



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

INPE-11476-RPQ/777

SEGURANÇA NO MANUSEIO DE FOGUETE

Adauto Gouveia Motta

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS	vii
MAIS ALGUMAS CONSIDERAÇÕES	ix
INTRODUÇÃO	01
<u>CAPÍTULO 1</u>	03
1.1 – A Busca	03
1.2 – Plano de segurança de terra	07
1.3 – Plano de segurança de vôo	10
<u>CAPÍTULO 2 – MOTOR FOGUETE</u>	15
2.1 – Propelentes sólidos	16
2.2 – Propelentes líquidos	19
2.3 – Foguetes híbridos	21
<u>CAPÍTULO 3 – EXPLOSIVOS</u>	23
3.1 – Explosivos como meio de propulsão	23
3.2 – Principais características dos explosivos	23
3.2.1 – Sensibilidade à iniciação por impacto	24
3.2.2 – Sensibilidade à iniciação por fricção	24
3.2.3 – Sensibilidade à temperatura	24
3.2.4 – Sensibilidade à umidade	25
3.2.5 – Sensibilidade a outros materiais (compatibilidade)	25
3.3 – Características dos propelentes sólidos	26
3.4 – Dispositivos eletro-explosivos (EED)	26
3.4.1 – Descrição de um EED típico	27
3.4.2 – Ativação	28
3.4.3 – Sensibilidade	29
3.4.4 – Iniciador	30

CAPÍTULO 4 – CUIDADOS NO MANUSEIO E ARMAZENAGEM DE PROPELENTES SÓLIDOS	33
4.1 – Contra incêndio	33
4.1.1 – Regras de prevenção	33
4.1.2 – Equipamento contra incêndio	35
4.2 – Eletricidade	35
4.2.1 – Linhas e instalações elétricas	35
4.2.2 – Eletricidade estática	36
4.2.3 – Raios	37
4.3 – Radiação eletromagnética	37
4.4 – Transporte, carga e descarga	39
4.4.1 – Transporte rodoviário	39
4.4.2 – Transporte aéreo	40
4.5 – Classificação ICC	40
4.6 – Distância de segurança para explosivos sólidos	41
4.6.1 – Classificação dos materiais para efeito de Q x D	41
4.6.2 – Tabelas “Quantidades de explosivos x distância de segurança”	43
CAPÍTULO 5 – PROPELENTES LÍQUIDOS	47
5.1 – Manuseio e armazenamento de propelentes líquidos	48
5.1.1 – Introdução do pessoal, supervisão e saúde	48
5.1.2 – Eletricidade estática	49
5.1.3 – Proteção contra raios	49
5.1.4 – Riscos principais	49
5.2 – Combustíveis mais empregados	50
5.2.1 – Álcool furfúrico	50
5.2.2 – Anilina	54
5.3 – Oxidantes mais empregados	56
5.3.1 – Ácido nítrico vermelho fumegante inibido (sigla em inglês – IRFNA)	56
5.4 – Distâncias de segurança para propelentes líquidos	60
5.4.1 – Definição dos grupos de risco	60

5.4.2 – Riscos associados a valores de localização de armazenagem .	61
5.4.3 – Tabela de grupos de risco e compatibilidade para armazenagem de propelentes líquidos	62
5.4.4 – Tabelas de quantidades de propelente líquido x distâncias de segurança	62
BIBLIOGRAFIA	69
APÊNDICE A – PLANO GLOBAL DE UMA OPERAÇÃO DE LANÇAMENTO DE FOGUETES	71
1) PROVIDÊNCIAS PRELIMINARES DE SEGURANÇA	75
2) PLANO OPERACIONAL	79
ANEXO I – EQUIPES DE OPERAÇÃO – PROJETO POEIRA	81
ANEXO II – PLANO DE SEGURANÇA DE TERRA	85
ANEXO III – PLANO DE SEGURANÇA DE VÃO	89
APÊNDICE B – EMPUXO, IMPULSO TOTAL E IMPULSO ESPECÍFICO...	109

LISTA DE FIGURAS

1.1 – Lançamento de um foguete V-2, (Capturado dos alemães), do Campo de White Sands, New México, EE.UU., em janeiro de 1946, dando início ao Atmospheric Research Panel, com pesquisas na atmosfera superior	04
1.2 – Vôo característico de um foguete de sondagem	05
1.3 – Curvas de desempenho de dois foguetes de sondagens: o Orion e o Terrier-Malemute	05
2.1 – Classificação dos sistemas de propulsão	16
2.2 – Algumas configurações de grão e seus efeitos na combustão, e conseqüente empuxo	17
2.3 – Secções de diferentes configurações de motores e suas relações empuxo x tempo	18
2.4 – Secção longitudinal de um foguete a propelente sólido. No caso, o apresentado é o SUPER LOKI, onde se nota o detalhe do iniciador ajustado à parte inferior por suporte de plástico.	19
2.5 – Secção longitudinal do 1º estágio do foguete Black Brant, de fabricação canadense, a propelente sólido. No centro corte transversal mostrando a configuração do grão (estrelado) .	21
2.6 – Motor a propelente líquido do tipo pressurizado	21
2.7 – Um típico foguete híbrido, com pressurização	22
3.1 – Iniciador usado no 1º estágio do foguete Black Brant IV	28
3.2 – Iniciador do foguete SUPERARCAS, com detalhes do seu “squib”	31
5.1 – Modelo esquemático do AEROBEE 150, onde é destacável os três tanques: de combustíveis, de oxidante e de pressurização, bem como a câmara de combustão	47
5.2 – Foguete AEROBEE 150 já no trilho do lançador, inclusive com o “booster” a propelente sólido devidamente incorporado. Passo seguinte, é coloca-lo na posição vertical para receber os propelentes. A foto, feita em White Sands Missile Range, New México, aparece o oficial de segurança apresentando o foguete para alguns alunos, entre os quais o autor	48

LISTA DE TABELAS

4.1 – Tipo de extintores de acordo com o tipo de material inflamável	34
4.2 – Rádio transmissores	38
4.3 – Transmissores FM móveis	38
4.4 – Radar	38
4.5 – Classe 1	43
4.6 – Classe 2 – Materiais em embalagem aprovada	43
4.7 – Classe 2 – Matérias sem embalagem	44
4.8 – Classe 3	44
4.9 – Classe 4	44
4.10 – Classe 5 e 6	44
4.11 – Classe 7	45
4.12 – Características de foguetes de sondagem	46
5.1 – Tabela de grupos de risco e compatibilidade para armazenagem de propelentes líquidos	62
5.2 – Grupo I: Pequeno risco de fogo	62
5.3 – Grupo II: Risco de fogo	63
5.4 – Grupo III: Riscos de fragmentação e deflagração	63
5.5 – Distância de segurança para ácido nítrico-anilina	64
5.6 – Dados para armazenagem de foguetes em uso no CLBI	65
5.7 – Incompatibilidade no transporte de veículos	66

Mais algumas considerações

Ultimamente tem sido muito discutido e falado airoosamente sobre as razões de ainda não dispormos de um foguete orbitador de satélite operacional. Alguns alegam que o programa está nas mãos de militares e que não é por ai, etc. e tal. Não é nada disto! O fato de um cidadão vestir uma farda para trabalhar não coloca nem tira mérito algum. A Aeronáutica foi muito feliz quando criou o Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA), jogando conhecimento e idealismo em cima de um grupo muito bom de brasileiros, inclusive em um bom número de oficiais da FAB. O Centro Tecnológico Aeroespacial (CTA) tem sido uma referência internacional como instituição de grande capacidade tecnológica.

Eu bem me lembro, lá pelos meados dos anos 70, quando a FAB voava aviões importados, muitos cedidos dentro do chamado PAM, acordo estabelecido com os EE.UU. O horizonte era de continuar importando se quisesse continuar voando. Mas uma decisão sábia fez com que fosse criada a EMBRAER. E durante muitos anos uma boa fatia do orçamento da Aeronáutica foi destinado àquela Empresa. Anos apertados... mas começaram a aparecer os frutos. Inicialmente o BANDEIRANTE, depois o XAVANTE, e o TUCANO, e..., agora, disputando o mercado internacional de aviões.

Hoje a FAB voa, praticamente, aviões fabricados pela EMBRAER. Qual o segredo? Primeiro: decisão de aporte grosso de recursos para fazer uma grande indústria de aviões. Segundo: extrair do próprio CTA todo o pessoal que lá dentro já ensaiava a construção de aviões, com planos, esquemas... e tudo mais que a inteligência de alguns abnegados criara.

Aí vem a pergunta claríssima: porque não fazer a mesma coisa na área espacial. Afinal o CTA é AEROESPACIAL. O AERO já foi contemplado. Falta fazer o ESPACIAL. Com orçamentos pífios, arranjados com o passar da cuia, jamais teremos um foguete orbitador de satélites. É preciso investir grosso numa indústria de veículos, transferindo a experiência e meios do IAE.

Uns desavisados perguntarão: não existe a AVIBRÁS? Inicialmente, ainda em 1965, a Diretoria de Material da Aeronáutica contratou o desenvolvimento de um foguete meteorológico, que inicialmente chamou-se DM 6501. Mas, a AVIBRÁS passou a viver das encomendas do tal foguete, que era baratinho e que insistia em dar problemas, até mesmo depois de mudar de nome, para SONDA I. Quando o grupo do IAE começou a desenvolver foguetes de maior porte, como o SONDA II e SONDA III, a AVIBRÁS foi sendo afastada do programa de foguetes da Aeronáutica.

Aliás, em todas as nações do primeiro mundo o modelo adotado é, exatamente, o aqui proposto. Normalmente, dispõem de uma agência governamental que, com recursos e pessoal qualificado, definem a adequação dos programas a serem desenvolvidos dentro de uma política de pesquisas espaciais. E fiscalizam com cobrança sistemática cada cronograma físico-financeiro de cada projeto. É assim que funciona a NASA (EE.UU.), que sendo portadora de um monstruoso orçamento anual, promove todas as atividades espaciais, desde pequenos projetos de pesquisa do tipo GTE (Global Tropospheric Experiment), até encomenda de Telescópios Espaciais, tipo HUBBLE. E se dá certo por lá... certamente por aqui também.

O AUTOR

Introdução

Este trabalho é uma tentativa de reunir, em um manual, as regras básicas de segurança no manuseio de explosivos, particularmente, os motores-foguetes a propelente sólido e seus iniciadores, simplesmente porque campos de lançamentos como o CLBI foram montados e têm vocação para operar tal tipo de foguete.

A quantidade de explosivos contido em cada foguete, estabelece o campo de lançamento de onde cada um deles poderá ser lançado. O CLBI começou com uma área de, mais ou menos, 5 km de litoral por 1 km de largura, e posteriormente teve que desapropriar uma área um pouco maior do outro lado da estrada a fim de permitir que a instrumentação (radar e telemetria) dispusesse de um ângulo de visada mais adequada ao rastreio. Mas, o crescimento populacional de Natal no sentido Sul, foi ocupando os limites físicos do CLBI, impedindo que operações mais ousadas pudessem ser pensadas. Assim sendo, fatores estratégicos, empurraram os técnicos em busca de um local onde não houvesse limitações à tonelagem dos foguetes a serem lançados. Daí ter surgido o Centro de Lançamentos de Alcântara, no Maranhão, que permite os ousados lançamentos de foguetes orbitadores de satélites, vocação natural do Brasil em busca de entrar para o seleto clube de nações que conseguem fazer orbitar seus satélites com meios próprios de propulsão. Das 193 nações do mundo apenas 8 ousaram tal façanha, que significa, inclusive, uma posição de destaque no conceito internacional. Além da possibilidade de criar um mercado novo de exportação da caríssima tecnologia espacial.

As recomendações contidas neste manual são apenas a transcrição das regras que foram enfatizadas durante o curso que o autor acompanhou nos campos de lançamento da NASA. Em 1984, foi feita uma primeira edição, e agora é apresentada de forma mais ampla tudo que se refere à composição de um sistema de segurança que todo campo de lançamento precisa possuir. O trato com explosivos, foguetes, iniciadores e toda forma de substância perigosa à vida, deve ser feito dentro de regras rígidas, de forma a evitar qualquer acidente danoso à vida de engenheiros e técnicos, que abraçaram a gloriosa profissão de “fogueteiro”.

As recomendações contidas neste manual é o produto da experiência daqueles que assistiram a ceifação de muitas vidas por efeito de descuidos desastrosos dentro dos campos de lançamentos dos EE.UU.

Uma coisa é certa. Se as regras aqui contidas forem observadas rigorosamente, jamais choraremos o desaparecimento de colegas e amigos por efeito de descuido ou desatenção no manuseio de foguetes, iniciadores, explosivos de toda ordem e propelentes líquidos.

Aqui vale ressaltar a colaboração eficiente de Da. Marise Délia de Carvalho Teixeira e de Pedro Evangelista, ambos da Secretaria do INPE/RN e do Artista Gráfico Antonio Medeiros Filho, colaboradores sempre prestativos.

O AUTOR.

Capítulo 1

1.1 - A BUSCA

Existe algo que sempre fascinou o *bicho homem* desde tempos primevos. Uma noite escura, sem Lua e sem nuvens, com aqueles milhões de pontinhos luminosos ocupando toda a abóbada celeste, gerando na curiosidade de cada um, milhares de indagações: o que representam (?), a que distância estão(?), qual o tamanho real...etc.,etc. Tal fascínio foi gerando curiosidades, que criaram meios, que fizeram instrumentos, de tal forma que hoje o *bicho* já é capaz de responder algumas poucas das indagações levantadas. Todavia, somente nas últimas cinco décadas foram iniciadas atividades científicas em busca de respostas básicas sobre os constituintes da atmosfera em seus vários níveis e a composição dos planetas próximos, inclusive do nosso satélite Lua. E toda essa curiosidade é que deu início ao que chamamos de **pesquisa espacial**.

A nossa querida morada chamada Terra, é apenas um dos nove planetas que giram em torno de uma insignificante estrelinha chamada SOL. A estrelinha SOL é apenas uma das 100 bilhões de estrelas que compõem a nossa galáxia chamada Via-Láctea. A Via-Láctea, por sua vez, é apenas uma das 150 bilhões de galáxias que constituem o UNIVERSO que o *bicho homem* conseguiu até agora vislumbrar, apesar da imensa parafernália tecnológica já conquistada, inclusive telescópios orbitais.

Tal preâmbulo é para dizer que, realmente a busca da tecnologia que facultasse ao homem enviar sondas ao espaço, começou no final da II Grande Guerra, lá pelos fins de 1942, quando os nazistas começaram a pregar sustos nos ingleses com suas **bombas voadoras V-1**. Tais bombas eram, em verdade, foguetes a combustível líquido com cabeças explosivas de 900 quilos, disparadas com destino a Londres, e que provocavam verdadeira histeria na população inglesa. Um aperfeiçoamento da bomba V-1 foi o engenho desenvolvido pelo engenheiro alemão Wernher Von Braun que passou a chamar-se bomba V-2, que colocava uma carga explosiva de 1000 quilos a uma distância de 320 km, e que teve seu primeiro disparo em setembro de 1944, quando a guerra já estava nos finais. Com o fim da guerra, os cientistas, engenheiros e técnicos alemães que participavam do desenvolvimento

das tais bombas em Peenemunde, foram disputados pelos aliados, particularmente americanos e russos, sendo que algumas bombas V-2 e o engenheiro Von Braun foram deslocados para os EE.UU. e usados na pesquisa da alta atmosfera e no desenvolvimento dos foguetes Redstone, início do grande programa espacial norte-americano.

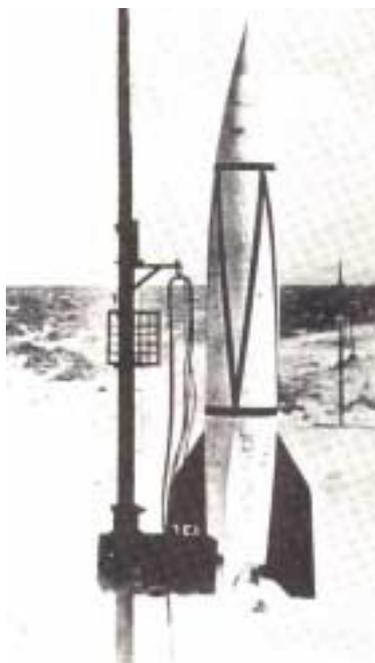


Figura 1.1 - Lançamento de um foguete V-2, (capturado dos alemães), do Campo de White Sands, New México, EE.UU., em janeiro de 1946, dando início ao Atmospheric Research Panel, com pesquisas na atmosfera superior.

No ano de 1957, a imprensa internacional divulgava com bastante antecedência que durante o Ano Geofísico Internacional (IGY-1958), os russos e os norte-americanos iriam orbitar com satélites artificiais. Contudo, o mundo inteiro foi surpreendido com o lançamento do primeiro satélite artificial, o SPUTNIK I, no dia 4 de outubro de 1957, data em que, podemos dizer, começou a era espacial. Em 31 de janeiro de 1958, os EE.UU. lançavam seu primeiro satélite EXPLORER I, o qual permitiu a descoberta dos hoje famosos "cinturões de radiação de Van Allen".

A busca de foguetes para sondagens suborbitais explodiu nos EE.UU. e nas demais nações tecnologicamente capazes. Surgiram foguetes de vários desempenhos, mono ou multi-estágios, todos buscando fazer medidas na atmosfera superior, dando respostas à curiosidade dos cientistas, os quais buscavam informações não só nas diversas altitudes, mas também em várias latitudes, fazendo um mapa composicional dos constituintes atmosféricos. E foi por isso que complexos para lançamentos de foguetes surgiram em várias partes do mundo, inclusive em Natal-RN, com o famoso Centro de Lançamento de

Foguetes da Barreira do Inferno (CLBI). Isso nos idos de 1965, quando foi feito o primeiro lançamento de foguete em território brasileiro, no dia 15 de dezembro.

Em 1964, a NASA (National Aeronautics and Space Administration), agência espacial norte-americana, já dispunha de 15 diferentes foguetes de sondagens, usados em vários campos de lançamento. Com variedade de tamanhos, desde o mono-estágio ARCAS (3 metros) para sondagens meteorológicas, até o posterior Javelin com 4 estágios e 15 metros de comprimento, que conduzia cargas-úteis até 1300 km. Tais foguetes operavam com trajetória parabólica de grande apogeu, em vôos "up-down" de curta duração, menor que 30 minutos

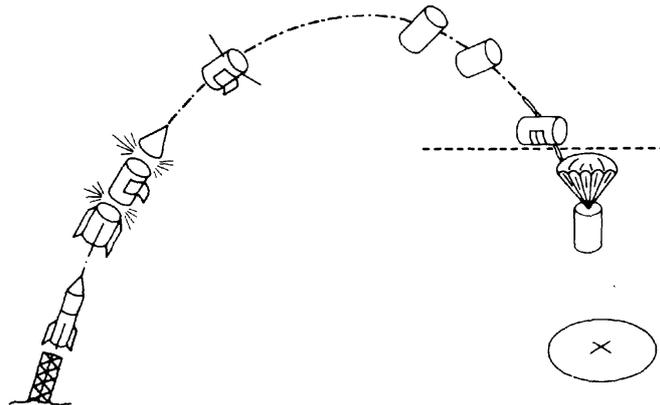


Figura 1.2 - Vôo característico de um foguete de sondagem.

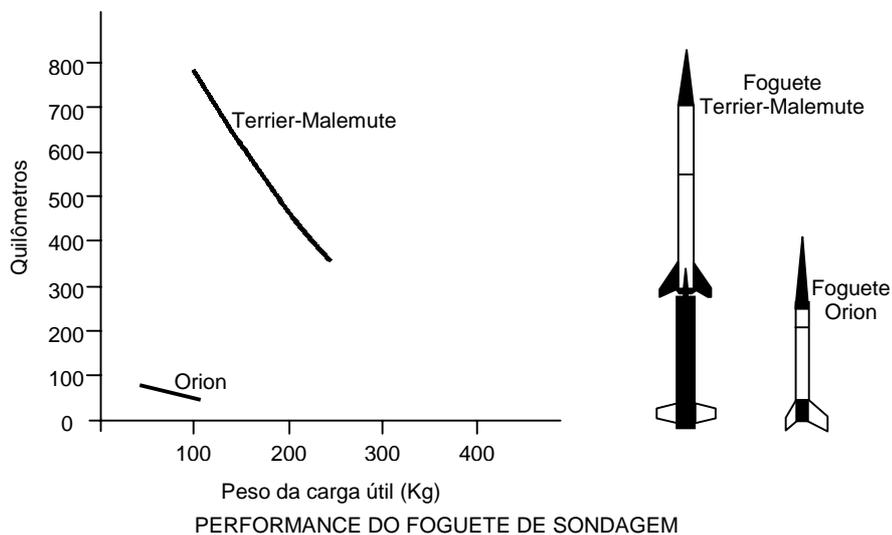


Figura 1.3 - Curvas de desempenho de dois foguetes de sondagens: o Orion e o Terrier-Malemute.

Certamente, a década de sessenta foi a mais prolífera no uso de vôos suborbitais para medidas dentro da atmosfera. Mas, já no meado dos anos 70, o lançamento de tal tipo de foguete foi escasseando, principalmente, devido a fartura de informações que os novos sensores com medidas diferenciais feitas de bordo de satélites propiciava aos cientistas. Só para alguns fenômenos singulares é que, até hoje, continua sendo usado tais foguetes, como é o caso de medidas dentro de algumas camadas da ionosfera. Para dar um exemplo, os chamados foguetes meteorológicos deixaram de ser lançados desde muito tempo. No Brasil o último lançado foi em 1978. Atualmente, pode-se afirmar, os campos de lançamentos montados na década de sessenta visando atender o lançamento de foguetes de sondagens, hoje são subutilizados ou se vocacionaram para propósitos afins, até mesmo dentro das atividades espaciais. É o caso do CLBI, que impossibilitado de crescer visando comportar lançamentos de satélites, devido a grande proximidade de áreas densamente habitadas, hoje tem destinação maior para rastreios de satélites lançados do Campo de Kourou (Guiana Francesa) e lançamentos de foguetes de sondagens e de emprego militar desenvolvidos e/ou fabricados no IAE (Instituto de Aeronáutica e Espaço). Mas, mesmo nos EE.UU. alguns campos de lançamento de grande atividade no passado recente, ainda mantêm um adequado programa de lançamentos, que é o caso de Wallops Flight Facility (WFF), Virgínia e White Sands Missile Range, New México.

Contudo, as regras de segurança contidas neste manual, efetivas para foguetes e explosivos sólidos ou líquidos, continuam sendo de vital importância para todas as atividades dentro de um centro de lançamento, civil ou militar. É que hoje, até mais que nos anos sessenta, a quantidade de foguetes e mísseis de emprego militar, a grande maioria feita de combustível sólido, está se espalhando pelo mundo todo, gerando situações de risco, até mesmo em áreas urbanas.

Quando foram iniciadas as operações no CLBI, foguetes com experimentos de cientistas de vários países, receberam tratamento de segurança adequado, desde o recebimento nos aeroportos, passando pelo armazenamento seguro no paiol, até o tratamento operacional dentro das **regras de segurança** tal como adotadas nos campos de lançamentos do mundo todo. E graças à observância de tais **regras** é que pode ser dito, que apesar do volume grandioso de lançamentos, jamais houve qualquer acidente. Basta citar que, entre os anos de 1965 e 1970 foram lançados um total de 227 foguetes de grande porte. Daí a importância que precisa ser dada aos **procedimentos de segurança no manuseio de explosivos**, em qualquer situação.

No planejamento de instalação de um certo campo de lançamento de foguetes, o item de maior relevância a ser considerado é o que se refere a SEGURANÇA NO MANUSEIO DE EXPLOSIVOS. A segurança, de um modo geral, tem de obedecer a um plano bem definido, tanto no que diz respeito ao **plano de segurança de terra**, como no que se refere à **segurança de vôo**. Por isso é que, para

montagem de um sistema de segurança que vise operações com foguetes de sondagens, o recomendado é a organização de um grupo de técnicos, encabeçados por um *oficial (chefe) de segurança*, para estabelecer os cuidados a serem adotados em cada fase da operação de foguete.

A **segurança do campo de lançamento** inclui desde a preparação do(s) foguete(s), assim como todas as operações de lançamento, controle e captação das informações durante o voo e determinação do(s) ponto(s) de impacto do(s) veículo(s).

