

```

A EEEEE RRRR OOO EEEEE SSS PPPP A CCC OOO N N A U U TTTT III CCC A
A A E R R O O E S S P P A A C C O O N N A A U U T I C C A A
A A E R R O O E S S P P A A C C O O N N A A U U T I C C A A
AAAAA E R R O O E S S P AAAAA C O O N N AAAAA U U T I C AAAAA
A A E R R O O E S S P A A C C O O N N A A U U T I C C A A
A A EEEEE R R OOO EEEEE SSS P A A CCC OOO N N A A UUU T III CCC A A
C
CC

```

Publicação da ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ATIVIDADES EDUCATIVAS ESPACIAIS - ABAEE

```

I 4 d 888 999
II 44 d 8 8 9 9
V V I l n nm 4 4 dd d eee zzzzz / 8 8 9 9
V V I nm n 4 4 d dd e e z 888 9999
V V I n n 44444 d d eeee z 8 8 9
V V I n n 4 d d e z / 8 8 9
V * IIIII n n * 4 dddd eee zzzzz 888 999

```



EDITORIAL 73

Seções: Biografia (Wernher von Braun) 76

Cartas 75

Endereços 96

Espaçomodelismo (Propulsores) 82

Ficha Técnica (V-2) 78

Informe AEN 73

Prestação de Serviços 74

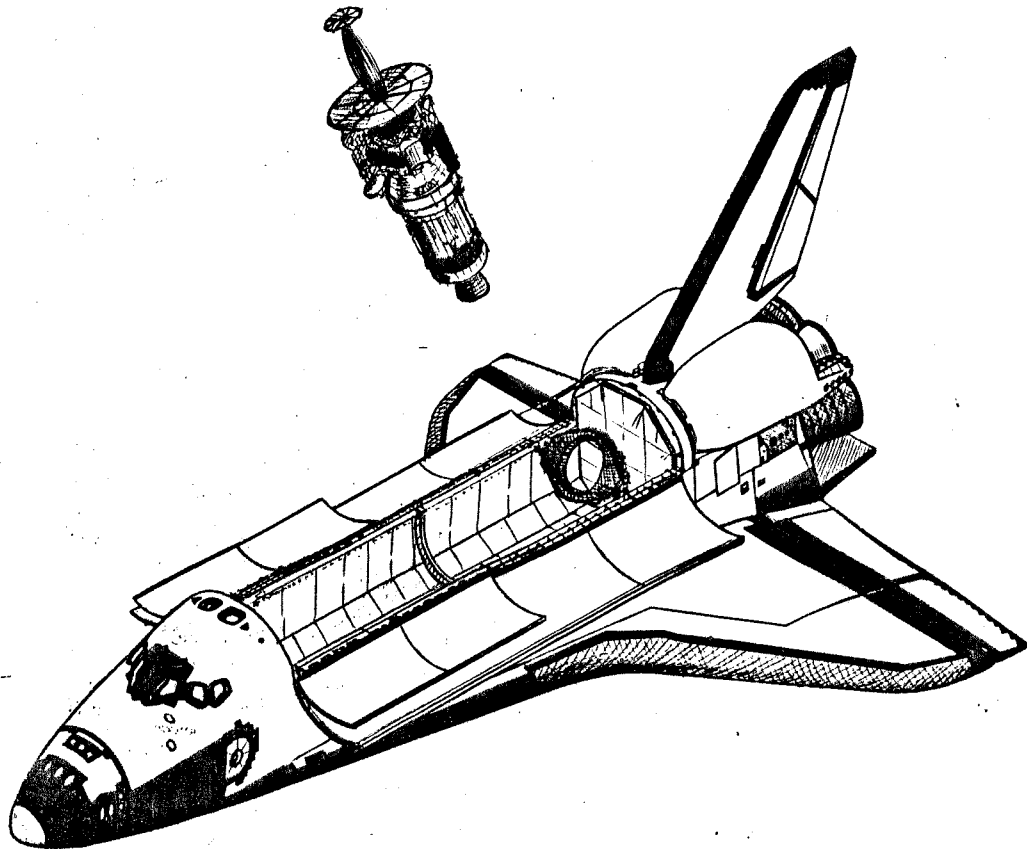
Referências 75

ATIVIDADES ESPACIAIS BRASILEIRAS: RETROSPECTIVA 1989 . 86
Gilberto G. Sgarbi

O ANO DE 1989 NO ESPAÇO 87
Reginaldo Miranda Júnior

ENSAIOS COM O PROGRAMA CPTLA 90
Ozualdo S. Toyoda

PROJETO FALCÃO - PARTE III 93
José Félix de Santana



Atlantis lançando a sonda espacial Galileo em 18 Out 89 (ver artigo na p. 87)

Reginaldo Miranda Júnior

tor associado em qualquer época; serão publicadas de acordo com a disponibilidade de espaço. O formato de datilografia ou manuscrito e tamanho da contribuição são livres.

* Os autores são responsáveis pelos artigos que assinam.

AEROSPAÇONÁUTICA, a ciência dos mini-foguetes.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ATIVIDADES EDUCATIVAS ESPACIAIS
-ABAEE

AGRADECIMENTO

* Associação civil, registrada e sem fins lucrativos. Criada em 1º Set 86 com o objetivo de congregar os grupos espaciais amadoristas, estimulando atividades de caráter educativo-científico através da pesquisa, desenvolvimento e experimentação de mini-foguetes.

Ao Grupo de Simulação Numérica em Mecânica dos Fluidos e Transferência de Calor (SINMEC), da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), por fornecer os meios necessários à edição do boletim e impressão dos seus originais.

* CGC MF nº 53.319.521/0001-72

* Diretoria (Mai/89 a Mai/91):
Presidente: Carlos H. Marchi (Florianópolis-SC)
Vice-Presidente: Basílio Baranoff (São José dos Campos-SP)
Diretor de Segurança: José Félix de Santana (Carpina-PE)
Assessor de Comunicação: José Miraglia (São Paulo-SP)
Diretor Cultural: Marcelo M. Morales (São Paulo-SP)
Diretor Técnico-Científico: Carlos H. Marchi
Diretor de Operações: Ozualdo S. Toyoda (Rio de Janeiro-RJ)
Secretário: Bernardo M. Besozzi (Florianópolis-SC)
Tesoureiro: Sandro F. Hering (Florianópolis-SC)

EDITORIAL

Antes de mais nada, desejo aos leitores do AEN muito progresso e felicidades em 1990.

Com este número 4, encerra-se o volume 1 do boletim Aeroespçonáutica. Como nesta época todos têm o hábito de fazer um balanço da década, aqui vai mais um só que do primeiro ano do boletim AEN (na verdade são 15 meses).

* Endereço: ABAEE
Cx. Postal 1648 - Centro
88001 - Florianópolis - SC

Nestes quatro números, auxiliado por sete colaboradores (Baranoff, Félix, Toyoda, Miraglia, Reginaldo, Gilberto e Cássio), foram publicados, ao longo de 108 páginas:

- * Atividades:
1-publicação trimestral do boletim Aeroespçonáutica;
2-promoção anual do Seminário Brasileiro de Aeroespçonáutica (SEBAE);
3-fornecimento de informações e cópias de livros, trabalhos, relatórios e notas técnicas publicados ou em poder dos associados;
4-realização de visitas técnicas a institutos de pesquisa, laboratórios, campos de lançamento e empresas com atividades relacionadas às Ciências Aeroespaciais; e
5-publicação de notas técnicas e normas sobre pesquisa, desenvolvimento e experimentação de mini-foguetes.

- seis artigos de divulgação
- um histórico de grupo espacial (CEFEC)
- sete artigos ou notas técnicas
- dois programas de computador
- 77 endereços
- 40 referências
- 10 cartas de leitores
- três artigos sobre espaçomodelismo
- três biografias
- uma descrição técnica sobre o míssil V-2
- dez notas informativas.

* Novos associados.
As pessoas interessadas em afiliarem-se à ABAEE devem solicitar a ficha de inscrição no endereço acima. Cobra-se 10 BTN como taxa de inscrição e os associados contribuem com 5 BTN de trimestralidade.

A tiragem destes quatro números do AEN atingiu 140 exemplares que foram distribuídos em nove estados brasileiros (São Paulo, Pernambuco, Bahia, Rio de Janeiro, Ceará, Santa Catarina, Maranhão, Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul).

Quero fazer o seguinte alerta: os endereços dos leitores são publicados na Seção Endereços para que eles entrem em contato uns com os outros e conheçam-se visando o desenvolvimento de atividades em conjunto na área de Aeroespçonáutica, principalmente aqueles que residem na mesma cidade.

Mais uma vez, peço que você, se desenvolve atividades práticas ou teóricas com mini-foguetes, divulgue os resultados de seus trabalhos no boletim AEN, na forma de artigos técnicos ou de divulgação ou notas técnicas. Remeta informações sobre os testes estáticos e lançamentos que você realiza, incluindo desenhos e fotos.

Boletim AEROSPAÇONÁUTICA - AEN

O AEN conta com dois novos colaboradores. Gilberto G. Sgarbi (Niterói - RJ) assina o artigo "Atividades Espaciais Brasileiras: Retrospectiva 1989". E, o Carlos Cássio Oliveira (Salvador - BA) colabora com uma série de desenhos utilitários dos quais o primeiro é publicado neste AEN. Até o próximo número.

- * Publicação da ABAEE
- * Periodicidade: trimestral.
- * Editor: Carlos H. Marchi
Cx. Postal 1648 - Centro
88001 - Florianópolis - SC

Carlos H. Marchi

- * Editor Associado: Ozualdo S. Toyoda
Rua da Passagem, 15/904 - Botafogo
22290 - Rio de Janeiro - RJ

- * Colaboradores deste número:
Carlos Cássio de Oliveira - Salvador (BA)
Gilberto G. Sgarbi - Niterói (RJ)
José Félix de Santana - Carpina (PE)
José Miraglia - São Paulo (SP)
Ozualdo S. Toyoda - Rio de Janeiro (RJ)
Reginaldo Miranda Júnior - Nova Friburgo (RJ)

Seção INFORME AEN

Traz informações de caráter administrativo da ABAEE, bem como a divulgação da realização de seminários, encontros, visitas técnicas, informações gerais sobre o boletim AEN.

- * Edições:
+ AEN-1: Out 88 = 20 exemplares
Dez 88 = 10 "
+ AEN-2: Abr 89 = 30 "
+ AEN-3: Set 89 = 50 "
+ AEN-4: Jan 90 = 30 "

2º SEMINÁRIO BRASILEIRO DE AEROSPAÇONÁUTICA (2º SEBAE)

A realização do 2º SEBAE no período de 10 a 12 Jan 90, em Florianópolis (SC), foi cancelado devido ao pequeno número de pessoas que demonstraram interesse em participar do evento.

* Contribuições para publicação no boletim Aeroespçonáutica, na forma de artigos, notas técnicas ou informações para alguma seção, podem ser remetidas para o editor ou o edi-

Realizou-se de 28 a 30 Nov 89 na cidade de Lorena (SP) sob a organização do Laboratório Associado de Combustão e Propulsão (LCP) do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), sendo o coordenador geral o Dr. João Andrade de Carvalho Júnior.

Os tópicos deste workshop eram: combustão turbulenta, propelentes sólidos e líquidos, micropropulsão (propulsão de satélites), ignição, cinética química, instabilidades em câmaras de motores-foguetes, performance e missão de veículos e balística interna - pólvoras e pirotécnicos, entre outros.

Participaram 90 pesquisadores ligados ao CTA, INPE, indústrias e outros institutos e universidades com atuação em combustão e propulsão.

Foram apresentados 22 trabalhos (seis deles são relacionados na seção referências) e conferidas 10 palestras.

Em 1991, provavelmente, este workshop ganhará o status de congresso quando realizar-se-á o 1º Congresso Nacional de Combustão e Propulsão.

VENDA DE SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS PARA PROPELENTES.

Informamos que enxofre sublimado e zinco metálico em pó, utilizados na preparação do propelente Micrograin que é usado em mini-foguetes como o X-1 e Falcão; nitrato de potássio e sacarose cuja mistura resulta no propelente Sasso ou Nitrato/Sacarose e que é empregado em mini-foguetes como o Netuno, F-1 e Falcão, podem ser encontrados na

CAQ - Casa da Química Ind. e Com. Ltda.
Rua Salvador Simões, 436/444 - Alto do Ipiranga
04276 - São Paulo - SP
Fone: (011) 215-2233
Telex: (011) 21.780 - CAQL-BR

Nota: a comercialização do nitrato de potássio é controlada pelo exército; existe um procedimento legal para sua aquisição; solicite maiores informações aos editores do AEN ou à CAQ.

