites são colocados designam-se de : LEO (Low Earth Orbit), para órbitas até 2000 km; MEO (Medium Earth Orbit), para órbitas entre 2000 km e 35.786 km; GTO (Geostationary Earth Orbit), para órbita a uma distância de 35.786 km da Terra e HEO (High Earth Orbit), para órbitas além de 35.786 km.

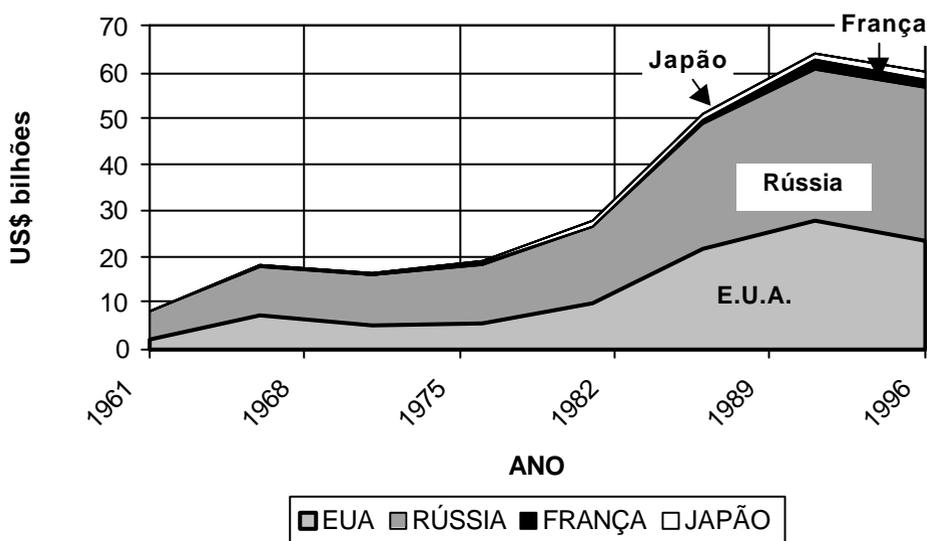
Os veículos lançadores atualmente em uso no mundo são os apresentados na tabela 1.

Tabela 1 : Veículos Lançadores de Satélites em Uso no Mundo

PAÍS	VEÍCULOS LANÇADORES			
	PEQUENOS	MÉDIOS	INTERMEDIÁRIOS	PESADOS
EUA	TAURUS	TITAN II	ATLAS II	SPACE SHUTTLE
	ATHENA 2	DELTA II		TITAN IV
	PEGASUS XL			
RÚSSIA	START 1	-	SOYUZ	PROTON
EUROPA	-	-	ARIANE IV	ARIANE V
CHINA	-	LONGA MARCHA	-	LONGA
		2C		MARCHA 3B
UCRÂNIA	-	CYCLONE 3	-	ZENIT-2
JAPÃO	-	-	H-2	-
ÍNDIA	-	PSLV	-	-

O esforço das nações nas pesquisas e no desenvolvimento das atividades espaciais tem sido altamente gratificante em relação aos serviços prestados para a sociedade em geral. Os benefícios gerados são proporcionais aos investimentos realizados no setor. Os dispêndios orçamentários mais significativos dos países que investem na área espacial, aplicados ano-a-ano, são apresentados na figura 1, em anexo.

Figura 1 : Dispêndios Mais Significativos de Alguns Países na Área Espacial



Os dispêndios realizados com as atividades espaciais brasileiras, se comparados com os dos países acima mostrados, não podem ser representados graficamente na mesma escala apresentada, devido a seus valores serem muito aquém daqueles aplicados por eles.

O MERCADO COMERCIAL MUNDIAL DE LANÇAMENTOS ESPACIAIS

Os países que se destacam nas aplicações comerciais de lançamentos espaciais são os EUA, a Europa, com o programa Ariane, e a China.

