

## CAPÍTULO 3

# Chegamos à Lua

ELBERT E. N. MACAU

Neste capítulo apresentaremos o contexto histórico/político e científico/tecnológico dos projetos que levaram o homem à Lua. Dentre eles daremos destaque ao Programa Mercury e ao Programa Apollo, passando por detalhes técnicos e tragédias que ocorreram ao longo de todo o processo.

## 1. Introdução

“Houston, aqui é da Base da Tranqüilidade. A *Águia* pousou”. Com essas palavras, Neil Armstrong comunicou ao Centro de Controle da missão Apollo, situado em Houston, que o *módulo lunar “Eagle”* havia pousado na superfície da Lua. Eram 17h17m, horário de Brasília, de 20 de julho de 1969 e a humanidade finalmente testemunhava a realização de um sonho acalentado desde tempos imemoriais. Cerca de seis horas mais tarde, milhões de pessoas em todo o mundo pararam para assistir pela televisão e “ao vivo” a escotilha da nave se abrir para a saída de Armstrong, que se tornaria o primeiro homem a pisar na superfície lunar. Ao tocar o solo, ele pronunciou a seguinte frase: “Este foi um pequeno passo para o homem, mas um gigantesco salto para a humanidade”.

De fato, o programa que permitiu levar o homem até a Lua e trazê-lo de volta, são e salvo, foi um fabuloso empreendimento de engenharia, que envolveu durante uma década cerca de 40000 pessoas num minucioso trabalho coordenado entre in-

dústrias, universidades e centros de pesquisas. Foi o grande desafio, que gerou dispendios de cerca de 136 bilhões de dólares (valores corrigidos para 2006), superou inúmeros problemas tecnológicos e políticos, envolveu riscos, momentos difíceis e vários acidentes, inclusive um fatal. É considerado até hoje como o programa mais ambicioso e complexo já empreendido pela humanidade, sendo a prova irrefutável das grandes conquistas que o homem é capaz de realizar quando ele utiliza a mente e recursos unidos com suficiente determinação, coragem e organização. Recordar e reviver as etapas que tornaram possíveis este empreendimento é transmitir uma mensagem de esperança e de fé na capacidade que o homem tem de resolver problemas, tornando nosso mundo melhor e mais justo para se viver.

O Programa Apollo, cujo objetivo era levar o homem até a Lua, surgiu num contexto muito especial de nossa história recente. Vivia-se a “*Guerra Fria*”, período que se seguiu ao final da II Guerra Mundial e perdurou até 1991, onde Estados Unidos e a ex-União Soviética – as superpotências – travavam uma verdadeira “*batalha estratégica*” com o objetivo de “*dominar ideologicamente*” o mundo. O termo foi cunhado em 1947, pelo conselheiro político americano Bernard Baruch e pelo comentarista político Walter Lippman e referia-se a um conflito que nunca chegaria a um embate militar direto (daí ser uma guerra “*fria*”). Assim, segundo a visão americana, de um lado ficava o “*Mundo Livre*”, constituído pelos Estados Unidos e seus aliados, enquanto do outro, atrás da “*Cortina de Ferro*”, alinhavam-se a URSS e seus países aliados, regidos pelo comunismo. Essas duas visões diferentes de mundo – capitalismo X comunismo – se mostraram irreconciliáveis, o que resultou na mais perigosa e custosa corrida armamentística jamais vista, envolvendo trilhões de dólares e levando o Mundo, em vários episódios sombrios, às portas de uma III Guerra Mundial que, se fosse deflagrada, certamente, não teria vencidos nem vencedores, mas apenas sobreviventes. Nesse contexto, o domínio do espaço se mostrava altamente estratégico, pois aquele que o tivesse demonstraria ao mundo ser o detentor da mais eficiente e refinada tecnologia, que poderia ser empregada nas mais diversas áreas, tanto civis, quanto militares. Seria possível vigiar incessantemente o oponente, interferir em seus movimentos e até mesmo lançar ataques indefensáveis. Por conseguinte, o mundo se curvaria diante daquele que dominasse o espaço e esta seria uma demonstração incontestável de superioridade, consequência maior dos benefícios advindos da escolha ideológica feita pelo vencedor. Daí, a “*batalha espacial*” era a guerra a ser vencida, o que justificava que se concentrassem todos os meios e recursos, possíveis e impossíveis.

E essa batalha começou sendo perdida pelos americanos. Estes, como veremos, conduziam seus esforços espaciais através de vários programas, alguns deles

sobrepostos e concorrentes entre si, distribuídos por diversos órgãos e institutos de pesquisa e desenvolvimento, tanto civis, como militares. Em 4 de outubro de 1957, os soviéticos surpreenderam os americanos, lançando com sucesso o “Sputnik I”, o primeiro artefato feito pelo homem a entrar em órbita da Terra. Este satélite, que pesava cerca de 90 Kg, foi colocado numa órbita elíptica e a cada 90 minutos dava uma volta completa ao redor do planeta, passando em seu trajeto inclusive por Washington, DC, a capital americana. Com essa realização, os soviéticos forneciam uma amostra irrefutável do seu poderio e supremacia tecnológica, mostrando ao mundo que estavam num patamar de superioridade em relação aos americanos. A reação americana foi imediata, porém demoraria muito tempo para adquirir o vigor necessário para confrontar os soviéticos. Por muitos anos que se seguiriam, incontestavelmente, os soviéticos foram superiores.

No âmago da “corrida espacial”, a conquista da Lua se mostrava como o “objetivo supremo”. Desde tempos imemoriais, o homem se deslumbra com a Lua e seus mistérios. Ao nosso companheiro cósmico estão associados inúmeras histórias, lendas e superstições. Os chineses antigos fizeram da Lua o patrono dos poetas e ela vem servindo de inspiração aos poetas de todos os povos e civilizações, desde tempos imemoriais. Para os gregos antigos, a Lua era Selene, deus da noite, enquanto os romanos a chamavam de Luna. Diversos povos indígenas se comportam diante de eclipses lunares fazendo todo o barulho possível para afugentar o “monstro” que estaria devorando nosso satélite natural. Por outro lado, muito tem sido escrito sobre a Lua e seus possíveis habitantes. Plutarco, lá pelo ano 100 d.C., em seu livro “*A Face da Lua*”, sugeriu que ela seria habitada por criaturas semelhantes a demônios. As idéias de Plutarco influenciaram seu contemporâneo Luciano, que na obra “*Vera História*” nos relata a tripulação de um barco que foi arremessado pela força da tempestade até ‘as vizinhanças da Terra, onde seus tripulantes tiveram encontros com os habitantes lunares. E mesmo Johannes Kepler, que concebeu as *três leis* do movimento planetário, escreveu um conto em que retratava as criaturas lunares vivendo em cavernas para escapar do calor do Sol. Porém, o grande inspirador moderno para se conseguir alcançar a Lua foi o grande ficcionista francês Júlio Verne que, em sua obra “*Viagem ao Redor da Lua*” descreveu em detalhes a conquista da Lua empreendida através de um imenso canhão que disparou uma cápsula tripulada em direção ao nosso satélite natural.

Lendas e ficções à parte, ir à Lua sempre foi um imenso desafio em todos os sentidos, um desafio que foi vencido depois de árduo esforço pelos americanos em 20 de julho de 1969 e cuja história aparece aqui descrita.

## 2. O Programa Mercury

Grandes feitos são normalmente associados a uma ou poucas pessoas que são justamente aquela ou aquelas que estão na parte visível e proeminente, associada ao feito. Entretanto, estas pessoas, em geral, devem o sucesso de suas realizações a uma equipe, muitas vezes grande, que se dedicou ao extremo em busca das conquistas tecnológicas que propiciaram aquele resultado. Esse é precisamente o caso da exploração do espaço pelo homem. Invariavelmente vem à memória, o nome dos astronautas ou cosmonautas que estiveram no controle das missões pioneiras. O nome deles é que entra definitivamente para a história. Entretanto, a conquista espacial é um feito eminentemente tecnológico, empreendido por equipes técnicas extremamente dedicadas que conduziram suas tarefas com maestria e precisão, levando a tecnologia aos limites do impossível. Os desafios a serem superados eram enormes, nunca antes empreendidos. Conquistas tecnológicas precisavam se transformar em sistemas complexos, que deveriam funcionar com precisão à toda prova. Um planejamento minucioso estava por trás de tudo. Nenhum passo foi dado sem que fosse antes repetido à exaustão, em programas rigorosos de treinamento. Acima de tudo, o sucesso da conquista espacial pelo homem veio coroar o desenvolvimento tecnológico de nossa humanidade. Dizendo isto, não se quer tirar o mérito dos protagonistas, os astronautas e cosmonautas. Na verdade, eles foram indispensáveis e conquistaram merecidamente seus lugares na história. Não poucas vezes, sistemas complexos e exaustivamente testados antes, deixaram de funcionar como deveriam e a missão só alcançou o sucesso devido à intervenção certa e precisa deles próprios. E alguns destes fatos são aqui destacados.

A NASA foi criada tendo por meta imediata e principal levar o homem ao espaço. Para atingir essa meta, foi criado o *Programa Mercury*, cujo nome se inspirou no deus Mercúrio da mitologia romana, que é associado à velocidade. O programa durou entre 1959 e 1963 e teve por objetivo os seguintes itens:

1. Levar um veículo tripulado a um vôo orbital em volta da Terra;
2. Investigar a capacidade de desempenho do homem e suas habilidades funcionais quando exposto ao ambiente espacial;
3. Trazer o tripulante e seu veículo sãos e salvos de volta à Terra.

Quando esses objetivos foram delineados, era convicção geral de que as tecnologias que os tornariam factíveis já existiam, embora fosse necessário aprimorar muitas delas e associá-las de forma harmônica em um todo, compatível com os requisitos de projeto. Levar um homem ao espaço significava submetê-lo às con-

dições mais extremas existentes. A começar pelas acelerações a que seria submetido durante o lançamento. No espaço, existem variações extremas de temperatura, além de um ambiente de microgravidade, de vácuo, e de exposição a raios cósmicos. O grande desafio seria o de se conceber sistemas que permitissem preservar as condições vitais do viajante, o que significava desenvolver requisitos de projeto rigorosos para construir trajes especiais de vôo e subsistemas de suporte e controle ambiental, os quais deveriam atuar para manter adequadas as condições internas do veículo espacial. Além disso, havia dúvidas sobre como seriam as reações biológicas e psíquicas do astronauta no espaço, em especial se submetido a vôos de longa duração e situações críticas ou estressantes.