1.2 – PLANO DE SEGURANÇA DE TERRA

É concernente ao transporte de propelentes, foguetes e outros materiais explosivos, a estocagem e manuseio de tais materiais, bem como, a montagem e lançamento de tais artefatos em instalações convenientemente preparadas. Cada país geralmente possui regulamentação oficial para a estocagem e manuseio de explosivos, e que são, mais ou menos, as mesmas no mundo inteiro. Mesmo assim, em cada campo de lançamento de foguetes deve ser estabelecida regras rígidas, concernente a todas as precauções necessárias a evitar acidente, quase sempre de conseqüências danosas, tanto em materiais como com pessoas. As regras básicas de **segurança de terra** adotadas no Brasil, são efeito do treinamento que brasileiros receberam nos campos de lançamento da NASA. Vale salientar que nos EE.UU. o estabelecimento de tais regras custou a vida de muitos engenheiros e técnicos, daí o rigor na implantação e observação rígida das mesmas, sendo quase um código de conduta, e que são as seguintes:

- O campo de lançamento deve possuir um **oficial de segurança**, conhecedor profundo dos perigos apresentados em cada espaço físico do campo de lançamento, e com competência para operar ou dirigir todas as facilidades concernentes ao manuseio, armação e lançamento de foguetes. Esse técnico será *sempre* o responsável por qualquer atividade próxima de propelentes, foguetes ou explosivos, dentro do centro de lançamento.
- Cada campo de lançamento deverá ter seu espaço físico dividido em áreas de segurança, conforme a maior ou menor aproximação dos depósitos e áreas de manuseio de foguetes e explosivos:
- A ÁREA 1 é a que apresenta maior perigo e só deve ser acessada pelo pessoal diretamente ligado ao manuseio de foguetes e explosivos, e que são portadores de tarjeta LARANJA.
- A ÁREA 2 é a que estando mais distante dos pontos de perigo, poderá ser freqüentada pelo pessoal ligado à carga-útil e controle de operações. É freqüentada pelo pessoal portador de tarjeta VERDE.

Obs.: O pessoal de carga-útil poderá ter acesso à ÁREA 1, desde que supervisionado por algum portador de tarjeta LARANJA, ou diretamente pelo oficial de segurança.

- A ÁREA 3 é a área essencialmente de administração e apoio operacional e é freqüentada pelo pessoal de tarjeta AMARELA. O acesso de portadores de tarjeta AMARELA, poderá ser feita às ÁREAS 1 e 2 desde que sob supervisão de portadores de tarjetas LARANJA e VERDE, respectivamente.

Obs.: Alguns campos de lançamento de foguetes, em virtude de suas peculiaridades, adota dividir a área global do campo em apenas duas partes para manter o controle de circulação de pessoal: ÁREAS 1 e ÁREA 2

SIGNIFICADO DAS CORES DAS TARJETAS

Os campos de lançamento de foguetes, normalmente, adotam um sistema de identificação do seu pessoal e operadores de outras organizações, visando estabelecer as situações de acesso a áreas operacionais com ênfase no conhecimento dos riscos pertinentes a cada área. Nos EE.UU. é usado o sistema de três cores com os significados abaixo. No Brasil foi copiado o mesmo sistema pelo fato do treinamento inicial da equipe que tripulou o CLBI ter sido em NASA-WALLOPS FLIGHT CENTER.

LARANJA – o portador deverá conhecer perfeitamente os requisitos de segurança para manuseio com material de risco, estar familiarizado com operações de lançamento de foguetes e conhecer as normas e procedimentos particulares do Campo de Lançamento. Tarjeta LARANJA permite acesso ilimitado às áreas operacionais 1 e 2, com exceção das restrições estabelecidas no Plano de Segurança de Terra o qual fica sob controle do oficial de segurança de plataforma. O portador é responsável pela própria segurança e pela segurança dos portadores de tarjeta verde e amarela que estejam em sua proximidade.

VERDE - O portador deverá estar familiarizado com as regras de segurança de uma operação de lançamento de foguete. Permite acesso ilimitado às áreas operacionais 1 e 2, com exceção das restrições impostas pelo Plano de Segurança de Terra. O portador não é responsável pela própria segurança e deve seguir as instruções emitidas por um portador de tarjeta laranja.

AMARELA – Permite acesso apenas às áreas administrativas do Campo e o portador somente pode penetrar nas áreas 1 e 2 sob a supervisão direta de um portador de tarjeta verde ou laranja.

- Para **cada atividade** junto a foguete ou explosivos, de qualquer natureza, deverão ser montadas **FICHA DE ATIVIDADE**, discriminando todos os instrumentos e ferramentas necessárias, os

manuais e instruções pertinentes, bem como **(o mais importante)** a lista das pessoas necessárias para o exercício daquela atividade. Junto a foguetes e explosivos só poderá ser conduzida **uma atividade** cada vez.

O OFICIAL DE SEGURANÇA DEVE RETIRAR DAS PROXIMIDADES DE FOGUETES OU EXPLOSIVOS, PESSOAS DESNECESSÁRIAS AO EXERCÍCIO DE CADA ATIVIDADE, MESMO QUE TENHAM TARJETA LARANJA E COMPREENDAM O NÍVEL DE RISCO PERTINENTE. A PRESENÇA DE PESSOAS DESNECESSÁRIAS É UM RISCO DISPENSÁVEL E CONTROLÁVEL POR MEIO DE REGRAS RÍGIDAS DE SEGURANÇA.

- O Oficial de Segurança jamais deverá permitir que grupos diferentes de técnicos **conduzam atividades diferentes simultaneamente em um mesmo conjunto de explosivos ou foguetes**. Dentro ou fora da "contagem regressiva", as atividades deverão ser programadas sequencialmente, de forma a garantir que sempre haverá próximo à área perigosa apenas as pessoas envolvidas em uma certa atividade. E isto significa apenas o pessoal listado na **ficha da atividade**.
- O Oficial de Segurança deverá ser uma pessoa pertencente aos quadros do Campo de Lançamento, e apenas ele poderá administrar as atividades que envolvam segurança ou risco. Usuários externos do Campo de Lançamento deverão seguir apenas a orientação do Oficial de Segurança, em qualquer situação.
- A presença de pessoas não envolvidas em uma certa atividade junto a explosivos e foguetes servirá, no mínimo, para distrair os operadores da atividade podendo gerar descuidos ou desatenção, as vezes desastrosos.
- O pessoal de carga-útil, normalmente tarjetados com cor verde, quando operando junto aos explosivos ou foguetes, deverão estar sempre supervisionados pelo Oficial de Segurança, que alertará o transgressor sempre que alguma regra de segurança seja ferida.
- Manter nas dependências onde são processadas atividades com explosivos ou foguetes um sistema de combate a fogo bem delineado. Todas as dependências deverão estar provida com água e extintores adequados aos materiais ali manipulados.
- Vegetação, folhas e grama seca devem ser removidas das proximidades de edificações nas quais foguetes e explosivos sejam manipulados ou guardados, para evitar que fogo espontâneo gerado em tais materiais coloque em risco os explosivos ali guardados.

1.3 – PLANO DE SEGURANÇA DE VÔO

O plano de segurança de vôo é concernente ao lançamento, vôo e ponto de impacto do(s) veículo(s). Há dois diferentes aspectos de segurança a considerar. Um é referente ao ponto de impacto do foguete que executou um vôo dentro dos parâmetros previstos. O outro é quando o vôo do foguete apresenta mal função em uma ou mais de suas partes.

No Brasil os três campos de lançamento estão plantados no litoral, voltados para o Oceano Atlântico. Destarte, o impedimento maior para um certo lançamento de foguete, em certo dia e hora, se reduz ao controle da(s) área(s) de impacto do(s) foguete(s). Navios, embarcações menores, barcos de pesca, jangadas e todo tipo de “coisa” flutuante tripulada que possa estar na área de impacto do(s) foguete(s), deve ser mantida sob controle dentro da **contagem regressiva**. Os navios são fáceis de controle por disporem de sistema de radiocomunicação. Já as embarcações menores precisam ser controladas ou, através de informação prévia por escrito às colônias de pesca ou por vôos designados sobre a(s) área(s) de impacto, mantendo o Controle da Operação com as informações de posicionamento das embarcações. Dessa forma, sempre que houver lançamento com foguetes de certo porte que possa causar danos a terceiros, qualquer que seja a posição e situação do terceiro, medidas cautelares deverão ser preocupação do Centro de Controle da operação, bem como do Oficial de Segurança. Os *aviso aos navegantes* e *NOTAMs*, devem ser divulgados e repetidos com bastante antecedência, de forma a garantir que as partes envolvidas estejam ciente do(s) lançamento(s) previsto(s), como consta no APÊNDICE A (Providências preliminares de segurança).

O ideal é que cada campo de lançamento possa dispor de um radar do tipo P, ou “surveillance radar” para fazer o controle da (s) área(s) de impacto. Mas, no Brasil nenhum campo de lançamento dispõe de tal facilidade. Mesmo assim, os radares banda C, disponíveis nos três campos de lançamento, se prestam para esse tipo de controle da(s) área(s) de impacto, e normalmente fazem parte do sistema de controle dentro da **contagem regressiva**.

Risco de impacto de foguete em navios devem ser mantido dentro de uma magnitude, no mínimo, menor do que o perigo existente por desastres naturais, tais como rajadas de vento, etc., e o limite recomendado é que a probabilidade esteja dentro de 1×10^{-7} a 1×10^{-8} . De qualquer forma, atenção redobrada deve ser dada para áreas que sejam rotas regulares de navios, áreas de farta pescaria (regiões piscosas) e áreas que apresentem algum tipo de atração particular.

Também, campo de lançamento próximo de rotas aéreas regulares, deverá manter controle dentro dos horários de vôos conhecidos, e manter contato permanente com o Serviço de Tráfego

Aéreo. Qualquer lançamento só deverá ser permitido pelo Oficial de Segurança, quando tiver garantia de que não há perigo de acidente com aeronaves comerciais ou militares.

Todos os foguetes de um certo porte, deverão dispor de sistema de destruição por telecomando. Comparação entre o perfil real de voo do foguete e o semelhante teórico levantado, deverá servir de ferramenta básica para decisão sobre o acionamento do sistema de teledestruição, quando o veículo em voo passe a apresentar um padrão irregular.

Dentro da **contagem regressiva** o controle das *áreas de perigo* (1,2 e 3), deve ser feito com rigor, ficando claro que a partir do item **testar ignitores**, dentro da ÁREA 1 só deverá ficar o pessoal absolutamente necessário AO ACIONAMENTO DO VEÍCULO. Para o acionamento de um foguete com 1 tonelada de explosivo, dentro de um círculo de 500 metros de raio só deverá ficar pessoas dentro da casamata ou protegidas em estrutura concretada.

Um dos itens de grande importância dentro da contagem regressiva é a **predição de ponto de impacto do(s) foguetes(s)**. O autor deste livro já publicou um estudo sobre o assunto intitulado CÁLCULO DE DISPERSÃO DE FOGUETES BALÍSTICOS, onde apresenta os elementos de cálculo absolutos para a definição do ponto de impacto e as correções de lançador necessárias. Um ponto de relevância no cálculo de dispersão é o chamado "caliber", que é a distância momentânea entre o C.G. (centro de gravidade) e o C.P. (centro de pressão), que cada foguete apresenta a cada instante durante o seu voo. Para cada foguete, em qualquer instante do voo, essa distância jamais poderá ser menor que um certo valor. Se passar por valor menor que o "caliber" certamente o foguete precessionará, provavelmente estragando o experimento. Os fabricantes de foguetes obrigatoriamente fornecem os fatores de correção em voo.

PRECAUÇÕES BÁSICAS NO MANUSEIO DE FOGUETES

- Fumar ou ligar lâmpadas não deve ser permitido em distância menor que 35 metros de áreas de montagem ou armazenagem de foguetes ou explosivos. Os interruptores elétricos de tais instalações devem estar situados a tal distância. Mesmo assim deve ser usado interruptor com blindagem anti-faiscante.

Nas áreas mais perigosas de um centro de lançamento onde estejam foguetes ou explosivos de qualquer natureza, deverá ser providenciado um dispositivo para receptação de cigarros isqueiros, fósforos, etc., aonde os fumantes devem aliviar tais objetos quando tiverem intenção de acessar tais dependências. Jamais permitir que um fumante entre em áreas com foguetes ou explosivos de posse dos elementos de

seu vício, simplesmente, porque o fumante acende cigarros compulsivamente.

- Em qualquer situação, jamais se posicione na frente ou atrás de um motor foguete. Mantenha posição lateral, mesmo quando for instalar iniciadores.
- Mantenha o foguete sempre aterrado, pelo uso de fita flexível de cobre de 1,5 cm ou cabo de aterramento ligado a um ponto terra zero.
- Mantenha os fios terminais de iniciadores sempre curto-circuitados. Use os dedos para enrolar os terminais entre si, apertadamente. Jamais usar solda para fazer emendas nos terminais.
- Os iniciadores dispõem de um elemento eletricamente acionado que se chama "squib", responsável pela iniciação do foguete. O iniciador quando já instalado no foguete não pode ser exposto a campos elétricos fortes ou radiação eletrônica de alta frequência que possam induzir corrente nos terminais do iniciador, criando assim uma iniciação inoportuna.
- O transporte de foguete armado só deverá acontecer em transportadores devidamente equipados com elementos de descarga eletrostática e captador de faíscas.
- Em locais com baixa umidade e temperatura do ar e alta incidência de eletricidade estática, as pessoas que manuseiam foguetes devem usar seus descarregadores eletrostáticos pessoais, permanentemente.
- Explosivos e foguetes não devem ser expostos a temperaturas elevadas, faíscas, batidas, tombos, umidade alta, chuva, chuvisco e raios solares direto. Em acontecendo qualquer dos fatos acima o Oficial de Segurança deve ser notificado para as providências cabíveis.
- **Nenhuma tentativa de desmontagem ou montagem de peças quaisquer em foguetes poderá ser feita sem a assistência direta do Oficial de Segurança, ou pessoa designada por ele.**
- Foguetes, explosivos, propelentes e outros quaisquer elementos propícios à ignição, jamais deverão ser transportados manualmente.
- Todas as medidas de resistência em iniciadores, deverão ser feitas com o uso do instrumento ALINCO, ou semelhante. Medidas com ohmímetros NUNCA deverão ser feitas em iniciadores.

O ALINCO é um instrumento que faz medidas de resistência por meio de uma ponte de Wheatstone, sem apresentar voltagem diretamente aos terminais do iniciador.

- Motor e iniciador jamais deverão ser estocados juntos, por serem explosivos de categoria diferentes. Para ambos a temperatura de armazenagem deverá estar entre 0 e 37°C
- Solventes jamais deverão ser aproximados de propelente.
- Transporte de foguetes somente com o mesmo posicionado em caixão e com a tampa presa (fechada).
- Sempre que o foguete estiver fora da embalagem deverá estar aterrado.
- Qualquer trabalho com calor a ser feito nas imediações de foguete, deverá ser restritamente controlado.
- Só remover o "plug" curto-circuitador do iniciador quando for efetuar medida de resistência ou para instalação final no foguete.
- Foguetes de propelente sólido são artefatos de precisão que são embalados de forma a prevenir qualquer dano aos seus componentes durante deslocamentos ou em estocagem, daí a necessidade de ter manuseio extremamente cuidadoso. Lembrar que pancada ou queda involuntária poderá significar rachadura do grão, destarte, condenando o foguete. Daí, a necessidade de que qualquer tombo ou pancada em foguete ser comunicada ao oficial de segurança, para que exames sejam feitos antes de uso do mesmo.
- Jamais usar chaves dentadas durante a montagem de foguetes, as quais poderão deixar marcas comprometedoras nas partes do mesmo. Quando precisar usar chaves para apertar ou desapertar partes do foguete usar apenas chaves com correias tecidas ou lisas (de nylon, couro, etc.)
- Jamais force apertos na montagem de foguetes. Lembre-se que o fabricante sempre oferece uma lista das forças de torque a serem aplicadas a cada parafuso, assentamento ou ajustamento de partes. Usar sempre chaves com torquímetro para tais atividades.
- Limpeza de partes de foguete só poderá ser feita com o uso de tricloroetileno (Trichloroethylene). Lubrificar as partes rosqueadas com misturas fabricadas de molibdênio ou lubrificante comercial neutro.
- Nunca, jamais, em tempo algum aproxime de foguete a propelente sólido, ferramentas elétricas ligada em tomada elétrica comercial.

Ferramentas elétricas com bateria só se for do tipo blindada de alta segurança, adequadas para operação com explosivos.

- A instalação elétrica de qualquer lançador, torre de montagem, torres auxiliares ou qualquer dispositivo onde foguetes se apóie ou que sirva de apoio operacional, nas áreas de preparação ou lançamento, deverá ser feita com fio blindado e, mesmo assim, dentro de conduíte isolante. Motores elétricos para ajuste dos lançadores deverão ser do tipo com carcaça blindada. Dispositivos para intercomunicação nas plataformas de lançamento, deverão ficar em nichos de alvenaria a no mínimo 15 metros do lançador.

FICHA DE ATIVIDADE

Cada ação a ser executada em um foguete, deverá dispor de uma FICHA DE ATIVIDADE, onde deve constar:

- O tipo de atividade proposta. Ex. o alinhamento das empenas de um foguete NIKE, primeiro estágio do foguete NIRO (Nike-Iroquois)
- As informações absolutamente necessárias para garantir que o propósito da ação seja minimamente alcançado. Ex.: valor do ajuste a ser calibrado.
- Os pré-requisito, incluindo:
- A lista de ferramentas e instrumentos realmente necessários à execução da tarefa.
- As medidas de segurança a serem adotadas para a mais absoluta garantia de que não ocorrerá qualquer surpresa.
- Os procedimentos a serem conduzidos para o cumprimento da atividade.
- A tripulação absolutamente necessária para a execução da atividade. A lista de pessoas que devem participar de qualquer atividade junto a explosivos, deverá ser rigorosamente reduzida a um mínimo, possível.

Os manuais de montagem publicados pelos fabricantes de foguetes nos EE.UU. sempre dividem a montagem das partes de um foguete, bem como do conjunto, em atividades, criando um conjunto de informações para cada tarefa, de forma que de posse do manual é fácil montar qualquer foguete, mesmo desconhecido pela equipe que se propõe à tarefa.

Capítulo 2

MOTOR-FOGUETE

A propulsão constitui o mais importante recurso que o homem dispõe para a conquista do espaço. Paralelamente ao seu desejo de correr pela vastidão do infinito, surge o empenho em busca dos meios tecnológicos necessários à concretização dos alentados sonhos. E aparece a barreira limitante: os sistemas de propulsão. Enquanto outras áreas de dificuldades tecnológicas vão sendo superadas em missões perto da terra, tais como: apoio e proteção à vida, navegação e orientação, comunicação, os meios de propulsão são conquistas vagarosas. As exigências de apoio à vida a 200 milhões – ou bilhões – de quilômetros, serão, aproximadamente, as mesmas que a 200 quilômetros. Mas, para as duas situações, as diferenças de recursos de propulsão são tremendas. Entretanto, é fácil compreender que o quadro de solicitações crescentes tem conduzido a uma também gradual compreensão e desenvolvimento dos sistemas de propulsão.

Quando comparada com aeronaves que voam na atmosfera e que usam propulsão convencional, que carregam somente combustível e retiram o oxidador da atmosfera, o sistema espacial tem uma tremenda desvantagem quanto ao potencial de carga-útil resultante, pois precisa conduzir o combustível e mais o oxidador.

A importância da forma de propulsão no planejamento dos sistemas espaciais torna-se evidente quando compreende-se que, com os atuais recursos, o seu peso poderá ultrapassar os 97% do peso total do veículo na hora do lançamento. Grande parte do peso, quando o veículo está na plataforma pronto para o disparo, é o do propelente. Por exemplo, o Saturno V e sua preciosa carga com destino à Lua continha só em combustível e oxidante 94% do peso total, sendo os 6% restantes o peso da estrutura, motores, equipamentos e carga-útil. A carga-útil e a cápsula propriamente dita representavam aproximadamente 1% do total.

Diferentes abordagens podem ser consideradas em uma classificação dos sistemas de propulsão adotados em foguetes. A Figura 2.1 mostra uma tentativa de classificação, onde é fácil concluir que apenas os sistemas de propulsão química são os usados no atual estado

da arte, embora seja na propulsão química onde se consegue menor potencial. Os sistemas nuclear e elétrico, assim como o químico híbrido, são considerados avançados e necessitarão de considerável pesquisa e desenvolvimento para chegar-se a um modelo operacional. Os nucleares são considerados os mais altos em performance teórica, e alguns dos sistemas elétricos prometem ser os melhores de todos.

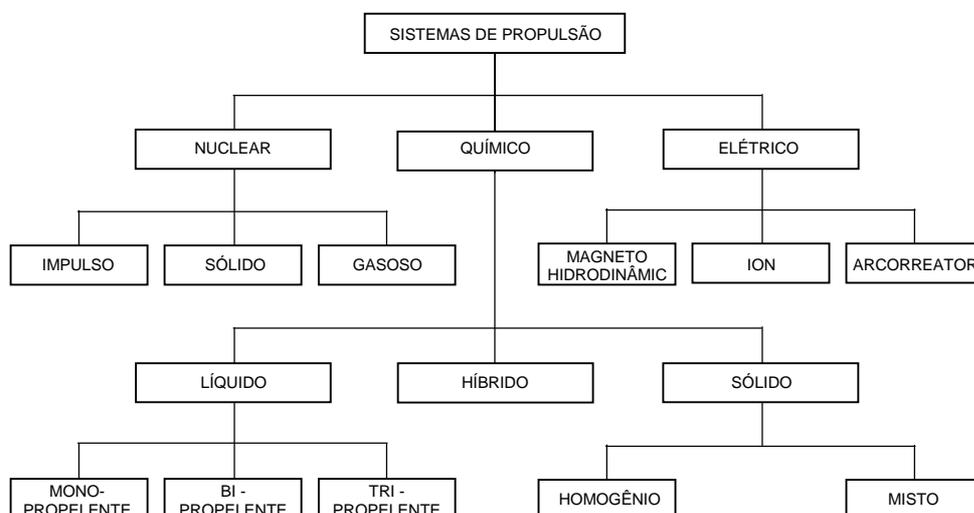


Figura 2.1 – Classificação dos sistemas de propulsão.

Os sistemas químicos podem, também, ser classificados pelas propriedades físicas do propelente usado no sistema, e por sua composição química.

Todos os sistemas químicos devem possuir tanto um combustível como um oxidador que, sob condições adequadas, reagem quimicamente, produzindo a energia desejada. A junção dos dois compostos é que se chama PROPELENTE.

2.1 - PROPELENTE SÓLIDOS

O propelente sólido contém o combustível e o oxidador em uma única massa. Se é do tipo homogêneo, contém o combustível e o oxidador em um único composto químico. Sendo heterogêneo, também chamado misto, é a mistura do combustível com o oxidador. Daí dizer-se que, como nos monopropelentes líquidos, a combinação do oxidador e combustível pode ser realizada ou por mistura, ou por composição química.

Nos propelentes sólidos heterogêneos o oxidador é distribuído uniformemente pela mistura e, normalmente, representa 70 a 80% da massa sólida. O combustível, também chamado aglutinante, mantém os grãos do propelente juntos.

Por vezes, a fim de simplificar o manuseio ou melhorar a performance, dois compostos separados, cada qual com seu oxidador e combustível próprios, são acondicionados juntos, formando os chamados propelentes de **bases duplas**.

Os propelentes sólidos produzem empuxo tão bem quanto os líquidos, e o empuxo é proporcional à massa, velocidade e pressão na saída do bocal, como deduzível na Figura 2.2. Nos motores a líquido, o volume de propelentes consumido na unidade de tempo pode ser mantido constante por meio de bombeamento ou pressurização dos compostos injetados na câmara de combustão, segundo orifícios calibrados. Já nos de propelentes sólidos, o controle da área de ignição, e conseqüente consumo da massa de propelente, é controlado pelas configurações especiais dos grãos. Certas porções das superfícies dos grãos propelentes podem ser recobertas por inibidor para limitar a ignição à área desejada.

A concepção de um motor a propelente sólido é feita em função da performance pretendida, e vários parâmetros básicos de sua aplicação são levantados. Em função desses parâmetros, aparecem os números e elementos reais de construção, tais como: diâmetro, comprimento, empuxo, configuração do grão definidor do tempo de queima, etc.

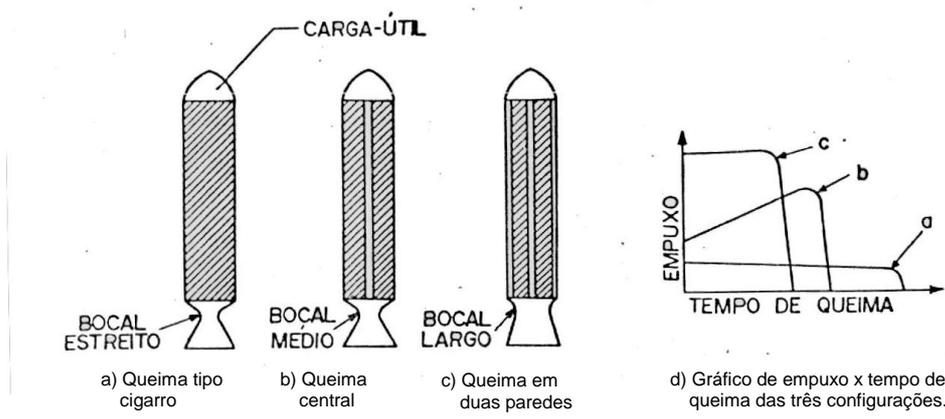


Figura 2.2 – Algumas configurações de grão e seus efeitos na combustão, e conseqüente empuxo.

O peso de um propelente sólido consumido em uma certa fração de tempo é definido pela área aberta à combustão. A razão de ignição é a velocidade pela qual a chama passa pelo propelente em uma direção normal à superfície em queima. O desenho do bocal aparece em função dessa razão de queima. A Figura 2.3 apresenta três tipos de configurações de motores.