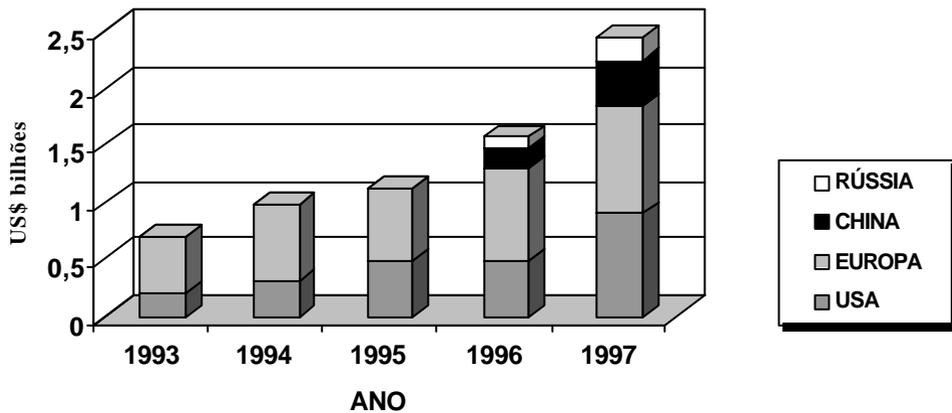
No período de 1993-1997, os lançamentos no mundo, comerciais e não comerciais, foram os constantes da tabela 2.

No período 1993-1997 os lançamentos comerciais proporcionaram as receitas para os respectivos países, mostradas na figura 2, em anexo.

Tabela 2 : Lançamentos de Veículos Lançadores de Satélites no período 1993-1997

PAÍS	LANÇAMENTOS NÃO COMERCIAIS	LANÇAMENTOS COMERCIAIS	TOTAL
EUA	117	36	153
RÚSSIA	177	9	186
EUROPA	7	42	49
CHINA	9	10	19
JAPÃO	8	0	8
ÍNDIA	1	0	5
ISRAEL	5	0	1
BRASIL	1	0	1
TOTAL	325	97	422

Figura 2: Receitas de Lançamentos Comerciais no Período 1993-1997



As figuras 3 e 4, em anexo, apresentam os preços de lançamento de veículos lançadores de satélites em função de seus desempenhos.

Figura 3: Preço de Lançamento de Veículos Pequenos e Médios em Função do Desempenho Relativo à Órbita Circular Polar de 700 km

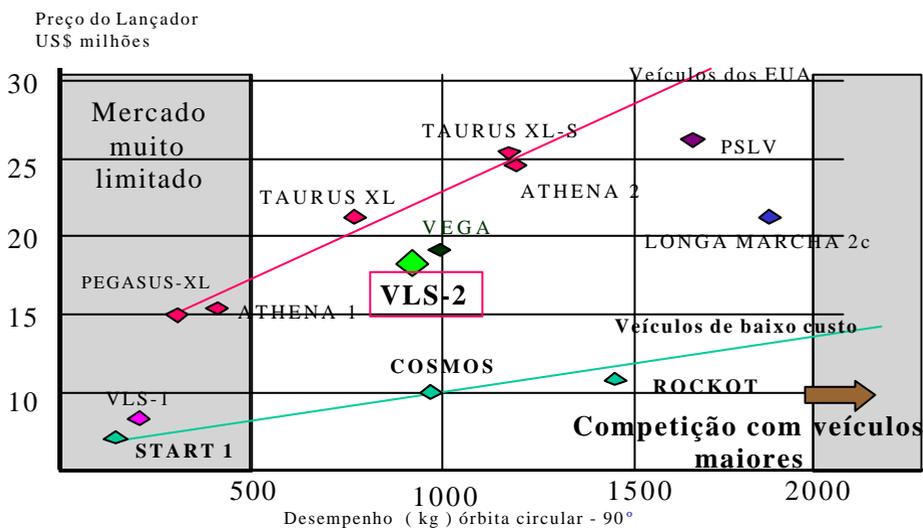
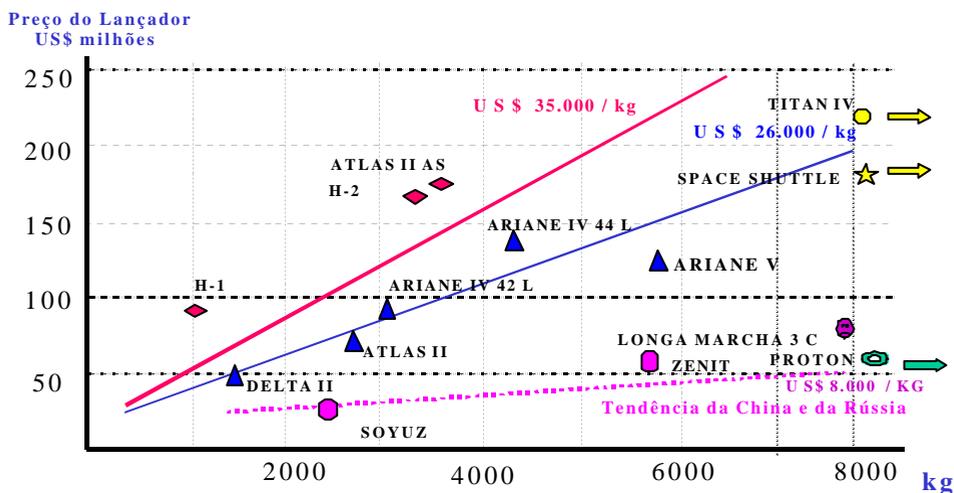