Pedimos aos leitores que remetam endereços de indústrias, lojas, grupos ou outros, que comercializem materiais ou equipamentos úteis para o desenvolvimento de mini-foguetes, para o editor do AEN, visando a divulgação destes no boletim.

BOLETIM AEN-5.

Será publicado em março do próximo ano. Os interessados em publicar artigos, notas técnicas, ou contribuir com informações para alguma seção, devem remeter seus manuscritos até 15 Mar 90 para o editor ou o editor associado.

Colaborem. É muito importante a sua participação.

Seção PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS

Divulga a prestação de serviços efetuados pelas pessoas e grupos associados à ABAEE, bem como aqueles efetuados pela própria associação. Esta seção visa: estimular a fabricação de maior número de protótipos de mini-foguetes e os equipamentos necessários aos seus ensaios estáticos e lançamentos; troca de serviços e material bibliográfico entre os grupos e pessoas associados à ABAEE, desta forma os mais desenvolvidos podem colaborar no incremento das atividades dos demais; e, a compra conjunta de materiais químicos, mecânicos e eletro/eletrônicos pelos associados. Cobra-se apenas o valor correspondente às despesas.

No momento existem dois grupos e duas pessoas que fornecem cópias de seu material bibliográfico, são eles:

- 1-CEFEC; Cx. Postal 91; CEP:55810, Carpina (PE); 130 referências;
- 2-LAE; Cx. Postal 1648 - Centro; CEP:88001, Florianópolis (SC); 71 referências;
- 3-José Miraglia; rua Dr. Elísio de Castro, 505; CEP:04277 São Paulo (SP); 8 referências; e
- 4-Ozualdo S. Toyoda; rua da Passagem, 15/904; CEP:22290, Rio de Janeiro (RJ); 6 referências.

Todos eles possuem uma relação de suas referências ou Index. Estas relações podem ser solicitadas diretamente ao CEFEC, LAE, Miraglia e Toyoda ou ao editor do AEN.

Além de fornecer material bibliográfico, o LAE presta

os seguintes serviços sob encomenda:

- 1-usinagem de peças;
- 2-fabricação de protótipos dos mini-foguetes X-1 e Netuno-R;
- 3-previsão numérica da trajetória de mini-foguetes mono-estágio, com ou sem pára-quadras, considerando o arrasto aerodinâmico; o programa utilizado pode ser fornecido também; e
- 4-fornecimento de enxofre e zinco em pó para preparação do propelente Micrograin.

Os interessados devem solicitar maiores informações ao LAE.

Seção REFERÊNCIAS

Apresenta referências bibliográficas de relatórios de projetos e experimentos, apostilas, notas técnicas e outros tipos de publicações escritos pelos associados, cuja existência seja informada ao editor do AEN. Também apresenta a referência de publicações que estejam em posse de membros da ABAEE. Esta seção visa a troca, entre os associados, de cópias das referências aqui apresentadas.

Neste número apresentam-se seis referências de artigos publicados nos anais do 3º Workshop de Combustão e Propulsão (vide Informe AEN), realizado de 28 a 30 Nov 89 em Lorena (SP), que estão mais relacionados às atividades da ABAEE.

A última referência trata-se de um artigo, de autoria do coordenador do LAE, publicado nos anais do XII Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional.

Cópias de qualquer uma destas referências podem ser solicitadas ao editor do AEN.

- [34] LAMM, W.R. "Propriedades e Tempo de Vida de Propelentes Composites". p.43-9.
- [35] HINCKEL, J.N. "Cálculo do Escoamento num Bocal Convergente-Divergente, Incluindo Efeitos de Relaxação Vibracional". p.99-108.
- [36] BASTA, C. & OLIVA, V.J. "Câmaras de Combustão - Processos de Cálculo". p.193-204.
- [37] COSTA, F.S. "Análise de Sistemas de Micropropulsão". p.219-39.
- [38] ALVES, C.F.E. "Comportamento Teórico de Difusores de Exaustão para Aplicação em Ensaios de Motores Foguetes para Altas Altitudes". p.241-52.
- [39] HINCKEL, J.N. et alii. "Desenvolvimento de Componentes para o Subsistema Propulsivo do SSR-1 (Satélite de Sensoriamento Remoto 1 da MECB, N.E.)". p.331-40.
- [40] MARCHI, C.H. "Solução Numérica do Escoamento Supersônico Inviscido em Bocais Divergentes Operando no Vácuo" XII CNMAC, São José do Rio Preto, 4-8 Set. 1989. p.97-103.

Seção CARTAS

Expõem críticas e sugestões dos leitores sobre as matérias apresentadas no boletim Aerospaçonáutica.

Parabéns pelo seu boletim, muito bom.

Marcelo Cirenza - Out 89

Resp. Obrigado, Marcelo, mas os méritos devem ser divididos com os colaboradores do AEN.

Recebi o AEN-3. Achei a nova disposição e tamanho dos caracteres muito bom.

José Miraglia - Out 89

Recebi sua carta contendo o boletim AEN-3. As modifica-

ções tornaram-no melhor. Gostaria, apenas, de sugerir que ele aumente ainda mais. Insista para que os outros assinantes que ainda não são articulistas passem a enviar textos ou relatórios. Acredito que num boletim desta natureza os leitores não devem ser passivos. Devem participar, discutir, sugerir.

Reginaldo Miranda Júnior - Out 89

Resp. Concordo plenamente, Reginaldo. Sua sugestão está dada.

Os leitores deveriam ser menos orgulhosos e pedirem informações, tirarem dúvidas, entenderem o espírito da ABAEE. Dá impressão que só se interessam por receitas prontas. Os americanos e russos lideram a corrida espacial pois são os criadores das receitas. Os tupiniquins só fazem o bolo. Carlos, publique uma carta aos leitores para acordá-los para a ABAEE e sua finalidade. Vamos ligar os "boosters" e lançar a ABAEE para além do Sistema Solar.

José Miraglia - Dez 89

Resp. Talvez o problema maior seja o pequeno número de leitores do AEN, em torno de 30. Como já mencionei em outras oportunidades, seria interessante que os leitores divulgassem o boletim entre seus amigos e colegas para dar a chance deles participarem, colaborando com o aprimoramento deste boletim e levando mais informações aos leitores. Para concluir, tenho recebido pedidos de informações técnicas que são atendidos de acordo com as possibilidades da ABAEE.

Fico muito satisfeito em poder fazer parte da ativa comunidade da ABAEE, e estou fascinado com a possibilidade de vir a colaborar de forma expressiva com a associação, não só na elaboração de matérias para o "Aeroespaçonáutica", como na busca de novos associados.

Gilberto G. Sgarbi - Dez 89
Editor do boletim AstroNews

Resp. Taí um bom exemplo. Estou muito contente em tê-lo como colaborador do AEN e associado da ABAEE, Sgarbi.

Respostas (Resp.) de Carlos H. Marchi.

Seção BIOGRAFIA

Destina-se a divulgar a biografia de pessoas que contribuíram para o nascimento e/ou desenvolvimento da Astro-náutica.

WERNHER VON BRAUN

JOSÉ MIRAGLIA
Assessor de Comunicação
da ABAEE - São Paulo (SP)

1912. Nasce na Alemanha Wernher von Braun.

1924. Os principais "fogueteiros" alemães juntaram seus esforços e fundaram em Berlim a "Verein für Raumschiffahrt" (Associação para a Astronáutica), dela fizeram parte cientistas e pesquisadores de renome, como Oberth, Engel, Mebel, Riedel, Willy, Ley, e também um jovem estudante de engenharia, Wernher von Braun. Este grupo formou um centro amador de pesquisas de foguetes conhecido por "Raketenflugplatz" (Campo de Vôo de Foguetes).

1932. O "Raketenflugplatz" foi extinto. A "Verein für Raumschiffahrt" provou ao mundo que eram corretas suas teorias, quanto ao dimensionamento de foguetes. Despertaram interesse ao exército alemão, em pleno rearmamento. E um certo capitão Walter Dornberger, doutor em engenharia, não se impressionou com a "Verein für Raumschiffahrt", impressionou-se com um estudante com pouco menos de 20 anos, que prestava serviço à associação em suas horas de folga. Foi assim que o exército contratou Von Braun.

1933-1936. Neste período em Kummersdorf, perto de Berlim, o exército criou seu estabelecimento para testes de novas armas, foguetes. Neste período Von Braun se destaca dos demais, e por volta dos 25 anos torna-se diretor técnico

co.

1937-1942. Transfere-se toda equipe de Kummersdorf para Peenemunde onde a equipe de Von Braun trabalhou incessantemente, graças ao seu entusiasmo e sua liderança, em protótipos dos foguetes tipo "Agregado". Até atingir o sucesso absoluto a 16 de agosto de 1942 com o A-4, mais conhecido como V-2. As palavras de Dornberger ao agora doutor Wernher von Braun: "você imagina o que conseguimos hoje? Hoje nasceu a nave espacial".

1943-1944. Von Braun e sua equipe trabalham neste período no aperfeiçoamento da V-2 e de novos foguetes. O sonho de Von Braun era a conquista espacial. Chegou a ser preso quando reclamou: "meus foguetes estão sendo lançados no planeta errado". Foi solto pois sem ele Peenemunde pararia.

1945. Com a queda da Alemanha em maio, os exércitos russos capturaram Peenemunde, contudo obtiveram poucos benefícios. Meses antes as instalações haviam sido destruídas em sua maior parte, e mais tarde todos cientistas e engenheiros haviam sido evacuados pelos alemães. Antes, Von Braun e todos os seus homens à exceção de um, concordaram render-se aos americanos quando surgisse a oportunidade. Os americanos estavam preparados para aceitar com prazer tal rendição. A Operação Paperclip fora criada com o objetivo de recrutar os cientistas alemães mais proeminentes para trabalhar nos Estados Unidos. A Alemanha achava-se em estado caótico. Von Braun tomou a decisão de render-se mas as fanáticas tropas SS estavam dispostas a liquidar desertores. A 2 de maio, o irmão mais novo de Von Braun, Magnus, falava melhor o Inglês e o que menos faria falta, adentrou numa bicicleta as fileiras americanas. Foi mal recebido e até ironizado. O oficial comandante dispensou-o dizendo ceticamente que se de fato tinha um esconderijo de cientistas nas colinas devia trazê-los no dia seguinte.

Assim quase a despeito deles próprios, os americanos ganharam um prêmio invejável, 200 foguetes V-2, toneladas de documentos, 120 dos principais cientistas e engenheiros e, ainda, Walter Dornberger e Von Braun.

1946. Nos Estados Unidos em White Sands, Novo México, foi inaugurado um campo de testes, uma nova Peenemunde, com a V-2 Upper Atmosphere Research Panel. Alemães e americanos, entre eles Von Braun, iniciaram o programa de desenvolvimento de grandes foguetes.

1947-1948. Neste período inúmeras V-2 reconstruídas foram lançadas. Cerca de setenta. Uma vez que este estoque era limitado, sob coordenação de Von Braun foi iniciado um programa de foguetes para sua substituição.

1949. Os foguetes tipo Wac Corporal do exército americano, um produto da evolução da Segunda Guerra, foram testados sendo que um foi adaptado pela equipe de Von Braun sobre uma V-2. O míssil de dois estágios, assim formado, foi batizado de "Bumper". Atingiu 402 km de altitude.

1950. Von Braun foi transferido de White Sands para o arsenal de Redstone, em Huntsville, Alabama. Em junho entrou a Guerra da Coreia e de súbito parecia imperiosa a necessidade da técnica militar. O sonho espacial de Von Braun mais uma vez foi interrompido. Em menos de um mês ordenou-se que este estudasse a possibilidade de um míssil balístico de 800 km de alcance. Seu relatório foi favorável e começou-se a trabalhar o foguete no outono do mesmo ano. Foi dado grande prioridade ao projeto e o foguete foi batizado de Redstone.

1951-1955. Neste período Von Braun trabalhou no desenvolvimento do Redstone. Excepcionalmente, em 1952, Von Braun realizou uma concepção científica de uma estação espacial de 75 m de diâmetro. O modelo clássico de estação espacial, idéia esta utilizada futuramente no filme "2001 - Uma Odisséia no Espaço". Muitos cientistas acreditavam ser este modelo mais provável para um estação de grande porte. Além disso iniciou estudos de um shuttle que culminou nos atuais. A 29 de julho de 1955 o então presidente Eisenhower anunciou oficialmente que a contribuição americana para o Ano Geofísico Internacional (1957-1958) seria a colocação em órbita de um ou mais satélites de investigação científica. Para executar o programa foi separado uma verba especial para a marinha que era mais bem vista pela Casa Branca, com sua equipe chefiada pelo engenheiro Van Allen. A equipe do exército, chefiada por Von Braun, foi autorizada a modificar alguns foguetes Redstone, adaptando-os para colocar satélites em órbita, mas só poderiam realizar seus lançamentos depois da subida dos primeiros satélites da marinha. Esta velha rivalidade entre exército e marinha custaria caro aos Estados Unidos.

