
AEROESPACONÁUTICA 10

Seções: Informe AEN 32
 Acont.Espaciais (Abr-Jun91) .. 34
 Biografia (Korolev) 39
 Cartas 41
 Endereços (associados 64-75) . 41
 Eventos 43
 Ficha Técnica (RCS e OMS) 43
 Referências 46
 Espaçoodelismo 46
 Dúvidas 46
 Atas (2/91) 46

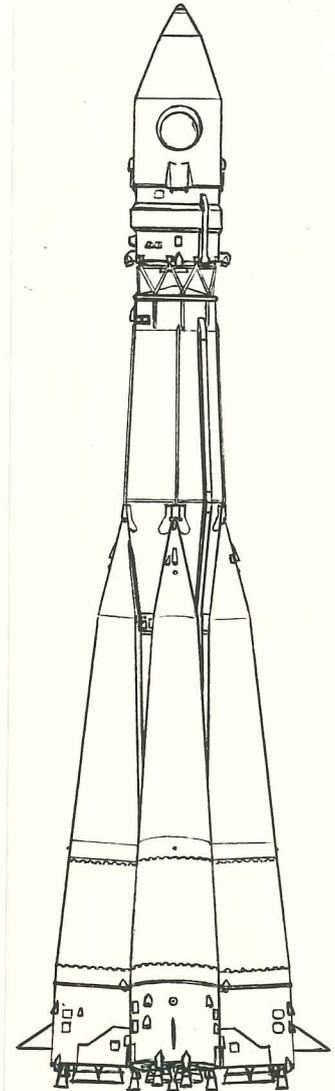
Artigos de divulgação:

Foguetes a Propelente Líquido
 NASA Educational Briefs 47

Yuri Gagarin: 30 Anos do Vôo Histórico
 Reginaldo Miranda Júnior 52

Nota técnica:

Ignitores de Motor Foguete a Propelente
 Sólido / José Miraglia 57



Reginaldo Miranda Júnior

Traje espacial e foguete do 1º vôo tripulado da história, 12-Abr-61 (p. 52)

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ATIVIDADES EDUCATIVAS ESPACIAIS - ABAEE

* Associação civil, registrada e sem fins lucrativos. Criada em 1º Set 86 com o objetivo de reunir os brasileiros com interesse nas ciências aeroespaciais, estimulando atividades de caráter educativo-científico através da pesquisa, desenvolvimento e experimentação de minifoguetes.

* CGC MF nº 53.319.521/0001-72

* Diretoria 91/93:

| | |
|-----------------------------|---|
| Presidente: | Basílio Baranoff, São José dos Campos, SP |
| Vice-Presidente: | Marcelo M. Morales, São Paulo, SP |
| Diretor de Segurança: | José F. Santana, Carpina, PE |
| Ass. de Comunicação Social: | Gilberto G. Sgarbi, Niterói, RJ |
| Diretor Cultural: | Basílio Baranoff, São José dos Campos, SP |
| Diretor Técnico-Científico: | Carlos H. Marchi, Florianópolis, SC |
| Diretor de Operações: | Ozualdo S. Toyoda, Rio de Janeiro, RJ |
| Diretor de Ensino: | Gilberto G. Sgarbi, Niterói, RJ |
| Secretário: | Pedro M. Moraes, Taubaté, SP |
| Tesoureiro: | Pedro M. Moraes, Taubaté, SP. |

* Endereço postal: ABAEE - ACS
Caixa postal 100228 - centro
24001 - Niterói - RJ

* Endereço eletrônico: EMC1CHI@BRUFSC.BITNET

* Atividades:

- 1-publicação trimestral do boletim Aeroespçonáutica;
- 2-promoção do Seminário Brasileiro de Aeroespçonáutica (SEBAE);
- 3-fornecimento de cópias de trabalhos, relatórios e notas técnicas, e programas computacionais da Biblioteca da ABAEE, relacionados ao projeto, desenvolvimento e experimentação de minifoguetes;
- 4-publicação de notas técnicas e normas sobre pesquisa, desenvolvimento e experimentação de minifoguetes;
- 5-realização de campanhas e campeonatos de lançamento de espaçomodelos de âmbito regional e nacional;
- 6-homologação de recordes nacionais de minifoguetes; e
- 7-desenvolvimento de projetos de minifoguetes.

* Recursos financeiros.

Os recursos financeiros usados para promover as atividades da ABAEE são oriundos exclusivamente das contribuições e doações de seus associados.

* Novos associados.

Quem tiver interesse em tornar-se membro da ABAEE deve escrever para o endereço acima.

Boletim AEROESPAÇONÁUTICA - AEN

* Publicação da ABAEE

* Periodicidade: trimestral

* Tiragem: 100 exemplares

* Editor: Carlos H. Marchi
Caixa postal 5050
88041 - Florianópolis - SC

* Conselho Editorial: José Miraglia, presidente
Rua Dr. Elísio de Castro, 505 - Ipiranga
04277 - São Paulo - SP

* Matérias para publicação nas Seções do Boletim Aeroespçonáutica e notas de divulgação devem ser enviadas para o Editor, Carlos H. Marchi.

* Artigos e notas técnicas (matérias inéditas relacionadas à pesquisa, desenvolvimento e experimentação de minifoguetes e foguetes) devem ser endereçadas ao Presidente do Conselho Editorial, José Miraglia.

* As matérias assinadas são de responsabilidade de seus autores. Elas não expressam necessariamente a opinião desta publicação ou da ABAEE.

AGRADECIMENTO

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.

C A P A

O traje espacial que Yuri Gagarin usou em seu vôo pesava 20 kg e era totalmente vedado. O escafandro tinha um capacete grande e largo, que permitia total liberdade de movimentos à cabeça do cosmonauta. Os cintos pertencem ao pára-quedas individual. A camada externa da roupa espacial era laranja, possivelmente com propriedades ablativas.

O foguete Vostok em vista frontal. O conjunto dos 1º e 2º estágios deste lançador constituem até hoje um dos mais confiáveis vetores espaciais do mundo.

*** INFORME AEN ***

Seção que traz informações, de interesse dos associados, relacionadas à ABAEE e breves notícias de divulgação.

INPE IMPLANTA CENTRO DE VISITAÇÃO PÚBLICA

O futuro show-room do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) vai virar atração turística e até atraiu a atenção do guia turístico "Quatro Rodas", o melhor do Brasil, que deve incluí-lo nas opções de turismo de São José dos Campos. A instalação do centro de exposições pretende atender melhor ao fluxo de duas a três mil visitas anuais, preparando o INPE para uma demanda muito maior de visitantes no

próximo ano, por conta do lançamento do primeiro satélite brasileiro e da realização em junho da Conferência Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. ...

O show-room, dividido em cinco módulos de exposição (INPE, Ciência, Tecnologia, Aplicações, Futuro), pretende dar ao visitante uma noção real de todas as atividades desenvolvidas no Instituto, mas de uma forma objetiva e simplificada, de forma que o público, inclusive crianças, saia sabendo exatamente o que se faz no INPE. ...

O gerente de Relações Institucionais do INPE, Roberto Pereira da Cunha, organizador do pavilhão de exposições, aproveitou algumas de suas viagens a serviço ao exterior para conhecer importantes centros de visitação pública nos Estados Unidos e trazer ao Brasil algumas experiências. Ele esteve na National Geographic, em Washington; no Museu de Artes e Indústrias e no metrô também de Washington; no Sea, Air and Space Museum, localizado dentro de um porta-aviões, em Nova York, e no Lyndon Johnson Space Center, verdadeiro templo mundial dos aficionados pelas coisas do espaço, localizado em Houston. A idéia, segundo Cunha, é fazer do centro de exposições do INPE "um espaço dinâmico, com atividades semanais, envolvendo material de instituições como a NASA, National Geographic, ou de televisões como a Globo e a BBC".

Fonte: Informativo "Em Dia" do INPE, nº 139, maio de 1991.

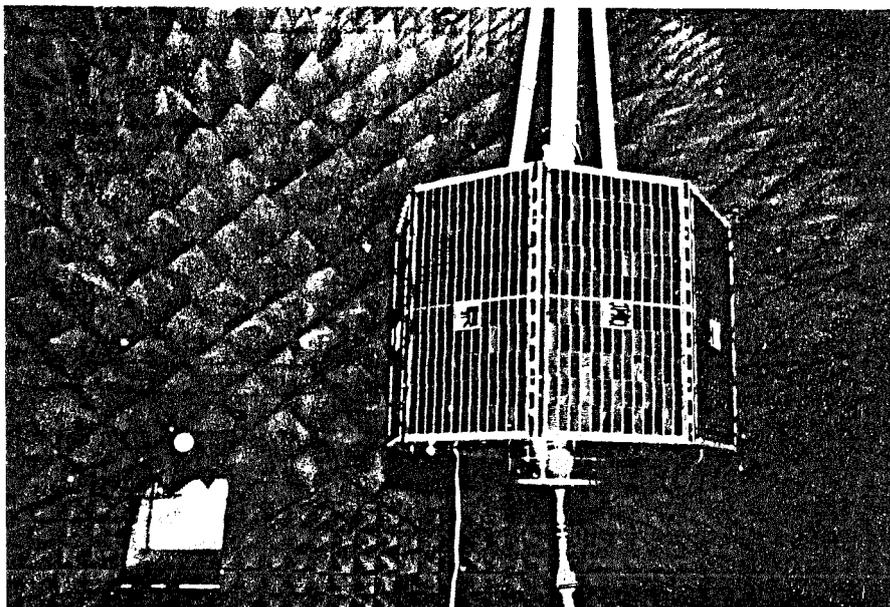
SATÉLITE FAZ OS ÚLTIMOS TESTES

A primeira semana de maio marcou o término da fase de integração do modelo de voo do SCD-1, e o início de novos testes, última etapa de um trabalho de muitos anos, envolvendo diretamente cerca de 400 pessoas, entre engenheiros, técnicos e pessoal de apoio. Nos primeiros dias de maio, o satélite (fechado pelos painéis solares e já com as antenas) foi testado na câmara anecóica.

Os testes foram de interferência e compatibilidade eletromagnética, e permitiram avaliar o seu desempenho e a compatibilidade entre o satélite e o veículo-lançador. O SCD-1 ainda vai passar por uma bateria de testes: vibração, termo-vácuo, magnetismo residual, medidas de propriedade de massa, e outros. Entre cada um deles, o satélite é submetido a "testes funcionais", explica Benjamim Galvão, responsável pelo Grupo de Integração do LIT, e que acompanhou passo a passo o desenvolvimento do satélite nacional. Durante o teste funcional, há uma simulação do satélite em órbita comunicando-se com uma estação terrena.

A bateria de testes a que o satélite estará se submetendo nos próximos meses visa confirmar que o satélite está qualificado para entrar em órbita. "Todos os componentes já foram testados individualmente, um a um, e além disso, outros modelos iguais ao que vai voar foram montados especialmente para passar nestes mesmos testes", explica Benjamim, acrescentando que as soluções para os eventuais problemas de desenvolvimento ocorridos com o SCD-1 foram inteiramente encontradas pelos técnicos brasileiros.

Para ele, o teste mais difícil pelo qual o SCD-1 passará é o da câmara térmica-



O satélite SCD-1 sendo testado na câmara anecóica.

vácuo, que é utilizada para simular as condições de vácuo e temperatura no espaço. O teste tem a duração de 15 a 20 dias, 24 horas por dia, e dentro da câmara, o SCD-1 terá de suportar temperaturas que variam de 180 graus negativos a 150 graus positivos. Após esta fase de testes, o satélite brasileiro estará terminado e será embalado num contêiner, pronto para ser lançado ao espaço.

Fonte: Informativo "Em Dia" do INPE, nº 140, junho de 1991.

*** ACONTECIMENTOS ESPACIAIS ***

Seção onde são relatados os principais acontecimentos espaciais ocorridos no mundo durante o período compreendido pelo Boletim.

ABRIL A JUNHO DE 1991

REGINALDO MIRANDA JÚNIOR
Sócio Efetivo da ABAEE
Rua Sete de Setembro, 112 - centro
28605 - Nova Friburgo, RJ

ABRIL/91

- 1º- Durante seu primeiro teste, um novo motor-foguete de combustível sólido americano explode, num campo de testes do laboratório Phillips na Califórnia. O motor, desenvolvido pela Hercules Aerospace com fundos da Força Aérea dos EUA, está destinado a equipar o Titan 4, que tem em sua agenda o lançamento da sonda Cassini (para Saturno), em 1996.
- 2 - A URSS anuncia o lançamento de seu Almaz-1 (satélite de detecção de recursos naturais) e oferece fotografias tiradas por ele a empresas ocidentais.
- 5 - Lançado de Cabo Canaveral o shuttle Atlantis, levando ao espaço cinco astronautas e o Gamma Ray Observatory (GRO), Figura 1. A nave espacial americana decolou às 11h23 locais, e em oito minutos entrava em uma órbita inicial, da qual partiu em seguida para uma altitude definitiva de 448 km. Os tripulantes desta missão são o comandante Steven Nigél (44 anos), o piloto Kenneth Cameron, 41, a especialista Linda Goldwin (38), e os técnicos extraveiculares Jerome 'Jay' Apt (41) e Jerry Ross, de 43 anos. O GRO foi projetado pelo Centro Goddard de Vôos Espaciais e o Instituto Max Planck, da Alemanha. O observatório de quase 9 metros foi colocado em órbita no dia 7, mas logo foi constatado um defeito na liberação da antena de comunicações do GRO. A antena, uma parabólica de 1,5 metro de diâmetro, montada num mastro de 4,8 metros, não conseguia estender-se. Então, os astronautas Ross e Apt saíram da nave, e numa atividade extraveicular (EVA) de 20 minutos conseguiram soltar a antena. O GRO foi liberado e começou um programa de testes de telemetria de 39 dias, ao fim dos quais começará suas funções científicas. No dia seguinte os dois astronautas voltaram a fazer uma EVA, desta vez para testar equipamentos móveis semelhantes a vagonetes ferroviários, destinados à manutenção da estação Freedom. No dia 9, eles receberam uma mensagem de saudação dos cosmonautas da estação Mir. A nave voltou à Terra no dia 11, com um dia de atraso devido ao mau tempo tanto em Edwards (local de pouso original) quanto em Cabo Canaveral. O shuttle acabou descendo mesmo em Edwards, Califórnia, às 6h55 locais, terminando uma missão de seis dias (92 órbitas). Durante o vôo, foram feitas também fotografias de vulcões em atividade na Guatemala e no México, além de manobras com o Atlantis perto do GRO, em novos testes para futuros reabastecimentos de satélites.