Desde o início da década de 50, com o desenvolvimento dos foguetes, de aviões para vôos em alta altitude e dos sistemas de monitoramento de sinais vitais via telemetria, vários experimentos foram realizados com seres vivos. Esses experimentos permitiram o desenvolvimento da Medicina Aeroespacial, ou seja, uma especialização voltada à ambientação de seres vivos às condições de espaço e suas consequências. Sistemas específicos foram desenvolvidos, os quais propiciaram a realização de experimentos na Terra que reproduziam, de alguma forma, as condições espaciais. Mesmo assim, era impossível prever por quanto tempo o ser humano resistiria ao ambiente espacial, tanto do ponto de vista físico-biológico, como do ponto de vista psicológico. Também não se sabia se durante um vôo espacial as condições funcionais do ser humano seriam preservadas de forma a permitir a realização de tarefas críticas associadas à sua missão no espaço. Eram estas as maiores fontes de incerteza e apreensão associadas ao Programa Mercury.

Existindo um objetivo maior, porém, era crucial definir as linhas de ação a serem seguidas para atingi-lo. Essas linhas de ação se relacionavam ao estabelecimento de um plano detalhado a ser cuidadosamente seguido. Ao invés de buscar a inovação em todas as etapas, a NASA resolveu adotar uma atitude conservativa: todo o programa seria desenvolvido usando, sempre que possível, tecnologias existentes e soluções “de prateleira”, que precisariam ser integradas de forma adequada o que, muitas vezes, não é uma tarefa muito simples. Quando necessário, essas tecnologias seriam aprimoradas. Assim, o desenvolvimento tecnológico só ocorreria se fosse indispensável. Outra linha de ação tomada foi a resolução de sempre adotar, nos processos de projeto dos sistemas, as soluções mais simples e mais confiáveis, evitando ao máximo correr riscos desnecessários. Paralelamente à essa filosofia de ação, estabeleceu-se que todo o desenvolvimento do projeto seria embasado no estabelecimento de um abrangente, progressivo, completo e rigoroso

programa de testes de qualificação, cujo objetivo era o de reduzir a ocorrência de falhas “a zero”. Seguindo essas linhas de ação, a arquitetura escolhida para levar o homem ao espaço seria a de se desenvolver um veículo orbital (*cápsula orbital*) que seria lançado ao espaço e posicionado em órbita através do uso de algum foguete (*veículo lançador*) então disponível e operacional. Esta cápsula espacial deveria possuir os subsistemas necessários para preservar as condições de vida do tripulante, ser capaz de alterar sua dinâmica de vôo, ser controlada tanto manualmente como automaticamente a partir da Terra e dispor de subsistemas que fossem usados para a reentrada na atmosfera, devendo ainda pousar na água.

Durante o desenvolvimento de todo programa de vôos tripulados ao espaço, a NASA decidiu tomar para si a operação dessas missões. Isso significava que ela seria o agente a lançar os veículos espaciais, operá-los, seguir-lhes a trajetória, adquirir e interpretar os dados deles provenientes, além de controlá-los. Para tanto, foi necessária a implementação de toda uma complexa infra-estrutura, que envolveu antenas, sistemas de telemetria, computadores, rádio enlaces, sistemas de comunicação, centrais de controle, entre outros. Para poder levar os requisitos de qualidade ao extremo, ela decidiu passar o desenvolvimento de seus sistemas críticos e mais complexos e a integração deles a terceiros (*contratados*), cabendo a ela a parte de especificação funcional, de controle de qualidade do produto final e de suas diversas fases de desenvolvimento.

Mesmo usando tecnologias existentes, o aprimoramento tecnológico se fazia premente em todas as áreas, antes que se assumisse algum risco relacionado ao envio de um homem ao espaço. A começar pelos veículos lançadores (foguetes). Embora existissem em estado operacional, o índice de insucesso associado à sequência de lançamentos era imenso: praticamente 1/3 deles redundava em falha – destruição do foguete e sua carga útil. Era um número demasiadamente alto para assumir o risco de usar qualquer lançador e levar ao espaço uma nave tripulada. Ele precisava ser reduzido para níveis aceitáveis de segurança. Para tanto, os lançadores a serem usados no programa de vôos tripulados deveriam ser revistos a fim de que todos os seus subsistemas e componentes (componentes elétricos, válvulas, bombas, compressores, soldas, materiais, estruturas, ...) fossem redesenhados tornando-os mais resistentes e confiáveis. Um novo nível de perfeição, relacionado à fabricação e à montagem, precisava ser atingido. Assim, a NASA implantou rigorosos programas de integração e teste, onde cada componente era avaliado e testado, os subsistemas, depois de integrados, eram igualmente avaliados e testados e, após a integração final, novas seqüências de avaliações e outros tantos testes eram

efetuados. Nascia o conceito de *Integração e Teste de veículos espaciais*, que visava garantir com a máxima precisão possível a funcionalidade do sistema desenvolvido (*veículo lançador*). Esse conceito foi estendido e progressivamente aplicado a todos os sistemas e subsistemas relacionados a operações espaciais. Em paralelo, houve um aprimoramento nas técnicas de controle de qualidade para realização dos testes de qualificação.

O projeto executivo final relacionado à estratégia de desenvolvimento da cápsula orbital a ser usada no Programa Mercury levou aos seguintes requisitos associados à ela:

1. O veículo espacial deveria possuir um sistema confiável de escape de emergência, que lhe permitisse separar-se do foguete lançador, preservando a segurança da tripulação, em caso de falha do lançador;
2. O piloto deveria ter a possibilidade de manualmente, controlar a atitude do veículo espacial;
3. O veículo espacial deveria possuir um sistema de retrofoguetes confiável, que fornecesse o impulso necessário para tirá-lo de órbita e colocá-lo em direção à Terra;
4. A ablação seria utilizada como mecanismo para resistir ao esforço da re-entrada na atmosfera;
5. O veículo espacial deveria ser projetado para pousar na água.

O resultado levou ao desenvolvimento de uma verdadeira jóia, que conjugava dimensões reduzidas com funcionalidade e eficiência: a cápsula espacial possuía 1,7 m<sup>3</sup> de volume, com espaço interno suficiente apenas para levar um tripulante. Internamente, existiam chaves elétricas e mecânicas para controle manual, embora a cápsula pudesse também ser totalmente controlada a partir do solo, o que seria essencial caso o piloto se defrontasse com algum problema que o impedisse de atuar. Além disso, o controle a partir do solo permitiu vários testes de vôos não tripulados. Três pequenos foguetes de combustível sólido, de 1,8 kN de impulso, cada, acionados por 1 segundo, faziam com que o veículo se separasse do lançador, uma vez em órbita. A cápsula era equipada com propulsores a jato, associados a cada eixo, usados para alterar a dinâmica de vôo. Porém, esses propulsores não eram suficientes para mudar a órbita de vôo. Três propulsores à combustível sólido, de 4,5 kN de impulso, denominados *retrofoguetes*, eram usados para tirar a nave de sua órbita e levá-la a reentrar na atmosfera da Terra. Durante o processo de re-entrada era usado o processo de ablação para proteger a cápsula do calor gerado pelo atrito com o ar. A cápsula pousava na água, com o auxílio de pára-quedas,

atenuando a parte final da reentrada e fazendo-a flutuar no mar. O piloto, após o pouso, era resgatado com o auxílio de um helicóptero.

A segurança do piloto era a principal preocupação. Assim, desenvolveu-se um *Sistema de Escape durante o Lançamento (LES)*, que consistia de um foguete de combustível sólido de 231kN, montado numa torre localizada no topo da cápsula orbital. Caso houvesse qualquer problema com o veículo lançador, este enviaria um sinal automático que acionaria o LES, fazendo com que a cápsula se separasse do veículo lançador. Quando o LES esgotasse seu combustível, a cápsula orbital aterrissaria com o auxílio de um pára-quadras. Num lançamento sem falhas, um pequeno foguete era usado para separar o LES da cápsula orbital.

O programa Mercury foi estruturado de forma a se desenvolver em três etapas distintas: (i) vôos suborbitais de baixa altura; (ii) vôos suborbitais; (iii) vôos orbitais. A etapa (i) teve por objetivo a execução de testes funcionais e de subsistemas na cápsula orbital além da verificação funcional do LES e dos procedimentos de emergência. As etapas seguintes eram subdivididas em subetapas de teste e de vôos tripulados. Os vôos de teste eram operados remotamente a partir da Terra, sendo que os últimos de cada etapa levaram chimpanzés como experiências.

A empreitada mais complexa e delicada do Programa Mercury foi a do desenvolvimento do *veículo lançador*. Dentre os mísseis balísticos intercontinentais então existentes, selecionaram-se os que melhor satisfaziam os requisitos de empuxo necessários às características de cada tipo de vôo – orbital ou suborbital – e de índice de confiabilidade. A escolha recaiu sobre o míssil *Redstone* para vôos suborbitais e o *Atlas* para vôos orbitais. Entretanto, ambos os mísseis precisaram ser extensivamente modificados e aprimorados para que pudessem levar avante a tarefa de servir como veículos lançadores para vôos tripulados. O *Redstone* era uma evolução dos V-2 e foi desenvolvido para o Exército americano pelo grupo de Von Braun com o objetivo de servir como míssil balístico de médio alcance, capaz de levar uma carga útil de até 1.300kg a 185km de distância. Tinha 25,5m de comprimento e usava um único motor, produzindo um empuxo de 348.000N. Já o *Atlas* era um verdadeiro míssil balístico intercontinental, bem mais complexo e capaz de levar os mesmos 1.300kg até 16.770km, graças ao uso de dois “*boosters*”, cada um gerando um empuxo de 1.600.000N, mais um motor de 280.000N.