Com a permanente melhora dos propelentes sólidos do tipo "composite" e a crescente generalidade de suas aplicações, pode-se assegurar a incorporação dos propelentes sólidos a quase todos os

engenhos espaciais em desenvolvimento, até nos de grande porte como o "space shuttle". Tais motores apresentam algumas significativas vantagens, tais como: mais fácil concepção e construção, maneabilidade e prontidão para emprego.

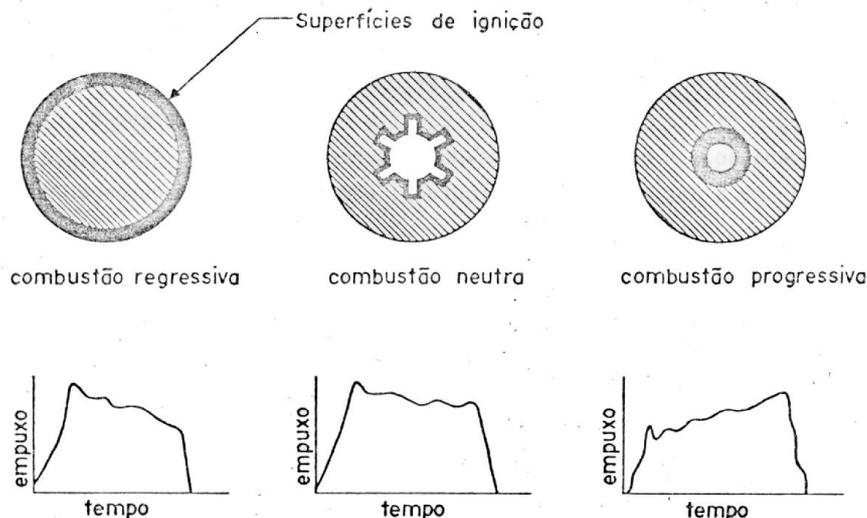


Figura 2.3 – Secções de diferentes configurações de motores e suas relações empuxo x tempo.

As partes básicas de um motor a propelente sólido são vistas nas Figuras 2.4 e 2.5. Como se vê, ele é todo uma câmara de combustão, pois a queima se processa na própria superfície do propelente. A ignição começa quando o iniciador sopra gases quentes através da área de combustão, os quais são expelidos pelo bocal.

Em motor-foguete a propelente sólido, o propelente fica todo contido na câmara de combustão sob a forma de um ou mais grãos com geometria caracterizadora do tempo de queima. Esses grãos são fixados e suportados pela própria estrutura da câmara, ou indiretamente, por meio de grades ou suportes.

A principal característica de um motor-foguete a propelente sólido é a sua simplicidade. O tempo de queima é, geralmente, limitado a alguns segundos ou mesmo frações de segundos, embora já existam motores com queima de 20 minutos, porém de baixa performance. Uma vez iniciada a combustão, não há como interrompê-la e ela continua até o fim total do propelente. A tração a ser desenvolvida é fixada pelo projeto do veículo e não pode ser posteriormente regulada. O manuseio e armazenagem de propelentes sólidos é muito simples e sem grandes riscos de detonação. A confiabilidade dos motores sólidos é fundamentalmente superior à dos propelentes líquidos, com índice de segurança de até 99%.

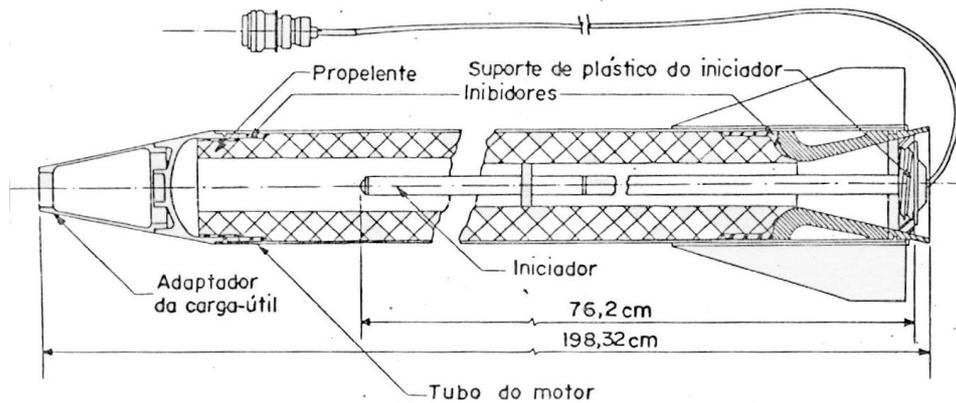


Figura 2.4 – Seção longitudinal de um foguete a propelente sólido. No caso, o apresentado é o SUPER LOKI, onde se nota o detalhe do iniciador ajustado à parte inferior por suporte de plástico.

A pressão interna na câmara de combustão pode variar de 10 até 300 kg/cm, sendo mais comum estar entre os valores de 30 a 100 kg/cm. Não usam sistema de refrigeração, mas materiais refratários (grafite, molibdênio) na garganta do local de saída e materiais isolantes térmicos (cerâmica ou plásticos especiais) para isolar as partes metálicas e diminuir as tensões térmicas.

2.2 - PROPELENTES LÍQUIDOS

Os sistemas de propulsão líquida só empregam fluidos como propelentes, os quais podem ser: monopelentes, bipelentes e tripelentes.

Nos fluidos monopelentes, o combustível e o oxidador constituem uma só substância, isto é, ambos estão misturados e são carregados em um único tanque do veículo. Não há necessidade de separá-los, como acontece com outros propelentes quimicamente mais ativos. A substância única pode ser ou uma mistura do combustível e do oxidador, como acontece no caso do peróxido de hidrogênio e álcool, ou um composto químico no qual ambos constituem uma só molécula, como por exemplo, a nitrocelulose. A combinação monopelente é estável sob temperatura e pressão normais, mas, quando aquecida ou misturada a um catalizador, o combustível e o oxidador reagem e produzem energia. Combinando-se o combustível e o oxidador em um ingrediente único resulta um sistema simplificado em comparação com os bipelentes, os quais devem ficar separados até o momento do seu encontro na câmara de combustão. Entretanto, por sua simplicidade, os sistemas monopelentes apresentam baixa performance.

Quase todos os grandes engenhos espaciais de hoje são bipropelentes. A quantidade de energia que produzem justifica a complexidade dos problemas de manejo, armazenagem e perigos inerentes aos bipropelentes. Normalmente, usam duas substâncias químicas que, por várias razões, devem ser mantidas separadas até o momento da combustão (Fig. 2.6). Por exemplo, os AEROBEEs lançados do Campo de Lançamento da Barreira do Inferno usavam como propelentes o ácido nítrico fumígeno e o álcool furfúrico, os quais se inflamavam espontaneamente ao mútuo contato. Os propelentes assim inflamáveis são chamados **hipergólicos**. Embora o problema técnico de estabelecer um sistema de ignição para os não-hipergólicos não seja grande, a ignição espontânea simplifica o sistema.

Vários outros fatores, além do impulso específico desejado, podem conduzir à escolha do oxidante e combustível adequado a cada tipo de foguete, sendo que, além dos dois compostos básicos, os sistemas bipropelentes usam, também, aditivos químicos visando melhorar as propriedades de armazenagem e manuseio. Também, certos catalisadores podem ser adicionados para facilitar a reação química e aumentar a energia. O manuseio, por exemplo, é um dos fatores bem significativos, na escolha dos compostos para certo tipo de foguete, pois normalmente, os combustíveis e oxidantes, muito mais o segundo, são extremamente corrosivos e tóxicos. Alguns até excepcionais oxidantes, como o LOX (oxigênio líquido), são de trato extremamente caro e difícil, exigindo instalações adequadas à conservação, pois se liquefaz em somente à temperatura inferior a 182°C abaixo de zero. Outros são ainda mais exigentes, como a fluorina que ferve a menos 218°C e o hidrogênio a 253°C abaixo de zero. Os propelentes que têm ponto de ebulição muito baixo são chamados **criogênicos**.

Os motores a propelentes líquido apresentam vantagens sobre os sólidos, tais como: capacidade de interrupção da combustão e poder de reiniciá-la quando necessário, valores de impulso específico bem mais altos. Todavia, tais motores exigem um complicado sistema de encanamentos, bombas, pressurizadores, injeção e mistura de propelentes, etc., tudo isso com chances de malfunção. Também os motores a líquido têm melhor capacidade de maneabilidade e maiores diâmetros permissíveis para as cargas-úteis.

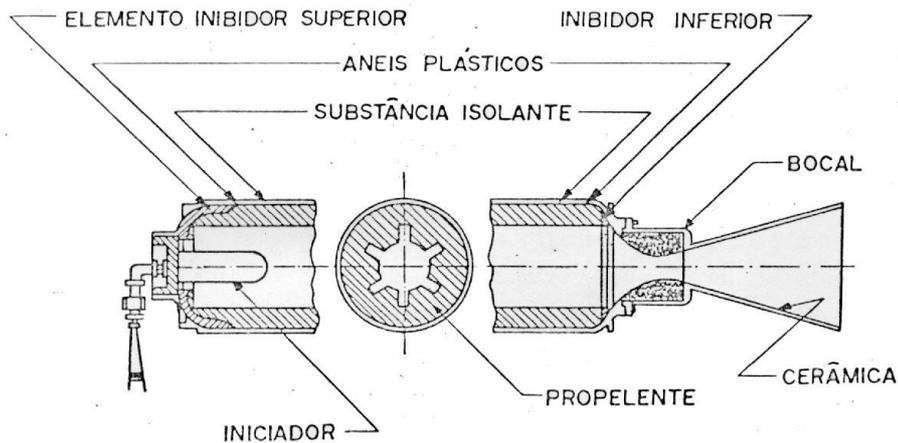


Figura 2.5 – Secção longitudinal do 1º estágio do foguete Black Brant, de fabricação canadense, a propelente sólido. No centro corte transversal mostrando a configuração do grão (estrelado).

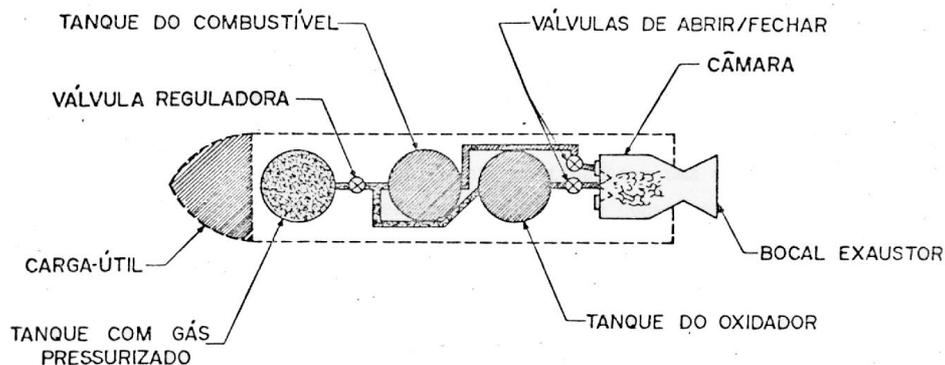


Figura 2.6 – Motor a propelente líquido do tipo pressurizado

2.3 - FOGUETES HÍBRIDOS

Os foguetes híbridos usam ambos os tipos de propelentes em um mesmo foguete: sólidos e líquidos. Usualmente, o combustível é a parte sólida e o oxidante é a líquida. Um típico foguete híbrido é mostrado na Figura 2.7. A grande vantagem do foguete híbrido é a alta performance conseguida usando certas reações líquido-sólido, semelhantes às obtidas com reações apenas sólida ou líquida. Uma outra vantagem é que a alta temperatura de queima fica confinada a uma pequena área. Também, o combustível sólido é mais resistente a deformações e rachaduras do que o grão combinado de combustível e oxidante.

Na figura, o oxidante líquido é injetado na câmara onde encontra-se o combustível sólido por meio de um gás pressurizado. O

uso de propelentes hipergólicos, elimina a necessidade de um ignitor. Ao contato do oxidante com o combustível ocorre a combustão e o combustível sólido é consumido de maneira similar a de um propelente sólido regular. O produto da combustão é expandido pela tubeira gerando o empuxo desejado. A interrupção do fluxo de oxidante pára a combustão e o, conseqüente, empuxo. Em havendo novo fluxo de oxidante, novamente a combustão recomeça gerando o empuxo. Daí uma das grandes vantagens do foguete híbrido.

A câmara de combustão é similar às usadas em foguetes à propelente sólido, e o oxidante líquido pode ser transferido ou por meio de pressurização (como é o caso da Figura 2.7) ou por um sistema de bombas, e a tubeira pode usar o oxidante líquido para resfriá-la. Desta forma, o foguete híbrido consiste de uma adaptação de ambos os elementos sólido e líquido dos foguetes a propelente sólido, com vantagens consistentes na forma de emprego. Recentes desenvolvimentos na área de propulsão híbrida têm indicado que dos propulsores químicos usados até hoje, o melhor desempenho tem sido obtido com o emprego de sistemas híbridos.

Recentemente, nos EE.UU., foi testado um foguete a propulsão híbrida chamado Hyperion que utiliza uma combinação de combustível sólido (polibutadieno hidroxilado) e oxidante líquido (óxido nitroso liquefeito), a qual experiência poderá trazer grandes mudanças na capacidade de lançamento civil e militar. No dia 25 de abril foi feito o lançamento de um Hyperion a partir da NASA- Wallops Flight Facility (Virginia), foguete com 15,2 cm de diâmetro e 5,7 metros de comprimento tendo atingido um apogeu de 33 km. As agências do governo e as empresas do setor espacial estão sendo atraídas para a possibilidade do uso mais generalizado de foguetes híbridos, por serem capazes de reduzir os custos e a complexidade das operações de lançamento.

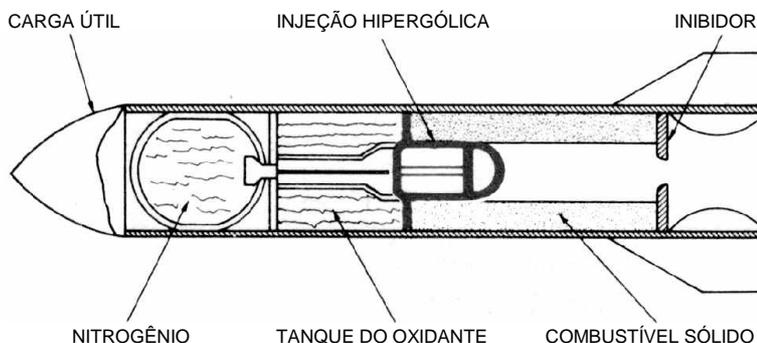


Figura 2.7 - Um típico foguete híbrido, com pressurização.

Capítulo 3

EXPLOSIVOS

3.1 – EXPLOSIVOS COMO MEIO DE PROPULSÃO

O uso de explosivos como meio de propulsão advém do fato de permitir a montagem de projetos com muito baixa relação peso/potência, aliada a uma grande simplicidade de construção, além da possibilidade de funcionamento sem o oxigênio da atmosfera. As reações explosivas são rápidas, mais baratas que outras semelhantes e constituem, em certos casos, a única solução possível, como por exemplo, o motor-foguete.

Por isso, a palavra segurança tem que ser observada a cada instante, nas áreas onde explosivos são manuseados. Isto porque explosivos são materiais inerentemente destinados a uma queima apenas, ou seja, uma vez iniciada a reação, dificilmente consegue-se interrompê-la, mesmo que se considere desprezíveis os efeitos finais. Se houvesse uma forma de atacar uma certa iniciada explosão, ainda assim seria impossível interrompê-la devido o tempo útil de aplicação.

Com o uso de explosivos, é possível obter energia equivalente a 30.000 kgm para cada quilo. Isto equivale à elevação de um peso de uma tonelada a 30m de altura, com apenas um quilo de explosivo. Um motor-foguete do tipo NIKE, engenho militar norteamericano, muito usado com finalidade pacífica de medidas na atmosfera superior, por exemplo, tem 347 quilos de propelentes, o que nos dá uma idéia das conseqüências no caso de uma iniciação inadvertida. *Os acidentes com explosivos são quase sempre fatais, sendo o critério e cuidado no seu trato o único meio de evitá-los.*

3.2 – PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS EXPLOSIVOS

Dentre as várias características dos explosivos, as mais importantes do ponto de vista de segurança são as que se seguem:

3.2.1 – SENSIBILIDADE À INICIAÇÃO POR IMPACTO

Uma amostra do explosivo é colocada numa cavidade metálica e submetida a impactos de um peso esférico de metal de 2 kg deixado cair de diferentes alturas. Essa altura é gradativamente aumentada até a ocorrência da detonação. O nível máximo obtido é conhecido como *sensibilidade ao impacto*. Exemplo:

<u>EXPLOSIVOS</u>	<u>SENSIBILIDADE</u>
FULMINATO DE MERCÚRIO	5 cm
ESTIFINATO DE CHUMBO	7,5 cm
AZIDA DE CHUMBO	12,5 cm
TETRIL	20 cm
TNT	30 cm

Embora os grãos propelentes sejam, em geral, menos sensíveis ao impacto, é importante notar que:

- Materiais muito sensíveis geralmente fazem parte dos dispositivos de iniciação, e o motor-foguete deve ser considerado como tendo a sensibilidade de seu constituinte mais sensível;
- Um impacto pode ocasionar outros danos de origem mecânica, como por exemplo: quebras, rachaduras, descolamento e deslocamentos do grão propelente. É importante notar que, sob o ponto de vista de característica explosiva, um dos danos mecânicos acima citados pode acarretar um comportamento de queima completamente anormal, com conseqüências imprevisíveis.

3.2.2 – SENSIBILIDADE À INICIAÇÃO POR FRICÇÃO

Uma amostra do explosivo é colocada em quantidade e configuração especificada sobre uma chapa de aço. Um pêndulo com sapatas padronizadas de aço ou fibra e tangenciando a chapa de aço é largado. A resposta do material explosivo a essa solicitação dá seu grau de *sensibilidade à fricção*. Exemplos:

<u>EXPLOSIVO</u>	<u>SAPATA DE AÇO</u>	<u>SAPATA DE FIBRA</u>
FULMINATO DE MERCÚRIO	EXPLODE	EXPLODE
ESTIFINATO DE CHUMBO	EXPLODE	EXPLODE
AZIDA DE CHUMBO	EXPLODE	EXPLODE
TETRIL	EXPLODE	NÃO AFETA
TNT	NÃO AFETA	NÃO AFETA

3.2.3 – SENSIBILIDADE À TEMPERATURA

Quando um explosivo tem sua temperatura aumentada, poderá fundir-se, decompor-se, queimar ou detonar. *Sensibilidade à*

temperatura é a intensidade do efeito de mudança de temperatura sobre as características da reação.

É importante notar que os explosivos utilizados em cargas primárias geralmente detona quando aquecidos. Exemplos:

<u>EXPLOSIVOS</u>	<u>EFEITO DA TEMPERATURA</u>
FULMINATO DE MERCÚRIO	210°C explode
ESTIFINATO DE CHUMBO	272°C explode
AZIDA DE CHUMBO	328°C explode
TETRIL	127°C funde, 230°C queima
TNT	80°C funde, 462°C decompõe-se

Importante: Além da mudança das características de reação, a variação de temperatura pode influir nos propelentes, conforme seu coeficiente de expansão térmica, podendo ocasionar deslocamentos, tensões térmicas e quebra do grão propelente.

3.2.4 – SENSIBILIDADE À UMIDADE

Há explosivos sensíveis à umidade que podem chegar à decomposição, e a simples secagem posterior não traz de volta suas características explosivas iniciais.

No caso de grãos propelentes já instalados nas carcaças de motores, é conveniente observar que a umidade excessiva pode atacar também as partes metálicas componentes do sistema, advindo a corrosão e possível inutilização do material.

Quando se trata de dispositivos eletro-explosivos (EEDs), a umidade pode interferir em sua parte elétrica. **Em certos casos, a presença de umidade aumenta a sensibilidade do explosivo à iniciação.**

3.2.5 – SENSIBILIDADE A OUTROS MATERIAIS (COMPATIBILIDADE)

Materiais de embalagem, ferramentas, etc., que possam ter contato direto com os explosivos devem ser cuidadosamente selecionados, pois podem apresentar incompatibilidade, dando lugar a reações formadoras de outros produtos indesejáveis. Como exemplo, pode-se citar a azida de chumbo que, em contato com o cobre, se transforma em azida de cobre, muito mais sensível à iniciação que o original.

3.3 – CARACTERÍSTICAS DOS PROPELENTES SÓLIDOS

As características de sensibilidade, anteriormente citadas para explosivos (impacto, fricção, temperatura, umidade, compatibilidade), o são também dos propelentes sólidos, por serem virtualmente explosivos.

Os riscos apresentados pelos propelentes sólidos são, em geral, de menor intensidade, uma vez que na sua elaboração tem-se como um dos objetivos e segurança para manuseio, armazenagem, etc. Resta considerar as características que os distinguem dos demais explosivos e os classificam como propelentes:

- Serem bons produtores de gases.
- Serem os gases e outros produtos de combustão que se afastem com vigor das superfícies em combustão.
- Razão de queima – chama-se razão de queima à velocidade em que é consumido um propelente no processo de combustão. É medida numa direção perpendicular à superfície em combustão e geralmente expressa em cm/s. Varia com a temperatura inicial do grão e com a pressão existente na câmara, crescendo à medida que esse dois fatores crescem.
- Os propelentes queimam de forma regular, com razão de queima uniforme. Razões de queima variando entre 0,025 a 25cm/seg podem ser obtidas, porém os valores usuais caem entre 0,1 e 5cm/seg.
- Forma do grão – É uma característica que, aliada à razão de queima, controla a quantidade de gases geradas pelo propelente no processo de combustão e, em consequência, a lei de empuxo do motor.
- A geometria de um grão é criteriosamente estabelecida para satisfazer um programa de empuxo pré-estabelecido. Uma modificação nessa geometria implica numa variação da superfície exposta à queima e, conseqüentemente, no programa de empuxo.
- Um acréscimo de superfície exposta à queima acarreta acúmulo de pressões no interior da câmara de combustão.
- Esses acréscimos podem decorrer de quebras, fissuras ou descolamentos que, mesmo sendo pequenos, podem causar uma combustão anormal, às vezes de conseqüências imprevisíveis.

3.4 – DISPOSITIVOS ELETRO-EXPLOSIVOS (EED)*

EEDs são elementos pirotécnicos ou explosivos projetados para funcionar quando ativados por uma corrente elétrica. São construídos

de maneira que uma corrente elétrica inicie uma seqüência de reações explosivas. A última carga dessa seqüência produz o efeito desejado, que poderá ser a iniciação de um propelente, um jato de gás para acionar um gerador elétrico, etc.

Oferecem certas vantagens quando comparados com outras fontes de energia. Essas vantagens são inerentes à forma de energia liberada pelo EED. A temperatura e conseqüente pressão gerada produz o trabalho de expansão desejado. Os altos níveis de energia armazenados permite a construção de pequenos e leves dispositivos de atuação rápida e segura.

Os EEDs têm vastíssima aplicação nos engenhos espaciais, tais como: sistemas de iniciação de propelentes sólidos e líquidos, atuação de relés, válvulas, guilhotinas, separação de cones de ogivas, potências para superfícies de controle, potência para geradores elétricos, potência para sistemas giroscópicos de guia, sistemas autodestruidores, geradores de gás, etc.

3.4.1 – DESCRIÇÃO DE UM EED TÍPICO

A Figura 3.1 mostra um iniciador típico que pode ser considerado como EED completo ou parte de um desses dispositivos:

- ISOLANTE – Os materiais isolantes comumente usados entre terminais e carcaça são: plásticos, borracha sintética, fenol, vidro e cerâmica.
- Vidro e cerâmica são bons isolantes e selantes, com boa resistência às variações térmicas.
- Baquelite e fenol, embora bem semelhantes, têm características selantes inferiores, podendo ser pulverizadas ou consumidas pelo calor da explosão.
- RESISTÊNCIAS – São empregadas resistências de fio, carvão ou mistura condutiva. Eletrodos também podem ser utilizados. São geralmente finas, com resistência que variam entre 1 e 20 Ohms, colocadas em contato com a carga primária. Como o efeito térmico é proporcional a RI^2 , requerem pequenos potenciais para produzir a corrente necessária e, conseqüentemente, aquecimento capaz de iniciar a carga primária. Com a tecnologia atual elas podem ser construídas de fios de níquel-cromo, platina-irídio, etc.; os diâmetros variando entre milésimos a décimos de milésimos de polegadas.
- CARGAS:
 - Carga primária – Baixo explosivo, com grande sensibilidade à iniciação por impacto, fricção, temperatura, centelha etc.

- Carga reforçadora – Alto explosivo, com sensibilidade média e grande energia.
- Carga final – Escolhida conforme seja o emprego do EED. Geralmente é alto explosivo.