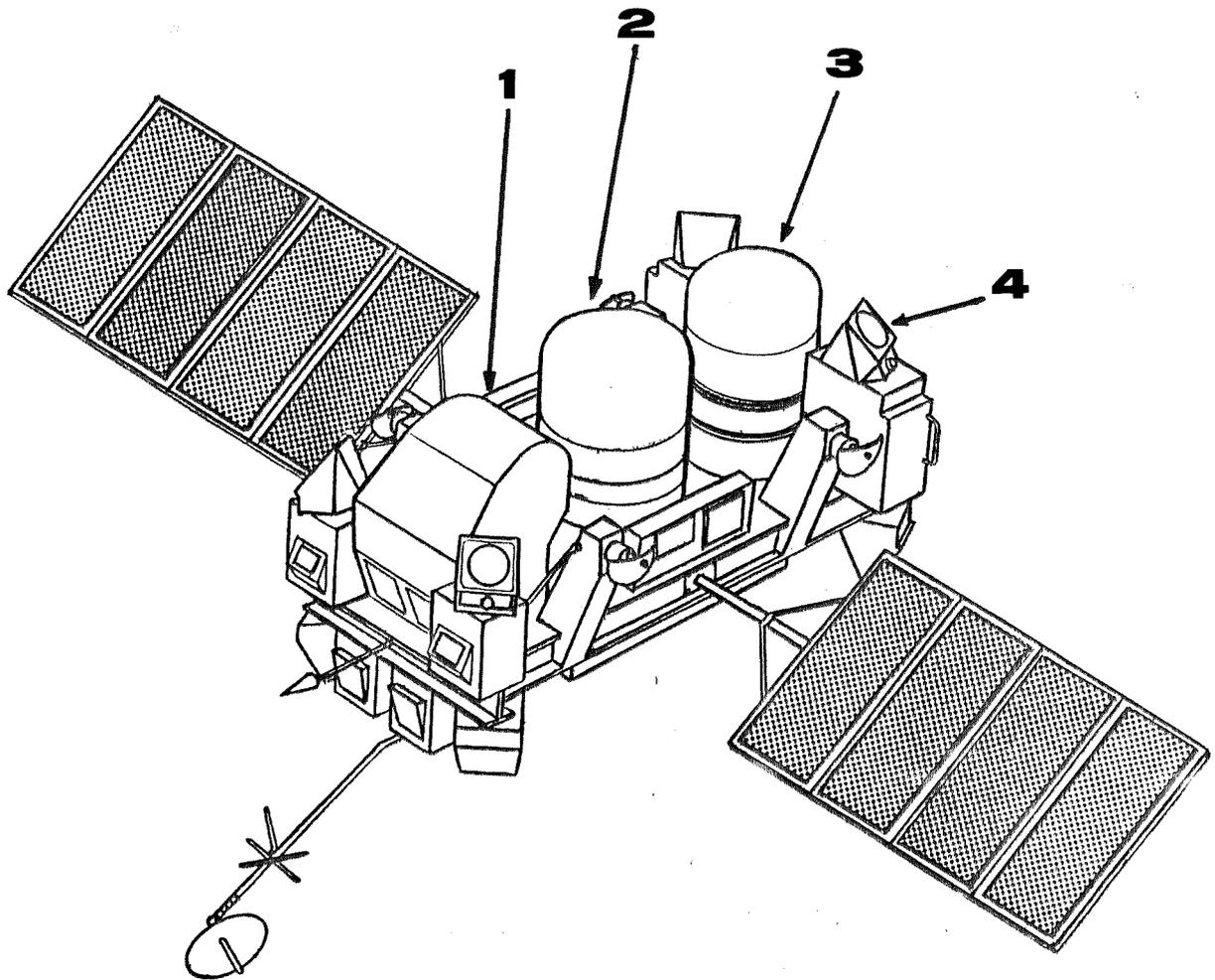


Figura 1. O Gamma Ray Observatory (GRO) foi lançado pelo shuttle Atlantis no mês de abril. Trata-se do maior observatório de seu tipo já lançado ao espaço (sua massa atinge 15.750 kg, e sua envergadura de painéis solares é de 21 metros). Construído pelo Grupo de Tecnologia e Espaço da companhia americana TRW, o GRO terá uma vida útil de dez anos, podendo ter seus tanques de combustível reabastecidos. O observatório está numa órbita de 448 km de altitude. Seu primeiro ano de trabalho será dedicado a fazer um levantamento das fontes de raios gama existentes; o segundo ano de atividades será voltado para a observação dos alvos mais importantes. O raio gama é o tipo de energia eletromagnética de comprimento de onda mais curto, sendo emitido por objetos muito quentes e de grande concentração gravitacional. A Figura mostra o GRO, e os números indicam:

- 1-OSSE (sigla em inglês para experimento espectrométrico de cintilação orientada): os raios gama colidem com um cristal no aparelho e produzem cintilações;
- 2-COMPTEL (telescópio Compton): distingue raios gama entre outras radiações emitidas, sendo usado para captar raios de média energia;
- 3-EGRET (sigla para telescópio experimental para raios gama energéticos): capta raios gama de altíssima intensidade, com eficiência de dez a vinte vezes melhor que os outros aparelhos de seu tipo;
- 4-BATSE (experimento para fontes explosivas transitórias): detector de raios provenientes de explosões breves de baixa energia; é distribuído por vários pontos do satélite.

- 12 - Comemoram-se os 30 anos do voo de Yuri Gagarin, primeiro cosmonauta. Técnicos da NASA avaliam a antena principal da sonda Galileo, que em virtude de intensa exposição ao calor e ao frio do espaço apresentou defeito, não se abrindo completamente.
- 18 - Um foguete Atlas I, Figura 2, da General Dynamics explode após 6 minutos de voo quando tentava lançar o satélite de comunicações japonês BS-3H. Disparado de Cabo Canaveral, o foguete teve seu estágio superior Centauro destruído intencio-

-
- nalmente em virtude de um defeito.
- 25 - A NASA apresenta seu novo ônibus espacial, o Endeavour. O veículo de 80 toneladas possui um pára-quadras instalado na traseira destinado a diminuir sua velocidade de aterrissagem.
- 26 - O Comitê de Planejamento Espacial da Casa Branca (EUA) pediu que se desenvolva um motor nuclear para ser usado nas futuras naves que irão a Marte. O Centro de Pesquisas Lewis (Cleveland), filiado à NASA, inicia tais estudos, pretendendo produzir um motor desses em 2006. No mesmo dia, os cosmonautas Viktor Afanasiev e Musa Manarov fazem uma caminhada espacial para tentar orientar as antenas de comunicações para engate da estação Mir. Tais antenas, localizadas no módulo Kvant-1, estavam apresentando defeito. Outra atividade realizada durante a saída extraveicular (de cerca de 3 horas de duração) foi "a instalação de um aparelho que permitirá a montagem de estruturas espaciais", segundo a agência de notícias TASS. A natureza do "aparelho" não foi especificada. Pode ser uma viga para sustentar painéis solares.
- 28 - Lançado de Cabo Canaveral o shuttle Discovery, às 8h33m locais, levando a bordo o comandante Michael Coats, de 45 anos, o piloto Blaine Hammond (39) e os especialistas Gregory Harbaugh (35), Charles Lacy Veach (46), Guion Bluford (48), Richard Hieb (35) e Donald McMonagle (38). O objetivo é testar diversos equipamentos do programa "Guerra nas Estrelas", que chegam a 9 toneladas de massa, levados no compartimento de carga da nave. Tais aparelhos e seus sistemas de apoio foram avaliados em US\$ 254 milhões. A nave entrou numa órbita de 259 km de altitude, com uma inclinação de 57 graus. Cinco equipamentos são destinados a avaliar como certos fenômenos naturais (como as auroras boreais) podem ocultar mísseis balísticos. Outra carga é o AFP 675, da Força Aérea, para pesquisas atmosféricas na banda infravermelha. Dois gravadores falharam mas foram consertados pela tripulação na fase final do voo. A missão continuou com o lançamento do satélite IBSS (1º/5), e do SPAS-2, que filmou e fotografou manobras do Discovery; mais três outros satélites foram lançados, todos com fins militares. A Discovery, tendo cumprido bom parte de seus objetivos, retornou à Terra no dia 6 de maio, pousando numa pista de Cabo Canaveral, às 14h55 locais, após 134 órbitas. O trem de pouso dianteiro sofreu avarias, e precisou ser substituído.

MAIO/91

- 10 - A cápsula da nave automática de carga Progress M-7 incendiou-se na reentrada. Tentava-se recuperá-la mas a entrada descontrolada na atmosfera destruiu a nave. Naves do tipo Progress M, usadas pelos soviéticos para abastecer a estação orbital Mir, são projetadas para serem recuperadas com pára-quadras.
- 15 - A sonda espacial Magalhães completa seu primeiro dia venusiano (de 243 dias terrestres). A sonda está em órbita de Vênus e só deve terminar suas funções em 1995. Girando em uma órbita polar, a sonda americana estuda um área de 1600 quilômetros da superfície do planeta a cada órbita. Neste mesmo dia, o Consórcio Arabsat (de países árabes) e a Arianespace assinam contrato para o lançamento do satélite de comunicações Arabsat 1-C. Trata-se do 93º contrato de lançamento da Arianespace.
- 18 - A União Soviética lança a nave Soyuz TM-12, tripulada pelo comandante Anatoly Artserbaski, o engenheiro Serguei Krikalev e a cosmonauta britânica Helen Sharman, primeira cidadã do Reino Unido a participar de uma missão espacial. A Soyuz TM-12, que realiza a missão Juno, foi lançada às 9h52 (hora de Brasília; 15h52 locais) do Cosmódromo de Baikonur, em Tyuratam, no Cazaquistão. A partida da nave foi transmitida pela TV, mostrando os cosmonautas se encaminhando para a plataforma de lançamento. A nave foi lançada por um SL-4 Soyuz, de 310 toneladas de massa e 500 toneladas de empuxo, em cuja coifa estava pintada a bandeira britânica. Helen, de 27 anos, chegou à estação Mir, seu destino, no dia 20. A nave TM-12 acoplou-se às 11h31, depois de um atraso de alguns minutos devido a uma falha na antena de acoplagem do módulo Kvant-1 (a manobra foi feita manualmente sob controle de Artserbaski). A bordo da Mir já estavam Musa Manarov e Viktor Afanasiev, que regressariam com Helen. Durante os seis dias em que esteve na Mir, a inglesa trabalhou em experiências patrocinadas por empresas soviéticas (as indústrias britânicas não se interessaram no voo). Numa entrevista Helen

pediu para ficar mais tempo na estação. Mas suas súbitas e violentas variações de humor e o costume de trocar de roupa onde quer que estivesse provocou protestos de seus colegas. No dia 26, Helen, Manarov e Afanasiev deixaram a Mir na nave Soyuz TM-11, enquanto Artserbaski e Krikalev ficaram na estação. A cápsula de 3 toneladas da TM-11 desceu de pára-quedas a 70 km de Dzhezkhazgan, Cazaquistão, às 13h15 locais.

28 - O jornal das Forças Armadas da URSS, "Krasnaya Zvezda", fez duras críticas ao vôo Juno, pago por um banco soviético. Segundo o editor, a estação Mir está sendo subexplorada (abriga dois tripulantes, quando pode acomodar seis).

JUNHO/91

- 4 - A Comissão de Orçamento da Câmara dos Deputados dos EUA cortou quase toda a verba destinada à estação Freedom.
- 5 - Lançada a nave americana Columbia, levando o laboratório Spacelab (Figura 3), carregado com material de pesquisa biomédica. O lançamento ocorreu às 10h25, e o shuttle entrou numa órbita de 286 km de altitude média. Os tripulantes são Bryan

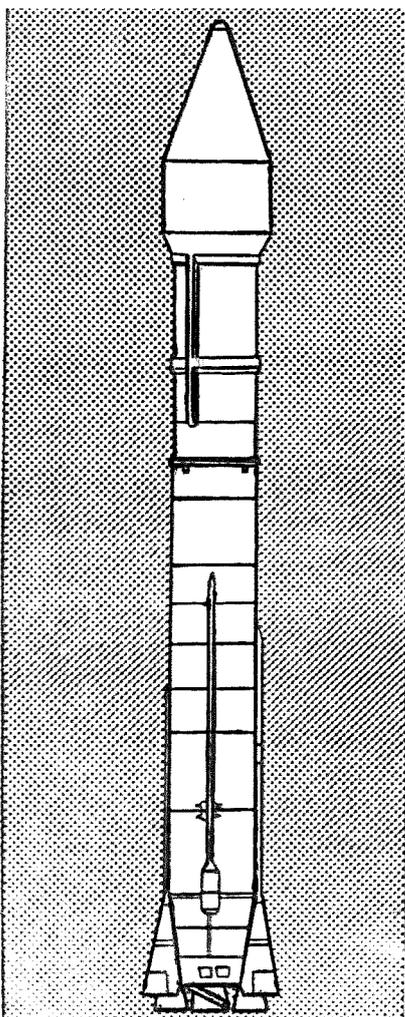


Figura 2. O foguete Atlas I que explodiu em 18 de abril era deste tipo. É composto por um primeiro estágio Atlas com motores otimizados, e por um segundo estágio Centauro. A ogiva tem mais de 4 metros de diâmetro. O foguete Atlas I pode colocar 5.400 kg de carga em órbita baixa, e 2.350 kg em órbita geostacionária.