As adaptações e aprimoramentos dos veículos lançadores ocorreram em duas direções. Na primeira, adaptações para que pudessem receber em seu topo a cápsula orbital. Na segunda, aprimoramentos de forma a atingir níveis de confiabilidade elevados o suficiente para serem usados em missões tripuladas. As modi-



ficações de adaptação, embora extensas, eram objetivas, claras e consensuais. Já as relacionadas à melhora da confiabilidade, demandaram longas discussões conceituais e um intenso trabalho de desenvolvimento de produto. Isso porquê, para a filosofia por trás de um ICBM (mísseis balísticos intercontinentais), confiabilidade está associada a lançar ao mesmo tempo vários vetores em direção ao alvo. Se, por exemplo, de cada 4 vetores lançados apenas 1 atingir o alvo, este resultado é perfeitamente aceitável. Como consequência, o custo por ICBM cai, já que não é preciso mesmo investir em custosos programas de controle de qualidade do míssil e seus subsistemas. Este enfoque, entretanto, é inaceitável para um veículo lançador a ser usado no transporte de um ser humano, onde a probabilidade de que não haverá incidente algum que represente qualquer risco precisa ser o mais próximo possível do valor 1. Para que esse objetivo fosse atingido, equipes multidisciplinares envolvendo matemáticos, especialistas em controle estatístico da qualidade e engenheiros de desenvolvimento foram postas a trabalhar de forma a aprimorar os lançadores escolhidos. Por um trabalho intenso e detalhado foi que envolveu divergências iniciais sobre a filosofia de trabalho a ser utilizada e a realização de inúmeros testes. Resultou na modificação de centenas de partes e componentes de cada lançador. Esse processo envolveu diversos lançamentos, onde muitos terminavam em falhas que destruíam catastróficamente o veículo. Entretanto, com o avanço do processo de aprimoramento essas experiências foram, pouco a pouco, se tornando mais e mais raras. Como resultado desse intenso esforço de desenvolvimento de produto, chegou-se finalmente a veículos lançadores confiáveis o suficiente para serem usados em missões tripuladas.

Outra questão que mereceu um árduo e complexo trabalho foi a questão de se chegar ao conjunto de falhas possíveis de ocorrer em cada lançador, que implicariam em interromper a missão através do acionamento do Sistema de Escape durante o Lançamento (LES). O fato é que existem falhas que não são críticas e podem ser contornadas durante o vôo. Outras, pelo contrário, podem implicar em explosões e situações de risco para o tripulante. Houve necessidade de um trabalho detalhado de análise realizado sobre cada lançador, sendo que o referente ao Atlas, devido à complexidade intrínseca deste lançador, foi de magnitude superior ao do Redstone.

Finalmente, todo o sistema a ser usado para transportar um homem ao espaço e trazê-lo de volta em boas condições estava definido e bem encaminhado. Faltava, entretanto, mais um item fundamental: a escolha do tripulante. Exaustivas discussões envolvendo inclusive, o presidente americano, definiram que os

homens a serem levados ao espaço no âmbito do Programa Mercury seriam escolhidos a partir de pilotos militares de teste. Eles seriam denominados *astronautas*, palavra derivada do termo *argonauta*, usado desde a antiguidade para denominar um “grande navegador, explorador dos mares”. Esta decisão adveio do fato dos pilotos de teste serem talentosos e especialistas bem formados, acostumados a desafiar o perigo voando em aeronaves experimentais de alto-desempenho e enfrentando um concorrido processo de seleção até chegar ao posto de “piloto militar de teste”. Eles conjugam excelência em pilotagem, boa formação acadêmica, saúde perfeita e excelentes condições psicológicas para enfrentar situações de estresse, além de estarem adaptados a seguir instruções com exatidão, tendo em vista a formação militar que possuem.

Todos esses predicados seriam explorados e testados ao extremo até se chegar aos astronautas escolhidos. Um levantamento prévio selecionou, através de fichas funcionais, os 110 melhores pilotos militares de teste na época. Eles foram convidados a participar do processo de seleção protagonizado pela NASA. Sessenta e nove deles se dispuseram a participar do processo inicial de seleção, que, no fim definiu 32 candidatos. Eles passaram por um processo de seleção extremamente rigoroso, que avaliou suas condições físicas, mentais e de saúde. Foram submetidos a testes especialmente concebidos para determinar as capacidades físicas e psicológicas do indivíduo em responder efetiva e apropriadamente aos vários tipos de estresse associados às missões espaciais. Assim, foram expostos a condições extremas de pressão, aceleração, vibração, calor, barulho, silêncio, privação de sono, durante as quais eram requeridos para execução de tarefas física e/ou psicologicamente extenuantes. Exames psicológicos cuidadosamente elaborados avaliaram a personalidade de cada um e, seus padrões de comportamento, associados à motivação e às capacidades de tomada de decisão e de rápido raciocínio frente à situações extremas e estressantes, que exigiam rápido tempo de resposta.

O resultado desse elaborado processo foi a seleção de 7 astronautas, que foram apresentados ao público em 9 de abril de 1959 através de uma entrevista coletiva, da qual participaram todos os órgãos de imprensa da época. Um desses 7 seria o escolhido, segundo os planos da NASA, para ser o “primeiro homem no espaço”. A partir de então, contrariamente até aos planos da agência americana, a fama deles cresceu vertiginosamente, ocupando todos os espaços de divulgação e despertando já interesse e a curiosidade do público, uma vez que aqueles homens corajosos correriam enormes e incalculáveis riscos em sua empreitada. Eles, então, passaram a incorporar a própria imagem da NASA, personificando o



*Os 7 astronautas selecionados para o Programa Mercury - Grissom, Shepard, Carpenter, Schirra, Slayton, Glenn, Cooper (da esquerda para a direita).*

esforço coordenado das milhares de pessoas envolvidas no Programa Mercury, sendo, aos olhos do público, os verdadeiros protagonistas e heróis dos fatos memoráveis que se seguiriam.

### 3. Enfim, um Homem no Espaço

Corria o ano de 1961 e os preparativos para colocar o “primeiro homem no espaço” caminhavam de forma célere. Em 22 de fevereiro, a NASA divulgou o nome dos três astronautas que seriam treinados e preparados para o primeiro vôo tripulado. Eram eles Alan Shepard, Gus Grissom e John Glen. Entretanto, o público só saberia o nome do escolhido para ser o primeiro astronauta no espaço dias antes do lançamento. Os problemas relacionados ao veículo lançador Redstone haviam sido todos resolvidos. Em 24 de março, houve um lançamento que reproduziu todos os procedimentos a serem usados no primeiro vôo tripulado. Foi um sucesso, com todos os sistemas funcionando a contento. Finalmente, os derradeiros preparativos para a missão tripulada poderiam ser iniciados. Em poucas semanas um homem estaria no espaço. O otimismo e a confiança eram visíveis em todos da equipe. No início de abril, a cápsula orbital denominada *Freedom 7* passava a ser integrada ao topo do veículo lançador Redstone, enquanto os três astronautas iniciavam a fase final de treinamento para a missão tão esperada.

Tudo corria bem até que, em 12 de abril, os soviéticos demonstraram novamente seu poderio e sua primazia em tecnologia espacial: o cosmonauta Yuri Alekseyevich Gagarin, de 27 anos, a bordo da nave *Vostok I*, tornou-se o primeiro homem a viajar ao espaço. Sua nave deu uma volta completa em torno da Terra, reentrou



*O cosmonauta soviético Yuri Gagarin que, em 12 de abril de 1961 se tornou o primeiro homem a viajar ao espaço, a bordo da nave Vostok I.*

na atmosfera e posou em terra firme, trazendo o cosmonauta de volta em perfeitas condições de saúde. A missão foi um sucesso em todos os sentidos e Gagarin entrou para a história como pertencente ao seleto grupo dos grandes exploradores pioneiros de todos os tempos. O vôo orbital levou-o ao espaço, em ambiente de microgravidade, fazendo-o permanecer lá por cerca de 89 minutos. Gagarin foi ao espaço a partir da base espacial soviética situada em Baikonour, sendo provavelmente lançado por um veículo lançador de dois estágios. Sua cápsula orbital de 5,2 toneladas – quase cinco vezes mais pesada que a americana, e 2,3m de diâmetro, atingiu uma altura máxima de 326km acima do nível do mar, percorrendo uma distância de cerca de 40.000km, chegando a uma velocidade pouco superior a 28.000km/h.

Logo após as análises dos resultados do histórico vôo, os soviéticos divulgaram a seguinte nota: “O histórico primeiro vôo ao espaço exterior, protagonizado pelo cosmonauta soviético Yuri Gagarin a bordo da espaçonave Vostok permitiu que se chegasse à importante conclusão de que vôos tripulados ao espaço são factíveis. Demonstrou que o homem consegue suportar perfeitamente bem as condições de lançamento, a colocação da nave em órbita, o vôo no espaço e o retorno à Terra. Este vôo também mostrou que, quando exposto a um ambiente de microgravidade, o homem retém por completo suas capacidades de trabalho, de coordenação de movimentos e suas faculdades mentais.” Este feito foi efusivamente comemorado pelos soviéticos. Gagarin recebeu honras de herói nacional, sendo entusiasticamente aclamado, poucos dias depois, em uma manifestação pública na Praça Vermelha. Naquela ocasião, em seu discurso, o cosmonauta pioneiro fez o seguinte pronunciamento: “Eu me senti muito bem durante o vôo. Estava totalmente confiante em relação ao sucesso da missão. Nossas máquinas e equipamentos são muito confiáveis e eu e todos os meus camaradas, os cientistas, os engenheiros e os técnicos, nunca duvidamos em momento algum do sucesso que viria.”

Este feito impressionante foi recebido com desânimo e desilusão pela Nasa e, claro, os integrantes do Programa Mercury. O primeiro homem no espaço não seria



*Modelo da nave Vostok, que conduziu os primeiros cosmonautas soviéticos ao espaço.*



*Foguete soviético Vostok, colocou em órbita os primeiros cosmonautas soviéticos.*

mais um americano. Pior do que isso foi mais uma vez constatar o quão à frente dos americanos os soviéticos estavam na corrida espacial.

Tentando absorver o golpe, os preparativos para o lançamento da *Freedom* foram acelerados. O lançamento foi marcado 2 de maio, com ampla cobertura da imprensa e transmissão ao vivo pela tevê. Infelizmente, devido às condições climáticas, o lançamento precisou ser cancelado quando faltavam 2 horas e 30 minutos para a hora estabelecida. Por 3 horas, o astronauta aguardou no hangar “S” do Cabo Canaveral, vestindo sua roupa pressurizada. Só após este cancelamento é que o público veio a saber o nome do eleito para ser o primeiro americano no espaço: Alan Shepard. O procedimento de preservar a identidade do astro-

nauta se justificou devido a uma real possibilidade dele precisar ser substituído mesmo que poucas horas antes do voo.