Figura 4: Preço de Lançamento de Veículos Intermediários e Pesados em Função do Desempenho Relativo à Órbita Circular Polar de 700 km



RETORNO OS RECURSOS APLICADOS EM PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE ATIVIDADES ESPACIAIS

Normalmente, os especialistas ligados à área de planejamento orçamentário procuram argumentos para que os investimentos sejam para aplicação em tecnologias que justifiquem o retorno à sociedade em curto prazo. Porém, na área espacial o retorno não pode ser medido de forma que os benefícios sejam advindos diretamente dos recursos alocados para o desenvolvimento das tecnologias espaciais.

Como visto anteriormente, os recursos investidos pelos países desenvolvidos nas pesquisas espaciais são da ordem de bilhões de dólares e as receitas provenientes de tais aplicações são da ordem de milhões de dólares. Mas, então, o que traz a pesquisa espacial para a sociedade? Óbvio que todos conhecem os benefícios indiretos trazidos por esse tipo de desenvolvimento de tecnologia, dentre eles pode-se destacar: o aumento da capacitação de recursos humanos de uma nação, benefício este difícil de ser quantizado, mas que sem dúvida representa a alavanca do setor intelectual e produtivo dos países que se dedicam a essa área do conhecimento. As facilidades colocadas à disposição do ser humano em termos de qualidade de vida e lazer são também exemplos de aplicações indiretas das pesquisas espaciais. Outro ponto importantíssimo é o relacionado ao fator estratégico para o futuro de um país. A autonomia para produzir seus próprios satélites e lançá-los de seu próprio território é o objetivo perseguido pelos países desenvolvidos, incentivando as pesquisas e o desenvolvimentos espaciais, com orçamentos compatíveis, sem contar com o retorno dos investimentos a curto prazo.

TECNOLOGIAS DE VEÍCULOS ESPACIAIS JÁ DESENVOLVIDAS PELO BRASIL E SUA INSERÇÃO NO MERCADO MUNDIAL

O Brasil iniciou suas atividades espaciais na área de foguetes lançadores em 1965, em cooperação com a NASA (National Aeronautics and Space Administration), agência espacial americana. Naquela década, foi construído o Centro de Lançamento da Barreira do Inferno (CLBI), de onde foram realizados vários lançamentos com especialistas da NASA e, também, do Centro Aeroespacial Alemão (DLR).

Já em 1965 era lançado o primeiro foguete de sondagem brasileiro, o Sonda I. Dessa iniciativa, seguiram-se vários outros projetos que levaram o Centro Técnico Aeroespacial (CTA), por meio do Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE), fortemente apoiado pelo Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA), a desenvolver a família de foguetes de sondagem : os Sonda II; III; e IV; o VS-30 e o VS-40. No final da década de setenta, o CTA já dominava a tecnologia de foguetes de sondagem estabilizados aerodinamicamente e iniciava estudos para o

desenvolvimento de um veículo que seria pilotado, seguindo uma trajetória previamente programada no solo.