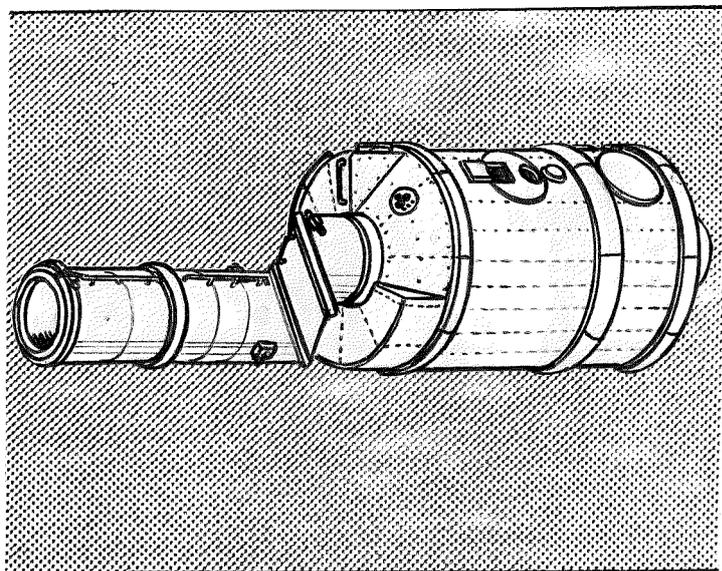


Figura 3. O laboratório espacial Spacelab foi levado ao espaço pelo shuttle Columbia. Aqui ele é visto em perspectiva. O Spacelab levou durante este vôo instrumentação biomédica no interior de seu módulo cilíndrico de 4,2 m de diâmetro. O exterior deste módulo é completamente coberto por painéis flexíveis de isolamento térmico, de cor branca. O túnel cilíndrico liga o laboratório à cabine do shuttle.

O'Connor (44 anos), Sidney Gutierrez (39), respectivamente comandante e piloto; especialista Tamara Jerningan (32), bióloga Millie Hughes Fulford (45); os médicos Andrew Gaffney (44), Margareth Rhea Seddon (43) e James Bagian (39). A nave levou 29 ratos e 2478 medusas para serem estudados no Spacelab, nesta missão que é dedicada somente a pesquisas médicas. A versão do Spacelab transportada nesta missão tem 4,2 metros de diâmetro e 5,4 de comprimento. Durante o lançamento, parte de um protetor térmico do compartimento de carga soltou-se, mas não ofereceu perigo; o ônibus espacial pousou na base aérea de Edwards, no dia 14, depois de um voo de quase nove dias. Depois do pouso, os médicos da tripulação começaram uma bateria de testes minuciosos, observando suas reações ao voltarem a um ambiente de gravidade.

- 7 - A Câmara dos Deputados dos EUA aceita os argumentos da Casa Branca e aprova uma verba de 1,9 bilhões de dólares para a Freedom.
- 17 - Cientistas espaciais soviéticos afirmam em Le Bourget (França), durante o Salão Aeroespacial, que vão lançar o Buran no ano que vem para um acoplamento inédito com a estação orbital Mir e com uma nave Soyuz, Figura 4.
- 18 - Um foguete Prospector (suborbital) explode depois de lançado de Cabo Canaveral com uma carga de equipamentos científicos e comerciais.
- 25 - Os cosmonautas Krikalev e Artserbaski fazem uma EVA de cinco horas para substituírem a antena de orientação do módulo Kvant-1. Os defeitos dessa antena atrapalharam o acoplamento de outras naves, como a Soyuz TM-12. O "passeio espacial" foi transmitido pela TV, e nas imagens os dois cosmonautas puderam ser vistos trabalhando juntos a uma série de equipamentos, possivelmente na parte traseira do Kvant-1. Uma armação de vigas foi instalada em um dos dois outros módulos Kvant da estação, como parte de experiências sobre a construção de grandes estruturas no espaço.

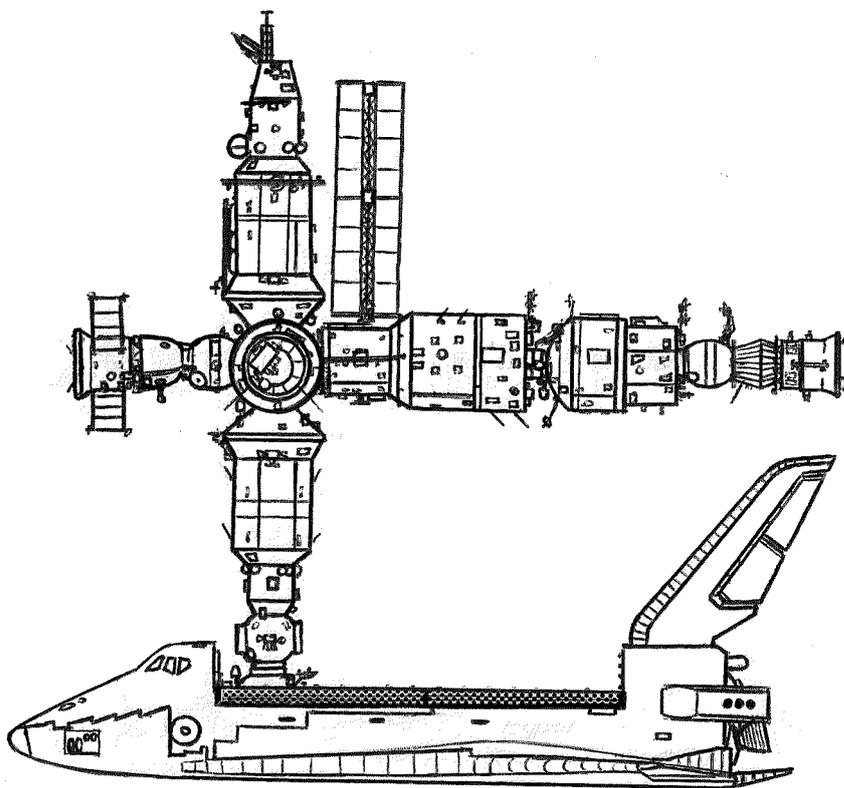


Figura 4. Um ônibus espacial do tipo Buran será lançado no ano que vem para se acoplar com a estação orbital Mir. Na Figura, o Buran está ligado ao módulo Kristall (Kvant-3); o complexo orbital está representado em seu lado esquerdo. À Mir estão acoplados o Kvant-2, uma nave Soyuz TM, o Kristall, e na traseira o Kvant-1 e um Progress M. Visto de frente, entre o Kvant-2 e 3, está outro módulo, que possivelmente estará ligado à Mir no fim deste ano. Com um Buran acoplado, a estação pesará cerca de 200 toneladas.

26 - A revista americana Aviation Week & Space Technology informa que o ônibus espacial Buran, da URSS, será equipado com assentos do tipo K-36 RB, que também são usados nos caças Mig-29. Este assento foi testado no ano passado, quando foi instalado no topo dos foguetes SL-4 que lançaram várias naves cargueiras Progress-M. Quando a coifa protetora que abrigava a Progress se abria, durante o lançamento, o assento era ejetado. A catapultagem do K-36 RB ocorria quando a velocidade do SL-4 era de 4.800 km/h. O atrito entre o assento e o ar rarefeito ocasionava queimaduras num manequim atrelado ao assento. Este manequim estava vestido com um traje espacial pressurizado, que foi desenvolvido para os tripulantes do Buran. Assento e manequim eram então recuperados.

*** BIOGRAFIA ***

Seção utilizada para apresentação da biografia de cientistas que contribuíram para o nascimento e desenvolvimento da Astronáutica.

SERGEI PAVLOVICH KOROLEV

JOSÉ MIRAGLIA

Presidente da Comissão Técnica da ABAEE
Rua Dr. Elísio de Castro, 505, Ipiranga
04277 - São Paulo, SP

1907. Nasceu a 12 de janeiro em Zhitomir na Ucrânia Sergei Pavlovich Korolev.

1924. Completou o curso secundário e ingressou para o curso de engenharia aeronáutica na Faculdade Técnica de Moscou, atualmente Instituto Politécnico de Kiev.

1928. Projetou seu primeiro planador, o SK-1.

1929. Graduou-se engenheiro aeronáutico. A partir de então, trabalhou por um ano em laboratórios de pesquisa da indústria aeronáutica.

1930. Korolev e Ilyushin projetaram e construíram um planador de competição, em Koktebel na Crimeia. Pilotando este planador, Korolev ganhou o sexto campeonato de vôo à vela, permanecendo no ar por quatro horas e dezenove minutos.

1932. O interesse por planadores aproximou casualmente Korolev de Tsander (AEN-9) que estava aperfeiçoando o seu motor-foguete OR-2 para utilizá-lo em um planador. A partir daí Korolev tornou-se um entusiasta das viagens interplanetárias.

1933. Após a morte de Tsander, Korolev tornou-se líder do GIRD (Grupo de Estudos da Propulsão de Foguetes) de Moscou. Nesta época também tornou-se chefe do RN II, ou Instituto de Pesquisas Científicas de Motores à Reação, resultado da união do GIRD de Moscou e do antigo GDL (Laboratório de Dinâmica de Gases). O novo RN II contava com algum apoio financeiro do governo, e seus diferentes grupos receberam tarefas bem determinadas. O grupo de Korolev partiu para o desenvolvimento de motores-foguete cada vez mais seguros e com maior empuxo.

1934. Korolev apresentou, na Conferência sobre Investigação Estratosférica, um estudo sobre o vôo de foguetes a grandes altitudes. Foi um sucesso. Neste estudo Korolev aconselhava o aperfeiçoamento de um tipo de motor-foguete mais seguro e com maior empuxo que os modelos até então existentes. Neste mesmo ano Korolev testou o motor-foguete ORM-52 de Valentin Glushko, e o fez funcionar por 230 segundos ininterruptos com um empuxo de 300 kgf. Este motor utilizava como propelente ácido nítrico e querosene.

1935. O marechal Tukhachevski, então comandante das forças armadas da União Soviética, convenceu o RN II a partir para o desenvolvimento de novas armas. O grupo de Korolev, o antigo GIRD de Moscou, era o mais capacitado e recebeu a tarefa de desenvolver um míssil de alcance superior a 100 km e vôo a alta velocidade. O míssil seria uma espécie de avião sem piloto propulsado a foguete com propelente líquido (o então ultra-secreto projeto do "míssil 212", a V-1 soviética).

1936. Korolev e Dushkin aperfeiçoaram o motor-foguete ORM-65 de Glushko para

utilizá-lo no "212".

1937. Começaram os testes com os protótipos do "míssil 212". Korolev trabalhou na calibração do motor ORM-65 e posteriormente no sistema de guiagem do míssil.

1938. Os militares soviéticos concluíram que o "212" não tinha alcance suficiente. Korolev recebeu ordens de desenvolver uma versão melhorada, assim nasceu o "212-A". Esta versão foi testada em agosto com resultados promissores, quando em setembro a Alemanha invadiu a Tchecoslováquia. A guerra seria inevitável e as necessidades bélicas mudaram; o projeto "212" perdeu prioridade.

1940. No dia 28 de fevereiro Korolev testa seu planador RP-318-1 propulsado pelo mesmo motor-foguete do "212", o ORM-65. Este planador foi o precursor de um interceptador rápido que o Governo Soviético necessitava para deter o avanço da Luftwaffe de Hitler. Interceptador que nunca passou da fase de protótipo.

1941 a 1945. Korolev dedicou-se a estudos de melhoria do desempenho de aviões militares utilizando motores-foguete de empuxo variável para auxiliar sua propulsão.

1945. Stalin criou dois grupos de trabalhos para o aperfeiçoamento de foguetes de grande porte. O primeiro grupo reunia Korolev, Dushkin, Glushko, Petrovich, Popov, Asksyonov, Pobedonostev e Grodovsky. A finalidade deste grupo era tratar da transferência de tecnologia da Alemanha ocupada para a União Soviética. O segundo grupo reunia Kishkin, Tikhonravov, Bolkhovitinov, Pronin, Tokaty e Keldysh com a finalidade de estudar e examinar a possibilidade de continuar os últimos projetos alemães, o superfoguetes A-9/A-10, na própria Alemanha ocupada.

1946. Korolev e Glushko foram designados para transferir toda linha de montagem das V-2 da Alemanha ocupada para a União Soviética.

1947. O segundo grupo de trabalho criado por Stalin, apesar de apresentar planos viáveis para retomar a construção dos superfoguetes A-9/A-10, foi por motivos políticos dissolvido. Stalin adotou uma solução nacionalista, deu carta branca ao primeiro grupo. Korolev passou a chefiar o programa soviético de foguetes.