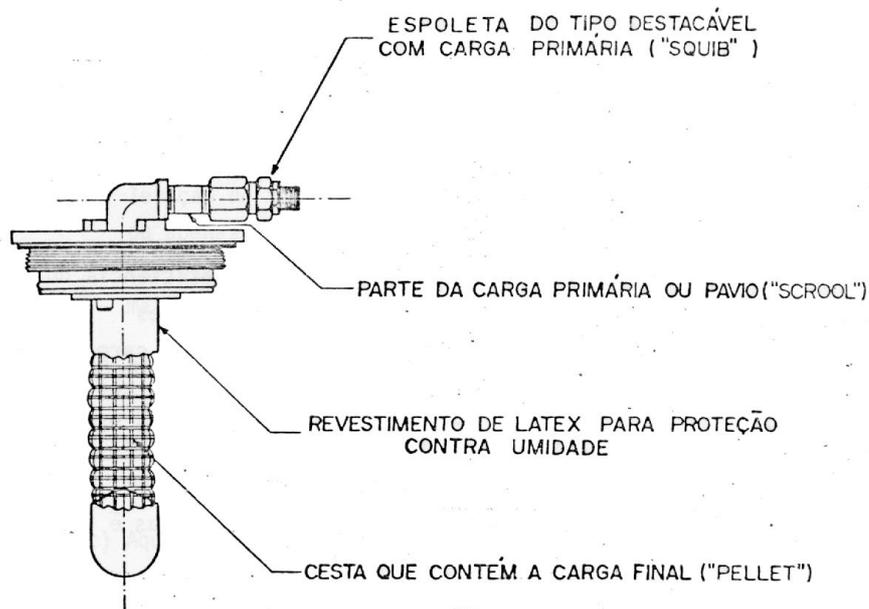


Figura 3.1 – Iniciador usado no 1º estágio do foguete Black Brant IV.

3.4.2 – ATIVACÃO

A ativação de um EED depende de fatores de construção e do tipo de fonte de energia utilizada, normalmente constante da documentação desses pirotécnicos.

Habitualmente, três níveis de corrente elétrica são especificadas pelos seus fabricantes:

- **CORRENTE MÁXIMA DE NÃO-FOGO** – É a corrente máxima que o EED suporta sem iniciar-se, num teste, com condições determinadas de temperatura e duração.
- **CORRENTE MÍNIMA DE FOGO** – É a corrente mínima que o EED necessita para iniciar-se. Devido a possíveis variações nas características do EED, provenientes do meio ambiente ou fabricação, não é conveniente utilizar-se esse valor para operação.
- **CORRENTE RECOMENDADA PARA FOGO** – É a corrente indicada para assegurar a iniciação do EED, excedendo a corrente mínima por uma margem de segurança conveniente.

3.4.3 – SENSIBILIDADE

- TEMPERATURA – O efeito da temperatura sobre a resistência do EED é usualmente muito pequeno. Entretanto, as variações térmicas podem acarretar modificações das características da carga explosiva. Quanto mais alta a temperatura alcançada pela carga, maior a velocidade de detonação, podendo chegar ao previsto valor de iniciação.
- UMIDADE – O efeito da umidade em cargas higroscópicas é o de rápida deterioração.
- VIBRAÇÃO E CHOQUES MECÂNICOS – São efeitos que podem modificar a situação de contato entre resistências e explosivos, a arrumação relativa entre as cargas, a ruptura ao alongamento das resistências, etc.
- TEMPO DE ARMAZENAMENTO – O efeito de tempo de armazenamento muito longo é a deterioração espontânea que pode ocorrer. As cargas explosivas são compostos complexos que podem reagir entre si, formando outros compostos de características diferentes. **A sensibilidade pode mudar, tanto para a iniciação normal quanto para o meio ambiente.** O efeito usual de um armazenamento demorado é um maior tempo de espera entre iniciação, máxima pressão desenvolvida, além da diminuição de valor dessa pressão.
- INFLUÊNCIA DE CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS – O comportamento dos EEDs sujeitos a um campo formado por emissão de radiofrequências (sistemas de comunicação, navegação, radar, etc.) dependem de fatores tais como: potência de saída e frequência do transmissor, características da antena, distância entre antena e EED, circuito de fogo ao qual está ligado, etc.
- A potência emitida por um emissor de radiofrequência pode ter um ou mais dos seguintes efeitos sobre um EED:
 - a) Aquecimento do elemento conversor de energia (resistência, mistura condutiva, etc.). Esse efeito pode acarretar uma elevação de temperatura suficiente para causar a iniciação ou apenas modificar as características de sensibilidade do explosivo adjacente à resistência, tornando-o de menor ou maior sensibilidade.
 - b) Criação de uma diferença de potencial entre eletrodos e carcaça. Esse efeito pode acarretar potenciais suficientemente elevados, de forma que possam causar centelhamento e conseqüentemente iniciação do explosivo.
 - c) Aquecimento da carcaça do EED, podendo, conseqüentemente, resultar em um aquecimento de explosivo adjacente e em uma resultante iniciação. É dos três efeitos, o de menor possibilidade de ocorrência.

- SENSIBILIDADE À INICIAÇÃO DEVIDO À ELETRICIDADE ESTÁTICA – três diferentes modos de iniciação pode ocorrer pela aplicação de um potencial elétrico, devido a cargas estáticas:
 - Descarga através da resistência (ou elemento equivalente) do EED.
 - Descarga entre resistências (quando houver mais de uma) do EED.
 - Descarga entre resistência e carcaça do EED.

3.4.4 – INICIADOR

Todos os motores-foguetes a propelente sólido, qualquer que seja a posição de estágio que ocupe, tem suas ignições disparadas por um pirotécnico ou EED chamado INICIADOR. Quando o iniciador é de segundo, terceiro, etc., estágios de um certo veículo, têm suas emulações iniciadas por retardos pirotécnicos (“scrolls”), contadores de tempo (“timers”) ou circuitaria de disparo.

Um iniciador, normalmente, tem uma espoleta iniciante (“squib”) eletricamente emulada e carga de ignição composta por granulado graúdo (“pellets”). Os valores de sensibilidade da espoleta são baixos. Para o iniciador do SUPERARCAS, por exemplo, os valores mínimos de sensibilidade são: 1 ampére aplicado durante 5 minutos com potência de 1 watt, embora o valor de corrente recomendada para fogo seja de 5 ampéres, para uma resistência da ordem de $1,25 \pm 0,25$ Ohms.

Como regra geral de segurança, deve-se manter os fios terminais do iniciador torcidos entre si, longitudinalmente, para efeito de balanceamento elétrico e redução da possibilidade de indução espúria. Esses mesmos fios devem ser do tipo blindado para proteção contra transmissões não-controladas de radiofrequência. Sempre que fora de emprego, os terminais desses fios devem estar curto-circuitados, isto é, fechados entre si.

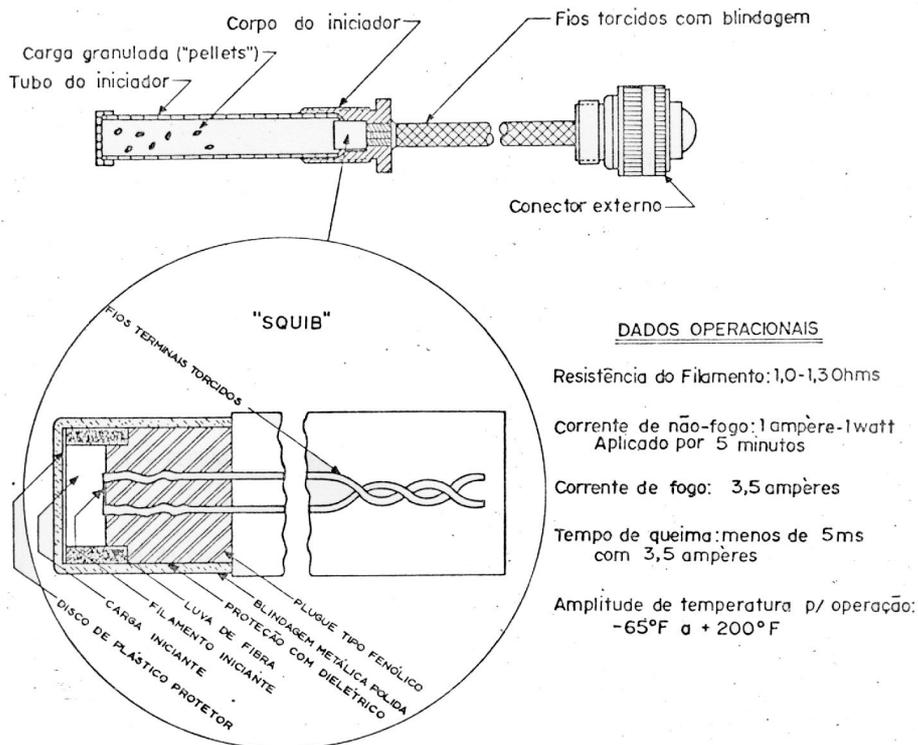


Figura 3.2 – Iniciador do foguete SUPERARCAS, com detalhes do seu "squib".

TESTEMUNHO

Nos idos de 1965, quando o autor recebeu treinamento no Campo de Lançamento de Foguetes da NASA-Wallops Flight Center (WFC), na Virgínia –USA, ele pode observar que um dos maiores cuidados que os técnicos da NASA tinham era para com a conservação e armazenamento dos iniciadores dos vários tipos de foguetes lançados naquele campo. Existia um cubículo totalmente climatizado, com controle de temperatura e umidade pelo uso de termostato e desumidificador, bem como, proteção contra radiação eletromagnética (radioemissão, radar, etc.), pelo uso de uma gaiola de Faraday aterrada ao nível zero de resistência ohmica. E o acesso ao cubículo só era permitido com supervisão direta e pessoal do Chefe da Segurança do WFC. Em chegando no CLFBI, uma das primeiras providências adotada pelo autor, na condição de Chefe de Operações do CLFBI, foi a montagem de um cubículo semelhante. Em recente visita ao CLBI (de hoje), o autor ficou triste ao ver que o cofre de iniciadores não mais existia.

Capítulo 4

Cuidados no Manuseio e Armazenagem de Propelentes Sólidos

4.1 – CONTRA INCÊNDIO

Um incêndio que atinja zona de explosivos diretamente pelas chamas ou, indiretamente, pela elevação de temperatura ou fagulhas, só deve ser combatido, satisfazendo-se as seguintes condições:

- Pessoas não devem se aproximar a menos de 300m, caso haja em risco até 23000 kg (50000 lb) de explosivo.
- Pessoas não devem se aproximar a menos de 600m, caso haja em risco até 45000 kg (100.000 lb) de explosivo.

4.1.1 – REGRAS DE PREVENÇÃO

A melhor medida contra incêndio, considerando a impossibilidade de combate ao fogo em zona de explosivo, consiste na observância das regras de prevenção:

- Fósforos, isqueiros e outros dispositivos capazes de produzir centelha ou chama não devem ser permitidos em zonas de explosivos. Local adequado para guarda desses objetos deve ser proporcionado à entrada das zonas de explosivos, com farta sinalização visual, visando principalmente os fumantes.
- Fumo só poderá ser permitido, quando absolutamente controlado, em local determinado, onde deverá existir disponíveis: cinzeiros, fósforos e, pelo menos, um extintor de incêndio.
- Ferramentas e outros equipamentos elétricos ou não, capazes de causar centelha ou altas temperaturas, somente deverão ser utilizados em locais bem determinados.
- Limpeza e arrumação dos locais de operação são importantes requisitos na prevenção contra incêndio. Líquidos inflamáveis não devem ser utilizados como agentes de limpeza, a menos que sejam previstos em recomendações específicas.

- Placas de avisos, proibições, limitações, informações, etc., devem ser previstas.
- Um plano preventivo e de combate ao fogo deve ser preparado, plano esse extensível a todos os recintos onde possa estar depositado algum tipo de explosivo.

A Tabela 4.1 apresenta os tipos de materiais inflamáveis e os respectivos agentes extintores.

TABELA 4.1

TIPO DE EXTINTORES DE ACORDO COM O TIPO DE MATERIAL INFLAMÁVEL

TIPO DE MATERIAL INFLAMÁVEL		AGENTES EXTINTORES
CLASSE A	MADEIRA PAPEL LIXO GRAMA ETC.	ÁGUA, ESPUMA
CLASSE B	ÓLEO GASOLINA TINTA GRAXA, ETC.	CO ₂ , PÓ QUÍMICO SECO ESPUMA, TETRACLORETO DE CARBONO
CLASSE C	EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS	CO ₂ , PÓ QUÍMICO SECO, TETRACLORETO DE CARBONO

Usar CO₂ quando o equipamento for delicado. Desligando-se o fornecimento de energia elétrica, um material inflamável do tipo C transformar-se-á em B ou A.

4.1.2 – EQUIPAMENTO CONTRA INCÊNDIO

- Devem ser periodicamente inspecionados de acordo com a especificação do fabricante.
- As pessoas envolvidas no trato de explosivos devem receber instruções para seu uso e operação.
- Extintores manuais devem estar disponíveis em local visual e de fácil acesso a distâncias não maiores que:
 - 20m, fogo classe A
 - 15m, fogo classe B
 - 08m, fogo classe C
- Equipamentos móveis (carros ou carretas) deverão conter os principais agentes extintores para as três classes de fogo. Devem ser estacionados em local de fácil comunicação e ser operados por pessoal especialmente treinado.
- Água (bombas, mangueiras e baldes) somente para fogo classe A e como diluidor de líquidos inflamáveis, em caso de derramamento.

4.2 – ELETRICIDADE

4.2.1 – LINHAS E INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

- Linhas de até 15.000 V deverão ficar afastadas de edificação que contenha explosivos a uma distância superior a 2 postes. Em todos os casos não deverão passar a menos de 15m dessas instalações.
- Linhas com mais de 15.000 V deverão ficar afastadas, de acordo com as Tabelas “QUANTIDADE DE EXPLOSIVOS X DISTÂNCIA DE SEGURANÇA”, apresentadas no item 4.6. Em todos os casos não deverão passar a menos de 60m.
- Linhas de alimentação destinadas a comunicação e alarme (telefone, intercomunicador, alarme, etc.) de edificações que contenham explosivos deverão ser subterrâneas a partir de um ponto, no mínimo, 15 metros do prédio.
- Ferramentas, motores elétricos ou outros equipamentos que possam produzir centelhas não devem ser utilizados em sala que contenha explosivos.
- Tomadas e interruptores não devem ser instalados em sala onde se realizam operação com explosivos, evitando-se assim o uso inadvertido de equipamentos elétricos.
- Toda iluminação da sala onde se realiza operação com explosivos deve ser à prova de explosão (selada contra vapores, exalação e poeira explosiva).
- Lanternas de mão devem ser do tipo à prova de explosão.

- “Flash” para máquinas fotográficas é proibido em ambiente onde possa existir exalação, vapor ou poeira explosiva.

4.2.2 – ELETRICIDADE ESTÁTICA

Potenciais eletrostáticos podem ser desenvolvidos em pessoas ou objetos, atingindo valores determinados pelo isolamento elétrico existente em relação a outros objetos e/ou pessoas nas proximidades. Um indivíduo convenientemente isolado pode atingir potenciais da ordem de 20.000 V. Admitindo-se uma capacitância de 250 microfarads, a energia que pode ser desenvolvida é da ordem de 50.000 ergs. Nessas condições, correntes de magnitude de ampéres podem fluir por efeito de uma descarga, valores suficientes para iniciar um EED. Veículos, guindastes, etc., são ainda mais críticos devido a maior capacitância de que são dotados.

É conveniente notar que não é só o contato direto entre objetos que afeta a segurança. A aproximação entre corpos carregados traz uma redistribuição de cargas em ambos, devido à interação dos campos eletrostáticos e conseqüente fluxo de corrente.

Materiais plásticos e sintéticos, tais como o dacron, nylon, poliéster e ainda seda, lã, etc., são excelentes produtores de eletricidade estática e seu uso deve ser evitado e controlado em áreas de operação com explosivos, especialmente onde haja EEDs.

O método geralmente empregado para reduzir ou eliminar os riscos da eletricidade estática é criar um caminho elétrico contínuo à terra. Isso permite a dissipação das cargas à medida que são criadas. Quando todos os objetos envolvidos não são condutivos, o terra pode ser obtido pela conexão elétrica entre os objetos e um terra comum.

Sistemas de terra parciais usando condutores insuficientes (alta resistência) podem aumentar os riscos da eletricidade estática, permitindo descargas através de caminhos indesejáveis. A continuidade elétrica pode ser rompida por graxa, corrosão, tintas, etc.

Sistemas permanentes de terra, tecnicamente projetados e experimentalmente testados, devem ser instalados nos locais de operação com explosivos. **Verificações periódicas devem ser feitas.**

Uma descarga eletrostática pode atuar em um EED segundo uma das três maneiras:

- Aquecimento do elemento conversor (resistência, mistura indutiva, etc.), ou centelha entre eletrodos;
- Centelha entre elementos conversores;
- Centelha entre elemento conversor e a carcaça do EED.

As formas mais indicadas para reduzir os riscos da eletricidade estática são:

- Aterrar todos os objetos, preferivelmente entre si, colocando-os a um mesmo potencial.
- Eliminar os materiais conhecidos como produtores de eletricidade estática.
- Prevenir, de todas as formas, a geração de cargas eletrostática.

4.2.3 – RAIOS

Proteção contra raio não é obrigatória em regiões onde a ocorrência média de tempestades por ano é insignificante, a menos que haja especificação em contrário. Contudo, onde houver armazenamento de explosivos, como paióis, casamata, etc., deverá sempre contar com um sistema de pára-raios bem instalado.

4.3 – RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA

O comportamento dos EEDs tais como espoletas, iniciadores, etc., sujeitos a um campo de radiofrequência (sistemas de comunicação, navegação, radar, etc.) depende de fatores como: potência de saída (pico ou média) e frequência do transmissor, características da antena, distância entre antena e EED, circuito de fogo (tipo e configuração) e outros.

As Tabelas 4.2, 4.3 e 4.4 oferecem uma orientação para o estabelecimento da distância de segurança entre EED e antenas transmissoras. São baseadas em “piores situações”, isto é, EEDs sensíveis, não blindados e com circuito de fogo capazes de agir como antenas.

TABELA 4.2
RÁDIO TRANSMISSORES

POTÊNCIA MÉDIA OU DE PICO TRANSMITIDA (WATTS)			DISTÂNCIA MÍNIMA DO EED (EM METROS)
0	-	30	30
30	-	60	45
50	-	100	105
100	-	250	150
250	-	300	230
500	-	1000	300
1000	-	3000	450
3000	-	5000	600
5000	-	20000	900
20000	-	30000	1500
50000	-	100000	3000

TABELA 4.3
TRANSMISSORES FM MÓVEIS

POTÊNCIA MÉDIA OU DE PICO TRANSMITIDA (WATTS)			DISTÂNCIA MÍNIMA DO EED (EM METROS)
1	-	10	1,5
10	-	30	3
30	-	60	4,5
60	-	250	9

TABELA 4.4
RADAR

POTÊNCIA MÉDIA OU DE PICO TRANSMITIDA (WATTS)			DISTÂNCIA MÍNIMA DO EED (EM METROS)
5	-	25	30
25	-	50	45
50	-	100	70
100	-	250	105
250	-	500	135
500	-	1000	200
1000	-	2500	300
2500	-	6000	450
5000	-	10000	700
10000	-	25000	1050
25000	-	50000	1500
50000	-	100000	2100

Outras observações básicas:

- Menores distâncias podem ser usadas quando o EED estiver contido em recipiente metálico, com terminais torcidos e curto-circuitados, ou quando as operações se realizarem em sala blindada à radiofrequência.
- Menores distâncias podem ser usadas quando antenas direcionais tiverem sua direção principal não-orientada para as áreas de operação com EED.
- Os EEDs só devem permanecer fora de seus recipientes metálicos o menor tempo possível. Sua fiação deve ser desenrolada e desfeito o curto-circuito apenas para testes ou instalação.
- A exigência de silêncio rádio é também medida de precaução a ser imposta, quando necessária.

4.4 – TRANSPORTE, CARGA E DESCARGA

Princípios básicos:

- Somente pessoal habilitado e ciente dos riscos envolvidos deve participar de operações de transporte, carga ou descarga de material explosivo.
- O material explosivo deverá estar convenientemente embalado, com o grupo de compatibilidade, a classe e a quantidade de explosivo declarados.
- Solavancos, batidas, quedas, etc., deverão ser evitados e comunicados, caso ocorram.

4.4.1 – TRANSPORTE RODOVIÁRIO

Veículo utilizado para transporte, carga ou descarga de material explosivo deverá:

- Estar em perfeitas condições de funcionamento (sistema elétrico, sistemas de freio, direção e escapamento, sem vazamento de água, óleo ou gasolina).
- Estar equipado com extintor de incêndio.
- Evitar reabastecimentos quando carregado. Caso necessário, deverá estar aterrado e com motor parado. Qualquer vazamento de gasolina que ocorra deverá ser lavado fartamente com água.
- Transportar pessoal estritamente necessário à operação do veículo.
- Ter placas indicadoras, à frente e atrás do veículo, com dizeres "EXPLOSIVOS".

- Desenvolver velocidade condicionada à fragilidade do material explosivo com relação a quebras, descolamentos, etc.
- Ter luzes vermelhas rotativas ou pisca-pisca. Se em estrada, as regras de transporte de explosivos em vias públicas deverão ser observadas.

4.4.2 – TRANSPORTE AÉREO

- Especial atenção deve ser dada a embalagem, a qual deverá satisfazer condições de descompressão devido à altitude e às situações inerentes ao transporte aéreo.
- Os volumes contendo material explosivo deverão ser colocados a bordo, em locais afastados de saídas de ar quente, de fontes de centelhas ou outros riscos. Deverão ser arrumados em locais facilmente acessíveis e firmemente amarrados.
- As Tabelas “QUANTIDADE DE EXPLOSIVOS X DISTÂNCIA DE SEGURANÇA” devem ser obedecidas na escolha do local de estacionamento, considerando-se a aeronave como um local de *armazenagem sobre o solo*.
- O carregamento e descarregamento deverá ser feito com:
 - a aeronave eletricamente aterrada;
 - todos os interruptores elétricos desligados, exceto os essenciais às operações de carga e descarga;
 - o equipamento contra incêndio facilmente disponível;
 - as placas de aviso colocadas, delimitando a área, notificando a presença de explosivos, proibindo fumar e acesso de pessoas estranhas ao serviço.

4.5 – CLASSIFICAÇÃO I C C

A classificação I C C (INTERSTATE COMMERCE COMMISSION) é a seguinte:

- EXPLOSIVOS CLASSE “A” – São aquelas cujas propriedades detonantes oferecem máximo risco.
- EXPLOSIVOS CLASSE “B” – São aqueles que apresentam rápida combustão sem detonação.
- EXPLOSIVOS CLASSE “C” – São aquelas cuja composição pode apresentar, simultaneamente, elementos das classes “A” e/ou “B”, porém em quantidades restritas.

4.6 – DISTÂNCIA DE SEGURANÇA PARA EXPLOSIVOS SÓLIDOS

Os explosivos são classificados para efeito de DISTÂNCIA DE SEGURANÇA, segundo suas características explosivas e conseqüentes riscos de explosão. É possível que certos explosivos pertençam a duas classes diferentes, devido o fato de possuírem diferenças de embalagem, estado físico, arrumação, etc.

As Tabelas "QUANTIDADE DE EXPLOSIVOS X DISTÂNCIA DE SEGURANÇA" prescrevem a separação necessária e a quantidade máxima de explosivo permitida em qualquer local.

As áreas que contém explosivos constituem risco para as áreas adjacentes, e as distâncias de segurança, um dos melhores meios de diminuir esses riscos.

DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA são as distâncias mínimas permitidas entre edificações que contenham explosivos e áreas adjacentes com uma ou mais das seguintes situações:

- edificações habitadas (alojamentos, administração, etc);
- aeronaves estacionadas;
- estrada de ferro;
- rodovia;
- outras áreas ou edificações que contenham explosivos.

As DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA evitam danos estruturais substanciais causados pelo deslocamento de ar, oferecem boa proteção aos riscos causados por estilhaços, mas não protegem contra quebra de vidros.

4.6.1 – CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS PARA EFEITO DE Q X D

- CLASSE 1:

Os materiais desta classe representam risco de fogo sem oferecerem riscos de estilhaços, toxidade e sopro. Exemplo: munição pequena sem projétil, granadas fumíginas sinalizadoras, etc.

- CLASSE 2:

Os materiais desta classe queimam intensamente com pouca ou nenhuma possibilidade de extinção de fogo. As pressões provenientes das explosões normalmente causam apenas ruptura das embalagens e não produzem ondas de choque ou sopro que atinjam distâncias maiores que aquelas de segurança estabelecidas para separação entre paíóis.

Esses materiais apresentam riscos de propagação de incêndio pelos fragmentos de materiais incendiários que possam expelir (pedaços de material de embalagem, de propelente, etc.). Não apresentam toxicidade a distâncias de segurança estabelecidas para edificações habitadas. Exemplos: propelente sólido a granel, embalado ou instalado no motor; materiais pirotécnicos.

- CLASSE 3:

Os materiais desta classe explodem progressivamente, causando pequenos e leves fragmentos que deverão cair dentro de um raio de 100m no máximo. Exemplo: munições explosivas para pequenas armas, etc.