A contagem regressiva para o lançamento foi reiniciada às 20h30m do dia 4 de maio. Shepard foi acordado à 1h10m do dia seguinte e iniciou sua preparação

para o vôo. Após passar por um exame médico, instalaram em seu corpo biosensores e ele vestiu a roupa pressurizada. Às 5h15m, carregando sua unidade portátil de ar, ele chegou ao topo da plataforma de lançamento, sendo, logo em seguida, instalado na espaçonave. Desde então, se tudo corresse bem, ele precisaria ainda aguardar por 2 horas e 5 minutos, até o instante do lançamento. A escotilha da cápsula foi fechada, deixando em seu interior, isolado do mundo, Shepard e seus pensamentos. Posteriormente, ele contaria que aquele instante seria o momento mais dramático em seus 37 anos de vida, quando seus batimentos cardíacos se aceleraram fortemente por algum tempo. A 15 minutos do lançamento, o céu estava encoberto, o que fez com que a contagem regressiva fosse interrompida. 52 minutos depois, com o céu limpo, a contagem foi retomada a partir da marcação 35 minutos para o lançamento. Quando novamente faltavam 15 minutos, um dos computadores de terra deixou de funcionar corretamente. A contagem foi novamente interrompida para que o problema fosse solucionado, o que demandou cerca de duas horas e trinta minutos. Shepard ficou no interior da cápsula por um total de quatro horas e quatorze minutos até que os segundos finais anteriores ao lançamento ocorressem.

Finalmente, às 9h34m, 45 milhões de americanos acompanharam, em transmissão “ao vivo” pela TV, o lançamento tão esperado. No instante do lançamento, o pulso de Shepard foi de 80 para 126 por minuto. Foi um lançamento perfeito. O motor do Redstone funcionou por 2 minutos e 21,8 segundos. O sistema de escape foi ejetado da cápsula orbital 2 minutos e 22 segundos após o lançamento, enquanto a cápsula se separou do veículo lançador a 2 minutos e 32 segundos do lançamento. Aos 3 minutos, o sistema automático de controle de atitude girou a cápsula em 180 graus, de tal forma que a blindagem térmica ficasse apontada para frente, posição em que permaneceria até o final do vôo. Logo em seguida, Alan Shepard assumiu o controle manual da nave. Aos 5 minutos de vôo, a cápsula atingia o apogeu de sua trajetória suborbital, alcançando 187 km de altura. 15 segundos depois, os retrofoguetes começaram a ser acionados, principiando a reentrada na atmosfera. Aos 10 minutos e 15 segundos do lançamento, os pára-quedas se abriram para frear a queda. Aos 15 minutos e 28 segundos após o lançamento a cápsula orbital descia, suavemente no mar. Minutos depois, Alan Shepard e posteriormente sua nave eram içados e transportados de helicóptero até o convés do porta-aviões USS Lake Champlain. O vôo, apesar de curto, havia sido um sucesso completo e finalmente um astronauta americano chegava ao espaço. A cápsula orbital havia percorrido cerca de 486km e atingido a velocidade de 8.754km/h.

Apesar dos números e até mesmo dos resultados terem sido bem modestos quando comparados aos de Gagarin, essa conquista da tecnologia americana foi efusivamente comemorada e Alan Shepard também recebeu todas as honras a que um herói nacional faz jus. Ele teve direito a aclamações públicas em paradas pelas principais cidades americanas e uma honrosa recepção protagonizada pelo presidente americano John F. Kennedy.

Em 21 de julho do mesmo ano, a segunda missão tripulada do Programa Mercury foi lançada, tendo como astronauta Virgil I. Grissom. Novamente tratou-se de um voo suborbital com duração de cerca de 15 minutos. A cápsula orbital tinha sido modificada para receber uma nova e ampla janela de observação. O voo foi novamente perfeito até a descida no mar. Entretanto, um acidente logo após a chegada ocasionou a abertura prematura da escotilha da cápsula, fazendo com que ela afundasse. Grissom foi recuperado por helicóptero, após ficar na água cerca de 4 minutos.

Com essas duas missões, a fase de vôos suborbitais do Programa Mercury se encerrava e todo o esforço passaria a se voltar para o voo orbital, que seria realizado com a utilização do lançador Atlas. Entretanto, antes dessa empreitada, muito trabalho ainda se faria necessário.

E, mais ainda, bem antes que esse programa americano viesse a ser empreendido, os soviéticos conquistaram um novo e retumbante êxito.



*Astronauta Alan Shepard em posição de lançamento, a bordo de sua cápsula Freedom 7.*



*Astronauta Alan Shepard sendo retirado de sua cápsula espacial, após seu voo ao espaço.*

Em 6 de agosto, German Titov foi lançado ao espaço e permaneceu em órbita por 15 horas e 18 minutos, voltando à Terra em perfeitas condições físicas. Fora mais uma demonstração da superioridade tecnológica dos soviéticos sobre os americanos, que até então sequer tinham conseguido realizar um vôo orbital.

Os desenvolvimentos protagonizados pelo Programa Mercury continuavam em sua marcha “lenta”, mas constante. Em setembro, o veículo lançador Atlas conseguiu colocar uma cápsula orbital controlada remotamente no espaço que, após uma órbita, desceu no mar no local previsto. Em 29 de novembro, um teste final levou o chimpanzé Enos a orbitar a Terra por duas vezes e retornar ao solo em perfeitas condições. O cenário estava pronto para o primeiro vôo orbital de um astronauta americano.

Em 20 de fevereiro de 1962, o astronauta John H. Glenn Jr. se tornaria o primeiro americano a entrar em órbita da Terra, a bordo de sua nave denominada *Friendship 7*. O lançamento ocorreu às 9h47m a partir do Complexo 14 do Cabo Canaveral. Os motores do lançador Atlas funcionaram por 5 minutos e 1 segundo, conduzindo com perfeição a nave até sua órbita ao redor da Terra. Os cálculos efetuados pelos computadores do centro de controle de vôo indicaram que os parâmetros orbitais pareciam bons o suficiente para que a nave pudesse permanecer no espaço por quase 100 órbitas ao redor da Terra. A primeira órbita transcorreu de forma perfeita, com todos os sistemas da cápsula orbital operando apropriadamente. Entretanto, ao entrar na segunda órbita, vários problemas começaram a surgir: os indicadores de atitude forneciam medidas incorretas; o controle automático de atitude passou a atuar de forma inadequada, o que fez com que a nave precisasse ser controlada manualmente; indicadores mostravam que o escudo de proteção de calor estaria prestes a se soltar. Apesar de todos estes problemas, que levaram os controladores de Terra a temer pelo insucesso da missão, após 3 órbitas e 4 horas e 50 minutos de vôo, a cápsula pousou com perfeição no oceano. John Glenn foi recebido como herói. Finalmente um americano conseguira entrar em órbita da Terra. Paradas, manifestações públicas e honorárias o esperavam em seu retorno. Tudo indicava que o Programa Espacial Americano trilhava o caminho certo.

O Programa Mercury protagonizou outros três lançamentos tripulados. No último deles, o astronauta Gordon Cooper Jr. ficou em órbita por cerca de 34 horas. Entretanto, em todas essas missões ocorreram problemas e falhas as mais diversas. Em várias ocasiões, os controladores de Terra chegaram a temer que uma catástrofe pudesse acontecer. No pior dos momentos, justamente no último vôo, quase to-





JPL-NASA

*Lançamentos dos foguetes que conduziram os 7 astronautas do Programa Mercury – os dois primeiros, em vôos suborbitais, usaram o lançador Redstone, enquanto os três últimos, que foram orbitais, usaram o lançador Atlas.*

dos os subsistemas deixaram de funcionar, obrigando que até mesmo a reentrada fosse executada manualmente.

O resultado do Programa Mercury foi mostrar que vôos orbitais tripulados eram possíveis e exeqüíveis. Porém, acima de tudo, ficou a convicção de que por mais perfeito que sejam os sistemas automáticos, eles não conseguem substituir o homem. A perícia e a capacidade do ser humano em avaliar situações, reagir a elas e atuar de forma adequada são predicados indispensáveis ao sucesso de qualquer empreitada. Como consequência, os programas para treinamento de astronautas devem, acima de tudo, dar a eles conhecimento e capacidade para agir em relação a toda e qualquer eventualidade que possa surgir.

## 4. O Compromisso de se ir até a Lua

Levar o homem ao espaço, a orbitar a Terra, já foi um grande feito, um verdadeiro marco síntese e representativo da evolução de uma civilização. Entretanto, no início dos anos 60, com a árdua corrida travada pelas duas superpotências de então – os Estados Unidos e a União Soviética – para mostrar ao mundo quem era superior, mesmo este feito não era suficiente. Objetivos maiores, mais difíceis, que sintetizassem a superioridade absoluta, precisavam ser buscados e alcançados.

Em 1961, nos Estados Unidos, tomou posse o presidente John Kennedy, com a promessa de “levar o país mais longe”. E a conquista espacial foi a escolhida como forma de se afirmar a superioridade americana e fazer o país avançar mais rapidamente. Entretanto, os fatos mostravam que os soviéticos eram superiores nesta arena. E esta superioridade dificilmente poderia ser recuperada dos soviéticos no âmago dos objetivos de médio prazo da NASA, que era voltado para

*Em 25 de maio de 1961, discursando perante o Congresso Americano, apresenta seu programa "síntese" de levar um americano à Lua antes do término da década de 1960.*



JPL-NASA

vôos orbitais tripulados em volta da Terra. Entretanto, se o objetivo fosse maior, mais ambicioso, envolvesse uma meta bem difícil de ser alcançada, mas que entusiasmasse a todos, os americanos acreditavam que, aí sim, poderiam adquirir a superioridade na conquista espacial. Foi assim que surgiu o objetivo grandioso de se empreender uma viagem tripulada à Lua.

Logo após o vôo de Alan Shepard, em 25 de maio de 1961, o residente Kennedy fez diante do Congresso americano um discurso que iria entrar para a História. Nele, ele propôs à Nação o grandioso objetivo de ir a Lua, e usou as seguintes palavras:

“Agora é o momento para que esta Nação dê passos certos e definitivos no sentido de levá-la ao papel de liderança na conquista espacial o que, de muitas formas, implica em nosso futuro na Terra... Eu creio que esta Nação deve comprometer-se consigo mesma em atingir o objetivo de, antes do final desta década, levar um homem até a superfície da Lua e trazê-lo de volta são e salvo à Terra. Nenhum outro projeto nestes tempos é mais expressivo para a Humanidade ou mais importante do que a exploração espacial continuada e nenhum outro será mais difícil ou custoso de ser cumprido.”