1956. A opção da escolha da marinha se mostrou desastrosa. Seu foguete, o Vanguard, uma versão modificada dos genuinamente americanos Viking e Aerobee, e por isso desligados da madura tecnologia trazida da Alemanha, fracassou em todos os testes. Von Braun, em vez de desenvolver um foguete especialmente projetado para lançamentos de satélites, modificou o Redstone.

1957. Vou Braun comentou a 20 de setembro com seu chefe, o General Medaris: "você sabe que nós podemos colocar

um satélite em órbita só que o pessoal de Washington não se lembra disso ...". A 4 de outubro o Sputnik I é colocado em órbita pelos soviéticos.

1958. A 31 de janeiro de 1958 Von Braun e sua equipe vibraram, subia o Júpiter C levando o Explorer I, o primeiro satélite americano. Von Braun realizava um antigo sonho.

1959. Utilizando foguetes Júpiter, a equipe do exército lançou seu Pioneer 3, sonda automática para orbitar a Lua, que por não ter atingido a velocidade desejada caiu de volta à Terra. A 3 de março conseguiram lançar a Pioneer 4 que passou perto da Lua e entrou em órbita solar. Muitos problemas surgiram com os lançamentos de sondas lunares. Diante desses problemas, os norte-americanos uniram suas equipes sob uma única direção, a NASA.

1960-1977. Von Braun participou ativamente dos programas Mercury, Gemini e Apollo. Sempre foi um entusiasta. Sempre acreditou na aventura espacial. Disse certa vez: "nós podemos fazê-la, e nós vamos fazê-la". Morreu em 1977 deixando o maior foguete até então, o Saturno V. Deixou-nos o sonho da conquista espacial. Nos mostrou o caminho do futuro.

Referências:

- [1] MOURÃO, RONALDO R.F. "Astronomia e Astronáutica". Francisco Alves, 1982.
- [2] ARGENTIERE, R. "A Astronáutica". Edições Pincar, 1957.
- [3] CLARKE, A.C. "O Homem e o Espaço". José Olympio, 1967.
- [4] Revista Planeta. "Aventura Espacial; volume especial". Editora Três.

Seção FICHA TÉCNICA

Tem por objetivo a descrição de foguetes lançadores e seus motores, sondas e naves espaciais, satélites artificiais e estações orbitais.

V-2

JOSE MIRAGLIA
Assessor de Comunicação
da ABAEE - São Paulo (SP)

UM POUCO DE HISTÓRIA

Na Alemanha, no período entre as duas Grandes Guerras, mais precisamente a partir de 1928, explodiu um onda de entusiasmo sobre a aplicação dos princípios de propulsão à reação. Nos veículos dos mais diversos foram instalados motores foguete: automóveis, motos, bicicletas, vagões, trens, planadores, etc. Mas o ponto alto das experiências amadoras foram os foguetes, dos mais diversos tipos, desde os foguetes que utilizavam a tão conhecida pólvora negra até aqueles que utilizaram oxigênio líquido e os mais diversos combustíveis (gasolina, álcool etílico, metano, etc).

Muitos grupos amadores que haviam se formado acabaram se associando no "Verein für Raumschiffahrt" (Associação para a Astronáutica). Esta associação constituiu em Reinickendorf, nos arredores de Berlim, um centro amador de pesquisas de foguetes conhecido por "Raketenflugplatz" (Campo de Voo de Foguetes).

As experiências no "Raketenflugplatz" acabaram por chamar a atenção do governo de Hitler, que então subira ao poder. Estas experiências que haviam se iniciado num clima de amadorismo iriam servir, inicialmente em Kummersdorf e mais tarde em Peenemunde, para o desenvolvimento de armas que seriam utilizadas na Segunda Guerra Mundial, que culminou com a V-2.

DO A-1 À V-2

O "Raketenflugplatz" foi extinto. Entrementes, o Departamento do Exército construiu em Kummersdorf seu estabelecimento para testes de armas até então não imaginadas sob comando do capitão, depois general de divisão, Walter Dornberger. Suas instruções eram simples: desenvolver, projetar e construir armas que pudessem dar à Alemanha a vantagem sobre os inimigos quando comessem as hostilidades. Para isso, Dornberger formou sua equipe de técnicos com muitos remanentes da "Raketenflugplatz", destacando-se Wernher von Braun.

Sua equipe era constituída de fanáticos por foguetes, o que levou o laboratório de foguetes a ter proeminência em Kummersdorf. A nata dos técnicos e cientistas em foguetes da Alemanha estavam lá, eles eram uma nova raça tal qual as armas que criavam.

O primeiro foguete produzido ali estava destinado a ser

o precursor de uma família de foguetes que culminaria com a V-2, seu nome-código era Agregado-1 (A-1). O foguete era um pequeno aparelho que desenvolvia um empuxo de 330 kg, alimentado a álcool etílico e oxigênio líquido, ambos levados à câmara de combustão pela pressão de um tanque de nitrogênio líquido. O motor foguete em si foi bem sucedido nos testes estáticos mas o foguete A-1, estabilizado com um giroscópio colocado em sua ogiva, não teve igual êxito e foi abandonado; o motivo mais tarde verificado foi o posicionamento errado do giroscópio.

O fracasso do A-1 serviu como impulso para um projeto mais bem sucedido, um foguete mais elaborado, criado com os conhecimentos adquiridos com o A-1, o Agregado-2 (A-2).

O A-2 era alimentado por oxigênio líquido e álcool etílico. Basicamente o A-2 era o A-1 aperfeiçoado. Este novo foguete se revelou decididamente muito mais prático atingindo altitudes superiores a 1800 metros. O êxito do A-2 elevou a moral do pessoal e as verbas. Tornou-se evidente a criação de novo centro de pesquisa, criado em Peenemunde, seria o orgulho da Alemanha.

O estabelecimento de Peenemunde começou a operar na primavera de 1937. E já em setembro um novo foguete estava pronto, o Agregado-3 (A-3).

O A-3 era um foguete maior, melhorado e modernizado. Desenvolvia 1500 kg de empuxo. Cada foguete tinha 6,30 metros. Apoiado em sua plataforma de testes, feita com abraçadeiras de aço, formavam um quadro impressionante durante os testes, dizem. Este foi o primeiro grande foguete a ser idealizado mas seu sistema de direção era primitivo demais, sujeito a falhas, jamais teve êxito nos vãos. O A-3 foi um zumbi mecânico quase incontrolável e muito temperamental.

Tornou-se, assim, evidente a necessidade, devido a problemas de engenharia que o A-3 apresentou, em idealizar o A-4 na tentativa de contornar estes problemas. De 1938 a 1940, 31 foguetes A-4 em escala reduzida foram testados, muitos recuperados com pára-quadras. Os problemas foram resolvidos e a viabilidade do A-4 se demonstrava.

O primeiro A-4, a 13 de junho de 1942 foi examinado, reexaminado e considerado pronto para o lançamento. Sua altura era de 13,85 metros, pesava 12 toneladas e era alimentado com metanol e oxigênio líquido. Acionaram-se as bombas, fez-se a ignição e o foguete subiu vacilante da sua plataforma de lançamento, ergueu-se em meio a imensa nuvem de fumaça e vapor, ganhando velocidade, e então, bem no momento errado, o motor da bomba de propelente falhou. O foguete subiu um pouco mais e depois inclinou-se para o lado e caiu, lançando nuvens de vapor dos tanques que se romperam.

A 16 de agosto o segundo A-4 foi disparado, com mais sucesso, e, embora o motor falhasse pramaturamente, talvez pela mesma razão do primeiro, a telemetria indicou que o aparelho superara a barreira do som. Também foi um momento histórico.

Mas o terceiro, a 3 de outubro, foi um sucesso. Esse A-4, disparado da costa da Pomerânia teve seu motor funcionando por mais de dois minutos atingindo a altitude de uns 80 km e alcance de 220 km. Chegara a era do míssil balístico.

Todo o alto comando alemão se interessou. Mais dinheiro, uma equipe maior e melhores equipamentos foram postos à disposição dos cientistas. O A-4 foi melhorado, seu alcance foi aumentado para 320 km e sua velocidade para mais de 5300 km/h. O A-4 passou a se chamar V-2, "V" de "Vergeltungswaffe" (arma de vingança), e Hitler ordenou sua produção para devastação de Londres.

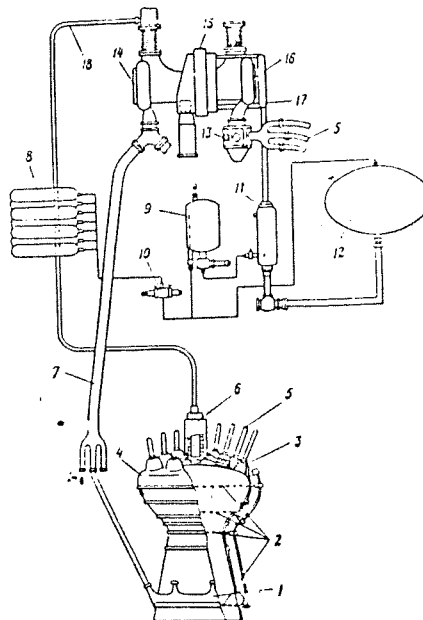
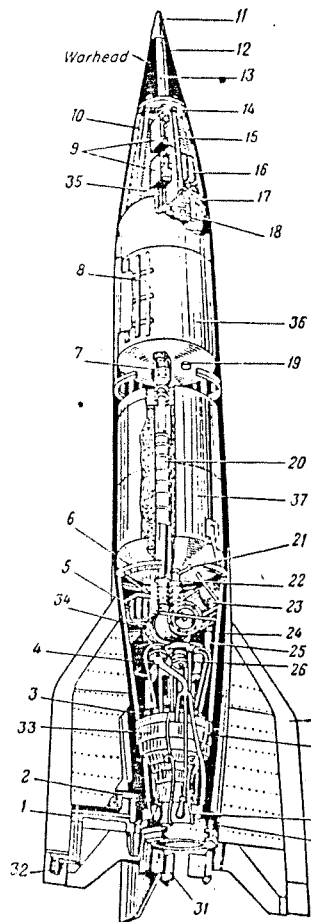
A versão final produzida da V-2 foi uma arma impressionante para a época, tinha 13,80 metros de altura, 1,67 metro de diâmetro e seu peso de lançamento era de 12870 kg. Transportava 3800 kg de álcool etílico (75%) e 5100 kg de oxigênio líquido, que eram consumidos na câmara de combustão a uma taxa de 123,75 kg/s. A velocidade do gás de descarga era de 2085 m/s.

Para se ter uma idéia de sua produção: somente a usina subterrânea de Nordhausen produzia 30 foguetes por dia; no fim de dois anos de trabalho a Alemanha possuía um estoque de 6000 foguetes, isto, apesar dos contínuos bombardeios da RAF contra Peenemunde.

A 7 de setembro de 1944, Londres recebeu os primeiros V-2. Ao total 1120 foram lançados contra Londres, 1050 atingiram o alvo.

Em Peenemunde os estudos continuaram, o A-4 foi melhorado e a versão A-4b já estava na fase experimental. Basicamente era o A-4 com asas enfilechadas com o objetivo de alcançar 750 km. Desenvolvia-se o A-9 e A-10: o A-9 era um foguete que utilizava ácido nítrico como oxidante e hidrocarbonetos como combustível; o A-10 era um foguete duplo estágio, cujo segundo estágio era o A-9, com a finalidade de bombardear New York, seu alcance seria de 5600 km.

No fim da guerra, russos e americanos capturaram centenas de V-2 e técnicos, sendo estas, as precursoras de ambos os programas espaciais e de mísseis balísticos.