- CLASSE 4:

Os materiais desta classe, quando embalados convenientemente, geralmente explodem progressivamente e constituem risco de estilhaços. Quando não embalados convenientemente, devem ser considerados da classe 7.

- CLASSES 5 e 6:

Os materiais destas classes apresentam risco de propagação a áreas adjacentes que contenham explosivos armazenados em paióis não barricados e, por esse motivo, preferencialmente devem ser colocados em paióis barricados.

- CLASSE 7:

Os materiais desta classe apresentam como principal perigo o deslocamento de ar e a ocorrência é do tipo detonação geral, mesmo quando apenas uma parte é iniciada, seja por meio de fogo, impacto violento ou por iniciadores. Tais detonações normalmente causam severos danos estruturais às construções adjacentes. Exemplo: suprimento a granel de altos explosivos ou misturas, pedaços de propelente sólido que detone totalmente uma vez, iniciador, bombas, detonadores, motores a propelente sólido, foguetes e mísseis.

- CLASSE 8:

Os materiais desta classe são munições que apresentam pouco ou nenhum risco de deslocamento de ar ou estilhaços.

4.6.2 – TABELAS “QUANTIDADES DE EXPLOSIVOS X DISTÂNCIA DE SEGURANÇA”

TABELA 4.5
CLASSE 1

<p>a) Pequenas quantidades:</p> <p>Podem obedecer as condições imposta pelo responsável, visando uso próximo ou imediato.</p> <p>b) Grandes quantidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Distância de segurança a ser conservada entre paióis acima do solo, sem barricada, em relação a edificações habitadas e estradas públicas: 30 metros. - Distância de segurança a ser conservada entre paióis, barricadas e outras áreas: não determinada.

TABELA 4.6
CLASSE 2
MATERIAIS EM EMBALAGEM APROVADA

QUANTIDADE lb/kg		DISTÂNCIA SEM BARRICADA PARA PÉS/METROS (1)		
ACIMA DE	ATÉ	EDIFICAÇÕES HABITADAS	ESTRADAS PÚBLICAS	OUTROS PAIÓIS
0/0	50/23	25/5	25/8	17/5
50/23	100/45	50/15	50/15	25/8
100/45	1000/453	75/23	75/23	50/15
1000/453	5000/2265	115/35	115/35	75/23
5000/2265	10000/4536	150/46	150/46	100/30
10000/4536	20000/9072	190/58	190/58	125/38
20000/9072	30000/13608	215/65	215/65	145/44
30000/1308	40000/18144	235/71	235/71	156/47
40000/18144	50000/22680	250/76	250/76	165/50

TABELA 4.7
CLASSE 2
MATERIAIS SEM EMBALAGEM

QUANTIDADE lb/kg		DISTÂNCIA SEM BARRICADA PARA PÉS/METROS (1)		
ACIMA DE	ATÉ	EDIFICAÇÕES HABITADAS	ESTRADAS PÚBLICAS	OUTROS PAIÓIS
0/0	50/23	25/8	25/8	25/3
50/23	100/45	75/23	75/23	25/8
100/45	1000/453	100/30	100/30	50/15
1000/453	5000/2265	150/46	150/46	75/23
5000/2265	10000/4636	200/61	200/61	100/30
10000/4636	20000/9072	250/76	250/76	125/38
20000/9072	30000/13698	285/87	285/87	145/44
30000/13698	40000/18144	310/94	310/94	165/47
40000/18144	50000/22680	330/100	330/100	185/50

(1) As distâncias não devem ser diminuídas pela presença de barricadas.

TABELA 4.8
CLASSE 3

QUANTIDADE lb/kg	DISTÂNCIA SEM BARRICADA PARA PÉS/METROS (1)		
ATÉ	EDIFICAÇÕES HABITADAS	ESTRADAS PÚBLICAS	OUTROS PAIÓIS
Qualquer quantidade	400/122	400/122	200/61

TABELA 4.9
CLASSE 4

QUANTIDADE lb/kg	DISTÂNCIA SEM BARRICADA PARA PÉS/METROS (1)		
ATÉ	EDIFICAÇÕES HABITADAS	ESTRADAS PÚBLICAS	OUTROS PAIÓIS
Qualquer quantidade	800/243	800/243	300/91

TABELA 4.10
CLASSE 5 e 6

QUANTIDADE lb/kg	DISTÂNCIA SEM BARRICADA PARA PÉS/METROS (1)		
ATÉ	EDIFICAÇÕES HABITADAS	ESTRADAS PÚBLICAS	OUTROS PAIÓIS
260000/113400	1200/364	1200/364	300/91
	1800/547 (2)	1800/547 (2)	300/91 (2)

(1) As distâncias não devem ser diminuídas pela presença de barricadas.

(2) Materiais da classe 3.

TABELA 4.11
CLASSE 7

QUANTIDADE lb/kg		DISTÂNCIA PARA PÉS/METROS			
ACIMA DE	ATÉ	EDIFICAÇÕES HABITADAS		ESTRADAS PÚBLICAS	
		BARRICADA	S/BARRICADA	BARRICADA	S/BARRICADA
0/0	50/23	150/46	300/91	90/27	150/54
50/23	100/45	190/58	330/115	115/35	230/70
100/45	200/91	235/71	470/143	140/42	250/84
200/91	300/138	270/82	540/164	160/49	320/96
300/136	400/181	295/90	590/179	175/53	350/105
400/181	500/220	320/97	640/194	190/58	380/116
500/226	600/272	340/103	680/207	205/62	410/124
600/272	700/317	365/108	710/216	215/65	430/130
700/317	800/368	375/114	750/228	225/68	450/136
800/362	900/466	390/116	780/237	235/71	476/142
900/408	1000/453	400/122	800/243	240/73	480/148
1000/454	1500/679	450/140	920/280	275/84	550/168
1500/679	2000/905	505/163	1010/307	303/93	610/186
2000/908	3000/1359	580/175	1160/353	350/106	700/212
3000/1350	4000/1812	635/195	1270/386	380/115	760/230
4000/1812	5000/2368	685/208	1370/416	410/125	820/250
5000/2268	6000/2721	730/222	1460/444	449/134	880/268
6000/2721	7000/3175	770/234	1549/465	459/140	920/280
7000/3175	8000/3822	800/243	1600/486	480/146	960/292
8000/3620	9000/4082	835/254	1670/503	500/152	1000/304
9000/4022	10000/4535	865/283	1730/526	520/168	1040/316
10000/6795	15000/6795	899/300	1780/541	595/181	1070/325
15000/8795	20000/8072	1000/331	1956/593	635/199	1170/356
20000/9072	25000/11340	1170/356	2110/641	700/213	1265/385
25000/11340	30000/13668	1245/373	2280/687	745/223	1355/412

CARACTERÍSTICAS DE FOGUETES DE SONDAGEM

MOTOR FOGUETE	DADOS DOS INICIADORES							8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1	2	3	4	5	6	7									
P/N	NOMENCLATURA	MÁXIMA CORRENTE DE NÃO FOGO (AMPÈRES)	CORRENTE RECOMENDADA PARA FOGO (AMPÈRES)	RESISTÊNCIA (OHMS)	TIPO DE SQUIB	NÚMERO DE SQUIBS	P/N DO MOTOR	FABRICANTE(S)	PESO TOTAL DO FOGUETE COM ALHETAS (1bs/kg)	PESO DO TUBO VAZIO (1bs/kg)	PESO DO PROPELENTE (1bs/kg)	TEMPERATURAS LÍMITES DE ARMAZENAGEM (°C)	GRUPO DE COMPATIBILIDADE (1CC)	CLASSIFICAÇÃO COMO EXPLOSIVO (1CC)	CLASSIFICAÇÃO QUANT.-DISTÂNCIA	
APACHE	E 16389	-	0,5	10	25,5 ± 2 s/filtro	DUPONT X287H	2 PARALELO	E 15832	THIOKOL	217,98,8	60,527,5	13159,8	-35,5 +37,8	F	B	2
ARCAS	05263257	MARK 259 MOD 0	0,25	2	1.0	US FLARE 107A	1	-	ATLANTIC RESERCH CO.	70,532,0	29,513,4	42,519,3	- 23,5 +43,5	F	B	2
CAJUN	E16480 E19233	-	0,5 2,0	10 10	25,5 ± 2 s/filtro 0,9 ± 0,3	DUPONT X 287 F	2 PARALELO	E 15317	THIOKOL	206 93,5	53,0 24,0	117 53,	0 +37,8	F	B	2
FFAR 2,75"	-	MARK 125 MOD 4	0,20	1,5	0,9 ± 0,4	HERCULES MK1	1	1340-038 -8217-J102	NAVAL AMMUNITION	18,1 8,2	11,7 5,3	6,4 2,9	-54 +65,5	F	B	2
HONEST JOHN									RADFORD ARSENAL	4.236 1.944	2.236 1.014				A	
JUDI I	2515-56C	-	0,20	4	1,1 ± 0,4	DUPONT S-90	2 PARALELO	2515-10	ROCKET POWER	24,010,8	7,23,3	16,87,6	-29 +44	F	B	2
NIKE	8031024	M24 XM69	0,25 0,45	4 5	20 ± 2 20 ± 2	HERCULES M1A1 HERCULES M3	4 SERIE-PARALELO	M-5 M-88	RADFORD ARSENAL	1317.0 598	431 196	764 345	-23.5 +54.5	F	B	2

LEGENDA: 14 – Todos os motores-foguetes de compatibilidade "F" podem ser armazenados num mesmo depósito. Não poderão ser armazenados com pirotécnicos que tem compatibilidade "A".

15 - EXPLOSIVOS: CLASSE A: Aqueles que detonam. CLASSE B: Combustão rápida.

16 – CLASSE 2: Significa armazém para 20.000 lbs de motor-foguete distando: 57m no mínimo de construção habitada
57m no mínimo de estrada pública
38m no mínimo de outro depósito.

Capítulo 5

Propelentes Líquidos

Os foguetes propulsionados por compostos líquidos podem ser de dois portes: os grandes foguetes do tipo SATURNO V, DELTA, etc., destinados a viagens tripuladas à Lua e orbitação de satélites pesados, ou os menores destinados a sondagens na atmosfera superior, inclusive, com prospeção de conglomerados estelares, como é o caso da família AEROBEE. Os de grande porte, normalmente usam propelentes criogênicos, como citado no item 2.2 deste livro, cujo manuseio é caro e tecnicamente complicado. Os menores usam propelentes que, embora altamente corrosivos e perigosos no manuseio, entretanto, com o operador devidamente protegido, o abastecimento do foguete torna-se muito mais fácil.

Como até hoje, os únicos foguetes a combustão líquida lançados no CLBI foram os seis foguetes AEROBEE 150 modelo AGVL-0113F, que usava como oxidante IRFNA (ácido nítrico inibido fumígeno) e como combustível ANFA (anilina 65% e álcool furfúrico 35%), ambos injetados na câmara de combustão por gás hélio pressurizado, atenção será posta nos procedimentos de segurança a serem observados no manuseio de tais compostos. Mesmo porque, olhando para os próximos dois lustros de atividades espaciais no Brasil, dá para ver que se houver mais lançamentos de foguetes à propulsão líquida, certamente, será mediante acordos com grupos de outras nações, trazendo a tecnologia adequada.

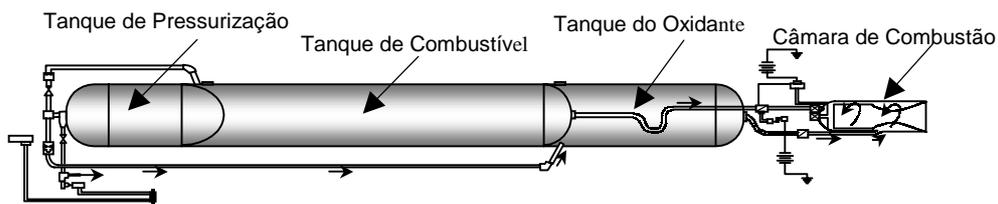


Figura 5.1 - Modelo esquemático do AEROBEE 150, onde é destacável os três tanques: de combustíveis, de oxidante e de pressurização, bem como a câmara de combustão.



Figura 5.2 - Foguete AEROBEE 150 já no trilho do lançador, inclusive com o “booster” a propelente sólido devidamente incorporado. Passo seguinte, é colocá-lo na posição vertical para receber os propelentes. A foto, feita em White Sands Missile Range, New Mexico, aparece o oficial de segurança apresentando o foguete para alguns alunos, entre os quais o autor.

5.1 - MANUSEIO E ARMAZENAMENTO DE PROPELENTES LÍQUIDOS

PRINCÍPIOS GERAIS - Os combustíveis e oxidantes usados como propelentes líquidos são em geral substâncias químicas altamente reagentes. Conseqüentemente, os propelentes e os produtos de suas reações químicas possuem propriedades perigosas que devem ser perfeitamente conhecidas por aqueles que lidam com essas substâncias.

5.1.1 - INTRODUÇÃO DO PESSOAL, SUPERVISÃO E SAÚDE

Todo pessoal envolvido em operações com propelentes líquidos, necessariamente deve conhecer os princípios gerais de segurança para manuseio e utilização desses materiais. Também, deve conhecer os procedimentos de primeiros socorros aplicáveis a cada caso.

Uma supervisão constante das instalações, da instrução e estado de saúde do pessoal deve ser mantida. Exames médicos periódicos devem ser realizados e deve existir um sistema de assistência médica prontamente disponível para casos de acidente.

5.1.2 - ELETRICIDADE ESTÁTICA

O risco envolvido pela eletricidade estática consiste na possibilidade de descarga por centelha na presença de materiais inflamáveis, provendo assim uma fonte de ignição. Todos os elementos eletricamente condutivos devem ser aterrados. O método geral para eliminar ou reduzir esses riscos é o da utilização de um "sistema de terra" ao qual são ligados os elementos condutivos. Ligações eficientes devem ser utilizadas pois, caso contrário, só aumentam os riscos, permitindo descargas através de caminhos indesejáveis. A continuidade elétrica pode ser interrompida nos pontos de contato pela existência de graxa, óleo, corrosão, etc., o que deve ser evitado.

Sistemas de terra não devem ser ligados a conduites de redes elétricas, linhas de ar comprimido, de alimentação de propelentes, etc.

Esses sistemas podem ser ligados a encanamentos de água, barras de terra, etc., obedecendo a um projeto com eficiência comprovada experimentalmente.

5.1.3 - PROTEÇÃO CONTRA RAIOS

Todas as instalações destinadas à armazenagem ou onde se realiza o manuseio de propelentes, devem possuir sistemas protetivos contra raios, caso a frequência de tempestades elétricas seja superior a 5 por ano.

5.1.4 - RISCOS PRINCIPAIS

Os três principais riscos envolvidos nas operações com propelentes líquidos são:

- a) FOGO – As áreas de trabalho devem ser mantidas limpas e livres de matérias combustíveis estranhos à operação. É essencial a existência da boa ventilação para manter a concentração de vapores em nível seguro. Combustíveis e oxidantes devem ser conservados em locais diferentes. Deve existir equipamento contra incêndio adequado para cada caso.

Materiais elétricos que não obedeçam a requisitos especiais de blindagem contra explosão são proibidos de utilização onde possa haver vapores inflamáveis.

Centelhas provenientes de motores a combustão podem causar explosões em locais onde haja vapores inflamáveis.

As viaturas em operação devem possuir eliminadores de centelhas instalados nos escapamentos.

- b) EXPLOSÃO - Os princípios aplicados na segurança contra fogo são também utilizáveis quanto à EXPLOSÃO.

Em adição, as construções destinadas à armazenagem e manuseio de propelentes líquidos devem obedecer a critérios que ofereçam proteção contra a propagação dos efeitos de uma explosão.

- c) TOXIDADE (envenenamento e queimaduras) - Instalações adequadas, pessoal capacitado, normas de higiene específicas, assistência médica e supervisão são fatores que influem na segurança contra a toxidade.

A ventilação adequada é importante na prevenção de envenenamento. Água em abundância deve ser disponível em chuveiros e lavatórios próxima aos locais de operação. A água é o melhor agente amenizador de queimaduras por propelentes.

Sempre que houver exposição ao risco de toxidade, o médico deve ser consultado.

Equipamentos como máscara, botas, vestimentas, óculos, capacetes, luvas, etc., são sempre indicados conforme o tipo de propelentes em operação.

Valores máximos de concentração de vapores tóxicos são tabelados para cada propelente, devendo os ambientes de trabalho permanecerem abaixo dessas concentrações.

Há gases não tóxicos, como por exemplo, hidrogênio, nitrogênio e hélio, que podem causar asfixia pela exclusão de oxigênio que proporcionam ao meio ambiente.

5.2 – COMBUSTÍVEIS MAIS EMPREGADOS

5.2.1 - ÁLCOOL FURFÚRICO

a) PROPRIEDADES GERAIS

- 1 - O álcool furfúrico é um líquido de bastante fluidez, cor âmbar com odor característico, inflamável e hipergólico com ácido nítrico, baixa volatilidade, sendo também excelente solvente.
- 2 – Solubilidade - É solúvel em água e nos solvente orgânicos como acetona, éter, querosene e gasolina.
- 3 – Estabilidade - Tem tendência a formar água quando exposto ao oxigênio da atmosfera, ao calor ou após longo período de armazenagem.

b) PERIGOS

- 1 – **Toxidade** - A máxima concentração de vapor no ar permitida para trabalho contínuo é de 200 mg/m³. Os vapores exalados têm ação depressiva e é mais irritante ao sistema respiratório que os demais tipos de álcoois.

No caso de contato com álcool furfúrico a superfície atingida deve ser fartamente lavada com água, especialmente se forem os olhos.

- 2 – **Fogo** - A chama é dificilmente visível à luz do dia. A combustão do álcool furfúrico pode se dar:

- 1º) Em presença do ar atmosférico e deve ser combatida com extintores de CO₂, ou com espuma álcool resistente. A água deve ser usada em quantidade tal que uma mistura inferior a 50% em álcool seja obtida e não haja risco de propagação das chamas. Misturas de água - álcool com até 50% de álcool permanecem inflamáveis.

- 2º) Em presença de fortes oxidantes - Em fogo envolvendo álcool furfúrico e fortes oxidantes como o ácido nítrico ou tetraóxido de nitrogênio, é recomendada a diluição da mistura com água.

Cuidados devem ser tomados quanto a possibilidade de ocorrência de explosão ocasionada pela reação entre vapor de álcool e oxidante.

- 3 - **Explosão** - O álcool furfúrico não é sensível a choques mecânicos. A mistura limite com ar a 20°C, em % de volume é:
Inferior 1,8
Superior 16,3

Misturas com oxidantes podem ter características explosivas, com iniciação por calor, impacto, centelha ou chama. No caso de derramamento com oxidantes, grande quantidade de água deve ser misturada para diminuição do risco de explosão.

Todos os locais de armazenagem e manuseio devem ser ventilados e afastados de oxidantes.

c) MEDIDAS DE SEGURANÇA

- 1 – **Pessoal** - Todas as operações envolvendo manuseio de álcool furfúrico devem ser executados por duas pessoas no mínimo, evitando-se, no entanto, excesso de pessoal.

É exigido completo conhecimento das características, propriedades e riscos relativos à operação com álcool furfúrico, compatibilidade entre propelente e materiais de construção, equipamento apropriado e o uso de vestimentas protetoras deve ser objeto de especial atenção.

- 2 - **Transporte, armazenamento e transferência** - As áreas destinadas à realização dessas operações devem ser conservadas limpas, livre de oxidantes e demarcadas por placas de avisos. Deve haver em disponibilidade imediata, suficiente quantidade de água para caso de incêndio ou necessidade de diluição.

d) MATERIAIS COMPATÍVEIS

- 1 - **Para armazenagem** - Tambores, tanques, etc., devem ser de aço.
- 2 - **Para vestimentas** - Óculos, botas, luvas, gaxetas, juntas, etc. - Tefion, polietileno, asbesto.
- 3 - **Lubrificantes** - Somente lubrificantes especiais podem ser utilizados devido às qualidades de solvente do álcool. Geralmente empregam-se lubrificantes a base de grafite.
- 4 - **Limpeza** - Água em abundância deve ser utilizada. Soluções de água-álcool atacam o aço.
- 5 - **Tubulações (azul, amarela)** - Devem ser de materiais compatíveis, testados até 150 psig. Uniões soldadas ou por flange são preferíveis; caso de se ter que usar uniões rosqueadas um selante conveniente deve ser utilizado. Materiais convenientes para uso como selante.

Exemplo: Permatex nº 2

- 6 - **Válvulas** - Não devem ser utilizadas válvulas onde duas superfícies metálicas realizem a vedação, devendo uma delas ser não metálica.

e) CONSTRUÇÕES

- 1 - Devem ser resistentes ao fogo, com uma parede convenientemente escolhida de fragilidade maior que as demais.
- 2 - Deve haver sistema de terra e de pára-raios, se for o caso.
- 3 - Todas as instalações elétricas, quando imprescindíveis, deverão ser blindadas e a prova de explosão.

4 - Extintores de incêndio e sistemas de fornecimento de água, de fácil acesso, devem ser instalados.

5 - Ventilação artificial ou natural deve ser abundante.

f) RECIPIENTES

1 – **Tanques** - Devem ser construídos de aço com tratamento anticorrosivo ou de alumínio. Válvulas de segurança, respiradores e torneiras devem ser instaladas.

2 – **Tambores** - São usualmente usados tambores de aço, com capacidade de 55 galões. Devem ser armazenados em construções com pavimentação de cimento. Quando usados como armazenagem permanente, prateleiras reclinadas são indicadas.

g) BOMBEAMENTO, TRANSFERÊNCIA, etc.

Duas pessoas no mínimo devem executar o serviço; bombas ou gravidade deve ser utilizada; não usar ar comprimido.

h) RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA A SEREM FIXADAS NOS LOCAIS DE TRABALHO

1 – **Perigos** - Respirar vapores de álcool furfúrico causa envenenamento;

- Derramamento de álcool furfúrico criam condições para fogo e explosões;

2 - **Primeiros socorros** - Remova o acidentado para fora da área de trabalho; tire as vestimentas contaminadas; lave com água as partes afetadas; chame o médico.

3 - **De segurança** - Conheça bem as características do material;
- Use as vestimentas apropriadas;
- Trabalhe sempre com o auxílio de alguém;
- Mantenha ventilação no local de trabalho;
- No caso de derramamento use água em abundancia para diluição;
- Não utilize objetos que possam produzir centelhas.

ATENÇÃO - O ÁLCOOL FURFÚRICO ENTRA EM COMBUSTÃO EXPONTÂNEA EM PRESENÇA DO ÁCIDO NÍTRICO

5.2.2 – ANILINA

a) PROPRIEDADES GERAIS

- 1 - A anilina recém destilada apresenta-se como um líquido oleoso de pouca viscosidade, cor clara. Após grande período de armazenagem torna-se de cor amarelada–marrom. Essa mudança de cor não altera suas qualidades como propelente. É considerada não corrosiva porém ataca vagarosamente metais não ferrosos e alguns materiais orgânicos. Sua composição química é $C_6H_5NH_2$. **É hipergólica com o ácido nítrico.**
- 2 – **Solubilidade** - É solúvel em éter, álcool e a maioria dos solventes orgânicos. Tem pequena solubilidade na água.
- 3 – **Estabilidade** - É estável em condições normais ou mesmo quando exposta a elevada temperatura ambiente.

b) PERIGOS

- 1 – **Toxicidade** – Asfixia é o sintoma mais comum no envenenamento por contato com anilina. O envenenamento pode ainda causar dor de cabeça, fraqueza, dificuldade respiratória, convulsão e distúrbios psíquicos, dependendo da intensidade e da quantidade absorvida.

Como primeiros socorros deve-se remover a vítima da área contaminada, lavá-la inteiramente com água e sabão, observando repouso e aguardando assistência médica.

Contato direto com vapores e inalação são os principais riscos de toxicidade.

2 – Fogo

- 1º) **Em presença do ar atmosférico** - Neste caso o fogo é tipo B. No caso de incêndios em tanques com grande quantidade de anilina, pode ocorrer que a temperatura da mesma se eleve a tal valor que o uso da água como extintor pode provocar intensa formação de vapores que, nesse caso, propagarão os efeitos tóxicos. Água só deve ser usada quando houver a disposição grandes quantidades. É indicado o uso de extintor de CO_2 , pó químico ou espuma.
- 2º) **Em presença de fortes oxidantes** - Quando a combustão é com ácido nítrico deve-se usar água como diluidor, que extingue o fogo pelo resfriamento da anilina e demais materiais. Deve-se lembrar que o ácido nítrico em presença da água libera vapores tóxicos, sendo necessária proteção ao pessoal de combate ao incêndio.

- 3 – **Explosão** - A anilina não é sensível a choques mecânicos ou centelhas, porém pode haver risco de explosão na presença de vazamento em locais fechados e com temperatura elevada. Pode-se formar misturas explosivas de anilina com oxidantes, ou vapores em alta concentração, ocorrendo a sensibilidade a choques mecânicos, centelhas e calor. Como prevenção, deve-se manusear a anilina em locais bem ventilados, evitando-se derramamentos e vazamentos.

c) MEDIDAS DE SEGURANÇA

- 1 - **Pessoal** - Todas as operações envolvendo manuseio de anilina devem ser executadas por duas pessoas no mínimo, evitando-se, no entanto, excesso de pessoal.