O estágio de desenvolvimento atingido pelos órgãos do Comando da Aeronáutica nas pesquisas espaciais nas áreas de foguetes de sondagem e de cargas-úteis, e as pesquisas de aplicações espaciais levadas a efeito pelo Ministério da Ciência e Tecnologia, levaram a então Comissão Brasileira de atividades Espaciais (Cobae) a criar a Missão Espacial Completa Brasileira (MECB) que estabelecia o objetivo de realizar um programa espacial completo, onde seriam desenvolvidos, em uma primeira fase, satélites de aplicações de coleta de dados e de sensoriamento remoto para serem lançados com veículos lançadores de satélites brasileiros, utilizando bases de lançamento aqui construídas.

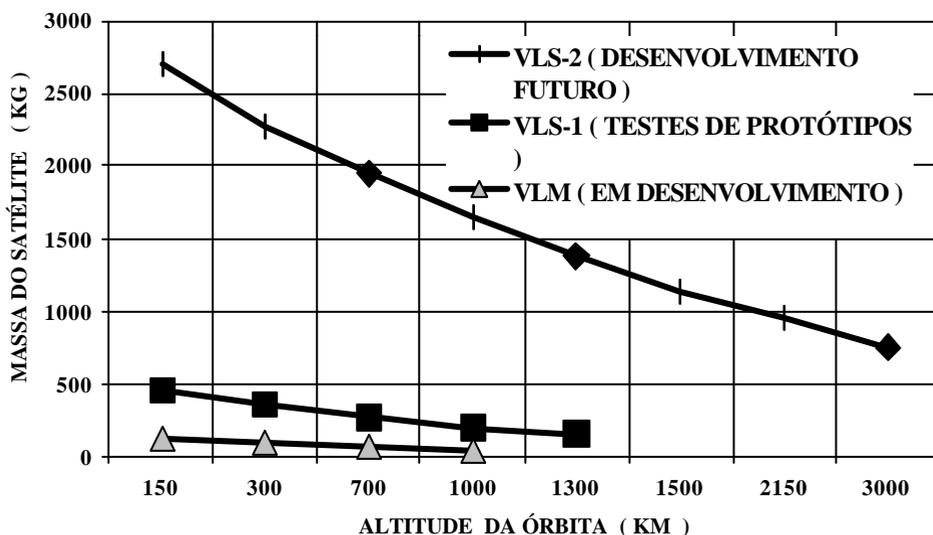
Hoje, a MECB está em pleno desenvolvimento e pode-se constatar que a decisão, à época, foi acertada, considerando-se que, apesar dos poucos recursos aplicados na execução da missão, seus objetivos estão sendo atingidos : dois satélites de coleta de dados já foram lançados e estão operando com sucesso, infelizmente por meio de veículos lançadores estrangeiros; o Centro de Lançamento de Alcântara está qualificado para foguetes de sondagem e em fase final de qualificação para veículos lançadores de satélites de pequeno porte, inclusive sendo cobiçado por outros países para realizar lançamento de seus veículos lançadores de satélites, devido a sua excelente localização em relação ao equador. O Veículo Lançador de Satélites (VLS-1) está em fase de qualificação de seus cinco protótipos, tendo sido lançado o primeiro em novembro de 1997, que apesar do insucesso, permitiu a validação de várias partes do projeto, inclusive, de forma parcial, o sofisticado software de bordo e o sistema de guiagem em sua fase inicial de voo.

O mercado mundial de lançadores de satélites é muito restrito e quase sempre é suprido pelos próprios países detentores das tecnologias espaciais. Portanto, no momento, o mercado mais promissor é o de foguetes de sondagem do tipo VS-30 e do VS-40, veículos que utilizam tecnologias do Sonda III e do Sonda IV, respectivamente. Estes veículos são os que apresentam os melhores desempenhos quando comparados com os veículos de suas classes no mundo. O VS-40 apresenta as melhores condições para realizar experimentos em ambiente de microgravidade.

O Brasil já realizou experimentos em cooperação com os EUA e a Alemanha, utilizando veículos do tipo Sonda III e, recentemente, a Alemanha, por meio do Instituto DLR, e a Holanda, pela empresa Fokker, têm utilizado os veículos VS-30 e VS-40 para realizar seus experimentos.