1949 a 1952. Sob supervisão de Korolev, nas novas instalações em Kapustin Yar, foram aperfeiçoadas quatro versões soviéticas da V-2, utilizadas no lançamento de cargas científicas e militares. Nesta época, ao contrário dos americanos, os soviéticos não dominavam a técnica da miniaturização de componentes eletrônicos, assim optavam por recuperar suas cápsulas intactas para posterior estudo. Com isso, dominaram rapidamente a técnica de projetar e construir cápsulas blindadas. O caminho para o voo tripulado começava a ser traçado. Em 1952 Korolev propõe o desenvolvimento de um foguete de dois estágios, sendo o primeiro estágio constituído por foguetes laterais na configuração tipo "cluster" e um segundo estágio constituído por um foguete central.

1953. Kruchev subiu ao poder na União Soviética, deu carta branca e verbas abundantes, além de todo apoio político, aos "fogueteiros vermelhos" chefiados por Korolev para o desenvolvimento de mísseis com alcance intercontinental. Neste mesmo ano Korolev filia-se ao Partido Comunista.

1954 a 1956. Korolev além de supervisionar a construção e o lançamento de inúmeros mísseis de alcance intermediário (IRBM), chefiou um batalhão de técnicos e engenheiros para a construção do primeiro míssil balístico intercontinental (ICBM) soviético, que seguia sua proposta de 1952. Em vez de um complexo foguete de corpo único, reunia nas laterais de um foguete central quatro foguetes cônicos formando um primeiro estágio de configuração "cluster". Ao adotar a posição de reunir inúmeros foguetes menores para formar um maior, Korolev além de utilizar os ensinamentos de Tsiolkovski (AEN-2), possibilitaria simplificações no projeto, construção e transporte, pois foguetes menores poderiam ser construídos com ligas metálicas disponíveis na época bem como utilizar a tecnologia aeronáutica já dominada e eram compatíveis em dimensões do transporte ferroviário, já que não se dispunha de aviões cargueiros de grande porte. Nasceu assim o foguete "Zemiorka" batizado por Korolev.

1957. O primeiro "Zemiorka" foi lançado em setembro. O voo teve êxito completo em alcance mas não em precisão. Militarmente este foguete pouco valia pois para um voo de 8000 km sua ogiva errava o alvo por 30 km, o suficiente para errar uma cidade. Apesar disso o "Zemiorka" valia-se de sua robustez, confiabilidade e segurança, e por decisão do próprio Korolev foi transformado no principal veículo lançador do programa espacial soviético.

1958 a 1960. Agindo com carta branca do Kremlin, Korolev procurou logo de início melhorar a capacidade do lançador "Zemiorka". Para tanto, evitou modificar este lançador que já estava sendo produzido em série, e havia provado sua eficiência na colo-

Profissão: pesquisador
Categoria de associado: sócio efetivo

[65] Inscrição Nº 5/91 Data: 6 Fev 91
Nome: MARCOS GONÇALVES
Endereço: Rua Sertanópolis, 56
84100 - Ponta Grossa - PR
Idade: 17 anos
Grau de instrução: 2º grau / tec. química
Categoria de associado: membro correspondente

[66] Inscrição Nº 6/91 Data: 22 Fev 91
Nome: ALEX LOMBELLO AMARAL
Endereço: R. Dario Bássi, 89 - Bairro das Fábricas
36300 - São João Del Rei - MG
Idade: 15 anos
Grau de instrução: 1º grau / estudante
Categoria de associado: membro correspondente

[67] Inscrição Nº 7/91 Data: 22 Fev 91
Nome: SERGIO AGUIAR DE OLIVEIRA
Endereço: R. Rodrigues Alves 948 c/1 - Olinda
26540 - Nilópolis - RJ
Idade: 31 anos
Grau de instrução: 2º grau
Profissão: ourives
Categoria de associado: membro participante

[68] Inscrição Nº 8/91 Data: 22 Mar 91
Nome: PEDRO MILTON DE MORAES
Endereço: Quadra I 20, CECAP - Quiririm
12040 - Taubaté - SP
Idade: 26 anos
Grau de instrução: 2º grau
Profissão: técnico químico
Cargo na ABAEE: secretário e tesoureiro
Categoria de associado: sócio efetivo

[69] Inscrição Nº 9/91 Data: 22 Mar 91
Nome: LUIZ MARCELO LOPES
Endereço: Rua José Bonifácio, 653
84015 - Ponta Grossa - PR
Fone: (0422) 23-5408
Idade: 25 anos
Grau de instrução: superior
Profissão: analista de sistemas
Categoria de associado: membro participante

[70] Inscrição Nº 10/91 Data: 30 Mar 91
Nome: JOSÉ MARTUCCI PENOFF
Endereço: R. Domingos José Sapienza, 659
02618 - São Paulo - SP
Idade: 19 anos
Grau de instrução: 2º grau / estudante
Categoria de associado: sócio efetivo

[71] Inscrição Nº 11/91 Data: 30 Mar 91
Nome: RENATO VICENTE
Endereço: Praça da Sé nº 21 - ap. zelador
01001 - São Paulo - SP
Fone: 34-4773
Idade: 19 anos

motores-foguetes, sondas e naves espaciais, e estações orbitais.

REACTION CONTROL SYSTEM - RCS
ORBITAL MANOEUVRING SYSTEM - OMS

JOSÉ MIRAGLIA
Presidente da Comissão Técnica da ABAEE
Rua Dr. Elísio de Castro, 505, Ipiranga
04277 - São Paulo, SP

RCS

O sistema de controle reativo (RCS), Figura 1, propicia empuxo para mudança de velocidade do "ônibus espacial" bem como controle de atitude durante inserção orbital, em órbita e na reentrada.

O sistema completo consiste de três módulos, um frontal e dois posteriores nos casulos do sistema de manobra orbital (OMS), totalizando 38 câmaras primárias de empuxo a bipropelente líquido e 6 câmaras de empuxo "vernier". Cada módulo é independente, contém os sistemas de pressurização a gás e tanques de propelente próprios.

O alojamento do RCS frontal é construído de perfilados longitudinais, painéis e armações de alumínio convencional. Apresenta revestimento de curvatura única formado por estiramento e fixado por rebites. O RCS frontal é constituído de 14 câmaras primárias de empuxo e 2 "vernier". O uso de múltiplas câmaras primárias, além de garantir os graus de liberdade requeridos, garante a redundância do sistema.

O sistema completo é fixado na seção frontal do "ônibus espacial" por dezesseis fixadores removíveis de modo a permitir sua remoção e instalação entre um voo e outro.

Os alojamentos dos RCS posteriores são construídos de chapas de alumínio 2124, sendo que os painéis externos são do tipo "sanduiche" em colméia de grafite/epóxi. Este revestimento tem 24 portas de acesso para manutenção em terra. Cada módulo do RCS posterior abriga 12 câmaras primárias de empuxo e 2 "vernier". Ambos os módulos mantêm capacidade operacional a elevados g durante a reentrada.

OMS

O sistema de manobra orbital (OMS), Figura 1, é empregado para inserção orbital, manobras orbitais e reentrada.

O sistema completo consiste de dois casulos posteriores situados nas laterais superiores, esquerda e direita, do SSME (ver AEN-7). Cada casulo é independente, contendo uma câmara de empuxo regenerativa a bipropelente líquido, um sistema de pressurização a gás e tanques de propelente.

Os alojamentos ou casulos do OMS são basicamente constituídos de alumínio e grafite/epóxi. O revestimento é um "sanduiche" em colméia de grafite/epóxi. Toda a estrutura, bem como os suportes, acessórios de fixação e transmissão de empuxo são de alumínio 2124. Somente a viga central é de alumínio 2024 com enrijecedores de titânio e armação de grafite/epóxi. Cada casulo é fixado nas laterais do SSME por onze parafusos, sendo que todas as áreas expostas são cobertas com barreiras e isolantes térmicos.

FICHA TÉCNICA DO RCS

- número de câmaras primárias de empuxo = 14 (RCS frontal) e 2x12 (RCS posterior)
- empuxo (vácuo) = 3.870 N (cada)
- propelente = bipropelente líquido hipergólico, estocável
- oxidante = tetróxido de nitrogênio
capacidade total = 675 kg (RCS frontal) e 2.636 kg (RCS posterior)
- combustível = monometilhidrazina (MMH)
capacidade total = 422 kg (frontal) e 1.646 kg (posterior)
- pressurizante = hélio comprimido
- relação mássica combustível/oxidante = 1:1,6
- número de "vernier" = 2 (RCS frontal) e 2x2 (RCS posterior)

- empuxo (vácuo) = 111,2 N (cada)
- contrato = Marquardt Company/CCI Corporation

FICHA TÉCNICA DO OMS

- número de câmaras de empuxo = 2
- empuxo (vácuo) = 26.689 N (cada)
- propelente = bipropelente líquido hipergólico, estoc vel
 - oxidante = tetróxido de nitrog nio; capacidade total = 6.744 kg
 - combustível = monometilhidrazina (MMH); capacidade = 4.086 kg
- relação m ssica combustível/oxidante = 1:1,65
- pressão na c mara de combustão = 128 psi (8,7 kgf/cm²)
- vida útil = 15 horas ou 500 partidas
- tubeira: razão de expans o = 55
 - material = nióbio
- impulso específico = 310 s (vácuo)
- material da câmara de combustão = aço-inoxidável
- contrato = Aerojet Liquid Rocket Company

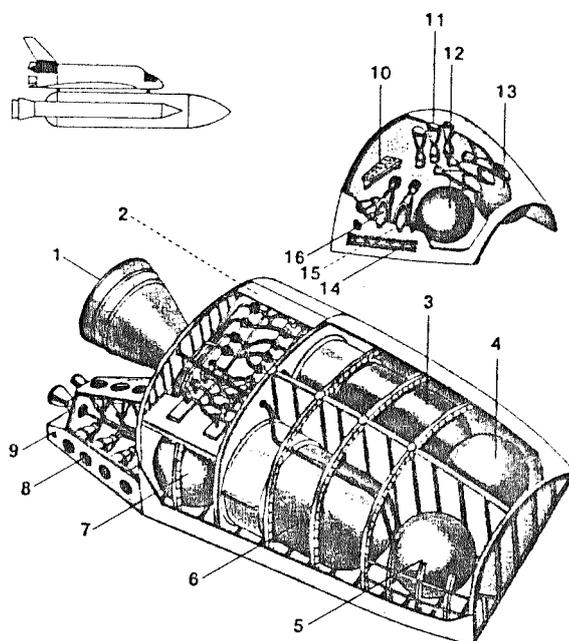


Figura 1. Os sistemas RCS e OMS dos ônibus espaciais americanos.

Legenda da Figura 1:

- | | |
|---|---|
| 1-tubeira da câmara de empuxo do OMS di- reito | 9-"vernier" do RCS(1) |
| 2-tanques de hélio comprimido do RCS | 10-pain l elétrico |
| 3-tanque de MMH do OMS | 11-câmaras primárias de empuxo do RCS frontal (14) |
| 4-tanque de MMH do RCS | 12-tanque de tetróxido de nitrogênio |
| 5-tanque de tetróxido de nitrogênio RCS | 13-tanque de MMH |
| 6-tanque de tetróxido de nitrogênio OMS | 14-pain l de acesso |
| 7-tanque de hélio comprimido do OMS | 15-"vernier" do RCS frontal (2) |
| 8-câmaras primárias de empuxo do RCS(12) | 16-tanque de hélio comprimido |

REFERÊNCIAS

- [1] SHAYLER, D. **Aviões de combate; Challenger**. Nova Cultural, 1987.
- [2] GATLAND, K. **Space technology**. Salamander Books, 1980.
- [3] COLLINS, M. & POWERS, R.M. **The world's first space shuttle**. Stackpole Books, 1979.

***** REFERÊNCIAS *****

Seção que apresenta referências bibliográficas de literatura sobre Aeroespçonáutica e Astronáutica indicadas para leitura e fornecidas pela ABAEE. Também são apresentadas referências de livros recomendados e os locais para adquiri-los.

***** ESPAÇOMODELISMO *****

Seção onde são descritas as técnicas usadas no projeto, fabricação e experimentação de espaçomodelos, e notícias de divulgação.

***** DÚVIDAS *****

As dúvidas sobre Aeroespçonáutica e Astronáutica que os associados possuem são respondidas nesta seção pelos membros da Comissão Técnica da ABAEE. Envie suas dúvidas para o Editor.

"Caro Editor, gostaria de saber qual a influência da proximidade com o Equador para o lançamento de foguetes e, o por que da economia de combustível?".

Luciano G. Costa

Paranavaí (PR), abril de 1991.

Todo foguete para cumprir uma determinada missão, seja a colocação de cargas em órbita ou interceptação de alvos, requer uma certa velocidade após sua propulsão. Esta velocidade é adquirida pelo foguete a custo de consumo de propelente e do aproveitamento da velocidade de rotação da Terra no local de lançamento.

Para o aproveitamento da velocidade de rotação da Terra, o foguete é lançado no próprio sentido de rotação da Terra (oeste para leste). Quanto mais próximo do equador, maior a velocidade de rotação da Terra (porque o raio é maior). No equador esta velocidade é cerca de 464 m/s. Assim, quanto mais próximo do equador estiver a base de lançamento maior é a velocidade de rotação da Terra.

O foguete na rampa de lançamento tem a própria velocidade de rotação da Terra, que quanto maior, menor será a necessidade de se adquirir velocidade a custo de consumo de propelente. Logo, quanto mais próximo do equador estiver a base de lançamento implicará num menor consumo de propelente.

José Miraglia,

Presidente da Comissão Técnica, ABAEE.