- 1-trasmissão por corrente, do motor elétrico (2), para superfície móvel (32)
- 2-motor elétrico para acionamento da superfície móvel (32)
- 3-antecâmaras (detalhe no esquema básico do motor foguete)
- 4-tubulação de álcool
- 5-cilindros de ar comprimido para pressurização do tanque com solução de permanganato de cálcio (25) e peróxido de hidrogênio (23)
- 6-anel de sustentação do motor foguete
- 7-válvula solenóide do tanque de álcool (36)
- 8-estrutura metálica do foguete
- 9-acelerômetros e equipamento de rádio controle
- 10-contato entre a "cabeça de guerra" explosiva e o tanque de álcool (36)
- 11-detonador de impacto
- 12-carga explosiva de amatol (mistura de 50% de TNT e 50% de nitrato de amônia)
- 13-tubo central do detonador
- 14-condutor elétrico do detonador
- 15-suporte do acelerômetro e equipamento de rádio controle (9)
- 16-cilindros de nitrogênio
- 17-anel suporte da ogiva
- 18-girocópios
- 19-dreno de álcool
- 20-tubo de ligação entre o tanque de álcool (36) e turbo-bomba (34)
- 21-tubo para abastecimento de oxigênio líquido
- 22-anéis de expansão para os tubos de álcool e oxigênio minimizarem vibrações e dilatações
- 23-tanque de peróxido de hidrogênio
- 24-estrutura para fixação da câmara de combustão
- 25-tanque com solução de permanganato de cálcio
- 26-regulador de oxigênio
- 27-tubos de álcool para camisa de refrigeração da câmara de combustão e da tubeira (33)
- 28-orifícios para saída de álcool
- 29-servo eletro-hidráulico para acionamento do defletor de empuxo (31)
- 30-aletas
- 31-defletores de empuxo feitos de grafite
- 32-superfícies móveis (controle aerodinâmico)
- 33-câmara de combustão e tubeira
- 34-turbo-bomba
- 35-seção da ogiva com instrumentos de orientação inercial
- 36-tanque de álcool
- 37-tanque de oxigênio líquido

- 1-tubeira
- 2-sistema de distribuição de álcool para refrigeração da câmara de combustão
- 3-antecâmaras
- 4-câmara de combustão
- 5-tubos para suprimento de oxigênio líquido para antecâmaras
- 6-válvula principal de álcool
- 7-tubo para suprimento de álcool para camisa de refrigeração
- 8-cilindros de ar comprimido
- 9-tanque com solução de permanganato de cálcio
- 10-redutor de pressão
- 11-reator
- 12-tanque de peróxido de hidrogênio
- 13-válvula principal de oxigênio líquido
- 14-bomba de álcool
- 15-turbina para acionar as bombas de álcool (14) e de oxigênio líquido (16); a potência gerada era de 465 HP
- 16-bomba de oxigênio líquido
- 17-linha de vapor gerado no reator para acionamento da turbina; o vapor gerado no reator, a uma taxa de 2 kg/s, provém da decomposição do peróxido de hidrogênio com uma solução de permanganato de cálcio como catalisador
- 18-linha by-pass de álcool para a bomba durante o fim da queima

FICHA TÉCNICA DA V-2

- empuxo = 25800 kg
- altura = 13,80 m
- diâmetro do corpo = 1,67 m
- diâmetro medido nas aletas = 3,57 m
- diâmetro da câmara de combustão = 0,948 m
- diâmetro da garganta da tubeira = 0,400 m
- diâmetro da saída da tubeira = 0,740 m
- massa de lançamento = 12870 kg
- massa de combustível (álcool etílico 75%) = 3700 kg
- massa de oxidante (oxigênio líquido) = 5100 kg
- pressão de combustão = 14,15 atm
- temperatura na câmara de combustão = 2660 K
- temperatura dos gases ejetados = 1615 K
- velocidade de ejeção dos gases = 2085 m/s
- vazão mássica = 123,75 kg/s
- impulso específico = 212,5 s
- ignitor do motor foguete = carga de magnésio
- tempo de ignição = 2 a 3 s
- potência da turbo-bomba = 465 HP
- tempo de funcionamento do motor foguete = 64 s
- velocidade máxima = 5376 km/h
- velocidade de impacto = 2523 a 2853 km/h
- apogeu = 96 km
- alcance = 306 a 320 km
- temperatura de estagnação da ogiva (atrato) = 873 K
- carga de explosivo = 975 kg de amatol

Seção ESPAÇOMODELISMO

Descreve as técnicas utilizadas no projeto, fabricação e experimentação de mini-foguetes educativos (construídos com materiais não-metálicos e com pequena carga de propelente), bem como os meios de análise dos resultados de seus ensaios estáticos e lançamentos. Também descreve as normas de segurança e os equipamentos empregados nas experimentações com mini-foguetes educativos.

ESPAÇOMODELISMO

OZUALDO S. TOYODA
Diretor de Operações
da ABAEE - Rio de Janeiro-RJ

PROPULSORES DE ESPAÇOMODELO

Nos países onde o espaçomodelismo é praticado regularmente, o espaçomodelista não necessita construir o propulsor para seu espaçomodelo, visto que estes são industrializados e comercializados.

O propulsor industrializado segundo normas específicas, normalmente obedecendo os códigos e regulamentação da FAI (Federação Aeronáutica Internacional, com sede na França) ou derivadas, como é o caso das normas da NAR (National Association of Rocketry, americana), tem permitido ao leigo, principalmente estudantes do nível primário e secundário, iniciar nesta fascinante atividade com um grau de segurança extremamente elevado.

No AEN anterior mostramos o espaçomodelo típico. Neste quarto AEN, apresentamos os detalhes e a filosofia de projeto do motor foguete, ou propulsor, de espaçomodelos.

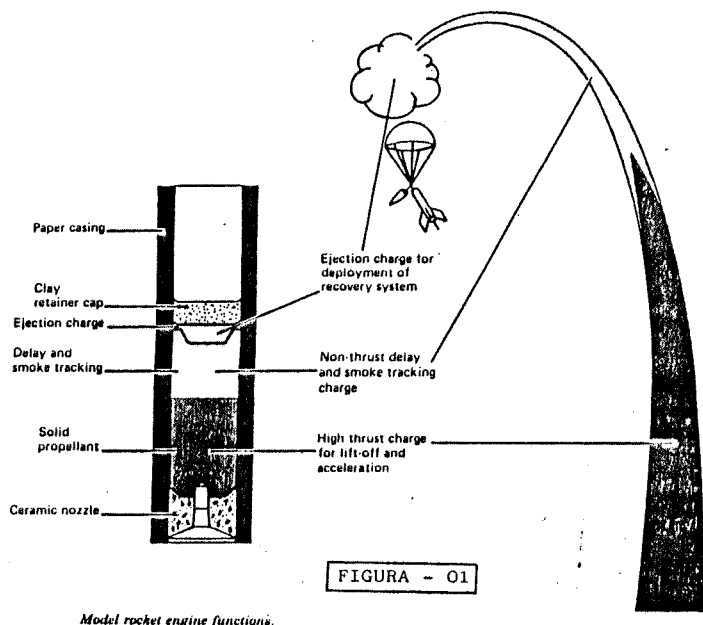
ASPECTOS CONSTRUTIVOS DO PROPULSOR DE ESPAÇOMODELO

Os propulsores a propelente sólido, empregados em espaçomodelismo são, geralmente, construídos a partir de papel resistente, em várias camadas, que resulta em um tubo de alta resistência mecânica, durável, leve e relativamente barato. Para permitir máximo rendimento, são dotados de uma tubeira moldada em material cerâmico (Figura-01).

Visando a permitir a recuperação dos espaçomodelos, os propulsores são dotados de uma carga de ejeção de pára-quadras ou fita, cujo acionamento é controlado por uma carga pirotécnica temporizadora que tem a finalidade, também, de gerar fumaça para permitir o rastreamento ótico da ascensão do espaçomodelo. Por último, para contenção da carga de ejeção, existe uma camada de argila prensada, que se desfaz pela pressurização ocorrida no momento da queima dessa carga.

A finalidade de cada componente do propulsor, durante o vôo do espaçomodelo, pode ser visualizado na Figura-01.

Existem propulsores denominados "booster", sem a carga temporizadora e de ejeção de pára-quadras, destinados a estágios inferiores de espaçomodelos multiestágio.



Propulsores de espaçomodelo empregam propelente sólido, geralmente a pólvora negra com formulação adequada a esta finalidade. Atualmente tem sido produzidos em diversos países (EUA, URSS, Yugoslávia, etc) propulsores que empregam propelente do tipo composite, basicamente semelhante aos empregados nos "boosters" laterais dos Ônibus espaciais ou do Sonda-IV por exemplo, mas com formulação e propriedades compatíveis para o emprego em espaçomodelismo.

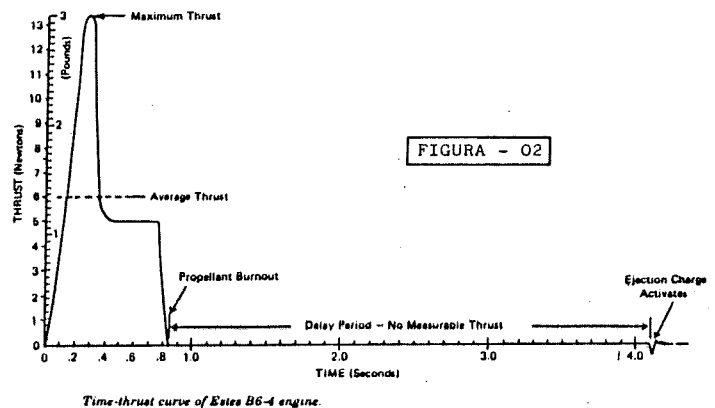
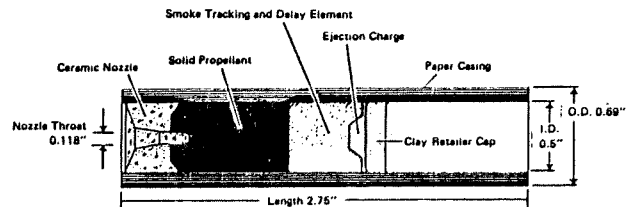
Os propulsores industrializados que empregam a pólvora negra (repetimos: com formulação adequada a esta finalidade) apresentam impulso específico entre 50 e 100 segundos (quanto maior o impulso específico, mais energético é o propelente) e os que utilizam propelente composite, da ordem de 180 segundos. A título de ilustração, os propelentes composite de uso profissional apresentam impulso específico real entre 220 e 265 segundos. Os impulsos específicos apresentados pelos propelentes de espaçomodelos têm sido suficientes para atender aos requisitos do espaçomodelismo.

A quantidade de propelente que um espaçomodelo pode carregar, através de um único ou vários propulsores é de no máximo 125 gramas, segundo as normas internacionais de segurança existentes.

TIPO DO GRÃO PROPELENTE

A maioria dos propulsores de espaçomodelo à pólvora negra possui o grão (a carga moldada de propelente) cilíndrico, com uma pequena perfuração próxima à garganta da tubeira (Figura-02). Tal perfuração tem a finalidade de permitir que a área de queima de propelente, logo após a sua ignição, se propague na direção longitudinal e também radial, até atingir um máximo valor (superior àquele da seção reta da porção cilíndrica do grão) quando então é gerado um pico de empuxo, para assegurar máxima aceleração na fase inicial do vôo do espaçomodelo. Após atingir a máxima área de queima, quando termina a propagação radial, a combustão passa a ser essencialmente longitudinal e a área de queima aproximadamente constante e suficiente para manter o vôo do espaçomodelo, sem submetê-lo a velocidade excessiva. Por outro lado, tudo isso ocorre normalmente, num intervalo de aproximadamente um segundo ou menos, a exemplo do propulsor B6-4 da ESTES, que emprega unicamente pólvora negra como propelente (Figura-02).

Specific impulse - 80-83 Lb.-Sec. per Lb.
Exhaust Velocity - 2650-2850 Ft./Sec.



Existem também propulsores com um perfil de empuxo um pouco diferente do anteriormente discutido, como é o caso do propulsor B8-5 (Figura-03), que se caracteriza por apresentar apenas um pico de empuxo, sem fase de sustentação. Isto é conseguido através da maior profundidade da perfuração do grão, que proporciona áreas de queima inicial e máxima superiores. Como a quantidade de propelente é idêntica a do B6-4 (aproximadamente 6 gramas), a consequência disto é um menor tempo de combustão e empuxos médio e máximo maiores.

Time-thrust curve of Estes B6-5 engine
 Exhaust Velocity - 2550-2650 Ft./Sec.
 Specific Impulse - 80-83 Lb. Sec. per Lb.