A oportunidade de uma participação no mercado de lançadores será quando tivermos finalizado o projeto do veículo lançador de microssatélites (VLM) e, numa escala maior, quando qualificarmos o VLS-1. Para participar do mercado de colocação de satélites de constelações de órbita baixa será necessário desenvolver veículos com tecnologias de propulsão líquida, usando veículos totalmente a propulsão líquida ou, parcialmente, com o uso de motor-foguetes a propulsão líquida e a propulsão sólida. Este último caminho parece ser o que se apresenta com um tempo mais curto de desenvolvimento, pois parte da tecnologia já é dominada pelo Brasil, embora seja uma solução aquém da ideal que seria o desenvolvimento do veículo VLS-2. Isto pode ser visto na figura 5, em anexo, que permite comparar os respectivos desempenhos.

Figura 5: Desempenho de Veículos Lançadores de Satélites Brasileiros



BENEFÍCIOS GERADOS PELO DESENVOLVIMENTO DE VEÍCULOS ESPACIAIS BRASILEIROS

Dentre as tecnologias desenvolvidas ao longo de mais de trinta anos de pesquisas espaciais, destacam-se como as mais expressivas: na área de propulsão, o domínio dos propelentes sólidos, suas matérias-primas e sistemas de carregamento de motores-foguetes; na área de estruturas, o desenvolvimento de materiais especiais e ablativos, aços especiais de ultra-alta resistência e cálculos estruturais utilizando métodos computacionais dedicados; na área de pilotagem, controle e guiagem, por meio do desenvolvimento de sistemas de injeção secundária e tuberias móveis e os respectivos programas computacionais para o controle e a navegação de veículos lançadores; na área de pirotecnia, o acionamento dos sistemas

propulsivos; sistemas de separação de estágios e abertura de painéis e ogivas e sistemas de tele-destruição do veículo; na área de infra-estrutura de ensaios e complexos de lançamentos, a avaliação dos componentes e sistemas ao longo do desenvolvimento e, também, dos centros de lançamento com a implantação de instalações de localização e recepção de dados dos veículos e satélites, de monitoração meteorológica e sistemas computacionais para a visualização, segurança de lançamentos e controle de operações pré-lançamento.

Para executar os projetos espaciais no Comando da Aeronáutica, foi necessário implantar o Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE), criado em 1969, pertencente ao Centro Técnico Aeroespacial (CTA); e para realizar o lançamento dos veículos espaciais, foram implantados o Centro de Lançamento da Barreira do Inferno (CLBI), criado em 1965 e o Centro de Lançamento de Alcântara (CLA), criado em 1984. Porém, a criação e a implantação de toda a infra-estrutura espacial só foi possível devido à formação de recursos humanos altamente especializados para fazer frente aos desafios tecnológicos encontrados nos desenvolvimentos espaciais.

Os projetos de veículos lançadores são multidisciplinares e necessitam de equipes de especialistas muito qualificadas para a execução do projeto, o desenvolvimento, a qualificação e a operação de um veículo lançador. Essas necessidades de desenvolvimento fizeram com que fossem criadas equipes nas áreas de : engenharia de sistemas; gestão de grandes projetos espaciais; sistemas propulsores a propelente sólidos e líquidos; estrutura de propulsores; química de propelentes; aerodinâmica computacional; aerotermodinâmica; cargas em vôo; análise modal de estruturas; componentes e sistemas pirotécnicos; eletrônica embarcada; sistemas de atuação para controle de veículos lançadores; pilotagem e guiagem; software embarcado; mecânica fina; plasmas metálicos; sistemas de alta e baixa pressão, para ensaios no solo e em vôo; meios mecânicos e elétricos de solo e plataforma de preparação e operação de lançamento.

Estas equipes especializadas foram formadas ao longo de vários anos e seu trabalho tem gerado uma série de benefícios, não só em relação às tecnologias dos veículos desenvolvidos, mas também pelo envolvimento de mais de cem empresas nacionais que participam dos projetos e da transformação em produto industrial. O segmento espacial na área de veículos lançadores de satélites gera empregos no setor público e de forma multiplicativa no setor privado.

PARTICIPAÇÃO DO SETOR PRODUTIVO NACIONAL NO DESENVOLVIMENTO DE VEÍCULOS LANÇADORES

O PNAE estabelece para o setor produtivo nacional os objetivos de estabelecer e manter um cadastro de indústrias nacionais vocacionadas para o setor espacial; o estabelecimento de legislação e normas nacionais, em sintonia com a legislação internacional; a criação de mecanismos de certificação de empresas e produtos para o programa espacial, em conformidade com normas nacionais e internacionais; o fomento de transferência de tecnologia para as empresas certificadas e a preparação de mecanismos legais de estímulo e de preservação de condições justas de competição para as empresas do setor industrial.