As equipes de trabalho devem ser instruídas a respeito:

- da natureza, propriedades e toxicidade;
- de materiais compatíveis para operação;
- de equipamentos de proteção;
- de primeiros socorros;
- de medidas contra-incêndio.

Proteção geral a toda superfície do corpo e máscara respiratória devem ser utilizadas quando houver altas concentrações de vapor.

- 2 - **Transporte, armazenamento e transferência** - As áreas destinadas a realização dessas operações devem ser conservadas limpas, livres de oxidantes e demarcadas por placas de aviso. Deve haver em disponibilidade imediata, suficiente quantidade de água para casos de incêndio ou necessidade de diluição.

d) MATERIAIS COMPATÍVEIS

- 1 - **Metálicos** - A anilina é considerada não corrosiva embora ataque ligeiramente os metais não ferrosos. Tanques e tambores deverão ser de aço, com proteção anti-corrosão.
- 2 - **Não metálicos** – Fibra de vidro, borracha pura e asbesto.
- 3 – **Lubrificantes** - Devem ser empregados lubrificantes a base de grafite ou molibdênio. Os lubrificantes a base de petróleo não devem ser utilizados.
- 4 – **Tubulações** - Devem ser de materiais compatíveis e preferencialmente com uniões por flange ou soldadas. As juntas deverão ser não metálicas, utilizando-se materiais citados em (2).

e) CONSTRUÇÕES

- 1 - Devem ser resistentes ao fogo, com uma parede convenientemente escolhida de fragilidade maior que as demais.
- 2 - Deve haver sistema de terra e de pára-raios.
- 3 - Todas as instalações elétricas, quando imprescindíveis, deverão ser blindadas e à prova de explosão.
- 4 - Extintores de incêndio e sistema de fornecimento de água, de fácil acesso, devem ser instalados.
- 5 - Ventilação artificial ou natural deve ser abundante.

f) RECIPIENTES

- 1 - até 40 litros (garrações de vidro protegidos).
- 2 - até 200 litros (tambores de aço).

g) RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA A SEREM FIXADAS NOS LOCAIS DE TRABALHO

1 – Perigos:

- Contato direto com anilina causa envenenamento;
- Derramamento de anilina cria condições para fogo e explosão.

2 - Primeiros socorros:

- Remova a vítima para fora da área de trabalho;
- Remova as vestimentas contaminadas, lave com água e sabão as partes atingidas pela anilina;
- Chame o médico.

3 - De segurança:

- Conheça bem as características do material;
- Use as vestimentas apropriadas;
- Trabalhe sempre com auxílio de alguém;
- Mantenha ventilação no local de trabalho

5.3 – OXIDANTES MAIS EMPREGADOS

5.3.1. - ÁCIDO NÍTRICO VERMELHO FUMEGANTE INIBIDO (sigla em inglês – IRFNA)

a) PROPRIEDADES GERAIS

- 1 - É um líquido de cor marrom avermelhada, higroscópico e de odor acentuado, altamente corrosivo, atacando vigorosamente a maioria dos metais. Sua composição química é HNO_3

ENTRA EM COMBUSTÃO EXPONTÂNEA EM PRESENÇA DA MAIORIA DOS MATERIAS ORGÂNICOS.

- 2 – Solubilidade - É solúvel em água, em qualquer proporção, com formação de óxido de nitrogênio e liberação de calor. Quando muita água é rapidamente colocada em contato com o ácido nítrico um borbulhamento ocorre. Quando em contato com a água do mar libera clórina e óxido de nitrogênio.

b) PERIGOS

- 1 – **Toxicidade** - Apresenta perigo ao contato direto com a pele, causando queimaduras caso não seja removido imediatamente. Exala vapores tóxicos perigosos quando inalados, podendo advir edema pulmonar, etc. Os sintomas iniciais de envenenamento são leves, apresentando irritação na vista e garganta, tosse, etc. Esses sintomas podem ocorrer várias horas após uma intensa inalação.

Exposição contínua aos vapores de ácido nítrico, mesmo suave, poderá causar ulceração na boca e nariz, irritação crônica em todo o trato respiratório, etc.

Como primeiros socorros no caso de contato direto, recomenda-se a utilização de farta quantidade de água para remoção de ácido nítrico.

Quando a vista for atingida, aplicação de água por 15 minutos é indicada, mesmo antes de primeiro socorro médico.

Quando houver exposição à vapores, a pessoa deve ser afastada do local, proibida de esforço físico e permanecer em observação, independentemente de sua declaração de nada estar sentindo.

Quando, pela visão ou sensibilidade da garganta, sentir a presença de vapores de ácido nítrico, certamente haverá perigo eminente.

Aqueles que sofrem grande exposição deverão ser hospitalizados e mantidos em absoluto repouso.

Em qualquer caso de intoxicação, por contato ou inalação, o médico deverá ser chamado.

- 2 – **Fogo** - O ácido nítrico sozinho não queima. Seu vapor é que sustenta a combustão. Os incêndios em presença desse ácido têm características determinadas pelo combustível envolvido.

A anilina e outros combustíveis entram facilmente em combustão quando em presença do ácido nítrico e, quer sejam ou não hipergólicos, a chama resultante é viva, dependendo da relação de mistura existente, podendo chegar à violência de uma explosão, caso grandes quantidades estejam envolvidas.

Para controlar tais tipos de incêndio, deve-se procurar bloquear o fornecimento do ácido ou do combustível. O uso de grandes quantidades de água para diluir o ácido nítrico é indicado, fazendo o fogo se sustentar apenas pelo ar atmosférico. Uma vez atingida essa situação o extintor de incêndio indicado para o combustível deverá ser empregado.

- 3 – **Explosão** - O ácido nítrico é indiferente a choques mecânicos. Em contato com hidrazina ou álcool furfúrico causa reação violenta com características explosivas.

Alta temperatura em espaços confinados pode ocasionar ruptura das embalagens. Deverá sempre ser armazenado em local ventilado e afastado de combustíveis.

c) MEDIDAS DE SEGURANÇA

- 1) **Pessoal** - Todas as operações envolvendo manuseio de ácido nítrico devem ser executadas por duas pessoas no mínimo, evitado-se no entanto excesso de pessoal.

As equipes de trabalho devem ser instruídas a respeito:

- da natureza, propriedades e toxidades;
- de materiais compatíveis para operação;
- de equipamentos de proteção;
- de primeiros socorros;
- de medidas contra-incêndio.

- 2 - **Transporte, armazenagem e transferência** - As áreas determinadas a realização dessas operações devem ser conservadas limpas, livres de materiais combustíveis (especialmente de materiais orgânicos, querosene, graxas, gasolina, óleos, etc.) e demarcadas por placas de aviso. Deve haver em disponibilidade imediata suficiente quantidade de água para casos de incêndio ou necessidade de diluição e descontaminações.

d) MATERIAIS COMPATÍVEIS

- 1 – **Metálicos** - Alumínio e aço inoxidável (consulte pessoal especializado).
- 2 - **Não metálicos** – Teflon, polietilêno.
- 3 – **Lubrificantes:**
 - Nordeseal – 147-S
 - Fluorelube
 - Perfluorocarbone
- 4 - **Tubulações, uniões, etc.** - Deverão ser de material compatível, testado até 150 psig.
- 5 – **Juntas** - Deverão ser de teflon, asbesto, alumínio, etc.

OBSERVAÇÃO: Todo material destinado a entrar em contato com ácido nítrico deve ser limpo de qualquer combustível, especialmente de materiais orgânicos. Antes de sua utilização uma inspeção cuidadosa deve ser feita. Para limpeza desse material use água em abundância.

e) MATERIAIS PROIBIDOS

- 1 - Todos os materiais metálicos ferrosos e não ferrosos e suas ligas não determinados em d) 1 são proibidos por causarem reações produtoras de óxidos tóxicos e falhas estruturais no próprio material.

ATENÇÃO: Titânio e suas ligas causam explosão.

f) CONSTRUÇÕES

- 1 - Devem ser resistentes ao fogo, com uma parede convenientemente escolhida de maior fragilidade que as demais.
- 2 - Não devem conter materiais atacáveis pelo ácido e seu vapor.
- 3 - Deverão ter piso de cimento.
- 4 - Ventilação artificial ou natural, temperatura amena.
- 5 - Extintores de incêndio e sistema de fornecimento de água de fácil acesso e abundante, devem ser instalados.

- g) **RECIPIENTE** - O ácido nítrico é classificado como material "corrosivo". Deverá ser embalado em recipiente aprovado, onde deve estar declarada a existência do ácido

h) RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA A SEREM FIXADAS NOS LOCAIS DE TRABALHO

1 – Perigos:

- O ácido nítrico entra em combustão espontânea com a maioria dos materiais orgânicos;
- Contato direto com o ácido nítrico causa queimaduras;
- Inalação de vapores de ácido nítrico causam intoxicação.

2 - Primeiros Socorros:

- Remova a vítima para fora da área contaminada;
- Aplique respiração artificial se necessário;
- Remova as vestimentas contaminadas; lave com farta quantidade de água as partes atingidas;
- Chame o médico.

3 - De Segurança:

- Conheça bem as características do material;
- Use as vestimentas apropriadas;
- Trabalhe sempre com auxílio de alguém;
- Mantenha ventilação no local de trabalho.

ATENÇÃO: Ácido nítrico ou vapor entra em combustão espontânea com a maioria dos materiais orgânicos.

5.4 - DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA PARA PROPELENTES LÍQUIDOS

5.4.1 - DEFINIÇÃO DOS GRUPOS DE RISCO

Os propelentes líquidos são classificados segundo o tipo e grau de perigo que oferecem nos seguintes grupos:

GRUPO I: Pequeno risco de fogo

São os materiais considerados de menor risco. Possuem perigo potencial de fogo que requerem cuidados moderados.

GRUPO II: Risco de fogo

São os materiais considerados oxidantes. Apresentam vigorosa oxidação ou rápida combustão quando em contato com certos materiais tais como os orgânicos. Os perigos desse grupo requerem o uso de exigências mínimas de separação para armazenagem.

GRUPO III: Risco de fragmentação e deflagração

São os materiais que apresentam risco de romper a embalagem pelo aumento de pressão interna, deflagração, formação de vapores e conseqüente possibilidade de explosão ou fragmentação.

GRUPO IV: Riscos de detonação

São os materiais que detonam em sua totalidade, mesmo quando pequena porção é iniciada, criando sopro e fragmentação violenta da embalagem e construções próximas.

5.4.2 – RISCOS ASSOCIADOS A VALORES DE LOCALIZAÇÃO DE ARMAZENAGEM

Além das características de risco mencionadas nos grupos I, II, III e IV, os propelentes apresentam riscos associados a valores de localização de armazenagem, operação, etc., que devem ser considerados.

a) PLATAFORMA DE LANÇAMENTOS

São locais potencialmente perigosos devido às necessidades operacionais de proximidade entre combustíveis e oxidantes, transferências, etc.

Deve ser considerado como operações envolvendo explosivos.

b) ARMAZENAGEM PARA PRONTA UTILIZAÇÃO

São relativamente próximas às plataformas, mas não diretamente envolvidas nas operações. Quando as instalações forem convenientemente seguras podem ser consideradas como envolvendo riscos de fogo e fragmentação.

c) ARMAZENAGEM REMOTA

São distantes dos locais de operação, não participando das mesmas.

Devem ser consideradas como operações envolvendo materiais com riscos de fogo e fragmentação.

5.4.3 - TABELA DE GRUPOS DE RISCO E COMPATIBILIDADE PARA ARMAZENAGEM DE PROPELENTES LÍQUIDOS.

TABELA 5.1
TABELA DE GRUPOS DE RISCO E COMPATIBILIDADE PARA
ARMAZENAGEM DE PROPELENTES LÍQUIDOS

PROPELENTES	GRAU DE RISCO	COMPATIBILIDADE PARA ARMAZENAGEM
Ácido nítrico vermelho fumegante	1	LIQ – A
Álcool	1	LIQ – C
Anilina	1	LIQ - C

OBSERVAÇÕES:

- a. Não são considerados os riscos de umidade que algumas vezes podem ser os fatores prevalecentes.
- b. Uma mesma letra indica possibilidade de armazenagem conjunta sem aumento de risco. Letras diferentes indicam incompatibilidade.

5.4.4 - TABELAS DE QUANTIDADES DE PROPELENTE LÍQUIDO X DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA.

TABELA 5.2
GRUPO I: PEQUENO RISCO DE FOGO.

QUANTIDADE DE PROPELENTE (lb/kg)		DISTÂNCIA PARA (PÉS/METROS)	
		Edificações habitadas, rodovias, ferrovias e armazenagem de materiais incompatíveis.	Armazenagem de matérias compatíveis
ACIMA DE	ATÉ		
0	100/45	10/3	25/8
100/45	200/91	35/11	25/8
200/91	300/136	40/12	35/11
300/136	400/181	45/14	35/11
400/181	500/226	50/16	40/12
500/226	600/272	50/16	40/12
600/272	700/317	55/17	40/12
700/317	800/362	55/17	45/14
800/362	900/408	60/18	45/14
900/408	1000/454	60/18	45/14
1000/454	2000/908	65/20	50/16
2000/609	3000/1350	70/21	55/17

TABELA 5.3
GRUPO II: RISCO DE FOGO.

QUANTIDADE PROPELENTE (lb/kg)		DE	DISTÂNCIA PARA (PÉS/METROS)	
			Edificações habitadas, rodovias, ferrovias e armazenagem de materiais incompatíveis.	Armazenagem de matérias compatíveis
ACIMA DE	ATÉ			
0	100/45		60/18	30/9
100/45	200/91		75/23	35/11
200/91	300/136		85/26	40/12
300/136	400/181		90/27	45/12
400/181	500/226		100/30	50/16
500/226	600/272		100/30	50/16
600/272	700/317		105/32	55/17
700/317	800/362		110/33	55/17
800/362	900/408		115/35	60/18
900/408	1000/454		120/36	60/18
1000/454	2000/908		130/40	65/20
2000/609	3000/1350		145/44	70/21

TABELA 5.4
GRUPO III: RISCOS DE FRAGMENTAÇÃO E DEFLAGRAÇÃO

QUANTIDADE PROPELENTE (lb/kg)		DE	DISTÂNCIA PARA (PÉS/METROS)	
			Edificações habitadas, rodovias, ferrovias e armazenagem de materiais incompatíveis.	Armazenagem de matérias compatíveis a do Grupo III.
ACIMA DE	ATÉ			
0	100/45		80/24	20/6
100/45	200/91		100/30	35/11
200/91	300/136		110/33	40/12
300/136	400/181		120/36	45/14
400/181	500/226		130/40	50/16
500/226	600/272		135/41	50/16
600/272	700/317		140/42	55/17
700/317	800/362		145/44	55/17
800/362	900/408		150/45	60/18
900/408	1000/454		160/48	60/18
1000/454	2000/908		175/53	65/20
2000/609	3000/1350		190/60	70/21

GRUPO IV - RISCO DE DETONAÇÃO.

Os propelentes que constituem esse grupo são tabelados de acordo com o local de utilização (bancos de prova e plataformas) e equivalência com o TNT.

A operação simultânea com ácido nítrico vermelho fumegante inibido e anilina equivale a TNT.

A tabela correspondente é a que se segue:

TABELA 5.5
DISTÂNCIA DE SEGURANÇA PARA ÁCIDO NÍTRICO-ANILINA.

PESO TOTAL DO PROPELENTE EM lb/kg NÃO ACIMA DE	DISTÂNCIA PARA (PÉS/METROS)			
	EDIFICAÇÕES HABITADAS,		ESTRADAS, FERROVIAS E RODOVIAS	
	C/BARRICADA	S/BARRICADA	C/BARRICADA	S/BARRICADA
500/227	150/45	300/91	90/27	180/55
1000/453	160/68	380/115	115/35	230/70
2000/900	238/71	470/142	140/42	280/65
3000/1352	270/67	540/164	160/49	320/97
4000/1812	295/99	590/179	175/53	350/106
5000/2265	320/97	640/194	190/58	380/115
6000/2718	340/103	680/267	205/62	410/125

TABELA 5.6
DADOS PARA ARMAZENAGEM DE FOGUETES EM USO NO CLBI

FOGUETE	PESO DO PROPELENTE lb/Kg	DIAMETRO in/cm	COMPRIMENTO in/cm	TEMPERATURA MÍNIMA ARMAZENAGEM °F/°C	TEMPERATURA MÁXIMA ARMAZENAGEM °F/°C	CLASSIF. QUANT. X DIST.	COMPATIBILIDADE	CLASSIFICAÇÃO ICC
ALTAIR	455/207	18/45.7	59.5/1.5	40/4.5	100/38	2 ou 7	F	A
APACHE	131/59.5	6.75/17.1	103/2.64	-32/-35	100/38	2 ou 7	F	B
ARCAS	42.5/19.3	4.45/11.3	60.8/1.54	-10/-23	110/43	2 ou 7	F	B
CAJUN	117/53	6.75/17.1	103.8/2.64	32/0	100/38	2 ou 7	F	B
DM-18								
HASP	16.8/7.64	3/7.62	66.87/1.70	0/-18	120/49	2 ou 7	F	B
H. JOHN	2050/930	23.4/59.5	197.2/5.00	0/-18	130/54	2 ou 7	F	A
NIKE	740/336	17.6/44.7	134.7/3.42	-10/-23	130/54	2 ou 7	F	B
FFAR	6.4/2.9	2.75/7	48.0/1.22			2 ou 7	F	B

TABELA 5.7 – INCOMPATIBILIDADE NO TRANSPORTE DE VEÍCULOS

A LETRA X INDICA INCOMPATIBILIDADE PARA TRANSPORTE NUM MESMO VEÍCULO	PÓLVORA NEGRA E OUTROS BAIXOS EXPLOSIVOS	ALTOS EXPLOSIVOS	CARGAS PRIMÁRIAS	FOGUETES CLASSE A	FOGUETES E INCIADORES CLASSE B	PIROTÉCNICOS	ÁLCOOL FURFÚRICO	ÁCIDO NÍTRICO	ANILINA
PÓLVORA NEGRA E OUTROS BAIXOS EXPLOSIVOS			X			X		X	X
ALTOS EXPLOSIVOS			X			X		X	X
CARGAS PRIMÁRIAS	X	X		X	X	X		X	X
FOGUETES CLASSE A			X					X	X
FOGUETES/INCIADORES CLASSE B			X					X	X
PIROTÉCNICOS	X	X	X	X				X	X
ÁLCOOL FURFÚRICO								X	
ÁCIDO NITRICO	X	X	X	X	X		X		X
ANILINA	X	X	X	X	X			X	

TESTEMUNHO PESSOAL

No meado de 1966, eu fui designado para receber treinamento visando ganhar condições de poder operar no CLBI o foguete AEROBEE 150, a propelente líquido. O treinamento seria conduzido no complexo de lançamentos denominado White Sands Missile Range, nas cercanias da cidade de El Paso, New México (EE.UU).

A viagem até o campo de lançamento foi feita em um avião da FAB, tendo pousado já no entardecer. As seis pessoas que receberiam treinamento foram conduzidas até o salão de recepção do Campo de Lançamento da NAVY, para aguardar um recepcionista que nos encaminharia para o hotel de trânsito.

Enquanto aguardávamos, causou-me surpresa um sem número de retratinhos tamanho 10x7 cm, enfileirados ao longo das quatro paredes do salão, com nomes e datas. Mais de cem retratinhos. Fiquei indagando a mim mesmo: a que se referia tanta gente retratada?

Quando o recepcionista chegou eu não agüentei mais e perguntei o que significava tais retratos. Ele falou-me: "São os nossos heróis. Aqueles que pagaram com a vida para que aprendêssemos a necessidade de observar as regras de segurança. Todos foram acidentados com foguetes, ao longo dos últimos 25 anos."

Sem dúvida, posso afirmar. Foi a mais eloqüente aula de segurança que me foi ministrada. Jamais esqueci da necessidade de nunca transigir quando se trata de segurança no manuseio de explosivos, foguetes, propelentes, etc.

Bibliografia

BUCHHEIM, R. W. – Space Handbook – Randon House – New York.

GATLAND, K. – Missiles and Rockets – Macmillan Publishing Co., Inc. New York.

HUGGERTY, J. J. – Spacecraft – National Science Teachers Association and Scholastic Book Services – New York.

HUNTER, M. W. – Thrust Into Space – Holt, Rinehart and Winston, Inc. New York

KIT, B.; DOUGLAS, S. E. – Rocket Propellant Handbook – The Macmillan Company – New York.

LEY, W. – Rochets, Missiles and Space Travel – The Viking Press – New York.

MOTTA, A. G. – Procedimentos de Segurança para Lançamento de Foguetes não Guiados.

SEIFORT, H. – Space Technology – Jonh Wiley and Sons – New York.

SUTTON, G. P. – Rockt Propulsion Elements – John Wiley & Sons, Inc. New York.

SAFETY – AMC SAFETY MANUAL – PUBLICAÇÃO DO UNITED STATES ARMY MATERIEL COMMAND, WASHINGTON – D.C. E AMC REGULATION – AMCR 385-224.

Apêndice A

Plano Global de uma Operação de Lançamento de Foguetes

APÊNDICE A
PLANO GLOBAL DE UMA OPERAÇÃO DE LANÇAMENTO DE
FOGUETES

1) PROVIDÊNCIAS PRELIMINARES DE SEGURANÇA

O planejamento de uma operação com foguetes, seja com propulsão sólida ou líquida, envolve um sem número de passos que antecedem em muito o dia e hora do lançamento. Tais passos, normalmente, começam a ser executados 15 dias antes da data prevista para o lançamento, de forma a garantir que no dia do lançamento todas as providências de **segurança de terra** e **segurança de voo** foram cabalmente atendidas. Da mesma forma, as necessárias ações no caso de **adiamento do lançamento** precisam ser listadas para evitar problemas de esquecimento de algum item absolutamente necessário. Também, precisam ser registrados os **procedimentos após lançamento**.

2) PLANO OPERACIONAL

Para uma operação de lançamento de foguete ser bem sucedida, é necessário que seja detalhado cada aspecto que a operação deverá conter. Para ilustrar tal detalhamento, foi escolhido um PLANO OPERACIONAL que já foi conduzido no CLBI, inclusive com bastante complexidade, até com recuperação da carga útil no oceano, envolvendo navio, aviões, helicópteros e toda a parafernália de comunicações necessária ao entendimento entre as partes durante a operação.

O PLANO OPERACIONAL aqui apresentado compreende:

- **Anexo I – EQUIPES DE OPERAÇÃO** - onde é listado todo o pessoal que deverá se envolver com a operação, fazendo designação da tarefa de cada um. Também é discriminado a cor da tarjeta individual, deixando claro a posição que assumirá durante a contagem regressiva, bem como em qual estação de trabalho ficará. E por último, é apontada a organização a qual a pessoa pertence.
- **Anexo II – PLANO DE SEGURANÇA DE TERRA** – onde são apontados e indicados os perigos decorrentes de cada fase da operação.
- **Anexo III- PLANO DE SEGURANÇA DE VÔO** - onde são apontadas as áreas perigosas à navegação marítima ou aérea, e dispõe sobre a operação de determinação do ponto de impacto provável de cada estágio do veículo, bem como aponta os dados de desempenho de cada estágio.

- **SEQUÊNCIA DOS EVENTOS BÁSICOS** - onde são enumerados os passos necessários a alcançar o dia do lançamento com todos os dispositivos operacionais checados e prontos.
- **CONTAGEM REGRESSIVA** – documento destinado à cobrança de cada item necessário ao exato desempenho do veículo, nas proximidades do lançamento. No exemplo a contagem regressiva inicia 05:10 horas antes do disparo.
- **PLANO DE LOCALIZAÇÃO E RECUPERAÇÃO DE CARGA ÚTIL** – onde são enumerados os procedimentos necessários a recuperar a carga útil no seu ponto de impacto no oceano. É uma operação complexa envolvendo navios, aviões, helicópteros, mergulhadores, etc.

Qualquer operação que envolva foguete, seja de propelente sólido ou líquido, carece de um planejamento cuidadoso, baseado na experiência da equipe que irá operar, supondo-se que tanto o Chefe de Operações como o Oficial de Segurança, são pessoas bastante treinadas e aptas a exercer o comando tanto na decorrência da operação, como em qualquer caso de emergência.

PROVIDÊNCIAS PRELIMINARES DE SEGURANÇA

D – 15 dias:

- a) Determine os Pontos de Impacto Previstos (PIP), (todos os estágios). Considerando:
 - Elevação efetiva
 - Azimute efetivo
 - Peso Carga Útil
 - Configuração efetiva da carga útil (caso de arrasto)
 - Tipo de lançador a ser utilizado
 - E outros fatores que possam influir.
- b) Plote na Carta Geográfica os PIP.
- c) Delimite as áreas perigosas à navegação marítima, obedecendo ao seguinte critério:

Fazendo com

$0 < \sigma < 10$ MIMA Área que abranja 3σ

$10 < \sigma < 20$ MIMA Área que abranja 2σ

$20 < \sigma$ área que abranja 1σ

- d) Delimite os espaços aéreos a serem interditados:
 - Espaços verticais, sem limites superiores, correspondentes às áreas perigosas à navegação marítima.
 - Inclua a vertical do CLFBI. Evite interditar a BANT.