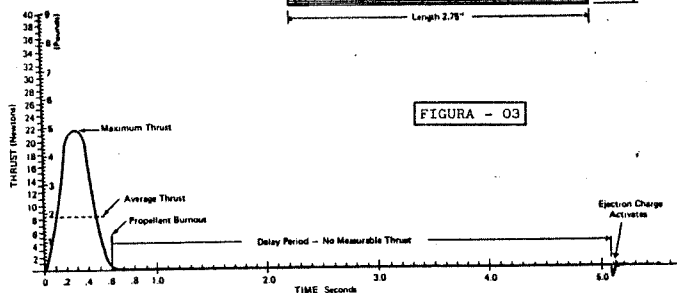
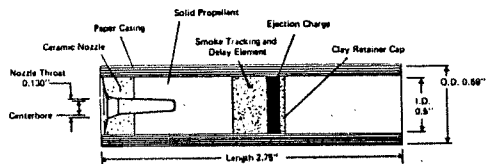


FIGURA - 03

FUNCIONAMENTO DO PROPULSOR

O funcionamento de um propulsor de espaçomodelo, dotado de carga de ejeção de pára-quadras, incia-se com a ignição do propelente, que é sempre realizada eletricamente. A tubeira tem a finalidade de proporcionar uma pressão de combustão adequada e fazer com que a velocidade de ejeção dos gases, resultantes da combustão, seja a maior possível. Após o consumo do propelente, inicia-se a queima da carga temporizadora e de geração de fumaça. Terminada a fase de temporização, ocorre a ignição (por contato físico) da carga de ejeção do pára-quadras.

Se por algum problema (normalmente decorrente do acondicionamento e transporte inadequados) houver uma superpressurização interna do propulsor, que é reportada como sendo muito rara para os motores homologados, as suas consequências poderão ser minimizadas por três processos, possíveis graças às suas características construtivas: a primeira consiste na ejeção da tubeira e consequentemente depressurização; a segunda seria a ejeção da tubeira e também das cargas temporizadora e de ejeção, estas últimas em sentido contrário à da tubeira, ou seja, pela parte dianteira; e a terceira é o rompimento do tubo, que por ser de papel não produz estilhaços como materiais metálicos (no caso extremo de ocorrer a explosão, ocorrerão simultaneamente a expulsão da tubeira e das cargas existentes acima do grão de propelente).

Quanto aos aspectos de segurança e de confiabilidade dos propulsores comerciais, as estatísticas são bastante favoráveis (no recente catálogo que recebemos da ESTES, estão registrados cerca de 300 milhões de propulsores comercializados em 30 anos de sua existência).

CLASSIFICAÇÃO DOS PROPULSORES DE ESPAÇOMODELO

Os propulsores de espaçomodelo são classificados de acordo com seu impulso total, definido como sendo o produto entre o empuxo médio desenvolvido pelo propulsor e o tempo de combustão efetivo.

Os códigos que especificam os propulsores são constituídos por uma letra e por dois números subsequentes (Ex.: B6-4 como já vimos). A letra indica a classe de impulso total, o primeiro número informa o empuxo médio, em Newton, e o último número indica o período de temporização, em segundos, até a ejeção do pára-quadras (quando o propulsor é do tipo "booster" não há carga temporizadora e nem de ejeção e portanto, o número correspondente é zero).

O máximo impulso total, permissível para um propulsor de espaçomodelo, de acordo com as regulamentações da FAI e da NAR, é de 160 Newton-segundo [N-s], conforme podemos verificar na tabela seguinte.

Código de Impulso Total	Impulso Total [N-s]
A	1.26 a 2.50
B	2.51 a 5.00
C	5.01 a 10.00
D	10.01 a 20.00
E	20.01 a 40.00
F	40.01 a 80.00
G	80.01 a 160.00

Talvez, o maior empecilho ao desenvolvimento do espaçomodelismo em nosso país é a dificuldade de se obter propulsores industrializados.

A tentativa pioneira de fornecimento de propulsor industrializado de espaçomodelo em nosso país deve-se a nosso prezado Basílio Baranoff através da Brasil Aeroespacial (kit do famoso Sondinha-II). Seus motores foram manufaturados por uma conceituada indústria de fogos de artifícios, e são construtivamente bastante simples e seguros, não dispendo de tubeira nem carga de temporização e ejeção de pára-quadras.

Determinada casa de aeromodelismo de São Paulo colocou no mercado dois kits de espaçomodelo, copiados da ESTES. Entretanto, estão na dependência da disponibilidade de propulsores.

Por questões não tão bem compreensíveis, não vimos o espaçomodelismo crescer entre nós, apesar de termos notícias de que os interessados são inúmeros. Um dos motivos talvez seja o fator econômico, mas acreditamos que a dificuldade de obtenção de propulsores industrializados aliado à falta de divulgação do assunto sejam os principais motivos, entre outros. Cremos que a ABAEE poderá ter um importante papel no sentido de suprir tais deficiências, notadamente àqueles que desejam, por um ideal científico, desenvolver atividades de minifoguetes de modo seguro e racional.

Referências Bibliográficas:

- [1] CANNON, Robert L. and BANKS, Michael A. "The Rocket Book: A Guide to Building and Launching Model Rocket for the Space Age". Prentice-Hall, 1985.
- [2] BANKS, Michael A. "Advanced Model Rocketry (Second Stage)". Kalmbach Books, 1985.
- [3] ESTES INDUSTRIES. Catálogo, 1989.

NOTÍCIAS DO ESPAÇOMODELISMO

Gostaríamos de documentar, neste espaço, todas as atividades com espaçomodelos (minifoguetes educativos) desenvolvidas principalmente no Brasil. Para isso, entretanto, é necessário que aqueles que lançarem espaçomodelos ou realizarem qualquer atividade neste sentido, nos informem para que possamos incluir em nosso noticiário.

Neste último número de 1989, publicamos uma resenha de lançamentos de espaçomodelos ocorridos no ano, obviamente, daqueles que tivemos notícias ou que realizamos até o fechamento desta edição.

Lançamentos realizados em 1989.

Espaçomodelo	Entidade ou responsável	Data
Supernova-I	Ozualdo S. Toyoda	21 Abr
Sonda-II	CEFEC	Abr (?)
Sondinha-II	LAE	23 Mai
Sondinha-II	LAE	23 Mai
Sondinha-II	LAE	23 Mai
Sondinha-II	LAE	23 Mai
Sondinha-II	Ozualdo S. Toyoda	25 Jun
Plêiades	Ozualdo S. Toyoda	25 Jun
Sondinha-II	CEFEC	Out (?)
Sondinha-II	CEFEC	Out (?)
Sondinha-II	CEFEC	Out (?)

NAR: comunicamos o novo endereço:

National Association of Rocketry
 2140 Colburn Drive
 Shakopee, MN 55379 - USA

Queremos registrar o recebimento, do Clube de Maquetismo de Nova Friburgo, de uma maquete da nave Apollo 11/Módulo Lunar, feita em papel, cartão e laminada. Realmente incrível a sua perfeição, principalmente a do Módulo Lunar. Está de parabéns o Reginaldo Miranda Jr.

Aproveitamos para desejar a todos os colegas da ABAEE e a todos os leitores do AEN, boas festas e um próspero 1990.

Um ano marcado por violentos cortes orçamentários, divergências com nações amigas, tentativas internas e externas de boicote à Missão Espacial Completa Brasileira (MECB) e deformação na estrutura da área nacional de Ciência e Tecnologia, além das elevadas taxas de inflação, não foram motivos suficientes para causar danos sensíveis ao Programa Espacial Brasileiro. Executivos, cientistas, pesquisadores, técnicos e todos os demais profissionais da área demonstraram a indispensável compreensão e flexibilidade para adaptação imediata às mudanças, fazendo de 1989 um ano de marcantes e seguidos sucessos.

O Instituto de Atividades Espaciais (IAE/CTA), do Ministério da Aeronáutica, em 28 de abril, lançou com êxito o quarto foguete Sonda IV. Com sistema de controle eletrônico digital e tubeira móvel, este foguete já dispensava o uso de empensas no segundo estágio. Logo depois, no dia 18 de maio, outro bem sucedido lançamento era feito, também, do Centro de Lançamento da Barreira do Inferno: era a vez do VLS-R2, um modelo em escala reduzida do futuro Veículo Lançador de Satélite, usando segmentos do Sonda II, destinado a testar a ejeção do primeiro estágio (quatro propulsores alinhados à volta do segundo estágio). No prédio de integração do IAE, em São José dos Campos, SP, de 19 a 23 de junho, o Diretor do Instituto, Cel Av Antonio Carlos de Freitas Pedrosa, recebeu a visita dos fabricantes dos diversos componentes do VLS, que se surpreenderam ao ver inteiramente montado, com suas peças, o primeiro foguete lançador da série, com 18 metros de altura.

O Grupo de Implantação do Centro de Lançamento de Alcântara (GIGLA), do Ministério da Aeronáutica, sob a direção do Cel Eng Pedro Araujo de Souza, deu início às operações do citado Centro, de onde partirão os VLS e outros lançadores ainda mais avançados. O Centro de Lançamento de Alcântara (CLA) é o mais bem localizado em todo o mundo, a 2º18' ao sul do Equador, onde a velocidade tangencial à Terra é máxima, representando expressiva economia de combustível. Todo o projeto foi definido para não agredir o patrimônio histórico que representa Alcântara, fundada em 1648. Para apoiar o CLA, surgiu a Nova Alcântara, debruçada sobre a praia de Tapiref, com escola, centro hospitalar, supermercado, praça de esportes, hotel de trânsito e outras instalações de apoio e comerciais. Seu aeroporto tem capacidade para receber aeronaves até o porte do Boeing 747-200. Apesar da alta tecnologia presente, tudo está sendo feito com simplicidade e versatilidade, sem sofisticacões desnecessárias que venham a comprometer ou onerar a futura operacionalidade do complexo.

O Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), do Ministério de Ciência e Tecnologia, sediado em São José dos Campos, SP, é o responsável pela construção, testes e operação dos satélites da MECB (dois de coleta de dados meteorológicos e dois de sensoriamento remoto) que serão postos em órbita pelos VLS (IAE) a serem lançados do Centro Espacial de Alcântara (GIGLA). O primeiro satélite, o SCD-1, está praticamente pronto, entretanto, além de todas as instalações do Segmento Solo (estações de rastreamento, coleta e processamento de dados, Centro de Controle da Missão, etc) da MECB, o INPE mantém programas em todas as áreas de ciências e aplicações espaciais com, praticamente, todos os países do mundo. O corte de 55% em seu orçamento, resultado do Plano Verão, foi um desafio para o seu Diretor Geral, Dr. Márcio Nogueira Barbosa, de 37 anos, nomeado para a função em janeiro, tendo sido admitido no Instituto aos 21 anos. Com a adoção de medidas econômicas rigorosas, fiscalizadas com o auxílio dos próprios funcionários, a imagem do INPE perante a opinião pública no país e no exterior não sofreu a menor degradação, tendo sido convidado a se fazer presente às comemorações do Ano Internacional do Espaço, em 1992, ao lado das principais agências espaciais do mundo.

A Comissão Brasileira de Atividades Espaciais (COBAE), órgão que assessora diretamente a Presidência da República no setor espacial, bem como coordena as metas fixadas para o IAE, GIGLA e INPE, atendendo a uma solicitação da Seplan, elaborou um programa a ser cumprido no período de 1993 a 2003, que estabelece as diretrizes a serem seguidas em continuidade à MECB. O Diretor Executivo da COBAE, Cel Geraldo de Freitas Bastos, definiu como uma das metas o desenvolvimento de lançador de satélites com estágios líquidos, cuja tecnologia foi pleiteada entre os itens da proposta de contratação dos satélites Brasilsat 3 e 4 de segunda geração, que serão lançados a partir de 1992.

Para o lançamento dos futuros satélites Brasilsat (cujo resultado da concorrência vem sendo constantemente adiado) apresentaram-se as empresas McDonnell Douglas Astronautics Co., dos Estados Unidos, e a francesa Arianespace. O Governo da França se prontificou em transferir a tecnologia dos sis-

temas de propulsão Viking, que capacitaria o Brasil a produzir o Ariane-2 (Ariane-40 encurtado), capaz de colocar em órbita de transferência geostacionária cargas de até 2175 kg. Alegando que tal tecnologia teria aplicações militares, o governo norte-americano pressionou a França e os países membros da Agência Espacial Européia (ESA) para a retirada do item nas negociações. O assunto continua em suspenso, aguardando o resultado das eleições no Brasil, conforme nota divulgada pelo Ministério francês da Pesquisa e Tecnologia.

1989 foi, apesar das dificuldades, um ano de excelentes resultados para o Brasil no setor das atividades espaciais. Para 1990, obstáculos ainda maiores são esperados, devido aos cortes ainda maiores no orçamento e pelo desconhecido rumo a ser tomado pelo próximo presidente para a plena solução dos problemas brasileiros. Vamos torcer para que ele tenha uma visão bastante óbvia do uso do espaço, ou o pesoal do programa espacial terá dificuldades para seguir apoiando os setores dependentes, como é o caso da agricultura, meteorologia, comunicações, meio ambiente, combate às secas, minas e energia, busca e salvamento, localização de culturas clandestinas, urbanização, incêndios florestais e desmatamento, atividades pesqueiras e muitas outras funções indispensáveis para manter o nosso povo motivado na construção de um Brasil sadio e próspero.