A iniciativa acima, visa a proporcionar condições para que a indústria nacional participe cada vez mais do programa espacial brasileiro, com qualidade e processos que a torne competitiva no mercado mundial. Na área de veículos lançadores de satélites e de foguetes de sondagem, o País ainda não dispõe de uma empresa que assuma a liderança nacional para atuar no programa como um arquiteto industrial. Esta situação, deve-se ao fato da incerteza e escassez do orçamento brasileiro para o setor espacial, especificamente para o desenvolvimento e manutenção de planos-de-garga, para a indústria, de veículos lançadores de satélites e de foguetes de sondagem.

Apesar desta dificuldade, existem mais de cem empresas brasileiras que participam do desenvolvimento dos veículos lançadores nacionais, ficando a tarefa de integração ainda sob a responsabilidade do CTA.

TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS NO SETOR DE VEÍCULOS LANÇADORES

O mundo hoje vive uma fase de transição. A exploração espacial tem sido realizada pelo uso de veículos remanescentes da Guerra Fria. A Rússia com seus veículos Proton, e os esforços da Ucrânia para competir no mercado de lançadores com os veículos Zenit. Por seu turno, os EUA optaram pelo desenvolvimento do veículo *Space Shuttle*, iniciativa que se mostrou não competitiva no mercado de lançadores, abrindo caminho para a liderança do projeto europeu Ariane, que tem dominado o mercado de lançadores por seu alto percentual de confiabilidade. A China, apesar de ter um programa espacial menos expressivo, também tem conseguido realizar lançamentos comerciais com seus veículos Longa Marcha.

A iniciativa do projeto *Space Shuttle* parecia ser uma solução para o mercado de lançadores, fazendo com que a Europa e a Rússia tivessem projetos similares, mas os abandonaram ao perceberem as dificuldades mercadológicas enfrentadas pelo projeto americano.

Para o futuro, o objetivo é atingir uma tecnologia que garanta a colocação de cargas-úteis no espaço com confiabilidade, baixos custos e com um tempo mínimo para nova preparação e lançamento em seu retorno à base. A meta é a utilização de veículos lançadores de satélites reutilizáveis com custos, aos usuários, na ordem de US\$ 1,000/libra, para colocar satélites em órbitas baixas. Atualmente, os custos variam entre US\$ 5,000 a US\$ 15,000/libra. Os principais projetos em andamento são: o Kistler K-1, o X-34 e o Venture Star. Estes veículos, no futuro próximo, só serão capazes de colocar cargas-úteis em órbitas baixas.

Atualmente, não existem tecnologias disponíveis para realizar, a curto prazo, tais desenvolvimentos. Do ponto de vista tecnológico, o desenvolvimento de veículos de um único estágio (SSTO - Single Stage To Orbit) necessita de tecnologias que apresentam desafios e excitam os especialistas. Para atender ao mercado com baixo custo, é necessário partir para o desenvolvimento de veículos de dois estágios (TSTO- Two Stage To Orbit). Estas tecnologias deverão permitir a colocação de satélites em órbita com baixo custo, estando disponíveis, provavelmente, em 15 anos, se houver o aporte de bilhões de dólares para desenvolver as tecnologias, sua infra-estrutura de solo e os respectivos veículos lançadores.

O mercado de veículos lançadores para satélites de órbita baixa está em franco crescimento. Estudos recentes do Departamento de Transportes dos EUA, usando um modesto cenário de crescimento, prevê que haverá nos próximos 10 anos, pelo menos três constelações de órbitas baixas do tipo *Big LEO*, e duas constelações de órbitas baixas do tipo *Little LEO*, para aplicações de comunicações e transferência de dados. Complementarmente, o mercado comercial de satélites de sensoriamento remoto terá também um aumento. O estudo considerado conservador, conclui que o mercado emergente será capaz de absorver 5 a 10 lançamentos do porte intermediário e pesado por ano, durante a fase de colocação das constelações em órbita e de 9 a 12 veículos lançadores pequenos por ano, até 2005. O uso de lançadores de porte intermediário e pesado para constelações será esporádico. Pequenos lançadores poderão ser preferíveis para a manutenção e recolocação de novos satélites em substituições dos satélites das constelações. Portanto, a conclusão do relatório conservador do Departamento de Transportes dos EUA é de que haverá um potencial mercado para veículos lançadores pequenos.