***** ATAS DA ABAEE *****

Esta seção é destinada à publicação de Atas das Assembléias da ABAEE, e de decisões tomadas pela Dir. Executiva e Comissão Técnica da ABAEE.

ATA 2/91

Ref. **ELEIÇÃO DA DIRETORIA 91/93**

De acordo com o parágrafo 1º do Art. 17º do Estatuto da ABAEE, o mandato da Diretoria Executiva é de 2 anos. Como a atual diretoria assumiu suas funções em maio de 1989, durante o mês de junho de 1991 procedeu-se à eleição da nova diretoria.

Conforme a ATA 1/90 (AEN-8, p. 105) apenas os sócios efetivos têm direito ao voto e concorrer a cargos eletivos. O quadro de associados da ABAEE possuía 18 sócios efetivos aptos a votar; eles receberam as cédulas de votação no início do mês de junho.

A votação se deu por cargos e não por chapa já que em apenas 3 cargos, dos 10 da diretoria, havia 2 candidatos concorrendo à eleição.

O prazo de recebimento dos votos se encerrava em 1º Jul 91. Até esta data foram recebidos 15 votos. O resultado da votação, com a diretoria eleita, foi o seguinte:

- 1) presidente: Basílio Baranoff = 15 votos
- 2) vice-presidente: Marcelo M. Morales = 10 votos
2º candidato = 4 votos
- 3) diretor de operações: Ozualdo S. Toyoda = 15 votos
- 4) diretor de segurança: José F. Santana = 10 votos
2º candidato = 5 votos
- 5) diretor de ensino: Gilberto G. Sgarbi = 15 votos
- 6) diretor cultural: Basílio Baranoff = 14 votos
- 7) diretor técnico-científico: Carlos H. Marchi = 15 votos
- 8) assessor de comunicação social: Gilberto G. Sgarbi = 15 votos
- 9) tesoureiro: Pedro M. Moraes = 15 votos
- 10) secretário: Pedro M. Moraes = 10 votos
2º candidato = 4 votos.

Portanto, declaro eleita a Diretoria Executiva 91/93 da ABAEE a partir de 20 de julho de 1991 por um período de 2 anos.

Carlos Henrique Marchi
Presidente da ABAEE

Florianópolis, 19 de julho de 1991.

FOGUETES A PROPELENTE LÍQUIDO

NASA Educational Briefs

Tradução: Carlos H. Marchi

Na história e desenvolvimento da Astronáutica, os foguetes a propelente líquido têm um lugar altamente importante, apesar da sua recente invenção. O entendimento rudimentar de alguns dos princípios dos foguetes e de suas aplicações eram conhecidos a pelo menos 2000 anos atrás embora os primeiros vôos de foguetes, como nós os conhecemos, tenham ocorrido mais recentemente. A invenção dos foguetes a propelente sólido é geralmente creditada aos chineses do século XI. A invenção dos foguetes a propelente líquido, contudo, aconteceu muito mais tarde nos Estados Unidos em 1926. Naquele ano, um jovem cientista, Robert H. Goddard, lançou com sucesso o primeiro foguete a propelente líquido. Como o primeiro vôo dos irmãos Wright em 1903, o foguete de Goddard (Figura 1) impressionou somente porque foi o primeiro deste tipo. O foguete a gasolina e oxigênio líquido subiu somente 18.3 metros e caiu a 56 metros de distância num canteiro de repolhos.

Goddard continuou o trabalho dele com foguetes a propelente líquido por muitos anos na fazenda da tia dele em New England e finalmente em Roswell, New Mexico. Goddard não foi somente o pioneiro dos foguetes a propelente líquido, muitas de suas inovações na tecnologia de motores estão ainda sendo empregadas hoje. Tão importantes foram as contribuições dele para o campo que tem sido dito "todo foguete a propelente líquido é um foguete de Goddard".

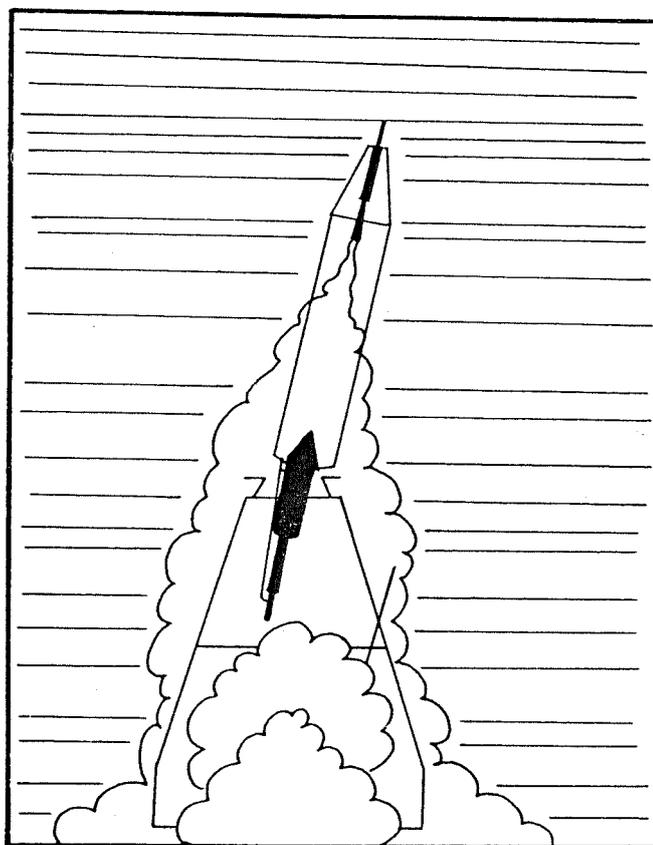


Figura 1. O primeiro foguete de Goddard.

Do trabalho de Robert Goddard aos vôos dos Space Shuttle, os motores-foguetes a propelente líquido têm ocupado um importante papel na pesquisa espacial. A capacidade de muitos foguetes de levar satélites e todo foguete usado para levar astronautas para o espaço têm contado com motores a propelente líquido. Estes motores, enquanto muito mais complicados que os motores a propelente sólido, oferecem importantes vantagens para o vôo espacial. Os motores líquidos podem ser ligados e desligados pelo acionamento ou parada do escoamento dos propelentes. Foguetes a propelente sólido são extremamente difíceis de extinguir uma vez ignizados. Muitos motores a propelente líquido podem ser controlados para qualquer empuxo desejado. O ajustamento do empuxo dos motores a propelente sólido requer a moldagem da superfície de queima do propelente antes do lançamento para promover uma queima mais ou menos vigorosa durante o vôo.

PARTES DOS FOGUETES A PROPELENTE LÍQUIDO

Os foguetes a propelente líquido têm três partes principais nos sistemas de propulsão deles:

- tanque(s) de propelente: estrutura que contém os propelentes líquidos;
- câmara de combustão e tubeira do foguete: câmara onde os propelentes são queimados e dispositivo através do qual os gases expandem e são ejetados do foguete;
- turbobomba: dispositivo para transporte dos propelentes dos tanques de propelente para a câmara em alta pressão (em alguns foguetes, as turbobombas são eliminadas pelo uso de pressão nos tanques para forçar os propelentes para a câmara).

TANQUES DE PROPELENTE

A função dos tanques de propelentes é simplesmente armazenar um ou dois propelentes até que sejam necessários na câmara de combustão. Dependendo do tipo de propelente usado, o tanque pode ser nada mais que um invólucro a baixa pressão ou pode ser um vaso de pressão para conter propelentes à alta pressão. No caso de propelentes criogênicos, propelentes em temperaturas extremamente baixas, o tanque tem que ser uma estrutura excepcionalmente bem isolada para manter os propelentes longe do ponto de ebulição.

Assim como com todas as partes dos foguetes, o peso dos tanques de propelente é um fator importante no projeto deles. Declarado simplesmente, tanque de propelente mais leve (ou outra parte do foguete) maior a carga útil que pode ser carregada ou mais alto o foguete pode subir. Muitos tanques de propelente líquido são feitos de metais muito finos ou são metais finos envolvidos em camisas de fibras de alta resistência. Estes tanques são estabilizados pela pressão interna do conteúdo deles, muitos do mesmo modo que balões, as paredes ganham resistência do gás interno. Tanques de propelente muito grandes e tanques que contêm propelentes criogênicos requerem reforço adicional. Anéis e nervuras estruturais são usados para reforçar as paredes do tanque, dando-lhe a aparência de uma fuselagem de avião. Com propelentes criogênicos, isolamento espesso é necessário para manter os propelentes na forma liquefeita deles. Mesmo com o melhor isolamento, propelentes criogênicos são difíceis de manter por longos períodos de tempo sem ferver. Por esta razão, os propelentes criogênicos não são geralmente usados em foguetes militares, que devem ser mantidos prontos para lançamento por muitos meses.

Os tanques de propelente do Space Shuttle servem como um exemplo excelente das complexidades envolvidas no projeto do tanque de propelente. O tanque externo ou ET, como são chamados os tanques de propelente líquido do sistema shuttle, consiste de dois tanques menores e um intertanque. O ET é a parte mais importante da estrutura do Space Shuttle e durante o lançamento deve suportar o empuxo total produzido pelos foguetes boosters sólidos e os motores principais do Orbiter.

A dianteira ou nariz do tanque contém oxigênio líquido (LO_2) à temperatura de 90 kelvins ($-183^\circ C$). Tem 16,3 metros de comprimento e 8,4 metros de diâmetro na parte mais larga. O fim do nariz do tanque é afilado em uma forma de ogiva. Dispositivos são instalados dentro do tanque de LO_2 assim como dentro do outro tanque para impedir a formação de bolhas e destas serem bombeadas para os motores junto com os propelentes. Muitos anéis e nervuras reforçam este tanque.

O segundo tanque contém hidrogênio líquido (LH_2) à temperatura de 20 kelvins ($-253^\circ C$). Este tanque, com um comprimento de 29,9 metros e um diâmetro de 8,4 metros, é 2,5 vezes o tamanho do tanque de LO_2 . Contudo, o tanque de LH_2 pesa somente um terço do tanque de LO_2 porque o oxigênio líquido é 16 vezes mais pesado do que o hidrogênio líquido. Este tanque tem numerosos anéis, nervuras e duas longarinas para distribuir os esforços do empuxo do Orbiter.

Entre os dois tanques há uma estrutura intertanque. O intertanque não é de fato um tanque mas um conexão mecânica entre os tanques de LO_2 e LH_2 . A função principal dele é unir os dois tanques e distribuir os esforços do empuxo dos foguetes boosters sólidos. O intertanque também aloja muitos instrumentos.

A superfície inteira do ET é recoberta com uma camada de espuma isolante. Esta espuma dá ao ET a cor dele, isola o propelente para reduzir a evaporação e evita o

aquecimento aerodinâmico, gerado durante o voo, de alcançar o propelente.

TURBOBOMBAS

As turbobombas fornecem o escoamento de propelente requerido dos tanques de propelente, que estão em baixa pressão, à alta pressão da câmara do foguete. A energia para as bombas é produzida pela combustão de uma fração dos propelentes numa pré-queimador. Os gases expandidos dos propelentes queimados impelem uma ou mais turbinas que, ao girarem, impelem as turbobombas. Depois de passar pelas turbinas, os gases de exaustão são dirigidos para fora do foguete através da tubeira ou são injetados, junto com o oxigênio líquido dentro da câmara para uma queima mais completa. Os motores principais do Orbiter do Space Shuttle adicionam os gases do pré-queimador à câmara de combustão.

CÂMARA DE COMBUSTÃO E TUBEIRA

A câmara de combustão de um foguete a propelente líquido é um recipiente em forma de garrafa (Figura 2) com aberturas nas extremidades opostas. As aberturas no topo injetam propelentes dentro da câmara. Cada abertura consiste em uma pequena tubeira que injeta combustível ou oxidante. O propósito principal dos injetores é misturar os propelentes para assegurar uma combustão homogênea e completa e sem detonações. Os injetores da câmara de combustão apresentam diversas configurações (Figura 3), podendo um motor ter centenas deles. Os motores principais do Space Shuttle têm 600 injetores cada.

Depois dos propelentes terem entrado na câmara, eles devem ser ignizados. Os propelentes hipergólicos ignizam-se ao entrarem em contato mas outros propelentes precisam de um dispositivo iniciador tal como uma vela de ignição de automóvel. Uma vez iniciada a combustão, o calor na câmara continua o processo.