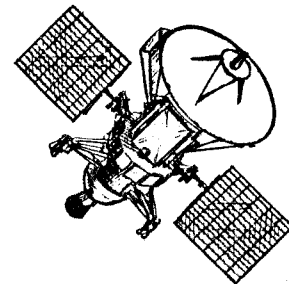
(Fontes: COBAE, INPE, IAE, GIGLA, Arianespace, CNES)

Nota do Editor: artigo originalmente publicado no boletim AstroNews nº 86-89 de 18 Dez 89.

O ANO DE 1989 NO ESPAÇO

REGINALDO MIRANDA JÚNIOR
Grupo de Maquetismo de
Nova Friburgo - GMNF
Nova Friburgo (RJ)

1989 marcou-se como um ano tipicamente preparatório em termos de projetos espaciais. Os Estados Unidos lançaram duas sondas espaciais, que deverão atingir seus objetivos nos anos 90: primeiro, a Magalhães, lançada pelo Atlantis em maio, que deverá atingir a órbita venusiana em 10 de agosto de 1990, realizando a partir de então um extenso programa de pesquisa e mapeamento da sua superfície por meio de radar.

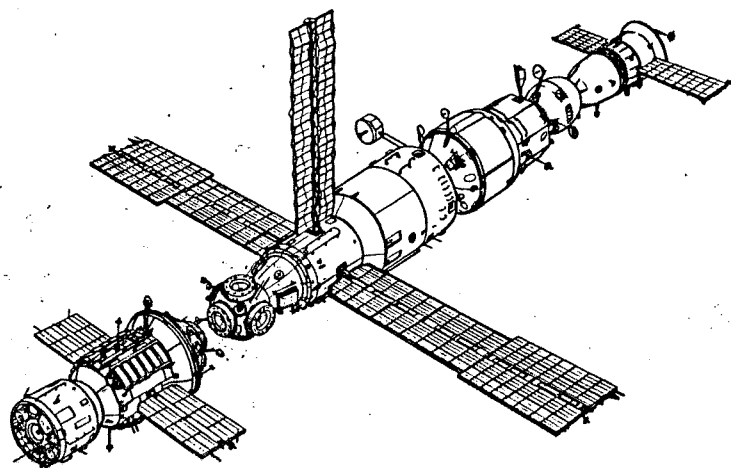


Magalhães

A segunda sonda lançada foi a Galileo, posta em rumo pelo mesmo shuttle Atlantis, em outubro. A Galileo deverá passar pelo campo gravitacional de Vênus em fevereiro de 1990, para ganhar velocidade; passará pela Terra em dezembro do mesmo ano e em dezembro de 1992, pelos mesmos motivos. A sonda terá de fazer esta série de manobras porque seu motor de escape, IUS, não tem potência para enviá-la diretamente a Júpiter (o motor proposto anteriormente, Centauro, foi proibido de ser transportado pelos ônibus espaciais desde o acidente com a Challenger em 1986).

A missão Galileo prevê a chegada da sonda de 1,5 bilhão de dólares em 1995. Um módulo de descida de 355 kg será enviado pela nave principal diretamente à atmosfera de Júpiter, na qual penetrará e será destruída pelas altas pressões atmosféricas. A nave principal ficará em órbita do planeta, colhendo dados com seus instrumentos ultra-sofisticados (Galileo é a sonda mais avançada já lançada).

A União Soviética lançou mais uma Soyuz TM e anunciou que uma nova versão desta nave descartável está em desenvolvimento. A Soyuz TM-8, com Viktorenko e Alexandrov a bordo, acoplou-se com a estação orbital Mir. A missão deverá durar seis meses, durante os quais a Mir receberá dois novos módulos, D e T, dotados, respectivamente, de uma câmara com uma "mochila espacial" (Ícaro) e um laboratório de pesquisas com supercondutores. Outra tripulação os substituirá no início de 1990, prosseguindo as tarefas que transformarão a Mir na



O Brasil continuou seus testes com VLS/Sonda IV, objetivando o desenvolvimento do Veículo Lançador de Satélite, que deverá entrar em operação em 1992-93.

A Arianespace, consórcio espacial europeu, amargou o mau desempenho do motor do Hipparcos, que contudo pôde entrar em funcionamento no dia 4 de outubro, mesmo numa órbita baixa, observando 80% das 120 mil estrelas que estavam programadas. Construído pela ESA (Agência Espacial Europeia), o Hipparcos fará o mais detalhado mapa celeste até hoje obtido.

Japão, Inglaterra e Austrália estão selecionando candidatos para serem transportados para a estação Mir em 1991. Suas passagens foram pagas por iniciativas governamentais e privadas de seus países, em acordos firmados com o órgão espacial de comércio soviético, o Glavkosmos.

O fim do ano chega com a crescente divulgação dos futuros lançamentos dos EUA, como os das sondas Cassini (para Saturno), CRAF - Comet Rendezvous and Asteroid Fly-by (para encontrar o cometa Kopff e o asteroide Hamburga), Ulysses (para contornar os pólos do Sol) e Mars Observer (para orbitar Marte). Além delas, teremos a Luna-92 (URSS, para a Lua) e uma série de sondas soviéticas que partirão para Marte, em 1994, 1996 e 2000. Uma delas levará um carrinho "Marsokhod", além de balões de pesquisa projetados com auxílio da França e dos Estados Unidos.

Prosseguem os projetos dos aviões transatmosféricos - capazes de entrar em órbita sem a ajuda de foguetes, sob a responsabilidade de EUA, Alemanha, Japão e URSS, assim como os ensaios do Pegasus, um lançador de 15 metros que será transportado por aviões B-52 a grandes altitudes, para depois seguir rumo ao espaço, transportando aparelhos não- tripulados.

O Japão leva adiante seu eficiente programa, visando também desenvolver seu táxi-espacial, semelhante ao francês Hermès (que poderá entrar em atividade em 1995-96). A China já testou seu Cheng-Zen 4 (Longa Marcha 4) e Israel prossegue em seu foguete Shavit a passos mais lentos. Seguem-se em ordem cronológica os principais fatos espaciais de 1989, até novembro.

ACONTECIMENTOS ESPACIAIS EM 1989

Janeiro

- 19 - A URSS informa que os dois cosmonautas que passaram 366 dias na estação orbital Mir, Vladimir Titov e Musa Manarov, se recuperaram bem. Alexander Dunayev, da Glavkosmos, anuncia que a URSS vai lançar mais um módulo para a estação soviética. Um jornal americano diz que os soviéticos fecharam acordos com a firma americana Space Commerce Corp. para lançamento de satélites.
- 26 - A revista Aviation Week & Space Technology afirma que serão enviados dois módulos para a Mir em 90. Um terá uma câmara de compressão para atividades fora da nave e outro levará um laboratório. Anunciada a entrada, em breve, em operação da quarta geração de naves tripuladas Soyuz, da URSS.
- 29 - A sonda soviética Fobos 2 entra em órbita marciana.
- 30 - É anunciado na Itália que Cristiano Batalli e Francesco Rositto são os candidatos a voarem numa missão americana num ônibus espacial.

Fevereiro

- 1 - A Rádio de Moscou informa que a URSS pretende lançar o Buran futuramente, para recuperar e trazer à Terra a estação orbital Salyut 7, lançada em 1982 e desocupada em 86.

9 - A União Soviética lança o Cosmos 2000 para mapear a Antártida.

- 11 - Lançada pela URSS a Progress 40, nave de carga para a Mir/Soyuz TM-7, levando suprimentos para Alexander Volkov, Serguei Krikalev e Valery Polyakov. Acoplada com sucesso em 12/2.
- 12 - A Fobos 2 faz manobras orbitais em Marte.
- 14 - Um satélite GPS é lançado por uma foguete Delta-2 (EUA)
- 18 - A sonda Fobos-2 solta seu motor de frenagem, já esgotado, e tira fotografias e leituras de instrumentos sobre Marte.

Março

- 13 - Os Estados Unidos lançam o shuttle Discovery com os astronautas Michael Coats, John Blaha, James Buchli, James Bagian e Robert Stringer. A nave deixa em órbita um satélite de retransmissão da série TDRS (dia 14); retorna no dia 18, na Base Edwards.
- 27 - Anunciado que a rede de TV japonesa TBS pagará à Glavkosmos para que um jornalista japonês seja lançado ao espaço numa Soyuz que se acoplará à Mir em 1991. Jornalistas soviéticos protestam e o Ministério da Indústria Química da URSS se oferece para pagar a passagem de um repórter russo antes do japonês.

Abril

- 23 - Os cientistas soviéticos confirmam informações do ocidente de que a sonda Fobos 2 perdeu contato com a Terra. O projeto, iniciado em julho de 1988 com o lançamento de Fobos 1 e 2, é encerrado sem ser completado. A URSS anuncia o lançamento da Soyuz TM-8 para setembro.
- 27 - A cápsula da nave Soyuz TM-7 desce de pára-quadras no Cazaquistão (URSS) com os cosmonautas Krikalev, Volkov e Polyakov, que estavam na Mir. Anunciado o lançamento do satélite Foton, projeto conjunto entre URSS e França (26).
- 28 - É lançado da Barreira do Inferno (RN), o foguete Sonda IV, num voo de 820 km de altitude, como parte do Programa VLS.

Mai

- 4 - Lançado o ônibus espacial Atlantis, com a missão de lançar a sonda espacial Magalhães para Vênus. Os tripulantes são David Walker, Donald Grabe, Mark Lee, Mary Cleave e Norman Thagard. A sonda é lançada com sucesso no dia 5. A Magalhães pesa 3500 kg e chegará em Vênus em agosto de 1990, e mapeará 90% do planeta. O Atlantis desce no dia 8, em Edwards.
- 18 - Lançado da Barreira do Inferno o VLS-R2, versão menor do futuro VLS. Carga útil recuperada de pára-quadras com sucesso.
- 21 - Magalhães corrige rota rumo a Vênus, com sucesso.
- 27 - URSS lança satélite Resurs, para observação de recursos naturais, por um foguete da série Soyuz (SL-4). Anunciada a escolha do nome "Endeavour" para batizar o próximo shuttle americano.

Junho

- 7 - Uma réplica do Buran chega ao Salão de Le Bourget, tornando-se a principal atração da feira; cortes orçamentários atrasam o programa deste shuttle soviético.
- 14 - É lançado de Cabo Canaveral um satélite Block-14, por um foguete Titan-4. Trata-se de um satélite com telescópio infravermelho, para uso militar.
- 23 - A Austrália começa a selecionar cosmonautas para irem à Mir em 91.
- 29 - Inglaterra e URSS assim acordo para a Missão Juno, em 91, com um cidadão inglês sendo enviado à Mir.

Julho

- 6 - A URSS lança o satélite Nadiezhda, para salvamento marítimo. Voyager 2 (EUA) faz fotos de Netuno e descobre um novo satélite natural do planeta azul.
- 20 - Comemora-se o voo da Apollo-11 à Lua.
- 28 - A URSS anuncia que enviará uma sonda robô a Marte antes de 2000.

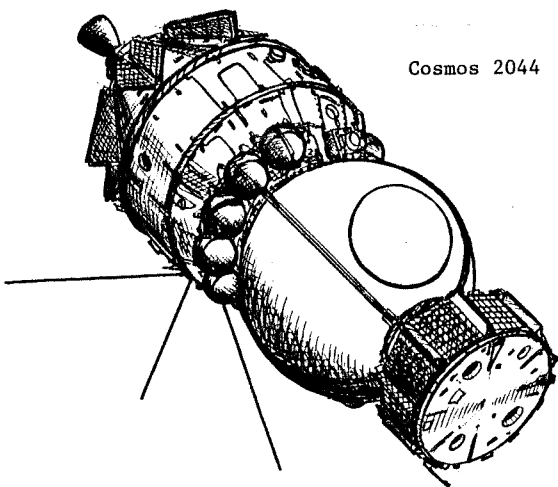
Agosto

- 3 - Voyager 2 descobre mais três luas em Netuno.
- 8 - Lançado o Columbia (EUA) em missão militar secreta. Os tripulantes são Brewster Shaw Jr, Richard Richards, James Adamson, Mark Brown e David Leestma. Especula-se que a nave lançou ou um satélite KH-12 (fotográfico) ou um Lacrosse (reconhecimento por radar) no dia 8, 7 horas após o lançamento de Cabo Canaveral. O Columbia, mostrando suas modificações no sistema de proteção térmica da cauda, pousa normalmente em Edwards, Califórnia, em 13. É lançado o Hipparcos (dia 8), por um Ariane 4; o motor orbital falha e este satélite astronômico europeu passa a girar em altitude mais baixa.
- 11 - Voyager 2 descobre dois arcos de partículas em Netuno.
- 22 - Iniciado sua aproximação com Netuno, a sonda americana

Voyager 2 descobre que o planeta tem 8 luas de grande porte e inúmeras outras menores; faz medições, fotografa a lua Tritão, descobre mais três outros anéis em torno do planeta; fotografa movimentos atmosféricos e registra o campo magnético do planeta. A missão da sonda em Netuno encerra-se em fins de agosto, com sucesso total. A nave automática lançada em 1977 estudará os limites do Sistema Solar, para depois mergulhar no espaço interestelar.