Este discurso foi recebido com aclamação pelo Congresso Americano e por toda a sociedade. Contagiou a todos e significou uma mudança de perspectiva em todos os sentidos para a NASA. Era a meta mais ambiciosa que se poderia imaginar e que a faria trabalhar intensamente, dispondo de todos os recursos humanos e financeiros disponíveis e imagináveis. Os desafios eram imensos, mas a disposição de vencê-los era maior ainda. E assim foi.

## 5. O Programa Gemini: Construindo uma Ponte até a Lua

Levar um homem até a Lua era um desafio muito maior do que o de levar o homem a orbitar a Terra. Além de ser uma viagem que duraria dias, implicava na obrigação de realizar várias operações complexas no espaço, incluindo a habilidade de trabalhar fora da nave e poder acoplar duas naves em órbita. São técnicas muito apuradas, que precisavam ser desenvolvidas e testadas. Se algum item crítico não pudesse ser realizado com sucesso, a viagem à Lua não seria possível.

Com o intuito de desenvolver e testar todas as técnicas necessárias, foi criado o Programa Gemini, que transcorreu entre 1963 e 1966. O nome veio da palavra “geminí” em Latim, que quer dizer gêmeo e foi escolhido pelo fato da nave levar dois tripulantes. As cápsulas do programa Gemini, diferentemente das do Mercury, tinham boa parte dos subsistemas de potência, propulsão e de suporte à vida num módulo separado que, pouco antes da reentrada na Terra se separaria do compartimento onde ficavam alojados os astronautas. Apenas este último compartimento retornava à Terra. Além disso, a Gemini não só podia alterar sua orientação no espaço, como também sua própria órbita. Existia também a possibilidade de se acoplar com outra nave no espaço e a disponibilidade de uma escotilha para permitir a saída do astronauta no espaço. A cápsula tinha 5.7m de altura, 3.0m de diâmetro e um volume de 2,55m<sup>3</sup>, pesando 3.850kg, podendo permanecer no espaço por até 14 dias, atingindo um apogeu de 402km.

Os objetivos do programa Gemini eram os que se seguem:

- Expor dois homens e equipamentos de suporte a vôos de longa duração no espaço;
- Desenvolver as técnicas de aproximação e acoplamento entre veículos orbitais e a capacidade de se manobrar os veículos acoplados usando o sistema de propulsão de uma das naves;
- Aperfeiçoar métodos de reentrada e descida em pontos pré-selecionados;
- Desenvolver técnicas que permitissem aos astronautas sair da nave e desenvolver atividades fora do veículo espacial;
- Ganhar mais informações acerca dos efeitos da microgravidade sobre os astronautas e sobre os efeitos psicológicos e físicos provocados por vôos espaciais de longa duração.

Ao iniciar o programa, novos astronautas foram recrutados e treinados, perfazendo um total de 16 astronautas.



JPL-NASA

*Foguete Titan II conduz ao espaço uma espaçonave do Programa Gemini. Este projeto teve por objetivo desenvolver todas as técnicas e tecnologias necessárias a levar o homem até a Lua.*

O veículo lançador escolhido para ser utilizado foi o Titan II. Ele era um veículo de dois estágios, de 31m de altura e 3m de diâmetro, com capacidade de carga para órbita baixa próxima a 4.000kg, desenvolvido pela Força Aérea para ser usado como um ICBM e movido a combustível líquido. Os combustíveis eram *Aerözina 50* e *tetróxido de nitrogênio (NTH)*, cuja mistura provoca uma ignição espontânea, ou seja, qualquer vazamento, por menor que seja, levaria a uma explosão imediata. O primeiro estágio fornecia um impulso total de 1.900kN, enquanto o segundo, 445kN. Para que o ICBM Titan pudesse servir de lançador para a cápsula Gemini, ele, a exemplo do *Readstone* e do *Atlas*, passou por uma série de modificações, aperfeiçoamentos e testes que envolveram, entre outros requisitos, extensas modificações nos motores, tubos e válvulas, reforço nos tanques de combustível; atualização do sistema de guiagem inercial; alterações nos sistemas de telemetria e de autodestruição; desen-

volvimento de adaptadores para integração com a cápsula espacial.

Enquanto isso, os soviéticos desenvolviam um programa totalmente semelhante, denominado *Voskhod*, com os mesmos objetivos de dominar as técnicas necessárias para levar o homem à Lua. Porém, a cápsula usada por eles era bem maior, com capacidade para levar uma tripulação de até três cosmonautas. A primeira missão, a *Voskhod 1*, ocorreu em 12 de outubro de 1964 e foi o primeiro vôo a levar simultaneamente dois cosmonautas.

Os dois primeiros vôos do Programa Gemini, i.e., *Gemini I* (de 8 a 12 de abril de 1964), e *Gemini II* (19 de janeiro de 1965), foram vôos não tripulados, com o objetivo de verificar todos os sistemas, as operações, o funcionamento conjunto da cápsula Gemini-lançador Titan II e o escudo de proteção térmica. Ambos foram

bem sucedidos, mesmo sendo a Gemini II atingida por um raio, quando já estava na plataforma de lançamento, e ter ainda passado por dois furacões, o que obrigou, em cada um desses eventos, testes adicionais de verificação. Houve também uma alteração na estratégia de teste que seria empregada daí para frente: a equipe de lançamento, encarregada dos testes de pré-lançamento, passou a efetuar seus procedimentos de ensaio da cápsula espacial na própria fábrica. Assim, quando esta chegava ao Cabo Canaveral, já estava pronta para ser integrada ao Titan II, o que reduzia consideravelmente o tempo de teste do sistema Gemini.

A *Gemini III*, um vôo tripulado, teria por objetivo a realização de um vôo de qualificação de três órbitas ao redor da Terra e ocorreria em 23 de março de 1965. Porém, antes que este vôo ocorresse, os soviéticos demonstraram novamente a sua força: em 18 de março, a *Vostkhod 2* foi lançada e, neste mesmo dia, o cosmonauta Aleksei Leonov se tornou o primeiro homem a sair da espaçonave e a executar operações no espaço – “*Extra-vehicular activity*” (EVA) –, enquanto seu companheiro Pavel Belya permanecia no interior da nave. Leonov permaneceu no espaço por 20 minutos, cumprindo uma série de tarefas. A missão voltou à Terra no dia seguinte. Este resultado abalou o ânimo dos americanos. Porém, a *Gemini III* foi lançada na data prevista e cumpriu toda a sua missão com sucesso, mostrando que todos os sistemas estavam adequadamente qualificados e prontos para as missões subsequentes, quando seriam levados aos seus limites operacionais.

Um dos objetivos do programa era deixar a tripulação em órbita por pelo menos o intervalo de tempo que seria necessário para ir e voltar à Lua, ou seja, uma semana. Para atingir este objetivo, a *Gemini 4* (3 a 7 de junho de 1965) ficou em órbita por 4 dias; a *Gemini 5* (21 a 29 de agosto de 1965) duplicou este tempo, ultrapassando assim o recorde anterior de permanência no espaço estabelecido pelos soviéticos. Já a *Gemini 7* (4 a 18 de dezembro de 1965) foi mais além, permanecendo no espaço por 14 dias. Essas missões permitiram não só verificar a confiabilidade e a robustez de todos os subsistemas, como também atestar que o ser humano conseguiria sobreviver às condições perigosas do espaço, preservando suas capacidades físicas e mentais, apesar de problemas menores, como redução do ritmo cardíaco, tendência do sangue em se acumular nas pernas, perda de cálcio dos ossos, entre outros. Além disso, após retornar à Terra, o organismo se readapta às condições aqui encontradas em poucos dias.

Outra questão a ser respondida era se seriam realizáveis as operações de encontro e acoplamento entre naves espaciais no espaço. Para que uma nave espacial em órbita pudesse se deslocar ao encontro de outra, seria necessário que



*Gemini 6A, vista da Gemini 7, enquanto as duas naves voavam a menos de 7 metros uma da outra.*

JPL-NASA

ela possuísse um subsistema que lhe permitisse alterar sua órbita. Perseguindo essa meta, a *Gemini 3* testou com sucesso um novo subsistema de propulsores que geravam empuxos de curta duração e assim permitiam a alteração da altura, da forma da órbita e também seu plano de inclinação. Já a *Gemini 4*, a tentativa foi dirigi-la ao encontro do segundo estágio do seu veículo lançador. Entretanto, a técnica adotada gastou combustível em excesso, sem conseguir cumprir o objetivo, que foi abandonado. Entretanto, esta manobra mal sucedida proporcionou preciosas lições para o desenvolvimento da técnica apropriada. A *Gemini 5* usou com sucesso uma nova técnica de encontro, baseada no resultado de pesquisa desenvolvido pelo astronauta Buzz Aldrin em seu doutorado, além de verificar métodos para acoplagem entre naves assistidas por radar e informações visuais.

A técnica de encontro foi exercitada com sucesso pelas *Gemini 7* e *Gemini 6* (15 a 16 de dezembro de 1965). A primeira nave já se encontrava em órbita quando a segunda foi lançada e se colocou, inicialmente, numa órbita mais baixa. Uma sequência bem planejada de empuxos colocou ambas as naves voando praticamente juntas, a apenas 40 metros uma da outra. Mais alguns empuxos da *Gemini 6* e ambas as naves ficaram a apenas 30cm uma da outra e assim permaneceram por cerca de 270 minutos. Após este tempo, a *Gemini 6* manobrou para ficar a 16km

da *Gemini 7* e, posteriormente, retornou à Terra no dia seguinte, enquanto a outra nave permanecia no espaço. A técnica de encontro entre espaçonaves no espaço estava qualificada.