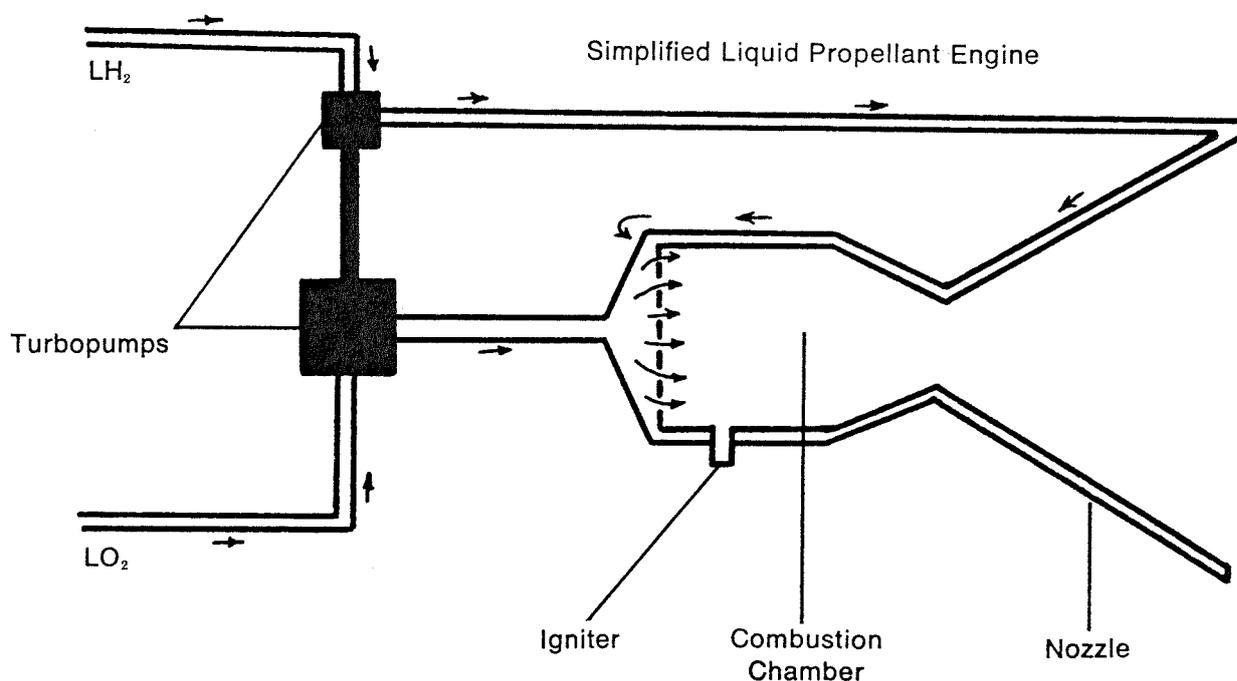


Figura 2. Esquema de um motor-foguete a propelente líquido.

O orifício na extremidade oposta (extremidade inferior) da câmara é a garganta ou a parte mais estreita da tubeira (Figura 2). A combustão dos propelentes gera gases dentro da câmara que então são ejetados através da tubeira. A seguir os gases deixam o cone de saída (parte mais larga da tubeira) atingindo velocidades supersônicas e resultando no empuxo que movimenta o veículo para frente.

Devido às altas temperaturas produzidas pela combustão do propelente, a câmara e

a tubeira devem ser refrigeradas. As câmaras de combustão dos motores principais do Orbiter atingem 3590 kelvins (3315°C) durante a queima. Todas as superfícies da câmara e tubeira precisam ser protegidas dos efeitos erosivos dos gases à alta temperatura e pressão. Dois métodos para refrigerar a câmara e a tubeira podem ser usados. O primeiro método é idêntico à refrigeração de muitas tuberias de foguetes a propelente sólido. A superfície da tubeira é recoberta com material ablativo que evapora quando em contato com o fluxo de gás à alta temperatura, refrigerando a superfície inferior. Porém, este método adiciona peso extra ao motor a propelente líquido, reduzindo a carga útil ou o alcance do veículo. Devido a todas as outras estruturas associadas aos motores a propelente líquido, também adicionando peso, a refrigeração ablativa é usada somente quando o motor é pequeno ou quando um projeto simplificado de motor é mais importante que o alto desempenho.

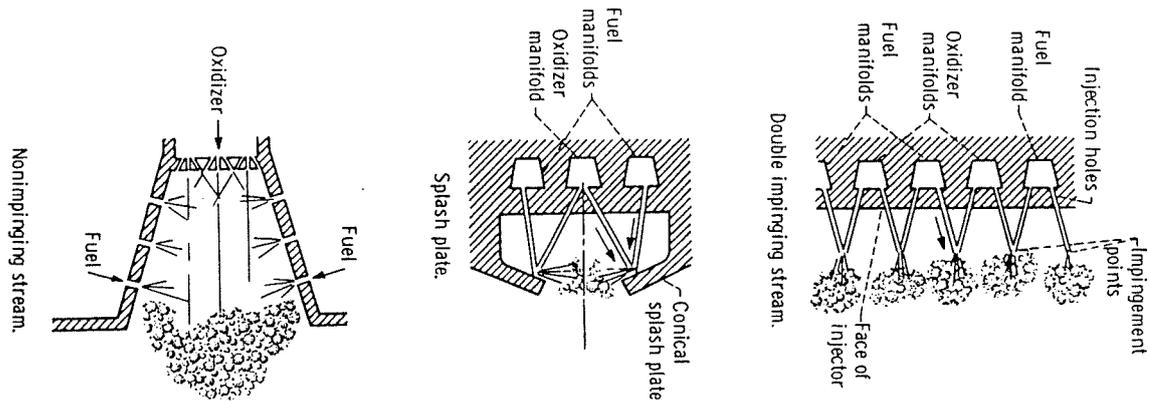


Figura 3. Alguns tipos de injetores.

O segundo método de refrigeração, que é usado nos motores principais do Shuttle, é a refrigeração regenerativa. Um complexo arranjo de encanamento dentro das paredes da câmara de combustão e tubeira onde circula o combustível superfrio LH antes dele ser enviado ao pré-queimador. O LH absorve parte do calor produzido na câmara de combustão tornando possível deste modo o uso de metais finos e leves para as paredes. Embora mais complicado do que a refrigeração ablativa, a refrigeração regenerativa reduz o peso dos grandes motores-foguetes, e melhora o desempenho de voo.

PROPELENTE

Os propelentes para foguetes líquidos normalmente dividem-se em duas categorias: monopropelentes e bipropelentes. Os monopropelentes consistem de um combustível e um agente oxidante armazenados num único recipiente. Eles podem ser duas substâncias químicas pré-misturadas, tal como álcool e peróxido de hidrogênio (água oxigenada) ou uma substância química homogênea como o nitrometano. Outra substância química como a hidrazina torna-se um monopropelente quando primeiro entra em contato com um catalisador. O catalisador inicia uma reação que produz calor e gases da decomposição da hidrazina.

Os bipropelentes têm o combustível e o oxidante separados um do outro até que são misturados na câmara de combustão. Os bipropelentes comumente usados incluem LO_2 e querosene, LO_2 e LH_2 , e monometilhidrazina e tetróxido de nitrogênio. O último bipropelente, abreviado por MMH e N_2O_4 , é hipergólico. Hipergólico significa ignição instantânea ao contato. Esta propriedade torna os propelentes hipergólicos especialmente úteis para foguetes de controle de atitude onde disparos frequentes e alta confiabilidade são requeridos.

Na escolha de combinações de bipropelentes, muitos fatores devem ser considerados. LH_2 e N_2O_4 fazem uma boa combinação, baseado no desempenho, mas como as temperaturas de armazenamento deles são muito diferentes eles requerem excessivo isolamento entre os dois tanques e isto adiciona peso ao veículo. Outros propelentes têm temperatura de detonação baixa, requerendo isolamento extra. Um segundo fator que deve ser considerado é a toxicidade das substâncias químicas usadas. MMH e N_2O_4 são ambos alta-

mente tóxicos e isto requer manuseio especial na preparação para vôo.

Dois outros fatores relacionam-se ao desempenho dos propelentes. A massa específica do propelente afeta o empuxo total dos propelentes por causa da segunda lei do movimento de Newton. Esta lei diz que "a força é igual à massa vezes a aceleração". Força refere-se ao empuxo e massa à quantidade de propelentes sendo queimados e acelerados para fora do foguete na forma de gases. Quanto maior a massa do gás ejetado do foguete, maior o empuxo produzido. Propelentes com massa específica baixa, tal como LH₂, têm menor massa para converter em gás do que um igual volume de propelentes com massa específica alta como a querosene.

Desta discussão, poderia-se assumir que somente os propelentes com massa específica alta deveriam ser usados nos foguetes líquidos mas outro fator deve também ser considerado. O termo "impulso específico" é análogo ao rendimento de um automóvel em km/litro que descreve o quanto energético é um propelente particular. Na segunda lei do movimento, quanto maior a aceleração dos gases de exaustão, maior o empuxo. Um propelente com massa específica baixa pode superar esta desvantagem por ter um impulso específico alto.

Os propelentes usados no Space Shuttle Orbiter inclui LO₂ e LH₂ para os três motores principais e MMH e N₂O₄ no sistema de manobras orbital.

AVISO

A fabricação de motores de foguetes, seja a propelente líquido ou sólido, é uma atividade muito perigosa quando feita por amadores. Literalmente centenas de estudantes, professores, e experimentalistas caseiros têm sido seriamente feridos pela explosão de foguetes. O desempenho do propelente, a resistência à ruptura da câmara de combustão, e a forma da tubeira são problemas de projeto e fabricação que estão além do escopo de muitos experimentalistas amadores. Uma excelente substituição à construção de motores de foguetes é a participação dos amadores em uma atividade muito segura, o espaçomodelismo.

Fonte: NASA Educational Briefs, EB 82-6, Washington, (1982).

YURI GAGARIN:

30 ANOS DO VÔO HISTÓRICO

REGINALDO MIRANDA JÚNIOR
Sócio Efetivo da ABAEE
Rua Sete de Setembro, 112 - centro
28605 - Nova Friburgo, RJ

O presente ano marca o trigésimo aniversário do primeiro vôo tripulado da História. Em 12 de abril de 1961, a União Soviética lançava o tenente Yuri Gagarin, 27 anos, a bordo da nave Vostok 1 (Figura 1), para um vôo de 1 hora e 48 minutos. A data do lançamento do Vostok é uma das mais marcantes da Era Espacial, assim como o 4 de outubro de 1957 do Sputnik 1 (primeiro satélite artificial) e o 20 de julho de 1969 da Apollo 11 (chegada do homem à Lua).

Em 1961 a Era Espacial propriamente dita tinha apenas três anos de idade. O clima era de confronto político e econômico entre as duas maiores potências mundiais, a URSS e os Estados Unidos, depois da Segunda Guerra. Essa disputa transferiu-se para o plano tecnológico a partir dos anos 50, com os dois países pesquisando intensamente as novas tecnologias emergentes na época: a eletrônica e a construção de mísseis. Os EUA apresentavam um programa impressionante de mísseis científicos e militares a seu povo. A URSS, como uma ditadura, mantinha seus progressos em segredo. Tinha-se no Ocidente a impressão de que, em breve, um satélite seria lançado pelos Estados Unidos. A surpresa foi geral quando os soviéticos lançaram seu Sputnik (Companheirinho), em 57. Acordados pelo feito russo, os americanos empenharam-se em lançar suas naves o mais rápido possível.

A despeito de sua aprimorada eletrônica, os EUA ficavam atrás dos soviéticos na potência dos foguetes. Em 1961, já estavam em andamento os trabalhos do Mercury (que iriam lançar em órbita os primeiros astronautas americanos) quando outra notícia estourou: havia um homem no espaço, e era russo.

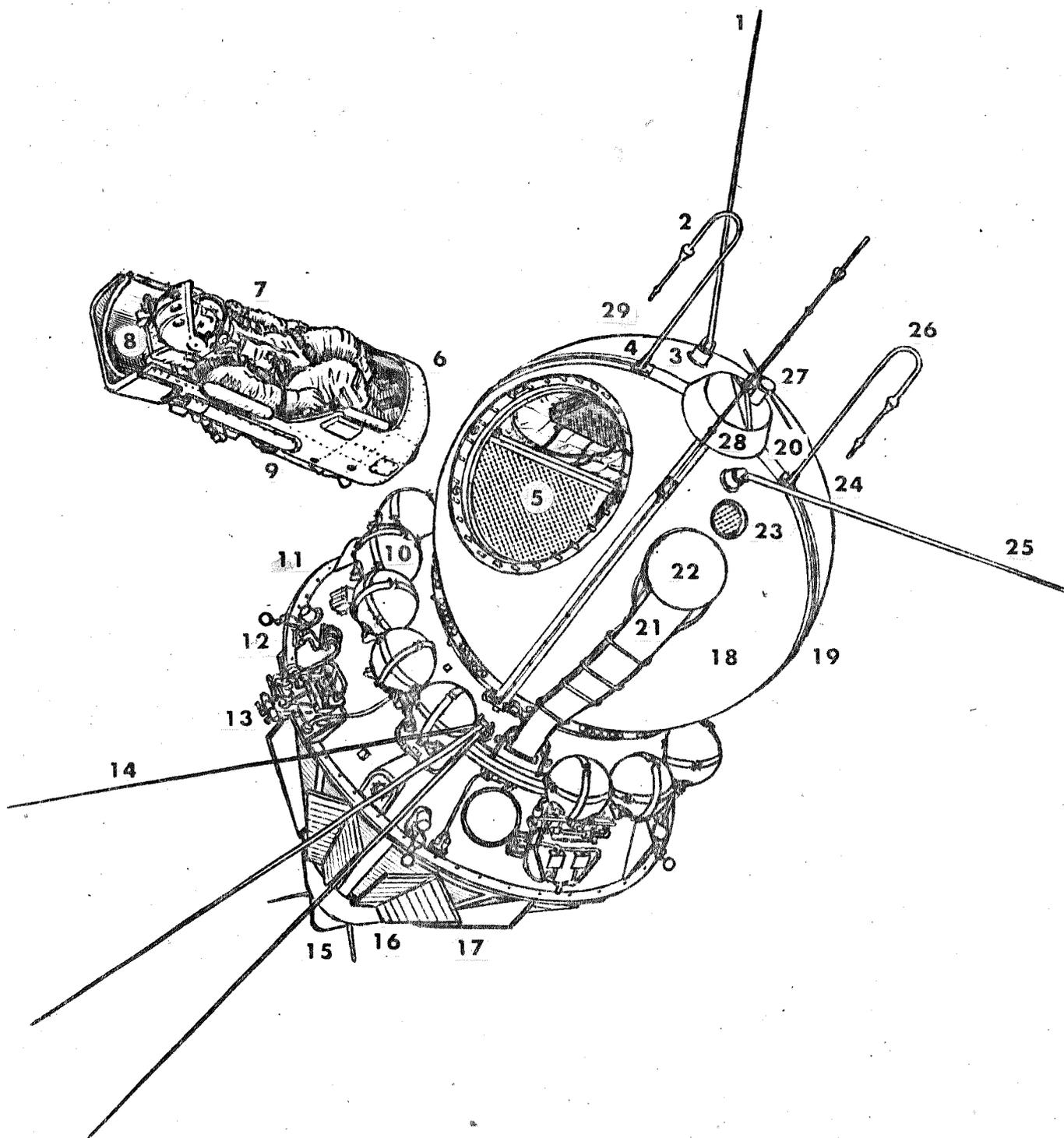


Figura 1. A nave espacial Vostok.