D – 12 dias:

- a) Prepare ofício ao Comando Naval de Natal, solicitando aviso aos navegantes para as áreas determinadas em, c de D-15 dias, de acordo com datas e horários previstos para o lançamento.
- b) Envie mensagem ZONAER-2 e CRN (Centro Regional de Notams) SBRF, solicitando interdição de espaços aéreos determinados em d de D-15 dias, de acordo com datas e horários previstos para o lançamento, considerando possuírem atrasos e adiamentos aos lançamentos.

Esta mensagem deve ser enviada no mínimo 6 dias antes do lançamento.

- c) Enviar mensagem ao EMAER solicitando avião com radar para missão RCN.

D – 5 dias:

- a) Enviar mensagem à unidade designada pelo EMAER para realizar missão RCN para coordenação final.

D – 4 dias:

- a) Obter e arquivar cópia do NOTAM e AVISO AOS NAVEGANTES originados pelas providências de D-12 dias.
- b) Imprimir aviso sobre áreas perigosas à navegação de pequeno porte (pescadores) (71 cópias).
- c) Preparar o Centro de Controle para a Operação:
 - Arrumação das salas de Controle e Segurança;
 - Verificação dos intercomunicadores e telefones;
 - Preparação de quadro de controle para o tiro a ser realizado;
 - Preparação da mesa de plotagem;
 - Preparação do calculador de componentes de vento;
 - Verificar a operacionalidade da máquina de calcular;
 - Observar a existência de fichas para o Cálculo de Ponto de Impacto em quantidade suficiente, bem como do material de desenho necessário;
 - Preparar as fichas de Cálculo de Ponto de Impacto a serem usadas e remeter para a meteorologia as de vento balístico.

D – 3 dias:

- a) Contatos com BANT para providenciar: Médico, Ambulância, Carro Contra Incêndio e PA.
- b) Contato com colônias de pescadores, entregando-lhes aviso impresso, bem como, as rádios emissoras e jornais.

D – 2 dias:

- a) Verificar se foi cumprido o item b de D-3 dias.

D – 1 dia:

- a) Avião para missão RCN chega à BANT. “Briefing” para tripulação. (Médico e encarregado do Carro Contra Incêndio, inclusive).
- b) Carregar bateria “Walkie-Talkie”.
- c) Carregar bateria do VHF 140 canais.

D - :

- a) Enviar mensagem ao ACC SBRF confirmando data-hora interdição área.
- b) 30 minutos antes do início da contagem a PA, ambulância e Carro Contra incêndio, deverão estar a postos.
- c) Oficial encarregado de relações públicas deve estar no portão de entrada com uma relação de convidados à espera dos mesmos.
- d) Todo sistema de comunicações deve estar acionado e em pleno funcionamento no início da contagem.

H – 1 hora:

- a) Enviar observador visual para o Morro do Radar a fim de observar a existência de pequenas embarcações na área de impacto do primeiro estágio (caso não haja possibilidade de aeronave).

INSTRUÇÕES GERAIS PARA ADIAMENTO DO LANÇAMENTO

- 1 – Obter do Diretor da Operação a nova data provável de lançamento.
- 2 – Expedir mensagem ao CRN SBRF INFO ACC ZONROT-2 SBRF liberando a área perigosa e solicitando nova data-hora que cubra o novo horário previsto.
- 3 - Avisar à tripulação do avião RCN, PA, contra incêndio e ambulância, prevendo novo horário.
- 4 – Avisar à chefia do NPV-NT para liberar o controle das aeronaves.
- 5 – Oficiar à BASE NAVAL DE NATAL, solicitando novo AVISO AOS NAVEGANTES.

- 6 – Expedir novo aviso aos jornais, rádios, emissoras e colônias de pescadores, se for o caso.
- 7 - Obter cópias dos novos NOTAMs e AVISO AOS NAVEGANTES.
- 8 – Liberar as equipes responsáveis:
 - a) Equipe de PA.
 - b) Rádios portáteis (Walkie-Talkie).
 - c) Viatura (s) própria (s).
 - d) Ambulância e contra incêndio.
 - e) Intercomunicadores.
 - f) Sistema de alto-falantes.

PROCEDIMENTO APÓS LANÇAMENTO

- a) Liberar todas as áreas que, segundo os NOTAMs e AVISO AOS NAVEGANTES, ainda iriam permanecer interditadas, e autorizar regresso à unidade do avião de RCN.
- b) Fazer cópias (3) xerox da cópia a lápis prevista no item "a".
- c) Fazer cópia a lápis das fichas de Cálculo do Ponto de Impacto.
- d) Encaminhar a cópia xerox para o encarregado do projeto (responsável pela coleta dos dados de toda operação visando remessa para pesquisador).
- e) Arquivar, na pasta da operação (Segurança) o original das fichas de Cálculo de Ponto de Impacto.
- f) Fazer o relatório de Segurança em duas vias (uma na pasta de segurança e outra para GETEPE/SJ).
- g) Expedir mensagem e ofícios de agradecimento ao pessoal de fora que cooperou na operação (unidade do avião RCN, Base Naval de Natal, 2º ECA, BANT, etc.) de acordo com a orientação do Diretor da Operação.
- h) Organizar uma pasta com toda documentação de segurança referente ao lançamento (vide pastas anteriores), que será arquivada na sala de Segurança.
- i) Preparar as Salas para que fiquem em condições de aguardar a próxima Operação.

Anexo I
Equipes de Operação – Projeto Poeira

ANEXO I – EQUIPES DE OPERAÇÃO

PROJETO POEIRA

LANÇAMENTOS: BI – 6812/NI – 03
BI – 6813/NI – 04
BI – 6814/NI – 05
BI – 6815/NI – 06

1 – CENTRO DE CONTROLE

Diretor da Operação – Ivan JANVROT Miranda – Cel. Av. (L) ECEMAR
Cientista do Projeto – Mr. R. SKRIVANEK (V) AFCRL
Coordenador do Projeto – Mr. C. HOWARD (V) AFCRL
Auxiliares do Diretor de Operação:
- Pedro I. SEIXAS – Maj. Av. (L) GETEPE
- Antonio dos Santos JACOBS – Cap. Av. (L) GETEPE

2 – SEGURANÇA

Oficial de Segurança – Heitor BORGES Júnior – Maj. Eng. (L) GETEPE
Segurança de Vôo:
- Ulysses BELCULFINE – 1º Ten. Esp. Met. (A) GETEPE
- H. Martins GONZALEZ – 1º Ten. Sup. Téc. (A) ECA-1
- M. SERGIO G. Viveiros – Eng. (A) GETEPE
Segurança de Terra:
- ALMIR H. Azevedo – 1º Ten. Eng. (A) GETEPE
- Equipe Médica. BANT
- Contra Incêndio. BANT
- Equipe PA. BANT

3 . CARGA ÚTIL

IRNOI P. Ramos – Cap. Eng. (V) CTA
Mr. S. CHREST (V) AFCRL
Mr. D. SOLON (V) Northeastern Univ
Mr. R. MORIM (V) Northeastern Univ
Mr. R. HEALY (V) Northeastern Univ
Mr. J. Mc ELHINNEY (V) Northeastern Univ

4 – TELEMETRIA

Paulo DELVAUX – Cel. Av. (L) GETEPE
AJAX Barros de Melo – Cap. Av. (V) GETEPE
Wataru MARUOKA – Cap. Eng. (V) DRAe
CHU Kia I – Eng. (V) GoCNAE
Etiene M. SCHNEIDER – 3S Q AT RA MR (V) GETEPE
DANIEL O. Neves – 3S Q AT RA MR (V) GETEPE
Mr. R. WILTON (V) AFCRL

Mr. W. DUVAL	(V)	Oklahoma State Univ.
Mr. D. MITCHEL	(V)	Oklahoma State Univ.

5 – SISTEMA DE RADAR

Alfredo STAHLBERG – 1S Q AT RA MR	(V)	GETEPE
Francisco R. VERAS – 3S Q AT RA MR	(V)	GETEPE
José ARNALDO Neto – 3S q AT RA MR	(V)	GETEPE
Fernando C. CABRAL – 3S Q AT RA MR	(V)	GETEPE
Rômulo S. MALTA – 3S Q AT RA MR	(V)	GETEPE
Dois operadores da NASA, para o RADAR 2		

6 – MONTAGEM E LANÇAMENTO

Adauto G. MOTTA – 1º Ten. Esp. Com.	(L)	GETEPE
SILVIO D. de Souza 1º Ten. Eng.	(V)	GETEPE
EUSTÁSIO A. Ribeiro – 2S Q AT SE	(L)	GETEPE
Altenor HERCULANO S. – 2S Q AT MO	(L)	GETEPE
Mr. R. STEEVES	(L)	AFCRL

7 – METEOROLOGIA

Carlos GIRARDI – 1º Ten. Esp. Met.	(A)	GETEPE
Juraci SMIDT – 2º Ten. Esp. Met	(A)	Q G 5
J. BARBOSA Leite – 1S Q AT MR	(A)	GETEPE
José J. SOUZA – 2S Q AT MR	(A)	GETEPE
J. WILTON Gonçalves – 2S Q AT MT	(A)	GETEPE
Newton B. TRAQUEIRA C. – 3S Q AT MT	(A)	DRAe

8 – OPERAÇÃO DE LOCALIZAÇÃO E RECUPERAÇÃO DA CARGA ÚTIL

Coordenador Geral		
Fernando Silveira FRIAS – Maj. Av.	(A)	GETEPE
JÚLIO CESAR Nogueira Neto – Eng.	(L)	GETEPE

COMUNICAÇÕES

Cleber MAHLMANN Muniz – 1S Q AT RA MR	(A)	GETEPE
ZILADIR de Oliveira – 1S RT VO	(A)	ECA-1
LUIZ FERNANDO S. Correa – 3S Q AT RA MR	(V)	GETEPE
MÁRCIO A. Milagre – 3S Q AT CV	(A)	GETEPE
S. MARTINS Pereira – S1	(A)	GETEPE

NAVIO PATRULHA PIRAJU (JUPIMAR)

TÁRCIO Cunha Gomes – Cap. Ten. (A) BNNT
HUMAITÁ de Souza – 1S Q AT CV (A) BANT
Waldir LAMENZA – 2S Q AT RA MR (A) ECA-1

SA-16 (PELICANO)

Heins OBRECHT – Maj. Av. - 2/10 GAV
Ayr de Moura BELLO - Ten. Av. - 2/10 GAV
B. ALCÂNTARA – 1S Q AV - 2/10 GAV
A. ROCIO de Castro Pinto – 2S Q EF - 2/10 GAV
Oswaldo de A. VELOSO – 2S Q AT PA - 2/10 GAV
JORGE A. Nogueira – 3S Q AV - 2/10 GAV
J. TAVARES de Souza – 3S Q RT VO - 2/10 GAV

Helicóptero SH-1D (COLIBRI 03)

Carlos MARQUES - Ten. Av. (A) 2/10 GAV
Hélio XAVIER Bezerra - Ten. Av. (A) 2/10 GAV
Deusute ALBERNAZ – 1S Q AV (A) 2/10 GAV
João M. CAPELA Jr – 2S Q AV (A) 2/10 GAV

Helicóptero SH-1D (COLIBRI 04)

JOÃO CARLOS Castro – Cap. Av. (A) 2/10 GAV
Reginaldo GOMES PINTO - Ten. Av. (A) 2/10 GAV
Carlos T. NAVI – 2S Q AV (A) 2/10 GAV
Mr. D. MITCHEL (V) OSU

APOIO AOS COLIBRIS E SA-16

Antonio Carlos M. PIRES - 1S Q AT SE - 2/10 GAV
OSWALDO Bergamaschi – 2S Q AT MAV - 2/10 GAV
Olores LOURENÇO – 2S Q AT RA MR - 2/10 GAV

P – 15 (OLIMPUS 01)

Tripulação do 1/7 GAV

P – 15 (OLIMPUS 02)

Tripulação do 1/7 GAV
Mr. W. DUVAL (V) OSU

PARASAR

Roberto C. L. I. GUARANYS – Cap. I Aer. (A) PARASAR
Loris A. CORDOVIL – Cap. I Aer. (A) PARASAR
Djalma LINS e SILVA – 1S Q IG FI (A) PARASAR

Centro de Coordenação de Busca (RCC)

DELAREZ Lopes dos Santos – 2º Ten. CTA (A) ZONSAR 2
Cylas PAGUETTI – 1S Q AT CV (A) ZONSAR 2

9 – PARTICIPAM AINDA DESTE PROJETO:

Do Air Force Cambridge Research Laboratories

Mr. T. RYAN

(V) Cientista

Mr. R. SARKISIAN

(V) Cientista

Mr. R. CARNEVALE

(A) Cientista

Cylas PAGUETTI – 1S Q AT CV

(A) ZONSAR 2

Do GETEPE

Heitor BORGES Júnior – Maj. Eng.

(L) Encarregado
do Projeto

Anexo II
Plano de Segurança de Terra

ANEXO II – SEGURANÇA

PROJETO POEIRA

PLANO DE SEGURANÇA DE TERRA

a – LANÇAMENTO: BI-6812/NI-03 (AG7.273)
BI-6813/NI-04 (AG7.274)
BI-6814/NI-05 (AG7.275)
BI-6815/NI-06 (AG7.276)

b – DATAS: 08 AGO 68 HORAS: 10:00Z JANELA: + 4 horas
11 AGO 68 10:00Z
12 AGO 68 10:00Z
15 AGO 68 10:00Z

ALTERNATIVAS: Dias subsequentes até 16 AGO 68

c – OFICIAL DE SEGURANÇA: MAJ. ENG. HEITOR BORGES JÚNIOR
SEGURANÇA DE PLATAFORMA: TEN. ESP. COM ADAUTO GOUVEIA
MOTTA

d – MATERIAIS DE RISCO

1. Pirotécnicos: vide I4c – Plano de Operação
2. Propelentes: vide I4a – Plano de Operação

CLASSIFICAÇÃO:

NIRO sem iniciador..... Classe 2
NIRO com iniciador..... Classe 9

OPERAÇÃO QUE REQUEREM PRECAUÇÃO

O quadro abaixo indica as principais operações na área de lançamento, os locais de onde ou onde as mesmas são executadas e os tipos de cuidados necessários:

- "PRECAUÇÃO" indica que todo pessoal necessário e que possua identificação própria pode permanecer na área 1 e 2.
- "PERIGO 1" indica que somente o pessoal estritamente necessário pode permanecer nas áreas 1 e 2.
- "PERIGO 2" indica que ninguém pode permanecer nas áreas 1 e 2 e todo pessoal da área 3 deve procurar proteção.

OPERAÇÃO	LOCAL	CONDIÇÃO
Transporte do veículo	Prep./ Plat. 1	PRECAUÇÃO
Instalação de iniciadores	Preparação	PERIGO 1
Acoplamento Nike-Iroquois conexões elétricas do circuito de fogo	Plataforma 1	PRECAUÇÃO
Comutação de energia na Carga Útil	Casamata	PERIGO 2
Ajuste de orientação do lançador	Plataforma 1	PERIGO 1
Lançamento	Casamata	PERIGO 2

Os seguintes serviços e equipamentos deverão permanecer de prontidão no CLFBI, durante as "operações que requerem precaução" (conforme quadro acima) e contagem para lançamento:

Médico e ambulância

Policiamento: 8 PA (durante a contagem)

Carro contra-incêndio

Serviço portátil de comunicações.

PROCEDIMENTOS ESPECIAIS

1. – FALHA DE IGNIÇÃO

Caso de falha de ignição. Todo pessoal das áreas 1 e 2 deve permanecer protegido. O Oficial de Segurança da Plataforma entra em contato imediato com o Diretor da Operação.

2. – EXPLOSÃO OU IGNIÇÃO PREMATURA DO FOGUETE

Todo pessoal existente na área perigosa deve procurar proteção e aguardar instruções do Diretor da Operação.

Oficial de Segurança da Plataforma, Oficial de Segurança e Médico entram em contato imediato com o Diretor da Operação.

3. – SUSPENSÃO DE LANÇAMENTO

Todos os iniciadores e outros equipamentos pirotécnicos deverão ser desconectados e eletricamente desarmados.

Anexo III
Plano de Segurança de Vôo

ANEXO III – SEGURANÇA

PROJETO POEIRA

PLANO DE SEGURANÇA DE VÔO

- a – LANÇAMENTO: BI-6812/NI-03 (AG7.273)
BI-6813/NI-04 (AG7.274)
BI-6814/NI-05 (AG7.275)
BI-6815/NI-06 (AG7.276)
- b – DATAS: 08 AGO 68 HORAS: 10:00Z JANELA: + 4 horas
11 AGO 68 10:00Z
12 AGO 68 10:00Z
15 AGO 68 10:00Z
- c - ALTERNATIVAS: Dias subseqüentes até 16 AGO 68
- d – PLATAFORMA: 1/LANÇADOR: Militar (Trilho 21 pés)
- e – SISTEMA DE TERMINAÇÃO DE VÔO: Não haverá
- f – OFICIAL DE SEGURANÇA: MAJ. ENG HEITOR BORGES
JÚNIOR
- EQUIPE DE SEGURANÇA DE VÔO:
Cálculo de trajetória: TEN ESP MET ULYSSES
BELCULFINE
TEN SUP TEC H. M.
GONZALEZ
CV WELBAM A. MACEDO
- Plotagem e cálculo de probabilidades: ENG MARIO SÉRGIO G. DE
VIVEIROS
- g – VALORES EFETIVOS: $QE = 85^\circ$ $AZ = 110^\circ$ $ALCANCE = \frac{82\text{km}}{(58\text{km})}$
- h – LIMITAÇÕES DE VENTO: Balístico: 35 P/S
Superfície: 30 P/S
- i – LIMITAÇÕES DO LANÇADOR: Elev. + 2° e - 5°
Az. $\pm 20^\circ$
- j – ÁREAS PERIGOSAS À NAVEGAÇÃO MARÍTIMA, compreendidas por:
Paralelos: $05^\circ 30' S/07^\circ 00S$
Meridianos: $034^\circ 00' W$ /linha litorânea
Dias: 08, 09, 10, 11, 12, 13, 14, 15 e 16 AGO 68
Horas das 10:00Z às 14:00Z

- k – ESPAÇO PERIGOSO À NAVEGAÇÃO AÉREA, compreendido por:
Vertical do CLBI e
Paralelos: 05° 30' S/07° 00' S
034° 00' W/linha litorânea
Dias: 08, 09, 10, 11, 12, 13, 14, 15 e 16 AGO 68
Horas das 10:00Z às 14:00Z
- 1 – CONTROLE DA ÁREA DE IMPACTO: P-15 ORDEM DE MISSÃO
Nº BI-6802
- m – PROBABILIDADE DE IMPACTO EM AERONAVES, NAVIOS E TERRA:
menor que 10^{-5}

DADOS DE DESEMPENHO

LANÇAMENTO: BI-6812/NI-03 BI-6814/NI-05 CASO DE ARRASTO – DIRTY
 CARGA ÚTIL: 140 lb

QE EFETIVA: 85°
 LANÇADOR:
 REAL:
 AZ EFETIVO: 110°
 LANÇADOR:
 REAL:

DISPERSÃO: 1º Estágio: 1 sigma 1445 m (0,78 mima)
 2º Estágio: 1 sigma 21298 m (11,5 mima)

ESTÁGIO		TEMPO (seg)	VEL (m/seg)	ELEV	ALTITUDE (m)	ALCANCE (m)
1º	IGNIÇÃO	0	0	85°	0	0
	EXTINÇÃO	3.35	875		1602	205
SEPARAÇÃO		3.35	875		1602	205
2º	IGNIÇÃO	19.50	433		11079	1240
	EXTIÇÃO	27.50	1691		18556	2027
	APOGEU	196	213		151500	39624

IMPACTO	
ALCANCE (m)	TEMPO (seg)
3000 (1,9 mite) (1,6 mima)	380
82000 (51 mite) (44 mima)	

DADOS DE DESEMPENHO

LANÇAMENTO: BI-6813/NI-04 BI-6815/NI-06 CASO DE ARRASTO – DIRTY
 CARGA ÚTIL: 200 lb

QE [EFETIVA: 85°
 LANÇADOR:
 REAL:

AZ [EFETIVO: 110°
 LANÇADOR:
 REAL:

DISPERSÃO: 1º Estágio: 1 sigma 1445 m (0,78 mima)
 2º Estágio: 1 sigma 21298 m (11,5 mima)

ESTÁGIO		TEMPO (seg)	VEL (m/seg)	ELEV	ALTITUDE (m)	ALCANCE (m)	IMPACTO	
1º	IGNIÇÃO	0	0	85°	0	0	ALCANCE (m)	TEMPO (seg)
	EXTINÇÃO	3,36	825		1514	204	3000 (1,9 mite) (1,6 mima)	285
	SEPARAÇÃO	3,36	825		1514	204		
2º	IGNIÇÃO	19,50	316		9421	1445	58221 (31.4 mima)	
	EXTIÇÃO	27,50	1302		15246	2668		
	APOGEU	143,20	195		80063	29073		

MINISTÉRIO DA AERONÁUTICA
ESTADO MAIOR DA AERONÁUTICA
GETEPE
PROJETO POEIRA

LANÇAMENTOS: BI-6812/NI-03 A BI-6815/NI-06

SEQUÊNCIA DOS EVENTOS

Reunião de pré-vôo	01 AGO 08: 15 P
Teste horizontal Carga Útil nº 1	08: 15 P 14: 00 P
Instalação equipamento de comunicação no JUPIMAR	02 AGO 08: 30 P
Teste horizontal Carga Útil nº 2	02 AGO 14: 00 P
Todos os foguetes prontos	02 AGO 16: 00 P
Instalação ARA-25 no helicóptero	05 AGO 08: 30 P
Teste de iniciadores	05 AGO 10: 30 P
Teste vertical Carga Útil nº 1	05 AGO 14: 00 P
Treinamento simulado da equipe de recuperação	06 AGO 10: 00 P
Teste horizontal Carga Útil nº 3	06 AGO 14: 00 P
Treinamento simulado da equipe de recuperação	07 AGO 07: 00 P
Iniciador no Iroquois nº 1 e acoplamento Carga Útil nº 1, pesagem e CG	07 AGO 10: 00 P
Teste vertical Carga Útil nº 2	07 AGO 13: 30 P
Colocação veículo nº 1 no lançador e teste vertical de pré-vôo	07 AGO 15: 00 P
Lançamento BI-6812/NI-03 (nº 1)	08 AGO 07: 00 P
Teste vertical carga nº 3	09 AGO 13: 30 P
Teste horizontal Carga Útil nº 4	09 AGO 15: 00 P
Iniciador no Iroquois nº 2 e acoplamento Carga Útil nº 2, pesagem e CG	10 AGO 10: 00 P
Colocação veículo nº 2 no lançador e teste vertical de pré-vôo	10 AGO 15: 00 P
Lançamento BI-6813/NI-04 (nº 2)	11 AGO 07: 00 P

Iniciador no Iroquois nº 1 e acoplamento Carga Útil nº 1, pesagem e CG	11 AGO 10:00 P
Colocação veículo nº 3 no lançador e teste vertical de pró-vôo	11 AGO 15:00 P
Lançamento BI-6814/NI-05 (nº 3)	12 AGO 07:00 P
Teste vertical Carga Útil nº 1	05 AGO 14:00 P
Teste vertical Carga Útil nº 4	06 AGO 10:00 P
Teste horizontal Carga Útil nº 3	13 AGO 14:00 P
Iniciador no Iroquois nº 1 e acoplamento Carga Útil nº 1, pesagem e CG	14 AGO 07:00 P
Colocação veículo nº 4 no lançador e teste vertical de pré-vôo	14 AGO 15:00 P
Lançamento BI-6815/NI-06 (nº 4)	15 AGO 07:00 P
NOTA: 1 - Em todos os testes verticais e horizontais os Radares 1 e 2 e a Telemetria Estação H devem estar disponíveis.	
2 – O “briefing” final será realizado em data e hora a ser marcada posteriormente. Mais provável.	06 AGO 15:00 P