CONCLUSÃO

É de extrema importância que se faça uma reflexão sobre a posição atual conquistada pelo Brasil, por meio de equipes especializadas do Comando da Aeronáutica, no programa de veículos lançadores de satélites e em relação a toda a infra-estrutura implantada de laboratórios, de ensaios e de lançamento. O estágio de desenvolvimento atingido torna

o País o nono no mundo com o conhecimento de tecnologias para colocar satélites em órbita. Deve-se ressaltar que à medida que o potencial nacional cresce em termos de ciência e tecnologia, cresce também seu segmento produtivo. Porém, também crescem os mecanismos exteriores para dificultar os fluxos de informações e o acesso às novas tecnologias. Além das dificuldades de acesso às tecnologias, existem também os perigos da globalização, que induz à utilização de produtos já prontos e disponíveis nos países desenvolvidos e ávidos por contratos para que mantenham seus empregos e a continuidade de seus programas espaciais.

No Brasil, os orçamentos escassos levam à redução dos projetos espaciais a cargo da Agência Espacial Brasileira, aí inclusos os de veículos lançadores de satélites e de foguetes de sondagem, fazendo com que os cronogramas de desenvolvimento sejam dilatados, muitas vezes levando à opinião pública o entendimento distorcido de que as equipes que trabalham nos programas espaciais são incompetentes, pois não conseguem concluir os projetos em tempo hábil. Esta situação coloca em risco o futuro das equipes especializadas, as organizações criadas e a infra-estrutura implantada para o desenvolvimento e o lançamento de veículos lançadores de satélites.

O domínio das tecnologias espaciais é vital para qualquer nação. Hoje e no futuro, quem não participar da exploração espacial estará à margem da história, da evolução científica e das oportunidades do mercado espacial.

RESUMO

As atividades espaciais brasileiras estão organizadas em grandes programas, abrangendo iniciativas de cunho científico, de aplicações espaciais, de capacitação tecnológica e também aquelas voltadas à implementação, manutenção e ampliação da infra-estrutura operacional e de apoio às atividades de pesquisa e desenvolvimento. Paralelamente, o artigo apresenta o contexto internacional, primeiramente abordando-se o cenário mundial de veículos lançadores de satélites, o respectivo mercado mundial de lançamentos espaciais e o retorno dos recursos aplicados em pesquisa e desenvolvimento de atividades espaciais. Em seguida, são apresentadas as tecnologias de veículos espaciais já desenvolvidos no Brasil e sua inserção no mercado mundial, bem como os benefícios gerados pelo desenvolvimento de veículos espaciais brasileiros. Por último, é realizada uma abordagem da participação do setor produtivo no desenvolvimento de veículos lançadores e as respectivas tendências tecnológicas para o setor.

ABSTRACT

Brazilian space activities are organized in programs and activities called National Space Activities Program. Part of the Brazilian programs are the satellite launch vehicle development, the implementation of Alcântara Launch Center and the maintenance of Barreira do Inferno Launch Center. This paper focus the attention on commercial satellite launch vehicle world scenario, the research and development budget and commercial revenues. It is included some data related to research and development budget and commercial revenues. Some words are addressed about the technology acquired in the Brazilian space program and its possible insertion in the international market. The space activities benefits for the Brazilian industry and the development of human resources are presented.

O Autor

TIAGO DA SILVA RIBEIRO, Brigadeiro-do-Ar, atualmente é chefe do Subdepartamento de Capacitação do Departamento de Pesquisas e Desenvolvimento do Comando da Aeronáutica. É piloto militar formado pela Escola de Aeronáutica, engenheiro mecânico pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica e mestre em sistemas de armas pela Naval Postgraduate School - Monterey, CA, EUA. Foi diretor do Instituto de Aeronáutica e Espaço (1993-1995).