Uma pesquisa detalhada na História Espacial Soviética mostra que o vôo do Vostok já estava planejado há anos. Tanto que o foguete impulsor da nave era o mesmo do Sputnik 1 (que, por consequência, era derivado de um míssil militar, o T-3). A potência deste foguete, com um estágio superior, era de 5 toneladas em órbita baixa. Com tamanha capacidade de carga os cientistas russos tinham liberdade de projetar uma nave relativamente grande e espaçosa para um homem, ao contrário dos americanos, que limitavam seus planos aos 1.300 kg de capacidade orbital do foguete Atlas.

A fase inicial de estudos sobre a viabilidade de enviar homens ao espaço, come-

cou em 1958 e terminou em 1959; a partir deste ano, uma grande equipe de engenheiros e cientistas, liderados pelo projetista Serguei Pavlovitch Koroliev (1906-1966), começou a segunda fase do projeto: desenhar, construir e testar a nave espacial. Koroliev era o mentor do Programa Espacial da URSS desde o fim da Segunda Guerra Mundial.

Durante a fase inicial, três eram as propostas para a utilização do novo lançador. Alguns projetistas da equipe de Koroliev queriam desenvolver uma nave para vôos balísticos com um tripulante a bordo. Outros queriam adiar o vôo humano e construir um grande e avançado satélite não-tripulado, destinado a cumprir múltiplas tarefas. A terceira opção era prosseguir com o plano do vôo orbital tripulado.

O vôo suborbital tripulado foi logo descartado por, na opinião dos cientistas, ser uma experiência incompleta e sensacionalista. O veículo automático avançado, disseram, poderia ser desenvolvido mais tarde. Restou a proposta do vôo orbital tripulado, a preferida de Koroliev.

Em 1959 começaram a ser escolhidos os candidatos a cosmonauta, entre pilotos de caça. Em março de 1960, começaram a treinar 15 candidatos (2 deles do sexo feminino).

Enquanto isso, a nave era preparada. O anteprojeto foi apresentado em 1959; no ano seguinte, 1960, foi lançado em maio o primeiro exemplar de teste da futura nave Vostok (Oriente), sob o nome Sputnik 4. Lançado sem a proteção de amianto, o Sputnik 4 não deveria retornar à Terra, porém, falhou ao tentar ejetar sua cápsula numa órbita mais baixa.

Assim, em 1958, fôra escolhida a forma esférica para a cápsula da nave (apelada da "Tchârik", Bolinha em russo); a massa foi distribuída de modo que a região mais pesada da cabine ficasse voltada para a direção da trajetória de descida. Esta cabine tinha 2,3 metros de diâmetro e 2.400 kg de peso. Dentro dela estavam os comandos e os equipamentos de sobrevivência do tripulante, que viajava deitado em um assento ejetável vagamente aparentado com os usados em aviões militares. O cosmonauta vestia um escafandro pressurizado laranja de 20 kg, com um enorme capacete branco, de viseira embutida.

Atrás da cabine, estava acoplado um módulo de equipamentos, constituído de um tronco de cone unido pela borda a outro cone inteiro. No cone superior estavam montados 16 tanques esféricos com gás, antenas, sistemas de posicionamento e navegação e baterias químicas geradoras de eletricidade. Também lá estavam uma série de motores de atitude, o retrofoguetes e todo um sistema de rádio e aparelhos reservados ao controle térmico. Dois sensores de orientação garantiam o acompanhamento da trajetória da nave em órbita: um infravermelho (que procurava a direção vertical da órbita, alinhando o retrofoguetes contra o sentido do vôo); e um sensor solar, que colocava o retrofoguetes contra o Sol no horizonte. Para o caso de falharem estes sistemas, havia um plano de segurança: as próprias características da órbita garantiam que a cápsula, mesmo desligada do módulo de equipamentos, reentraria na atmosfera em dez dias (e, portanto, as reservas de ar e alimentos da cápsula eram sempre previstas para dez dias).

O projeto foi todo orientado em torno de soluções simples, que se baseassem em técnicas seguras. Apesar de o cosmonauta ter controle sobre seu veículo, o vôo era preferencialmente guiado de terra, por rádio. O módulo de equipamentos pesava 2.400 kg.

A recuperação da cabine efetuava-se com um pára-quadras de 1000 metros quadrados, que assegurava uma velocidade de pouso de 40 km/h. A cápsula pousava sozinha, pois o piloto ejetava o assento à grande altitude. Na cabine haviam três portas em forma de calota, de 1,3 m de diâmetro, duas dedicadas à entrada e saída do cosmonauta (uma, a que estava sobre a cabeça dele, era ejetável), enquanto que a terceira liberava o pára-quadras (que tinha um substituto, para o caso de emergência).

Para blindar a cápsula contra o enorme calor da reentrada, foi escolhido o amianto, revestido com folhas de metal flexível. Depois do pouso, era possível observar como a proteção térmica derretia na parte de baixo da cabine, ficando quase intacta na parte superior. Por dentro, a refrigeração era garantida por um sistema de evaporação de água aquecida, expelida por um radiador.

O assento ejetor também garantia a segurança do piloto em caso de explosão do foguete na plataforma ou na decolagem, arremessando-o a 300 m do foguete.

Para ensaiar o vôo humano, os cientistas lançaram pelo menos quatro Vostoks com animais a bordo; um deles incinerou-se na reentrada e, os demais, cumpriram suas missões com perfeição. Depois do último ensaio (Sputnik 10), todos os preparativos para

a missão tripulada estavam prontos.

O foguete, que passou a ser conhecido como Lançador Vostok (Figura 2) com a adição do terceiro estágio, era composto por um estágio central cilíndrico de 28 metros de altura e 3 metros de diâmetro máximo. Sua forma externa foi projetada para encaixar perfeitamente com quatro foguetes auxiliares cônicos, de 20 metros de comprimento por 2,9 de diâmetro máximo. Na decolagem, os motores RD-108, dos cones, e os RD-107, do cilindro, eram acionados simultaneamente. Cada uma das unidades tinha quatro motores, cada um com um empuxo máximo de 25 toneladas; os cones tinham, cada um, mais dois pequenos motorres de atitude, e uma aleta triangular (lado maior com 1,40 m). O estágio central tinha quatro motores RD-107, que diferiam do 108 por funcionarem por mais tempo. O combustível era o querosene, usando como oxidante o oxigênio líquido. Uma estrutura treliçada de aço ligava o topo do estágio central ao estágio superior, equipado com um único motor RD-119, de 10 toneladas de empuxo, associado a quatro pequenos foguetes de posição. Querosene e oxigênio, contidos em tanques anelares, alimentavam o motor.

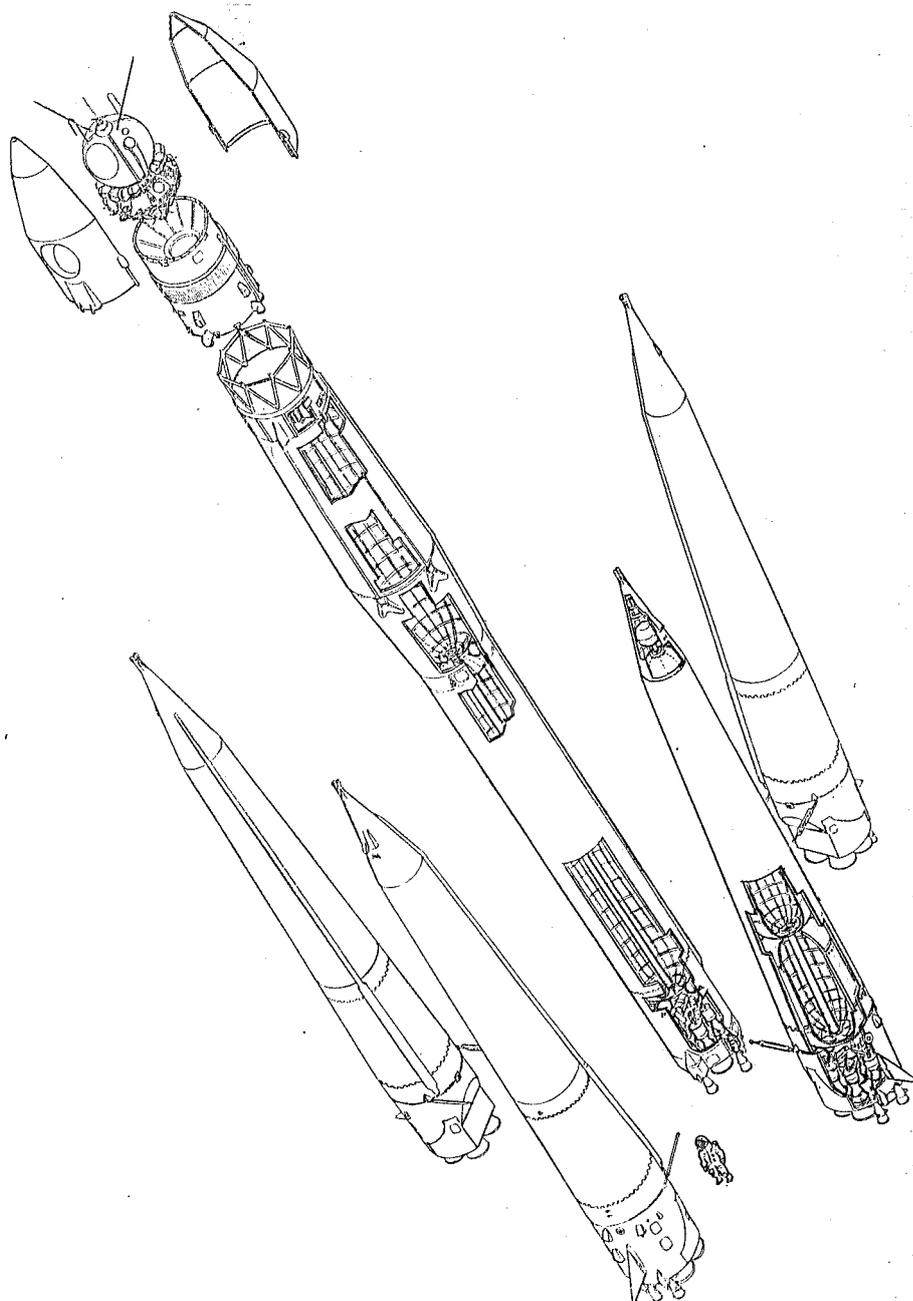


Figura 2. O foguete Vostok (SL-3) separado nas várias partes que o compõe. O estágio I e uma das unidades do estágio II são mostrados em corte. Segundo os padrões soviéticos, este é um foguete muito fácil de ser construído (uma fábrica situada perto de Moscou fabrica um motor RD-107/108 por dia).

Este terceiro estágio tinha 2,6 metros de diâmetro por 3 de altura, e nele estava acoplada a nave. Uma coifa protetora guarnecia a nave do vento durante a decolagem, e media 2,8 m de diâmetro por 5,5 de altura. A massa total na decolagem chegava a 295 toneladas, requerendo um empuxo de 410 toneladas, portanto, dentro das possibilidades dos motores. Todo o corpo do lançador foi construído com estruturas de aço e chapas de alumínio. Completo, o foguete media 37,8 metros.

A nave Vostok era guiada de Terra, mas o piloto podia assumir o comando caso necessitasse. Esta opção era temida pelos cientistas soviéticos, que não sabiam como reagiria o cérebro de um homem nas condições espaciais. Assim, os controles da nave foram trancados eletronicamente, e sua abertura dependia de um código numérico. Em todo caso, um envelope lacrado foi colocado atrás do painel frontal da Vostok 1, com o código. É claro que o código (de 3 números) poderia ser ditado pelo rádio ao cosmonauta, mas a presença do bilhete escrito prevenia falsas interpretações.

O VÔO DO VOSTOK 1

No dia 9 de abril de 1961, a comissão responsável pelo Programa Vostok escolheu, entre os membros da equipe inicial de pilotos cósmicos, cinco homens. Dentre eles, dois foram considerados os mais aptos, Gagarin e Guerman Titov, escolhido como substituto.

No dia 12, o foguete já estava em posição numa das rampas do Cosmódromo de Baikonur, localizado na verdade em Tyuratam. Depois de uma viagem de 10 minutos, de ônibus, a partir do prédio de controle de lançamento, Gagarin, Titov, Koroliev e técnicos chegaram à plataforma onde estava o Vostok 1. Esta plataforma tinha duas torres que se fechavam envolvendo o foguete, dispoendo de patamares e passadiços para as últimas checagens antes do disparo, incluindo o abastecimento de combustível. Quatro outras torres menores iam até o topo dos cones laterais, enquanto um enorme braço mecânico descia lentamente, atrás do foguete. Já eram 8 e meia da manhã quando Titov foi autorizado a despir o traje, já que Gagarin estava em ótimas condições.