CONTAGEM DE TERMPO N I R O						
H-Negat.			ITEM	OPERAÇÃO	RESPONS.	CONT.
H	M	S				
			-	Evacuar áreas 1 e 2 CONFIRMAR	Seg	
			-	Transporte foguete plataforma. CONFIRMAR.	M L	
			-	Suspender bloqueio área 2.	Seg	
			-	Término instalação foguete no lançador. CONFIRMAR.	M L	
			-	Confirmar o "PRONTO" para o teste vertical		
			-	C. Útil Radar		
			-	T M		
			-	Evacuar área 2. CONFIRMAR.	Seg	
			-	Autorizar início teste vertical.	Dir Op	
			-	C. Útil comanda passagem para canal 4 e inicia teste.	C. Útil	
			-	Término teste vertical. Anunciar (canal 2) resultado.	C.Útil	
			-	Liberar área 2.	Seg	
			-	Preparo foguete e C. Útil para pernoite CONFIRMAR quando concluído.	C. Útil M L	
			-	Liberar área 1.	Seg	
05	10		1	Pessoal Radar e Met a postos.	Rd, Met	
04	30		-	Contagem.	Met	
04	20		2	Início SGA-1 (100 Kft).	Rd, Met	
04	00	00	-	Contagem.	Met	
03	30		-	Contagem.	Met	
03	00	00	-	Contagem.	Met	
02	30		3	Todos os Postos guarnecidos. CONFIRMAR o "PRONTO". - Casamata Segurança - Radar 1 Coord Resgate - Radar 2 Carga Útil - Telemetria H Cient. Projeto	Dir Op	
			4	Sincronizador relógios WWV.	Com	
02	15		5	Dados SGA-1 p/Seg.	Met	
02	10		6	Início SBA-1 (5250 ft) e SGA-2 (47 Kft).	Rd, Met	
02	00	00	7	JUPIMAR no ponto de início. CONFIRMAR.	Jupimar	
			8	Partida no gerador de emergência.	Elet	
01	40		9	Dados SBA-1 p/Seg.	Met	
01	30		10	JUPIMAR informa: estado do mar, vento de superfície, visibilidade e cobertura de nuvens.	Jupimar	
			11	Meteorologia informa previsão meteorológica para o CLFBI para as próximas 3 horas.	Met	
			12	Exame da situação meteorológica. Anunciar decisão	Dir Op	
01	20		13	Início SBA-2 (5250 ft).	Rd, Met	
			14	Evacuar área 1.	Seg	

CONTAGEM DE TERMO N I R O						
H-Negat.			ITEM	OPERAÇÃO	RESPONS.	CONT.
H	M	S				
01	15		15	Descobrir a C. Útil e elevar o lançador Az= 110° E1= 87°.	C. Útil M L	
01	10		16	Dados para 1ª orientação lançador (SGA-1 e SBA-1).	Seg	
			17	Dados SGA-2 p/Seg.	Met	
01	00	00	-	Contagem	Dir Op	
	55	00	18	Lançador elevado e área 1 evacuada. CONFIRMAR.	M L	
			19	Evacuar área 2.	Seg	
	53	00	20	Iniciar teste vertical.	C. Útil, TM Rd	
			21	Dados SBA-2 p/Seg.	Met	
	45	00	22	Início SBA-3 (5250 ft) logo que Rd for liberado do teste vertical.	Rd, Met	
	40	00	23	Olimpus 01 orbitando no ponto de início. CONFIRMAR	Olimpus 1 Coord.Resg	
			24	Término teste vertical. CONFIRMAR.	C. Útil	
			25	Liberar área 2	Seg	
	35	00	26	Helicópteros guarnecidos. CONFIRMAR	Colibris Coord.Resg	
	30	00	27	Pelicano orbitando no ponto de início. CONFIRMAR	Pelicano Coord.Resg	
			28	Teste de comunicações: - JUPIMAR Colibris 03 - Olimpus 01 Colibri 04 - Olimpus 02 Pelicano Reportar resultado para Dir Op.	Coord.Resg	
			29	Dados SBA-3 P/Segurança.	Met	
	25	00	30	Confirmar sincronização relógios. W W V	Com	
	20	00	31	TM em alimentação externa. CONFIRMAR.	C. Útil	
			32	Acusar recebimento sinal TM (234 MHz). - TM Estação H Olimpus 02 - Olimpus 01 Colibri 04	Coord.Resg	
			33	TM desligada. CONFIRMAR.	C. Útil	
			34	PARASAR guarnecem helicópteros. CONFIRMAR	Parasar Coord.Resg	
			35	Dados para orientação definitiva do lançador (SGA-2 e SBA-3).	Seg	
			36	Passar dados de orientação definitiva do lançador para o Of Seg Plat. 1° Az 075° El 86° 2° Az 090° El 86° 3° Az 100° El 86° 4° Az 090° El 86°	Dir Op	
	15	00	37	Orientação final do lançador	M L	
			38	Olimpus 02 orbitando no ponto de início. CONFIRMAR.	Olimpus 02 Coord.Resg	
			39	Evacuar área 2. Suspende tráfego de veículos nas áreas 1, 2 e 3 CONFIRMAR.	Seg	

CONTAGEM DE TERMPO N I R O						
H-Negat.			ITEM	OPERAÇÃO	RESPONS.	CONT.
H	M	S				
	10	00	40	Silêncio Rádio (Exceto Coord. Resgate) CONFIRMAR: - Comunicações BC 4 - Segurança PC 1000 - Baker Nunn.		
			41	Lançador ajustado e área 1 evacuada. CONFIRMAR	M L	
			42	"Beacon" em alimentação externa. CONFIRMAR	C. Útil	
			43	TM em alimentação externa. CONFIRMAR	C. Útil	
			44	Radares acusam recebimento de sinal: - Radar 1 Olympus 01 - Radar 2 Olympus 02		
			45	Acusar recebimento sinal TM: - TM Olympus 02 - Olympus 01 Colibri 04		
	06	00	46	Confirmar o "PRONTO": - Casamata Segurança - Radar 1 Coord Resg - Radar 2 Carga Útil - Telemetria Cientista do Projeto		
			47	Anunciar o lançamento do NIKE IROQUOIS da plataforma 1.	Dir Op	
			48	"Beacon" em alimentação interna. CONFIRMAR	C. Útil	
	03	00	49	Radares confirmam "Go/No Go".	Radares	
			50	Instrumentação em alimentação externa. - Giro ligado - Experimento ligado	C. Útil	
			51	TM em alimentação interna. CONFIRMAR	C. Útil	
	02	00	52	TM confirma "Go/No Go".	T M	
			53	Conectar linha de fogo e ligar sirene por 20 segundos.	M L	
	01	30	54	TM gravador de fita ligado. CONFIRMAR.	T M	
	01	00	55	Instrumentação em alimentação Interna. CONFIRMAR.	C. Útil	
		40	56	TM gravador de paiol ligado CONFIRMAR	TM	
			57	Checar corrente do giro	C. Útil	
			58	Destruir o giro.	C. Útil	
			59	"Timers" "prontos".	C. Útil	
		30	60	Armar pirotécnicos C. Útil.	C. Útil	
		20	-	Contagem.		
		10	-	Contagem.		
		00	61	DISPARO.		

CONTAGEM DE TERMPO N I R O						
H-Posit..			ITEM	OPERAÇÃO	RESPONS.	CONT.
H	M	S				
	00	3,35	-	Extinção do NIKE.		
	00	20	-	Ignição Iroquois.		
	00	28	-	Extinção Iroquois.		
	00	53	-	Ejeção ogiva.		
	(00	77)				
	00	10	-	Apogeu.		
	(00	26)				
	04	45	-	Separação C. Útil – 2º estágio.		
	(03	23)				
	07	34	-	Ejeção proteção posterior e abertura		
	(05	52)		páraquedas piloto.		
	07	44	-	Abertura pára-quedas principal.		
	(06	02)				
	14	54	-	Impacto Carga Útil.		
	(13	12)				
				Os tempos entre parêntesis correspondem aos lançamentos 2 e 4 com as cargas úteis mais pesadas.		

MINISTÉRIO DA AERONÁUTICA
ESTADO-MAIOR DA AERONÁUTICA
GETEPE

PROJETO POEIRA
PLANO DE OPERAÇÃO
ANEXO IV

PLANO DE LOCALIZAÇÃO E RECUPERAÇÃO DE CARGA ÚTIL

LANÇAMENTOS:	BI – 6812/NI – 03	08 Ago 68
	BI – 6813/NI – 04	11 Ago 68
	BI – 6814/NI – 05	12 Ago 68
	BI – 6815?NI – 06	15 Ago 68

PLANO DE LOCALIZAÇÃO E RECUPERAÇÃO DE CARGA ÚTIL

1 – OBJETIVO

Localizar e recuperar, em alto mar, a carga útil dos foguetes NIRO dos lançamentos: BI-6812/NI-03, BI-6813/NI-04, BI-6814/NI-05 e BI-6815/NI-06.

2 – UNIDADES PARTICIPANTES

a – Da Marinha de Guerra do Brasil
Um navio patrulha

b – Da Força Aérea Brasileira

GETEPE	- Planejamento, Coordenação e Controle.
1º/7º GAV	- 2 P – 15.
2º/10º GAV	- 2 SH-1D, 1 SA-16.
1º Esqd/AET SLV	- 4 PARASAR.
1º ECA	- Comunicações.
SR-2	- Centro de Coordenação de Busca.

3 – TAREFAS

GETEPE	- Controle.
NAVIO	- Localização e Recuperação.
P – 15	- Localização.
P – 15	- Localização.
SH-1D (Rec)	- Recuperação.
SH-1D (Apoio)	- Localização e Apoio.
SA-16	- Apoio aos SH-1D.
PARASAR	- Recuperação.
ECA-1	- Comunicações.
SR-2	- Busca.

4 – SINAIS DE CHAMADA

NAVIO	- JUPIMAR.
P – 15	- Olympus 01.
P – 15	- Olympus 02.
SH-1D (Rec)	- Colibri 03.
SH-1D (Apoio)	- Colibri 04.
SA-16	- Pelicano.
Controle	- BARREIRA.
SR-2	- Busca.

5 – FREQUÊNCIAS

a – Comunicações

Primária	- 5935 KHz AM.
Secundária	- 119.5 MHz – 5935 KHz SSB/USB.
Emergência	- 11650 KHz SSB/USB ou através Base Naval e Base Aérea de Natal.

b - Localização

Primária	- 225.7 MHz (Rádio Farol da Carga Útil).
Secundária	- 234.0 MHz (Transmissor de Telemetria).
Radar	- 2890 MHz ("Radar Beacon" na Carga Útil).

c – Busca

Primária	- 11337,5 KHz SSB/ USB.
Secundárias	- 13854,0 KHz SSB/USB.
	- 7050,0 KHz AM.
	- 2-30 MHz AM/SSB (RF 301).

6 – Controle

Primário	- Barreira.
Secundário	- P-15 ou quem expressamente determinado.

7 – Bases de Operação

Navio	- BNNT.
P – 15	- BANT.
SA-16	- BANT.
SH-1D	- BARREIRA.
PARASAR	- BARREIRA.
Controle	- BARREIRA.

8 – Condições de Início

Jupimar	- Orbitando em torno do ponto de coordenadas: C. Útil 140 1bs: 06° 06'S 034° 38' W. C. Útil 200 1bs: 06° 02' S 034° 48' W.
Olimpus 01	- Orbitando NDB SBNT a 5kft a partir de H-40 min;
Olimpus 02	Orbitando em torno do ponto de coordenadas; C. Útil 140 1bs: 06° 17'S 034° 06' W C. Útil 200 1bs: 06° 14' S 034° 0' W
Colibri 03	- Pousado no CLFBI (helicóptero 1) e guarnecido a partir de H-35 min;
Colibri 03	- Pousado no CLFBI (helicóptero 2) e guarnecido a partir de H-35 min;
Pelicano	- Orbitando NDB SBNT a 2,5 kft a partir de H-30 min.
PARASAR	- Guarnecendo os helicópteros a partir de H-20 min.

Todos na escuta da frequência primária e de uma frequência secundária. Todos equipamentos UHF/DF sintonizados em 234.0 MHz. Radares em "stand by", exceto Olympus 02 que poderá irradiar.

9 – Dados Essenciais da contagem

Início da contagem	H-05 10 00
JUPIMAR no ponto de início	H- 02 00 00

JUPIMAR informa	H- 01 03 00
Estado do mar	
Vento de superfície	
Visibilidade	
Cobertura de nuvens	
Olimpus 01 no ponto de início	H- 00 40 00
Colibris no ponto de início (guarnecidos)	H- 00 35 00
Cheque rádio	H- 00 30 00
Pelicano no ponto de início	H- 00 30 00
Acertar relógios WWV	H- 00 25 00
Acusar sinal TM no UHF/DF	H- 00 20 00
Silêncio rádio entre	H- 00 15 00
	H+ 00 15 00
Olimpus 02 no ponto de início	H- 00 15 00
Acusar Recebimento sinal do "Beacon"	H- 00 10 00
Acusar recebimento sinal de TM	H- 00 10 00
DISPARO	H- 00 00 00
Abertura do pára-quedas principal e impacto do Iroquois	
C. Útil 140 Lbs	H+ 00 07 44
C. Útil 200 Lbs	H+ 00 06 02
Impacto da Carga Útil	
C. Útil 140 Lbs	H+ 00 14 54
Az. Verdadeiro: 110° Distância: 44 MIMA C. Útil 200 Lbs	H+ 00 13 12
Az. Verdadeiro: 110°, Distância: 34 MIMA	

10 – Procedimento

- Imediatamente após decolagem do foguete, JUPIMAR parte para o ponto de impacto previsto;
- Radar 01 anuncia Az e El de vôo (canal 2 do Intercom);
- Barreira faz chegar esta informação aos aviões e ao navio o mais rápido possível; Olympus 01 dá o ciente.
- Olympus 01 parte no Azimute anunciado ou no Azimute efetivo após impacto do "booster" ou a H+ 2 min;
- Olympus 01 retransmite para todos o azimute de vôo anunciado;

- Olympus 01 passa a irradiar com o radar em "sector scan"/ após QAF Barreira;
 - Olympus 02 parte para ponto de impacto a H+ 4 min;
 - Radar anuncia ejeção da Carga Útil: Az: ___ Dist.: ___
 - TM confirmar "sinal no ar" ou "perda de sinal" (LOS);
 - Radar anuncia impacto Carga Útil no mar ou LOS: Az: ___ Dist.: ___
 - Colibris decolam e são vetorados pela Barreira para o ponto de impacto da Carga Útil;
 - Pelicano da cobertura aos Colibris;
 - Atingindo área de busca todos passam ao controle do Olympus 01 se necessário e conforme ordem da Barreira.
 - Olympus 01 e 02 atingindo ponto de impacto acusar: "Atingindo ponto de impacto, Carga plotada ou não plotada";
 - Caso Carga Útil plotada, marcar com os sinalizadores de fumaça e acusar: Carga Útil marcada;
 - Caso Carga Útil não plotada iniciar procedimento de busca aplicável;
 - Colibris informam autonomia e tempo de permanência na área;
 - Colibris atingindo área de busca: "Carga Útil plotada, iniciar procedimento de resgate". "Carga Útil não plotada, iniciar procedimento de busca/ aplicável".
 - JUPIMAR atingindo ponto de impacto: "Carga Útil localizada e ainda não recuperada: aproximar-se para dar apoio ou resgate conforme instrução Barreira". "Carga Útil não localizada: iniciar procedimento de busca aplicável".
 - Concluída a recuperação acusar: "Recuperação concluída, iniciado regresso".
 - Todas as unidades regressam às bases de operação; Acusar "sobre terra".
 - Caso necessidade de busca contínua: Todas unidades passam ao controle do "Centro de Coordenação de Busca" (Barreira).
-
- EM CASO DE EMERGÊNCIA:
 - 1 – Comunicação imediata;
 - 2 – Marcação do local com marcadores de fumaça por quem chegar primeiro ao local;
 - 3 – Pelicano lança bote ou quem chegar primeiro ao local;
 - 4 – Colibri faz resgate;
 - 5 – JUPIMAR se aproxima para apoio

LIMITES OPERACIONAIS

Todo campo de lançamento de foguetes tem seus chamados **limites operacionais**, os quais são estabelecidos em função de vários fatores, tais como:

- 1) Posição geográfica – É definida como a área útil disponível para a livre evolução dos engenhos lançados;
- 2) Instalações – Construções e sua robustez, distância dos lançadores, proteções e abrigos existentes;
- 3) Vento predominante – Direção e intensidade dos ventos de superfície e altitude;
- 4) PPI (Previsão de Ponto de Impacto)– Probabilidade de impacto em zonas habitadas, embarcações, etc.;
- 5) Sistemas de Segurança - Aqueles dispositivos de segurança que um veículo poderá dispor, como, p.e., sistema de tele-destruição.

Resumindo: são definidos os valores de azimute e elevação a ser ajustado no lançador, para um certo disparo, de forma a garantir que o veículo sempre estará dentro da chamada ZLE – Zona de Livre Evolução, que é definida como a área na qual o veículo e seu PI (Ponto de Impacto) instantâneo poderão evoluir livremente, sem riscos a terceiros.

Dando uma definição mais ampla para ZLE – Área na qual é permitido o vôo e o impacto de estágios, carga útil e demais partes do veículo, sem causar danos a terceiros e obedecendo à probabilidade limite de impacto. No caso do CLBI, esta área abrange a ZONA OPERACIONAL (ZOP) e se estende em direção ao Oceano Atlântico, tendo como limites laterais os azimutes 014° e 145° a partir da mesa do SONDA IV ($05^{\circ}55'08,79''S/035^{\circ}09'38,89''W$).

Na figura 4.1 é mostrado o CLBI com sua área de ocupação, onde está caracterizada a ZONA OPERACIONAL, que é a área definida pelo círculo que contém o lançador como centro e cujo raio equivale à distância máxima na qual o veículo poderá ter seu impacto e a ZONA DE LIVRE EVOLUÇÃO (ZLE).

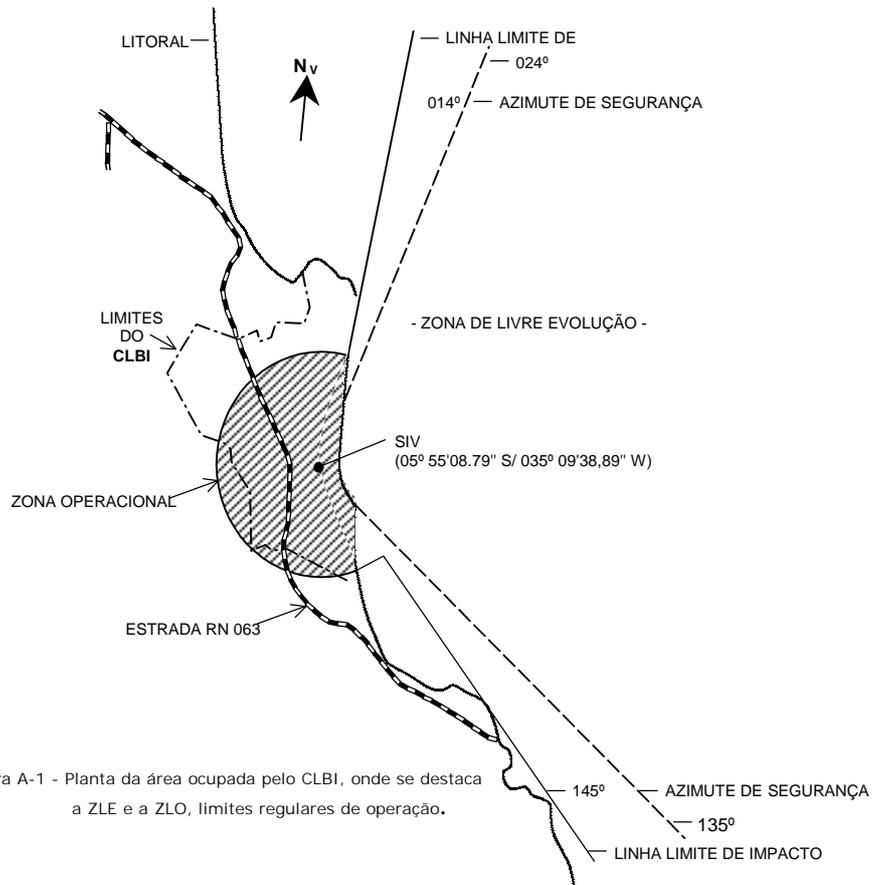


Figura A-1 - Planta da área ocupada pelo CLBI, onde se destaca a ZLE e a ZLO, limites regulares de operação.

Apêndice B
Empuxo, Impulso Total e Impulso Específico

APÊNDICE B

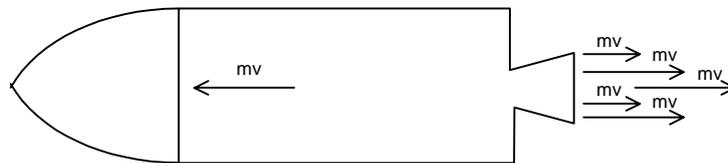
EMPUXO, IMPULSO TOTAL E IMPULSO ESPECÍFICO

O deslocamento produzido por um motor-foguete baseia-se na terceira lei de Newton, que diz: "Qualquer ação recebe uma reação igual e de sentido contrário". No foguete, a AÇÃO é a força dos gases em exaustão pelo bocal. A REAÇÃO IGUAL E CONTRÁRIA é o empuxo para a frente.

Expressando matematicamente, pode-se dizer que:

$$MV = \sum_{mv}$$

onde M e V são, respectivamente, massa e velocidade do foguete, e \sum_{mv} a soma dos produtos de cada partícula de gás em descarga.



É claro que o desejável é ter um altíssimo vetor MV para uma excelente performance do foguete. Isto é possível quando se tem igualmente um altíssimo e oposto \sum_{mv} . Procura-se, portanto, obter partículas gasosas de pequeníssima massa, as quais poderão mais facilmente ganhar um altíssimo valor de velocidade individual.

É fácil compreender que a propulsão recebida por um foguete pode ser considerada em função da pressão produzida pela velocidade individual das partículas de gás. Ou seja, a pressão nas superfícies internas do foguete é o resultado do impacto de muitas ínfimas partículas aceleradas, para altas velocidades, pela liberação de energia no processo químico de combustão do propelente. O movimento das partículas de gás na câmara é inteiramente aleatório e, portanto, em média, pode ser considerado como igual em todas as direções. Com a câmara totalmente fechada, as pressões em lados opostos se anulam mutuamente, sem força resultante. Uma abertura na câmara desbalanceia o estado de equilíbrio, fazendo com que a pressão atue em cada polegada quadrada da área aberta A , gerando um empuxo na direção contrária.



Desta forma a equação de empuxo fica estabelecida:

$$E = P \cdot A$$

onde: E = empuxo, em libras.

P = pressão, em libras por polegada quadrada. (psi-pounds per square inch).

A = área desbalanceada, em polegadas quadradas.

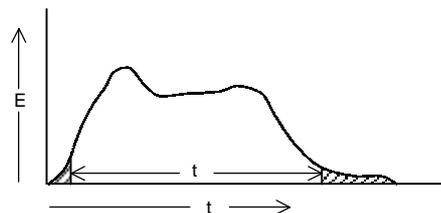
Supondo-se um foguete que mantenha uma pressão de 1000 psi em sua câmara, e com uma área de 20 polegadas quadradas, o empuxo produzido será de 20.000 libras na direção oposta a área aberta.

O empuxo poderá ser melhorado, colocando-se na abertura um ajustado bocal de escape. Dependendo do desenho adotado para o bocal, pode-se obter um rendimento de 1,3 a 2,0 vezes o empuxo, aparecendo, na equação, um coeficiente de empuxo, adimensional, abreviado C_E , que pode ser considerado como a medida de eficiência do bocal, ou seja:

$$E = P \cdot A \cdot C_E$$

Assim sendo, empuxo é a medida de performance de um foguete. Isto é, a soma das forças de reação desenvolvidas no processo de combustão e ejeção dos gases.

IMPULSO TOTAL – é a medida do total de energia disponível em um dado foguete, expresso como o produto do empuxo na unidade de tempo,



Normalmente, os limites de ação, no começo e fim da curva, são desprezados, devido à insignificância de seus efeitos. Tais limites de queima podem assumir valores máximos de 10% do empuxo. O tempo entre tais limites é chamado TEMPO DE AÇÃO (t_a).

Embora a curva acima que expressa empuxo-tempo não possa apresentar forma quadrada, o IMPULSO TOTAL (I_T) pode ser obtido pela multiplicação do valor médio do empuxo (E_M) pelo tempo de ação (t_a), resultando:

$$I_T = E_M \cdot t_a \text{ (Impulso total, em libras/segundo).}$$

IMPULSO ESPECÍFICO é o parâmetro mais usado para avaliação do desempenho de qualquer motor-foguete. É a medida genérica do conteúdo de energia ou de eficiência de uma combinação de propelentes. Ele indica o empuxo, em libras por segundo, do consumo de combustível.

$$I_{es} = \frac{\text{empuxo (lbs)}}{\text{fluxo de propelente (lbs/segundo)}} =$$

$$= \frac{\text{lbs x segundo}}{\text{lbs}} = \text{segundo}$$

Portanto, a unidade de I_{es} é o segundo.

Ele pode ser referido como I_{es} *teórico* ou *prático*. O *teórico* é o impulso máximo teoricamente possível com uma certa combinação de propelentes, sob certas condições. O *prático* é o impulso atual conseguido de uma combinação de propelentes quando usados em um dado sistema.

Para comparar os valores de I_{es} de propelentes diversos, é necessário ter-se certeza que esses impulsos específicos foram computados ou medidos sob as mesmas condições de pressão de câmara e pressão atmosférica.

Notar que, se o produto de valor médio do empuxo (E_m) pelo tempo de ação (t_a) é igual ao impulso total (I_T), o IMPULSO ESPECÍFICO (I_{es}) é determinado simplesmente pela divisão do impulso total (I_T), pelo peso do propelente (p_p), ou seja:¹

$$I_{es} = \frac{I_T}{p_p}$$

¹ Obs.: As unidades são referidas ao sistema inglês, devido ao fato de as tabelas adotadas nos manuais serem todas consideradas nas citadas medidas.