Setembro

- 5 - A URSS lança a Soyuz TM-8, com os cosmonautas Alexander Viktorenko e Alexander Serebrov. A nave acopla-se com a Mir no dia 8, e os cosmonautas ocupam a estação orbital, para missão de 6 meses.
- 13 - A Space Commerce (EUA) anuncia que a URSS, com quem faz contratos, poderá construir e operar bases de lançamentos no Brasil. Foguetes como o Vostok e Proton poderiam ser lançados por brasileiros.
- 15 - A URSS lança o Cosmos 2044, com dois macacos a bordo, para vôo de 14 dias. A nave desce no dia 29, em Kustanai, com sucesso. Cientistas soviéticos visitam o INPE (15 a 23).
- 25 - NASA lança satélite militar por um foguete Atlas e passa os lançamentos não-tripulados para empresas privadas.



Cosmos 2044

Outubro

- 18 - Sob o Atlantis com a nave Galileo. Tripulada por Donald Williams, Michael McCulley, Franklyn Chang-Diaz, Ellen Baker e Shannon Lucid, a nave americana libera a sonda Galileo (2355 kg) 6h21m após o lançamento. São feitos estudos sobre a camada de ozônio da Terra. A Galileo vai passar por Vênus, Terra e Júpiter, e fará descer uma cápsula no último. O ônibus espacial aterrissa em Edwards no dia 23, com sucesso, enquanto a sonda prossegue em seu caminho conforme o previsto.

Novembro

- 4 - A NASA anuncia seus planos de lançar sondas robôs a Marte após o Mars Observer (1992). As naves serão enviadas a partir de 1995, e deverão trazer amostras do solo marciano para a Terra.
- 20 - A NASA entrega ao vice-presidente americano (e também presidente do Conselho Nacional do Espaço), Dan Quayle, seus planos para uma base lunar (em 2001) e o lançamento de uma nave tripulada a Marte (em 2011).
- 23 - É lançado o shuttle Discovery, em missão militar (lançamento de satélite espião sobre a URSS). Frederick Gregory (comandante), John Blaha, Manley Carter, Story Musgrave e Kathryn Thornton observam alvos terrestres e regressam à Terra no dia 27.
- 29 - José Julia, Brig. da Força Aérea Argentina, anuncia a conclusão dos projetos do foguete Condor II, capaz de lançar cargas pequenas ao espaço.
- 30 - A NASA informa que a sonda Galileo efetuou sua primeira correção de curso com sucesso total.

**ENSAIOS COM O
PROGRAMA CPTELA**

OZUALDO S. TOYODA
Diretor de Operações
da ABAEE
Rio de Janeiro (RJ)

1 - INTRODUÇÃO

O Programa CPTELA, em Basic, destina-se a auxiliar no dimensionamento aerodinâmico de minifoguetes e foi apresentado no AEN-2.

O presente artigo apresenta as conclusões de simulações realizadas com o CPTELA, no intuito de conhecer as peculiaridades de seu modelo matemático e sua sensibilidade às variações das dimensões das aletas.

2 - PREMISSAS

As notações utilizadas são, naturalmente, as mesmas do programa CPTELA.

Os formatos das aletas bem como suas dimensões foram adotados apenas por questões didáticas, não tendo qualquer objetivo de sugerir a adoção de tais geometrias.

A posição do Centro de Pressão tem como referência a ponta da ogiva.

Não foram analisadas as influências dos diferentes tipos de ogiva, sendo as características do minifoguete hipotético as mais elementares possíveis, quais sejam:

- é constituído de apenas um estágio com diâmetro constante ($D = D_A = D_O$)
- a ogiva é cônica e seu comprimento é igual a três vezes o diâmetro do foguete ($L_O = 3 * D_A$)
- o número de aletas é constante e igual a quatro ($N = 4$)

3 - INFLUÊNCIAS ANALISADAS

3.1-Influência da Dimensão "S" da Aleta (Figura-01).

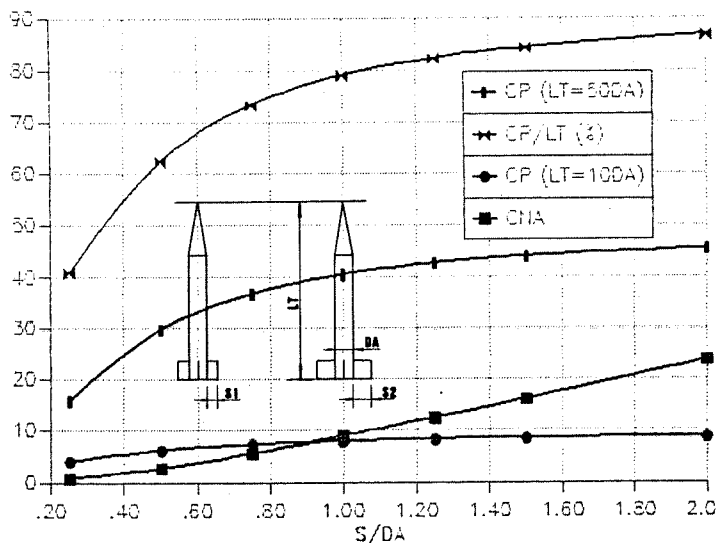
Esta simulação teve como objetivo analisar a influência da variação da "envergadura" (S) das aletas na localização do Centro de Pressão (CP) e no coeficiente de variação da força normal das aletas (CNA).

Quanto ao comprimento do engenho, foram considerados três casos: $L_T = 10 * D_A$, $L_T = 11 * D_A$ e $L_T = 12 * D_A$.

Os resultados da simulação e a concepção básica do minifoguete são apresentados na Figura-01, e foram inferidas as seguintes conclusões:

- o valor ótimo de "S" parece situar-se em torno de $S = D_A$, coerente com as recomendações práticas encontradas normalmente em literaturas
- a partir de $S = D_A$, o valor de CNA continua a aumentar consideravelmente mas sem, entretanto, acarretar aumento notável na posição do CP. Portanto, aletas com alta relação S/DA devem implicar em aumento desnecessário de arrasto aerodinâmico.

**FIGURA-01
INFLUENCIA DA DIMENSAO "S"
A=B=DA, DA=1u.c.**



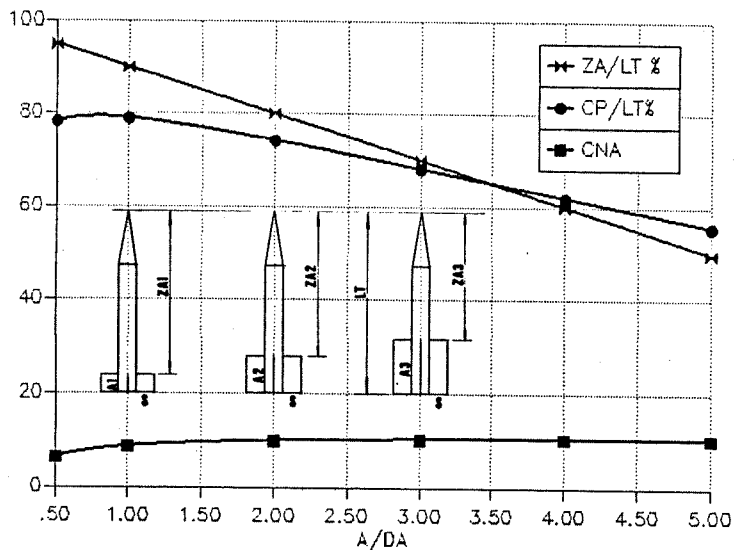
3.2-Influência da Distância "ZA" entre a Aleta e a Ponta da Ogiva para Dimensão "S" da Aleta e Comprimento Total "LT" do Minifoguete Constantes (Figura-02).

Neste caso, considerou-se um engenho com aletas também retangulares mas com a dimensão "S" constante (Figura-02). O objetivo foi verificar a influência da distância da aleta até a ponta da ogiva "ZA" através da variação da base (ou raiz) da aleta, mantendo-se constante o comprimento total "LT" do minifoguete, igual a 10 vezes o seu diâmetro.

As conclusões obtidas foram as seguintes:

- para um mesmo minifoguete, mantendo-se constante a distância "S" entre a base "A" (raiz) da aleta até o seu bordo lateral "B", o aumento da superfície das aletas através do incremento de sua base "A", contrariamente à simulação anterior (A = constante, S = variável), não implica no aumento do Coeficiente de Sustentação Normal "CNA" das aletas, e assume valor praticamente constante para valores de A/DA maiores que três;
- o máximo valor de CP ocorreu para a relação A/DA em torno de uma unidade, o que mostra que não é interessante valores altos para a relação A/DA.

FIGURA - 02
INFLUENCIA DA DISTANCIA "ZA" PARA "S" E "LT" CONSTANTES
LO=3*DA, LT=10*DA, S=DA



3.3-Influência da Distância das Aletas (ZA) até a Ponta da Ogiva para Aletas com Dimensões Constantes (Figura-03).

Nesta simulação, o objetivo foi pesquisar a influência da variação da distância "ZA" das aletas (também retangulares) em relação à ponta da ogiva, como acontece quando alongamos um determinado minifoguete (aumentamos seu comprimento total) mantendo-se inalteradas as dimensões das aletas.

A concepção básica do minifoguete considerado na simulação bem como os seus resultados, são apresentados na Figura-03.

As conclusões foram as seguintes:

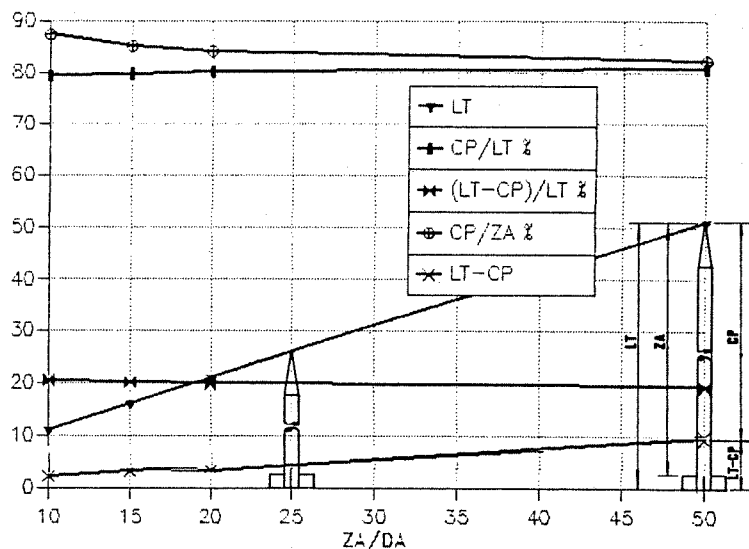
- em relação à base do minifoguete, a posição do CP (LT-CP) se adianta com o distanciamento da ogiva (único elemento influente neste caso além das aletas) em relação à base do minifoguete
- entretanto, em relação ao comprimento total do minifoguete, a variação percentual do CP (CP/LT) aumenta. Isto significa que ao aumentarmos o comprimento de um determinado minifoguete, sem alterarmos as aletas, relativamente ao projeto original, o Centro de Pressão será mais favorável à estabilidade. Só não devemos esquecer que o Centro de Gravidade também se altera e portanto, é necessário verificar a margem estática da nova configuração.

3.4-Influência da Dimensão da Base "A" das Aletas para um mesmo Minifoguete com Aletas de Área Constante (Figura-04).

O objetivo desta simulação foi verificar as consequências que pode haver no CP de um minifoguete, devido às diversas proporções geométricas que a aleta pode assumir, mesmo mantendo constante sua área. Como nas simulações anteriores, o formato das aletas considerado foi a retangular.