A decolagem do Vostok 1 (apelidado "Andorinha", enquanto o nome-código do foguete era "Cedro") aconteceu às 9 horas e 7 minutos, hora de Moscou. Gagarin subiu mais confiante porque, minutos antes, Titov lhe revelara o código numérico que lhe abria os comandos da nave, em caso de pane.

Os foguetes laterais foram separados 2 minutos depois do lançamento; 37 segundos depois a coifa era descartada; e, cinco minutos mais tarde, o estágio central desligava-se. Depois de 11 minutos, o terceiro estágio era também descartado e a Vostok 1, pesando 4.725 kg, entrava em órbita de 326 km de apogeu.

Gagarin relatou as etapas de seu vôo à base informando, de tempos em tempos, as reações que sentia no ambiente de gravidade zero aos cientistas em Terra e fez observações pelas escotilhas da cápsula. Após descrever quase 80% de uma órbita terrestre, a nave foi orientada para apontar seu retrofoguete contrariamente à direção do vôo; às 10h25m, os retrofoguetes foram acionados para logo depois o módulo de equipamentos ser ejetado. Depois de perder velocidade, a Vostok reentrou na atmosfera às 10h35m. Em seguida abriram-se os pára-quadras piloto e o principal, para em sequência a porta principal da nave ser ejetada, permitindo a passagem do assento ejetável que trouxe Gagarin em segurança para um pouso numa fazenda coletiva nas cercanias da Vila de Saratov, Cazaquistão, às 10h55m.

Após desvencilhar-se das cordas do pára-quadras, Gagarin foi andando por entre as plantações até encontrar a camponesa Ana Taktharova e sua filhinha, que pararam atônitas diante daquele estranho vestindo uma roupa laranja-brilhante. Gagarin cumprimentou-as, acalmando-as: "Não se assustem, camaradas. Sou um dos seus. Onde posso encontrar um telefone?". Logo em seguida, apareceram os helicópteros do serviço de resgate.

A cápsula, escurecida pelo calor da reentrada, foi cercada por uma fita e uma placa foi fincada à sua frente com os seguintes dizeres: "Não toque! 12-4-61. 10 horas e 55 minutos, hora de Moscou".

Promovido a Major, Gagarin tornou-se herói nacional, continuando no programa de vôos cósmicos. Foi escalado para ser o suplente de Vladimir Komarov na Soyuz 1 (que acabou se espatifando na aterrissagem, em 24 de abril de 1967, matando Komarov). Em 27 de março de 1968, Gagarin pilotava um jato Mig-15 U, de treinamento, junto com o

coronel Vladimir Serioghin, nos arredores de Moscou. Houve uma falha no avião, que começou a perder altura. A tripulação o desviou de uma área habitada, sem conseguir, no entanto, estabilizar o Mig, que caiu num terreno deserto, sendo completamente destruído. Gagarin estava com 34 anos ao morrer.

Depois de Gagarin, a URSS lançou cinco outras Vostoks: Vostok 2 (com Guerman Titov), em 6-8-61; Vostok 3 (Adrian Nikolaiev) 11-8-62; Vostok 4 (Pavel Popovitch) 12-8-62; Vostok 5 (Valery Bikovsky) 14-6-63; e Vostok 6 (Valentina Tereshkova) 16-6-63.

Legenda da Figura 1:

- 1 - antena de rádio da cápsula
- 2 - antena auxiliar
- 3 - fita de retenção da cápsula ao módulo de instrumentos
- 4 - fio que corre sobre a fita, ligado à antena
- 5 - saída principal (1,3 m de diâmetro)
- 6 - receptáculo do assento do piloto
- 7 - cosmonauta em seu traje espacial, ligado ao pára-quadras
- 8 - pára-quadras
- 9 - ejeter do assento (zero-zero)
- 10 - tanque esférico de gás (40 cm de diâmetro)
- 11 - módulo de instrumentos (2,6 m de diâmetro)
- 12 - conjunto de equipamentos que se estendem quando a coifa se abre
- 13 - sistema de orientação da órbita
- 14 - antenas do módulo de instrumentos
- 15 - ponta do cone inferior, só exposto após a separação do 3º estágio
- 16 - instrumentação auxiliar do sistema de retrofoguetes
- 17 - painéis radiadores
- 18 - cápsula esférica (2,3 m de diâmetro)
- 19 - fio ligado à antena
- 20 - fita de retenção da cápsula
- 21 - calha externa de alimentação de energia
- 22 - domo da calha externa, ligado à cabine
- 23 - vigia superior
- 24 - porta secundária, na direção dos pés do cosmonauta
- 25 - antena da cápsula
- 26 - antena auxiliar
- 27 - equipamentos assessórios do nariz cônico
- 28 - nariz com as travas das fitas de retenção (ejetável)
- 29 - porta lateral, do compartimento do pára-quadras da cápsula.

IGNITORES DE MOTOR FOGUETE

A PROPELENTE SÓLIDO

JOSÉ MIRAGLIA

Presidente da Comissão Técnica da ABAEE
Rua Dr. Elísio de Castro, 505, Ipiranga
04277 - São Paulo, SP

O ignitor é um componente do motor foguete cujo objetivo é propiciar um acendimento adequado do grão propelente.

O desenvolvimento de um ignitor é principalmente empírico, cada ignitor necessita ser projetado para apresentar máximo desempenho num dado motor foguete.

As informações iniciais para serem estabelecidos os critérios de seleção ou do projeto dos ignitores, se prendem basicamente ao tempo de ignição e ao nível do choque de pressão permissível por ocasião da ignição.

O ignitor deve aumentar a temperatura da superfície do propelente acima de sua temperatura de ignição espontânea, bem como aumentar a pressão na câmara de combustão do motor foguete acima de sua pressão limite inferior e abaixo de sua pressão limite

superior para um funcionamento estável deste motor.

A transferência de calor por radiação e convecção assim como o impacto direto de partículas quentes, geradas pelo ignitor sobre a superfície do propelente são de fundamental importância para o acendimento do propelente.

Um ignitor é constituído pelos seguintes componentes:

- a) sistema de iniciação
 - elétrico (ex.: "squib", consiste de um fio condutor, muito fino, imerso numa carga pirotécnica, é o mais utilizado), Figura 1
 - mecânico
 - químico
 - onda de choque
- b) carga de transferência: consiste numa carga pirotécnica em pó ou prensada em "pellets" que varia de 0,5 a 10 gramas com uma duração de 1 a 10 milissegundos de combustão
- c) carga de impulso: consiste numa carga pirotécnica prensada na forma de "pellets" com massa da ordem de um décimo da massa da carga principal e duração de 5 a 50 milissegundos de combustão
- d) carga principal:
 - pirogênica: a carga principal é um grão propelente
 - pirotécnica: a carga principal é constituída de "pellets" pirotécnicos (o tamanho e a duração da carga principal dependem exclusivamente das dimensões do motor foguete a ser ignitado)
- e) estrutura de montagem: consiste no recipiente de contenção dos itens anteriores, bem como do sistema de segurança e prontidão de operação. Este recipiente é multiperfurado quando utilizamos carga principal pirotécnica ou apresenta tubeiras quando a carga principal é pirogênica.

Designamos um ignitor pelas características de sua carga principal; se pirogênica designamos ignitor pirogênico, se pirotécnica designamos ignitor pirotécnico.

A posição do ignitor na câmara de combustão depende da forma geométrica e dimensões do grão propelente a ser ignitado. Convém ressaltar que em grãos propelentes tipo tubular, o ignitor de maneira geral é fixado no topo do motor (Figura 2).

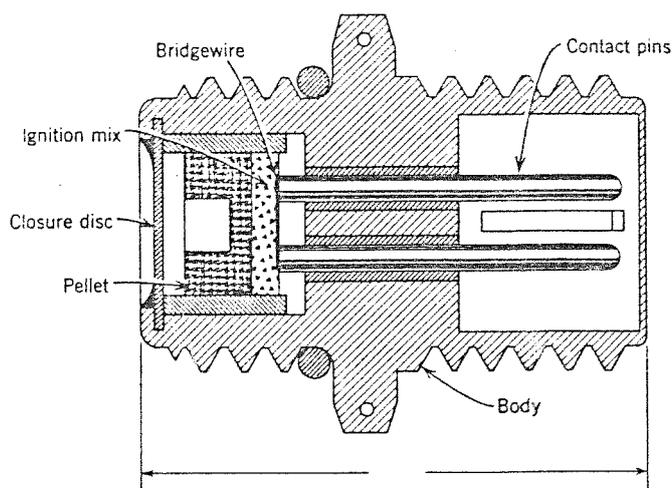


Figura 1. "Squib".

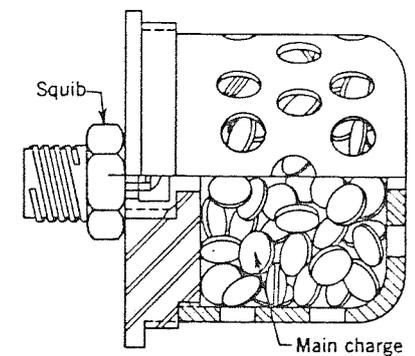


Figura 3. Ignitor pirotécnico.

Algumas características dos ignitores pirotécnicos e pirogênicos:

- * ignitores pirotécnicos (Figura 3):
 - rápida ignição

- flexibilidade de utilização
- estrutura de montagem pesada
- projeto, manuseio e fabricação de maior complexidade

* ignitores pirogênicos (Figura 4):

- ignição lenta
- restrito a motores de médio e grande porte
- estrutura de montagem leve
- projeto, manuseio e fabricação de mesma tecnologia do motor foguete a ser ignitado; o ignitor pirogênico não passa de um pequeno motor foguete.

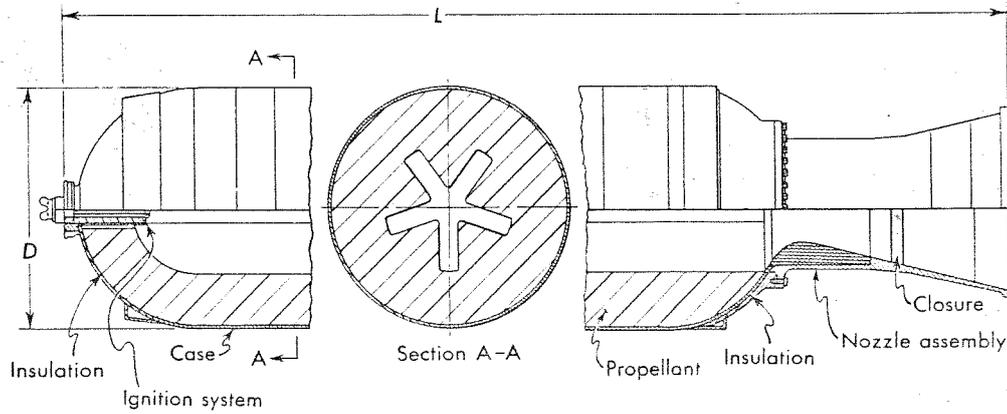


Figura 2. Posição do ignitor em grão propelente tubular.

Constituintes típicos das cargas dos ignitores:

*combustível

- boro
- alumínio
- carbono
- enxofre

* aglomerante/combustível

- poliêster
- etil celulose
- epóxi

* oxidante

- perclorato de potássio
- cromato de bário
- nitrato de potássio

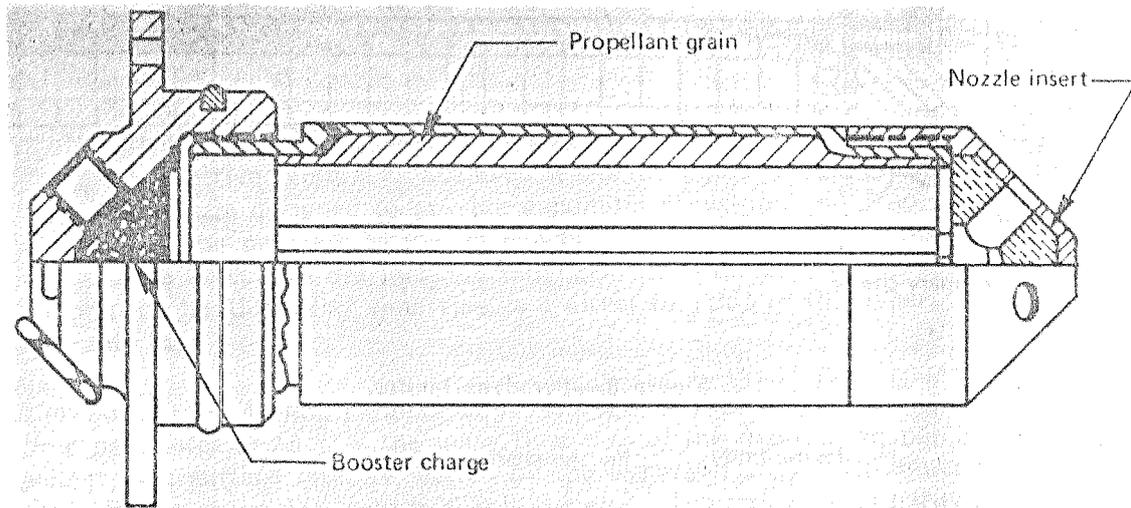


Figura 4. Ignitor pirogênico.

REFERÊNCIAS

- [1] SHORR, Morton. **Solid rocket technology**. John Wiley and Sons, Inc., 1967.
 [2] NASA. **Solid rocket motor igniters; SP-8051**. March 1971.