O objetivo seguinte era verificar a possibilidade de duas espaçonaves se acoplarem no espaço. Este foi um dos objetivos da *Gemini 8* (16 de março de 1966) que, após seu lançamento, foi ao encontro do veículo espacial *Agna*, desenvolvido especialmente para servir de alvo nas manobras de encontro e acoplamento. Após sucessivas manobras, o comandante Neil Armstrong conduziu inicialmente sua nave à 0,9 m da *Agna* e, a seguir, lentamente, levou a *Gemini 8* a se acoplar com ela. Foi um sucesso. Entretanto, pouco tempo depois, estando as naves acopladas, elas começaram a se desestabilizar e a girar no espaço, cada vez com maior velocidade. Esta era uma situação imprevista e que não havia sequer sido considerada nas simulações. Agindo rápido, a *Gemini 8* foi desacoplada da *Agna*. Mas, o problema persistia: ele estava sendo causado por um dos propulsores de manobra, que, após ter sido ativado, não conseguiam desativá-lo. Como última alternativa, já prestes a perderem a consciência, os astronautas acionaram os retrofoguetes de reentrada. Felizmente, a manobra foi bem sucedida. Contudo, isso fez com que a missão fosse abortada e a nave fizesse sua reentrada após permanecer por apenas 10 horas no espaço, mas trazendo sãos e salvos os astronautas de volta.

As técnicas de encontro e acoplamento continuaram sendo desenvolvidas nos vôos seguintes. A *Gemini 10* (18 a 21 de julho de 1966) não só se acoplou com a *Agna*, como usou o sistema de propulsão dela para atingir um apogeu de 763km, que se tornou a máxima distância que um homem já tinha se afastado da Terra. Na missão seguinte, a *Gemini 11* (12 a 15 de setembro de 1966) foi capaz de se encontrar com seu alvo já na primeira órbita, demonstrando que a técnica de encontro poderia ser empreendida com rapidez, caso uma missão de resgate se fizesse necessária. Repetindo o feito da missão anterior, esta também empregou o sistema de propulsão da *Agna* para elevar a altura de sua órbita, desta vez atingindo uma altura de 1.189,3km da Terra, outro recorde. Já a *Gemini 12* (11 a 15 de novembro de 1966) se acoplou com a *Agna* em sua terceira órbita e permaneceu acoplada por um longo tempo.

Durante o vôo da *Gemini 4* (3 a 7 de junho de 1965), Edward White se tornou o primeiro americano a efetuar um “passeio espacial”, que durou cerca de 20 minutos. Nesta experiência, White usou um sistema de pressurização a nitrogênio que lhe permitia “fazer manobras”. Esse evento parecia indicar que EVAs eram atividades simples e fáceis de serem empreendidas. Contudo, essa impressão logo

se dissipou no desenrolar das missões seguintes. Um dos piores e potencialmente perigosos momentos ocorreu no âmbito da missão *Gemini 11* onde, além de sair da nave e fazer manobras, o astronauta Richard F. Gordon Jr. deveria executar uma seqüência de tarefas no exterior da nave, tais como apertar parafusos e prender uma peça no exterior da nave. Ele simplesmente não conseguiu. Pior, os esforços o fizeram suar, o que acabou por embaçar o visor do seu capacete. Ao tentar girar o parafuso para um lado, ele girava para o outro lado, devido à conservação do momento angular, e a operação se mostrava infrutífera. De tanto tentar, ele foi levado a quase exaustão, encontrando até mesmo enormes dificuldades para retornar ao interior da nave. Esse fato preocupou e muito: se não fosse possível realizar trabalho útil no exterior da nave, uma missão à Lua estaria seriamente comprometida, uma vez que o astronauta deveria ter a capacidade de realizar inclusive reparos na nave em caso de falha.

Este entrave foi resolvido novamente graças aos conhecimentos do primeiro astronauta com Ph.D., Edwin Eugene “Buzz” Aldrin. Usando seus conhecimentos de física, ele simplesmente “inventou” a técnica até hoje usada de se trabalhar no espaço e, a fim de testá-la, introduziu o conceito de exercitá-la no fundo de uma piscina, o que é empreendido até hoje na preparação das atividades a serem executadas no exterior da nave. Harmonizando-se com a Lei de Conservação do Momento Angular, introduzindo pontos específicos de amarramento e adaptando tiras especiais às ferramentas, o problema estaria resolvido. E realmente estava, conforme se verificou na *Gemini 12*, onde “Buzz” Aldrin aplicou sua metodologia, executando com sucesso uma seqüência de 19 tarefas diferentes, permanecendo por 2 horas e 6 minutos no espaço.

Com este vôo, o Programa Gemini se encerrou, tendo como principal resultado o aperfeiçoamento de todas as técnicas relacionadas às missões tripuladas ao espaço. Sabia-se agora que o homem consegue permanecer no espaço e bem, por longos intervalos de tempo; aperfeiçoaram-se as técnicas de reentrada, de geração de energia, de manobras orbitais, de armazenamento de fluidos, processamento de dejetos; chegou-se às estratégias operacionais adequadas referentes aos ciclos de trabalho, descanso e sono dos astronautas; desenvolveu-se as técnicas para encontro, acoplamento e trabalho no espaço. Este programa foi um sucesso esplendoroso por ter gerado tantos resultados positivos. Mais do que isso, ele mostrou que a viagem a Lua era tecnicamente possível. Construiu-se, com ele, uma verdadeira ponte entre um desejo e um trabalho árduo para concretizá-lo. E a Lua estava bem mais perto!



## 6. O Programa Apollo: Como chegar até a Lua

**N**a mitologia grega, Apolo era o deus da colonização. Com muita propriedade, foi o nome atribuído pela NASA ao programa que teve por objetivo máximo concretizar as palavras do presidente Kennedy e levar o homem até a Lua. A partir do discurso histórico de Kennedy, todo esforço da agência americana se voltou para a concretização deste objetivo. Uma série de ações, como vimos, foi iniciada no sentido de se reunir e unificar as tecnologias existentes em prol de se atingir a grande meta. Importantes desenvolvimentos também foram feitos, assim como aprimoramentos de técnicas e processos. Porém, antes que toda esta sequência de ações fosse iniciada, era necessário responder a pergunta crítica: como seria possível levar o homem até a Lua e trazê-lo de volta? Quatro estratégias haviam sido propostas e era preciso selecionar a mais factível delas. Elas eram as seguintes:

- **Ascensão Direta:** segundo essa estratégia, uma espaçonave seria lançada da Terra diretamente até a Lua. Toda a espaçonave desceria na Lua e retornaria à Terra. Isso iria requerer um foguete muito mais potente do que qualquer projeto existente na época;
- **Encontro na Órbita da Terra:** Isso exigiria o lançamento de dois poderosos foguetes, um contendo a espaçonave e o outro, um tanque com combustível. A espaçonave iria se acoplar em órbita da Terra com o tanque de combustível levado pelo outro foguete e seria abastecida com o combustível necessário para levá-la até a Lua e trazê-la de volta. Toda a espaçonave desceria à superfície da Lua.
- **Encontro na Superfície da Lua:** Essa parte também requereria o lançamento de duas espaçonaves. A primeira seria uma nave automática que transportaria combustível até a superfície da Lua. A outra, a tripulada, que alunissaria próxima a anterior. O propelente da primeira seria transportado para a segunda que, assim, poderia retornar à Terra.
- **Encontro na Órbita da Lua:** A espaçonave seria modular, composta pelo *Módulo de Comando e Serviço (CSM)* e pelo *Módulo Lunar (LM)*. O CSM conteria todo o sistema de suporte de vida para que uma tripulação de três homens pudesse ir e voltar à Lua mais o escudo de calor para a reentrada na atmosfera da Terra. O LM se separaria do CSM em órbita da Lua e levaria dois astronautas até a superfície dela e, de lá, de volta ao CSM.

Esta última estratégia, idealizada pelo engenheiro John Houbolt foi a escolhida, após uma cuidadosa análise e simulações. Ela necessitava da menor quantidade de combustível, pois o LM poderia ser pequeno e, além disso, ser deixado na Lua após seu uso. Além disso, os cálculos mostraram que o empuxo necessário para concretizar a missão seria o menor em relação às demais propostas e um foguete para proporcioná-lo estava, a princípio, ao alcance de ser desenvolvido pela tecnologia de então. E este veículo lançador foi o *Saturno V*.

O *Saturno V* foi desenvolvido pelo grupo de Whernher von Braun, que trabalhava no *Marshall Space Flight Center (MSFC)*, situado no Alabama, e produzido por um consórcio de várias empresas americanas, lideradas pela Boeing, North American Aviation, Douglas Aircraft Company e IBM. Este lançador era constituído de três estágios e até hoje é o veículo lançador de maior empuxo que já entrou em produção.

O *Saturno V* é considerado como um das mais impressionantes máquinas já construídas pelo homem em sua história. Tudo a ele relacionado é grandioso. Em sua configuração de lançamento, ele tinha uma altura de 110,6m e um diâmetro de 10m, com uma massa total de cerca de 3.000 toneladas, gerando empuxo suficiente para colocar uma carga útil de 118.000kg numa órbita baixa. Seu primeiro estágio foi o maior cilindro de alumínio já feito. Suas válvulas eram tão grandes quanto barris, suas bombas de combustível eram maiores que um refrigerador de cozinha, seus tubos de injeção de combustível eram tão largos que um homem poderia rastejar em seu interior, enquanto seus motores eram do tamanho de um caminhão.

Esse grandioso veículo lançador foi concebido como evolução dos lançadores menores da série Saturno. Mesmo assim, representou um imenso desafio para a equipe de desenvolvimento, em especial para chegar aos materiais e combustíveis adequados; às técnicas de soldagem, montagem e teste; à forma de transportar seus módulos até o local de montagem e, daí, até a plataforma de lançamento.

Os três estágios eram: – o primeiro, denominado *S-I*, o segundo, *S-II* e o terceiro, *S-IV*, mais a unidade de instrumentação. Todos os estágios usavam oxigênio líquido (*LOX*) como oxidante. O primeiro estágio empregava como combustível *RP-1*, que é um tipo especial de querosene, enquanto os outros estágios usavam hidrogênio líquido (*LH2*).

O *S-I* tinha 42m de altura e 10m de diâmetro, pesando já com o combustível cerca de 2.000 toneladas. Era constituído por uma combinação em paralelo de 5 motores *F-1*, sendo que o central era fixo, enquanto os outros quatro tinham suas posições alteradas através de mecanismos hidráulicos de forma a propiciar o controle sobre o foguete. O primeiro estágio funcionava por 2,5 minutos, fornecendo



*Motores F-1 do primeiro estágio do foguete Saturno V comparados à estatura de seu criador, Werner von Braun.*



*Primeiro estágio do Saturno V, sendo manipulado no interior do prédio de integração e testes.*

um empuxo de 35,02MN, o suficiente para elevar o lançador até a altura de 61km e a uma velocidade de 8.600km/h.