As características do minifoguete e os resultados da simulação encontram-se na Figura-04, e as conclusões foram as seguintes:

FIGURA - 03
INFLUENCIA DA DISTANCIA "ZA" PARA ALETAS CONSTANTES
10<ZA/DA<50, LO=3*DA, A=B=3*DA

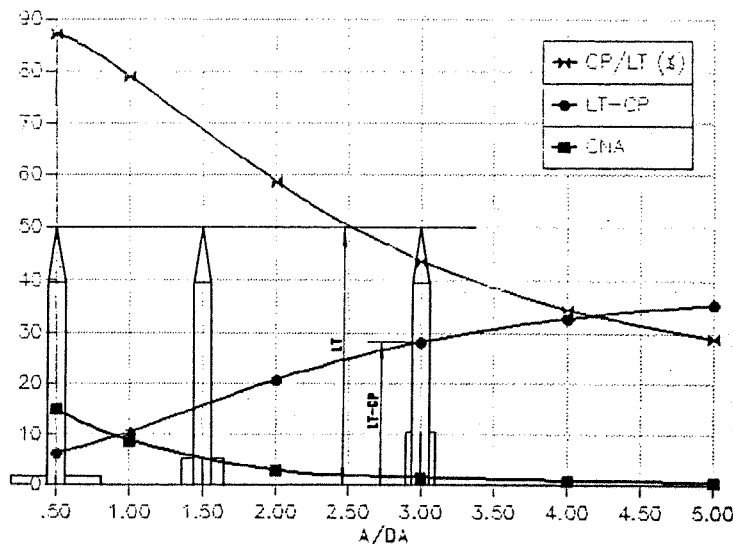


- mesmo possuindo a mesma área, o Coeficiente de Sustentação Normal (CNA) de uma aleta com alta relação A/DA é menor do que outra com baixa relação A/DA e, dentro desta análise, o Coeficiente de Sustentação Normal (CNA) da aleta é bastante influenciado pela dimensão "S", sendo tanto maior quanto maior for seu valor

- uma aleta com baixa razão A/DA é mais eficiente na maximização do Centro de Pressão de um minifoguete. Isto confirma a conclusão obtida no item 3.2 (CNA aproximadamente constante para A/DA > 3)

- alta relação S/DA, entre aletas com área constante, é mais eficaz, porém, devemos observar as conclusões do item 3.1 (S/DA >> 1 não é interessante).

FIGURA - 04
INFLUENCIA DA DIMENSÃO "A" PARA "LT" E SUPERFICIE DAS ALETAS CONSTANTE
A/DA*S/DA=1, LO=3*DA, LT=10*DA



PROJETO FALCÃO

Parte III

TESTE DE MOTORES

Definidos os tipos de tubo que poderiam servir para

JOSÉ FÉLIX DE SANTANA
Diretor de Segurança
da ABAEE - Carpina (PE)

construído o motor, elegemos como propelente o zinco e o enxofre, porque é um propelente de fácil preparação, bastante difundido no mundo, e seus parâmetros termodinâmicos também são conhecidos.

Inicialmente os testes serviram para estudar o desgaste interno dos tubos com a queima do propelente a alta temperatura. Os motores denominados F-1 ao F-5 obedeciam as seguintes características:

- comprimento externo = 19.8 cm
- diâmetro externo = 3.3 cm
- espessura da parede = 0.3 cm
- massa do tubo = 123.74 g
- pressão de serviço dos tubos = 60 kgf/cm²
- diâmetro interno = 2.5 cm
- material composto
- propelente: zinco e enxofre (Micrograin)
- massa do propelente = 146 g
- grão do tipo cigarro (progressividade neutra)
- massa total do motor = 300.97 g

O tempo de chama, isto é, o funcionamento do motor preso a um suporte, variou de 7 a 10 segundos. A massa destes motores variaram entre 300 a 375 g. Os testes foram realizados nas seguintes datas:

- F-1: 6 Ago 83 às 12:20 h
- F-2: 18 Dez 83 às 16:30 h
- F-3: 26 Fev 84 às 16:00 h
- F-4: 19 Mar 84 às 9:20 h
- F-5: 1 Jul 84 às 14:55 h

A partir do motor F-6 é que tiveram início os testes com medição de empuxo em dinamômetro construído para acompanhamento das pesquisas. As características dos motores F-6 ao F-8 foram as seguintes:

- comprimento externo = 21.0 cm
- diâmetro externo = 3.4 cm
- diâmetro interno = 2.5 cm
- espessura da parede = 0.4 cm
- pressão de serviço dos tubos = 60 kgf/cm²
- propelente: nitrato de potássio e açúcar
- massa do propelente = 82 g
- grão do tipo tubular
- massa total do motor = 255.10 g

O empuxo destes motores ficou muito alto e tivemos que reduzir o tamanho dos motores para um melhor acompanhamento. O motor F-8 quando testado no dinamômetro com uma mola que podia suportar até 100 kgf ficou semi-destruída, após o teste, e a mola imprestável. O motor após o teste foi todo retalhado para estudo de desgaste interno do material. Foi criado o motor F-9 de menor porte para teste em banco estático. Os motores F-9 e F-10 tinham as seguintes características:

- comprimento externo = 14.0 cm
- diâmetro externo = 3.4 cm
- diâmetro interno = 2.5 cm
- espessura da parede = 0.4 cm
- pressão de serviço dos tubos = 60 kgf/cm²
- propelente: nitrato de potássio e açúcar
- massa do propelente = 34.0 g
- grão do tipo tubular
- massa total do motor = 178.5 g
- pressão de combustão = 20.0 kgf/cm²
- empuxo máximo registrado = 40.0 kgf

Os testes foram realizados nas seguintes datas:

- F-6: 7 Jul 84 às 10:35 h
- F-7: 19 Jul 84 às 15:00 h
- F-8: 20 Out 84 às 9:15 h
- F-9: 17 Nov 84 às 9:45 h
- F-10: 17 Nov 84 às 10:25 h

Outra preocupação que o CEFEC teve com o projeto foi a reutilização do material. Foi construído um motor do tipo F-9 com o tampão que oferecia condição para, depois de disparado o motor, receber novo carregamento de propelente. O motor funcionou três vezes no banco, não apresentando desgaste interno. No decorrer dos testes o valor do empuxo diminuiu devido ao desgaste do diâmetro da tubeira. Contudo, as alterações não foram significativas. O motor funcionou nas seguintes datas:

- 1º teste: 21 Jul 85 às 10:00 h
- 2º teste: 27 Out 85 às 9:10 h
- 3º teste: 2 Nov 85 às 15:00 h

TESTE DE VÔO DO FOGUETE

Com os resultados encontrados nos testes em banco de provas o CEFEC construiu uma série de foguetes equipados com motores em material composto, baseado nos modelos F-9 e F-10. O motor na forma reduzida, tinha a finalidade de permitir melhor acompanhamento da trajetória e coleta de dados. Alguns destes lançamentos foram efetuados em uma área na Barragem do Carpina, e outros no campo de pouso do IAA Estação do Carpina. Os dados relativos a estes foguetes estão listados no resumo em anexo. Os lançamentos foram efetuados nas seguintes datas e alcançaram as alturas abaixo relacionadas.

- 1º teste: 1 Jan 85 às 9:15 h = 314 metros
- 2º teste: 26 Jan 85 às 10:00 h = 1960 metros
- 3º teste: 8 Nov 86 às 10:20 h = 1554 metros
- 4º teste: 7 Fev 89 às 9:50 h = 593 metros

No momento estão em desenvolvimento os motores F-12 e F-15; este último será o motor do Falcão, com empuxo de 300 kgf. O CEFEC está também concluindo os últimos testes com oxidação e envelhecimento do material. O Projeto Falcão está previsto para ser concluído em junho de 1990.

Os lançamentos foram acompanhados por três postos de observação que ficaram a 100 metros de distância da rampa de lançamento, e também a aproximadamente 100 metros distantes um do outro. Os pontos de observação ficaram em posição em favor da luz solar para aproveitamento do reflexo do corpo do foguete. Em cada posto ficou um observador munido de binóculos e outro com um cronômetro. No posto principal o binóculos era do tipo longo alcance (militar). Todo o evento era cronometrado dentro das disponibilidades. Os cálculos preliminares (estimativa) de trajetória foram feitos usando-se o modelo descrito na apostila do Projeto X-1.

RESUMO DOS PARÂMETROS DO PROTÓTIPO DO FOGUETE FALCÃO

- Tubo Motor
- comprimento externo = 14.0 cm
 - diâmetro externo = 3.4 cm
 - diâmetro interno = 2.5 cm
 - massa do tubo = 124.0 g
 - tipo do tubo = D
 - pressão de serviço = 60 kgf/cm²

- Tubeira
- comprimento = 4.0 cm
 - diâmetro externo = 2.5 cm
 - massa = 17.7 g
 - tipo de material = resina-grafite-amianto-rovings

- Tampão do Motor
- material = resina e amianto
 - comprimento = 2.0 cm
 - diâmetro externo = 2.5 cm
 - massa = 35 g

- Ogiva
- comprimento = 8.0 cm
 - diâmetro = 3.3 cm
 - massa = 23.4 g
 - tipo = cônica

- Compartimento da Carga Útil
- comprimento = 14.0 cm
 - diâmetro externo = 3.3 cm
 - espessura do tubo = 0.3 cm
 - massa = 70.8 g
 - material = PVC
 - massa da carga útil = 50 g (areia)

- Aletas
- quantidade = 4
 - dimensões = 7.0 x 5.0 x 3.0 cm
 - diagonal = 5.4 cm

- Grão do Propelente
- comprimento = 8.0 cm
 - tipo = tubular
 - tempo de queima = 1.0 s
 - massa = 34.0 g

- Dados Gerais do Foguete
- comprimento = 36.0 cm
 - diâmetro externo = 3.4 cm
 - massa total = 379.5 g
 - tempo de vôo = 13.0 s
 - alcance = 2500 metros
 - elevação do lançador = 86°

Seção ENDEREÇOS

Divulga endereços de organizações, institutos de pesquisas, indústrias, universidades, laboratórios e grupos de pesquisas, do Brasil e do exterior, cujas atividades estejam relacionadas às Ciências Aeroespaciais. Divulga, também, o nome dos associados da ABAEE e leitores do boletim AEN.

São apresentados, neste número, os endereços e uma breve descrição da área de atuação de indústrias que participam do Programa Espacial Brasileiro ou que prestam serviços no setor espacial. A fonte destas informações é o boletim AstroNews nº 57 de 28 Out 88 cujo editor é Gilberto G. Sgarbi, sócio da ABAEE.

- (68) ACESITA
Rua Tupis, 38
30000 - Belo Horizonte - MG
Laminação de blocos de aço especial 300M para câmaras de combustão de foguetes Sonda IV e lançadores VLS.
- (69) AEROSPATIALE DO BRASIL
Av. Pres. Antonio Carlos, 58 - 8º andar
20020 - Rio de Janeiro - RJ
Fone: (021) 220-3329
Consultoria técnica à Missão Espacial Completa Brasileira.
- (70) AMPLIMATIC
Rodovia Pres. Dutra, km 140
12201 - São José dos Campos - SP
Fone: (0123) 21-7566
Antenas verticais para todos os propósitos.
- (71) ANTENAS SANTA RITA - LINEAR EQUIPAMENTOS ELETRÔNICOS
- (72) MONTEMER INT'L
Ladeira Nossa Senhora, 163 - 4º andar
22211 - Rio de Janeiro - RJ
Fone: (021) 285-0449 e 205-8012
Agente da Arianespace.
- (73) AVIBRAS AEROESPACIAL S.A.
Antiga Estrada de Paraibuna, km 118
Cx. Postal 229
12200 - São José dos Campos - SP
Fone: (0123) 21-7433
Sistemas para comunicações via satélite; combustível sólido para propulsão de foguetes.
- (74) BORGHOFF
Rua Riachuelo, 243
Cx. Postal 619
20230 - Rio de Janeiro - RJ
Fone: (021) 292-5313
Representação, marketing, venda e assistência técnica de produtos aeroespaciais.
- (75) BRASILSAT
Rua Guilherme Veiga Weigert, 220
Cx. Postal 4227
82500 - Curitiba - PR
Antenas para recepção de satélites.
- (76) COMPOSITE TECNOLOGIA
Rua Letônia, 493
12200 - São José dos Campos - SP
Modelos de arquitetura em fibra de vidro do SCD-1.
- (77) CONFAB INDUSTRIAL S.A.
Alameda Rio Negro, 433 - Alphaville - Barueri
Cx. Postal 137
06400 - São Paulo - SP
Fone: (011) 421-1222
Soldagem de aço especial 300M do corpo do foguete Sonda IV.



CASSIO 84