O segundo estágio media cerca de 24m de altura e 10m de diâmetro e era impulsionado por cinco motores J-2 em configuração similar a do primeiro estágio. Esse estágio funcionava por 6 minutos, gerando um empuxo de 5MN, o que levava o lançador a uma velocidade de 24.600km/h e até a altura de 185 km.

O terceiro estágio tinha cerca de 17,5 m de altura e seu diâmetro era de 10m na parte inferior, 6,3m na superior e usava um único motor J-2. Esse terceiro estágio era usado duas vezes durante a missão: na primeira, para terminar de inserir a nave em órbita da Terra e, posteriormente, para dar à nave o empuxo suficiente para injetá-la em sua órbita em direção à Lua – *trans lunar injection (TLI)*. Entre um e outro evento, os motores permaneciam desligados. Assim, o terceiro estágio funcionava inicialmente por cerca de 2,5 minutos, terminando de inserir a nave em órbita da Terra. Após esse tempo, o motor era desligado e a nave permanecia em



*Saturno V sendo conduzido do prédio de integração e testes para a plataforma de lançamento. Ao fundo, se tem o prédio de integração e testes, onde o Saturno V é testado, integrado e posicionado em sua configuração de lançamento.*



JPL-NASA

*Saturno V em sua configuração de lançamento, na plataforma de lançamento 39.*

órbita. Após cerca de 2 horas e 30 minutos do lançamento, o terceiro estágio era religado por cerca de 5 minutos, dando à nave o empuxo suficiente para que atingisse a velocidade de 10 km/s, necessária para tirá-la da órbita da Terra e levá-la em sua trajetória em direção à Lua, operação esta denominada *TLI*.

No topo do *Saturno V* ia o *Módulo de Comando e Serviço (CSM)*, a nave espacial *Apollo* propriamente dita, que era, na verdade, constituída de dois módulos acoplados, o *Módulo de Comando (CM)* e o *Módulo de Serviço (SM)*. Eles foram projetados com o objetivo de abrigar os três astronautas, dispondo de subsistemas de navegação, guiagem, de reentrada, de suporte de vida e atmosfera, de forma que os tripulantes pudessem permanecer

em seu interior sem seus trajes espaciais e por um período de até 14 dias.

O *Módulo de Comando*, que era a única parte da espaçonave que voltava à Terra, tinha a forma de um cone truncado, medindo 3,2m de altura por 3,9m em sua base. Possuía três compartimentos. O compartimento da frente alojava propulsores de manobra, o túnel de acoplamento e os componentes do subsistema de aterrissagem, incluindo os pára-quadras. O compartimento intermediário era pressurizado e abrigava a tripulação, equipamentos diversos, painel de controle e de visualização. No último compartimento estavam os motores de propulsão, tanques de combustível, tanques de água, de dejetos e de oxigênio.

O compartimento intermediário onde os astronautas ficavam alojados possuía um volume total de 6.2 m<sup>3</sup>. Cada astronauta dispunha de um assento, que podia ser dobrado em gradações variadas. O assento à esquerda era ocupado pelo comandante da espaçonave, que normalmente era o que operava os controles do *CM*. No central, sentava-se o piloto, cuja principal função era cuidar da navegação e da guiagem da nave. Durante a alunissagem, era ele que ficava sozinho, operando a nave. O assento da direita era destinado ao piloto do módulo de alunissagem que, além de pilotar este veículo, se encarregava de monitorar vários subsistemas da nave, tais como o suprimento de eletricidade, de oxigênio e de combustível. O espaço interno era suficiente para que os astronautas pudessem se levantar e se deslocar pela nave. Com o assento central dobrado, dois homens poderiam ficar em pé ao mesmo tempo. Sobre os assentos, existia espaço suficiente para que dois astronautas dormissem em sacos de dormir ade-

quadamente presos. O interior da cabine era pressurizado com oxigênio puro e a temperatura mantida por volta de 23°C.

O *Módulo de Serviço (SM)* era uma estrutura cilíndrica não pressurizada que media 7,5m de altura por 3,9 m de diâmetro. Abrigava o sistema de propulsão principal da espaçonave, os tanques de combustível, a célula geradora de potência, os propulsores de manobra, as antenas de comunicação e os tanques de ar e água. O sistema principal de propulsão gerava um empuxo de 98kN e era usado para colocar a espaçonave em órbita da Lua e tirá-la da órbita lunar para o seu retorno à Terra. O *SM* permanecia acoplado ao *CM* durante toda a missão, sendo desacoplado e ejetado 15 minutos antes da reentrada na atmosfera da Terra.

O *Módulo Lunar (LM)* era a parte da espaçonave Apollo que descia até a Lua, transportando os astronautas, e retornava à órbita lunar. Podia transportar duas pessoas, num espaço de 6,65m<sup>3</sup>, medindo 6,4m de altura e 4,3m de lado e possuía quatro “pernas”, que o apoiava enquanto estava na superfície da Lua. Ele era subdividido em duas partes principais: o *Módulo de Descida* e o *Módulo de Ascensão*.

O *Módulo de Descida* era a parte de baixo do *LM*. Tinha uma forma octogonal e quatro pernas de suporte. Levava em seu interior o mecanismo de descida, a antena do radar de descida, os motores foguetes de descida e os tanques de combustível. Também dispunha de vários compartimentos de carga, onde transportava os equipamentos a serem usados na superfície da Lua. Também alojava em seu interior as baterias e os tanques com oxigênio e água.

Os foguetes de descida tinham um controle que permitia controlar o empuxo gerado, que assim podia ser variado entre 10% e 100%. Isso conferia não só a capacidade de fazer com que o *LM* descesse na vertical, como também se deslocasse sobre a superfície lunar como se fosse um helicóptero. Esta última característica foi crucial para que se movimentasse o *LM* sobre a superfície até encontrar um ponto de alunissagem adequado. Após a separação da nave, a descida do *LM* se processava em etapas. Seu motor era acionado a cerca de 112km da Lua para tirá-lo da órbita e colocá-lo numa trajetória de pouso. A 15 km da superfície, o motor era acionado novamente, para suavizar a queda e direcionar o pouso. Próximo ao solo, a parte final da descida era orientada por um radar, que enviava seus dados a um sistema automático de pouso. Esse sistema fazia com que o *LM* pousasse suavemente, a uma velocidade de 0.9m/s. Na extremidade inferior das pernas de pouso, havia um filamento de 1,2 m de extensão que, ao tocar o solo, indicava que os motores deveriam ser desligados.

No momento de levar de volta os astronautas à nave, o *Módulo de Descida*

servia de plataforma de lançamento para o Módulo de Ascensão e era deixado sobre a superfície da Lua.

O Módulo de Ascensão continha a cabine da tripulação, painéis de instrumentos e controle, radar, antenas de comunicação, foguete de ascensão, combustível, bateria e oxigênio suficiente para o trajeto de retorno à nave. Suas dimensões eram 3,76m de altura e 4,3m de diâmetro. O espaço para a tripulação era exíguo e, para diminuir o peso, não havia assentos. Os astronautas, durante o deslocamento, permaneciam em pé, presos por cintos. Na frente da posição de comando, no lado esquerdo, havia uma janela através da qual se podia manobrar o *LM* no encontro e acoplamento com o *CM*. Na parte inferior se situava a escotilha que permitia sair do *LM* para ir até a superfície da Lua. A cabine da tripulação era pressurizada com 100% de oxigênio. Na parte superior se situava outra escotilha que lhes permitia passar através de um túnel para o *CM*, enquanto acoplado ao *LM*. Na parte inferior do Módulo de Ascensão ficava o sistema de propulsão, juntamente com seus tanques de combustível, usado para conduzir o Módulo de volta à nave, que lhes esperava em órbita da Lua.

Durante o lançamento, o *Módulo Lunar* era alojado num compartimento imediatamente abaixo do *Módulo de Comando e Serviço*. Logo após o último estágio do *Saturno V* ter sido usado para injetar a nave em sua órbita a caminho da lua (*TLI*) e ser descartado no espaço, este compartimento se abria e liberava o *LM* no espaço. Ato contínuo, o *Módulo de Comando e Serviço* manobrava e se acoplava a ele, de forma que os astronautas podiam transitar livremente entre ambos os módulos durante todo o deslocamento até a Lua.

## 7. Superando uma Tragédia

Um vôo tripulado ao espaço é um empreendimento de altíssimo risco. O fato de se ter uma sequência de vôos bem-sucedidos, onde as tripulações voltam à Terra sãs e salvas não implica, em absoluto, que o próximo vôo também ocorrerá sem maiores problemas. Isto pelo fato dos sistemas que possibilitam as missões espaciais serem extremamente complexos, com múltiplas dependências, sendo que uma falha, por menor que seja, pode gerar situações de grande risco.

Os americanos tiveram, indiscutivelmente, dois programas nos quais nada de errado aconteceu em relação aos seus astronautas em suas várias missões ao espaço. Mesmo assim, todos sabiam dos riscos envolvidos. Os astronautas eram

instruídos a apresentar ao público e à imprensa a imagem de que estavam sempre confiantes no sucesso e que os riscos eram mínimos. Mas eles sempre tiveram consciência dos perigos a que estavam sujeitos. Da mesma forma, todos os milhares de engenheiros e técnicos, mais do que ninguém, tinham a mesma consciência. Todos viviam “assombrados” com a possibilidade de o veículo lançador explodir durante o lançamento, ou da nave ser destruída durante a reentrada, ou dela se perder no espaço e os astronautas perecerem quando o oxigênio se esgotasse. Todos esses problemas sempre são possíveis de acontecer, por maiores que sejam as preocupações. Entretanto, o momento mais tenebroso e sombrio relacionado ao Programa Apollo ocorreria, não no espaço, nem no lançamento, mas numa situação inimaginável – durante um treinamento em Terra.

Estávamos em 27 de janeiro de 1967, em meio aos preparativos para o lançamento da primeira nave Apollo tripulada. Depois de meses de atrasos e de problemas de desenvolvimento, a data de lançamento foi fixada para 21 de fevereiro de 1967. Os três astronautas escolhidos eram Virgil I. “Gus” Grisson, Edward H. White e Roger B. Chafee. Gus era um veterano do Programa Mercury – foi o astronauta do segundo voo suborbital e do primeiro da Gemini. White havia sido o primeiro americano a sair da nave no espaço (EVA), enquanto Chafee, o mais jovem dos três, tinha sido selecionado pela NASA na última turma, imediatamente anterior ao Programa Apollo. A nave *Apollo 1* iria ao espaço através do uso do *Saturno 1-B*, que nada mais era do que um veículo lançador que usava os dois estágios iniciais do *Saturno V*. No dia em questão, a *Apollo 1* estava no topo do *Saturno 1-B*, na plataforma de lançamento 34. O veículo lançador estava sem combustível.

O veículo onde os três deveriam ser lançados não era um produto final. Havia sido construído a partir das especificações feitas em 1961, quando o programa Apollo começava a ser concebido. Ao longo do tempo, idéias novas foram surgindo, assim como testes revelaram falhas ou funcionamentos indevidos que implicavam em alterações de projeto. No entanto, devido às pressões diversas e o objetivo de se chegar à Lua antes do término da década, a NASA decidiu preservar a construção da nave referente às especificações originais, que seria usada nos vãos iniciais de teste, enquanto a versão final, fruto da elaboração e desenvolvimento do projeto, seria empregada nos testes finais e na missão à Lua propriamente dita. Assim, a *Apollo 1* era fruto direto das especificações iniciais, mas que incorporou, até chegar nesta que seria lançada, centenas de modificações, em decorrência de várias falhas verificadas durante os diversos testes.

Na sexta-feira à tarde do dia 27 de janeiro, os três astronautas, com seus trajes espaciais, estavam no interior da nave em suas posições de lançamento. A escotilha da nave estava fechada e lacrada, a cabine pressurizada com oxigênio puro, enquanto a equipe de terra acompanhava o que se passava com a nave da sala de controle. Os testes haviam começado às 13 horas. Entretanto, problemas diversos surgiram, em especial relacionados ao sistema de comunicação, onde com muita frequência ocorriam interferências que impediam que se compreendesse qualquer coisa. No meio dos testes, Grissom chegou a desabafar, falando – “Como vocês esperam nos levar até a Lua se não conseguimos nos comunicar em terra, com a sala de controle?”.

Às 18h30m, tudo parecia normal no interior da nave e os testes caminhavam para o fim. Os controladores de terra registraram um súbito pico de corrente, sem explicação aparente, mas que parecia não ter maiores consequências. De repente, tudo começou a acontecer. Às 18h31m, os operadores de terra ouviram em meio a um sinal cheio de estática alguém, que parecia ser Chafee ou Grissom, gritar algo como “Hei” ou “Fogo”. Um segundo depois, os monitores no interior da nave indicaram movimento no interior dela e um súbito aumento de temperatura. Concomitantemente, ouviram agora claramente, a seguinte frase: “Temos um incêndio... nos tirem daqui... estamos queimando!”. Seguiu-se um grito de dor e um silêncio. Às 18h31m17s, ou exatos 15 segundos após o fogo ter sido detectado, a pressão no interior da nave chegou a um valor tão alto que rompeu o isolamento da cabine. A equipe de terra só conseguiu abrir a escotilha depois de 5 minutos, encontrando o interior da nave todo queimado e os astronautas mortos. A autópsia revelou que haviam sido mortos devido à inalação da fumaça.

Foi uma tragédia sem igual. Como ocorrera? Por que ocorrera? Houve uma investigação rigorosa. O Congresso Americano instaurou uma comissão de investigação. Uma comissão independente de altíssimo nível técnico foi instituída para “dissecar” a nave destruída e descobrir a causa do acidente. Os resultados revelaram inúmeras falhas envolvendo o processo de desenvolvimento e de produção da nave. Muitas das falhas constatadas durante os testes não foram corrigidas adequadamente pelo fabricante. E eram inúmeras, várias. Os responsáveis pelo projeto, tanto da NASA, quanto da fabricante, foram trocados. A comissão de investigação constatou que o incêndio havia sido provocado por um chicote de fios que estavam posicionados sem proteção no interior da espaçonave, ao lado da porta que dava acesso ao compartimento de lixo. A porta sempre resvalava no chicote e ela possuía “cantos vivos”. Ao longo do tempo, esses foram tirando o



isolamento dos fios, que acabariam por provocar um curto e fagulhas. Além disso, o fato da nave ser pressurizada com oxigênio puro e possuir em seu interior inúmeros materiais inflamáveis, feitos de material inadequado, criava um ambiente em que qualquer faísca poderia gerar um incêndio de proporções catastróficas. Para piorar a situação, não havia um mecanismo de escape de emergência, que permitisse abrir a escotilha rapidamente. O relatório final dessa comissão, denominado “Phillips Report” (disponível para consulta), apontou inúmeras modificações a serem feitas no projeto da nave Apollo e no seu processo de fabricação, de forma a mitigar os riscos associados a possíveis acidentes.

Aos poucos, a NASA foi superando e absorvendo a “grande tragédia”. Todas as sugestões do “Phillips Report” foram seguidas. A Apollo foi literalmente refeita e reestruturada. Todos os procedimentos modificados. A árdua lição foi apreendida e assimilada e todos novamente se voltaram para tentar ainda cumprir a meta instituída por Kennedy e chegar à Lua em 1969.

Enquanto isso, os soviéticos também enfrentavam suas tragédias. As notícias que chegavam ao ocidente, em sua maioria, eram aquelas divulgadas pela agência oficial de notícias deles, a *Agência Tass* que, via de regra, as transformava em propaganda positiva para o regime soviético. Como consequência, os fatos não eram exatamente como apareciam divulgados. Isso em todas as áreas e a *corrida espacial* não era exceção.

Assim, exemplificando, o “passeio espacial” Aleksei Leonov foi um sucesso. Entretanto, não foi noticiado que ao voltar a Terra, sua *Vostkhod 2* acabou por aterrar numa região remota, infestada por lobos. A equipe de resgate demorou 2 dias para chegar até eles. Os fatos são piores ainda: por pouco a nave não se desintegrou ao retornar a Terra.

Estranhamente, após este real insucesso, todos os vôos seguintes foram cancelados e o programa soviético aparentemente entrou em compasso de espera. O que acontecia era que estavam desenvolvendo uma nova nave, mais robusta, confiável e inovadora, com capacidade para receber uma tripulação de três astronautas – a *Soyuz*. Nesse meio tempo, Sergey Pavlovich Korolev – o grande responsável pelo desenvolvimento do programa espacial soviético –, responsável direto pelos desenvolvimentos de foguetes e espaçonaves, faleceu em 14 de janeiro de 1966, deixando o projeto da *Soyuz* inacabado. Sua equipe continuou seu trabalho e a *Soyuz I* foi lançada em 23 de abril de 1967. Problemas surgiram a bordo, que forçaram um retorno prematuro da espaçonave. No entanto, na reentrada, o pára-quedas falhou e a nave se espatifou no chão, provocando a morte de seu único tri-

pulante, o cosmonauta Vladimir Mikhailovich Komarov. Sem sombra de dúvidas, o ano de 1967, que deveria ser comemorado pelo fato de representar uma década da conquista do espaço pelo Homem, foi um ano que entrou para a história sem deixar saudades.

Apesar dessa tragédia, os soviéticos também continuaram a perseguir a ideia de levar um homem à Lua, apesar de, a esta altura, estarem bem atrás dos americanos em termos do desenvolvimento da tecnologia para levá-los até seu objetivo. Entretanto, este objetivo foi definitivamente descartado quando, em 21 de fevereiro de 1969, o veículo lançador soviético – *N-1* – que deveria levar uma nave soviética até a Lua - explodiu em sua torre de lançamento, ao invés de alçar vôo.

## 8. O Programa Americano Continua

Pouco a pouco, os efeitos da tragédia que se abateu sobre o Programa Apollo foram sendo absorvidos e o Programa começou a ressurgir das cinzas. O objetivo maior, de levar o “homem à Lua antes do final da década e trazê-lo de volta em perfeitas condições” continuava a falar mais alto. No aspecto gerencial e no relacionamento da NASA com os fornecedores, muitas mudanças foram realizadas de forma a tornar os produtos em desenvolvimento mais seguros e confiáveis.

O grande teste para o Programa adveio em 9 de novembro de 1967, no âmbito da missão denominada *Apollo 4*: seria a primeira vez que o *Saturno V* seria lançado em sua configuração completa. De forma semelhante, seria o primeiro lançamento feito a partir do *complexo de lançamento 39*, que foi especialmente construído para o *Saturno V*. Esse teste tinha uma significância ainda maior quando se considera que também estava em jogo o sucesso (ou não) da doutrina de teste escolhida para ser empreendida no desenvolvimento do *Saturno V*: ao invés de se testar cada parte do foguete separadamente, ele seria testado como um todo. Essa doutrina foi decidida em 1963 e implicava em um corte significativo sobre o número de testes necessários ao desenvolvimento e, conseqüentemente, uma redução do tempo de desenvolvimento, o que era essencial para se satisfazer a meta estabelecida pelo presidente Kennedy. Porém, havia um risco imenso associado a essa estratégia: tudo precisava funcionar e de forma adequado na primeira vez. E funcionou! Às 7 h o *Saturno V* alçou vôo do *Kennedy Space Center*, proporcionando um espetáculo incrível aos que ali estavam presenciando o grande acontecimento. Três minutos antes do lançamento, o veículo vai para o modo *automático*. Seus

instrumentos de bordo fazem os últimos testes e ligam sequencialmente os cinco motores do primeiro estágio, gerando uma torrente impressionante de uma chama laranja e fumaça. Ato contínuo, 4 milhões de toneladas de água são jogados sobre a base da plataforma de lançamento, a fim de protegê-la e preservá-la. Uma vez que o computador de bordo tenha determinado que todos os motores estejam funcionando adequadamente, o braço de metal de sustentação se afasta, deixando a sustentação e o equilíbrio do veículo para os motores. Estes fazem com que o veículo comece lentamente a se elevar. Quando a plataforma de lançamento fica para trás, o foguete acelera rapidamente, até atingir o empuxo total. Cerca de sete segundos após o lançamento, uma onda de choque chega até os espectadores, que ficavam à 5 km da plataforma. Essa onda parece um terremoto, acompanhado de um som que lembrava um intenso relâmpago e, a seguir, um estrondo muito intenso se faz ouvir – era o veículo lançador “quebrando” a barreira do som.

O teste foi um sucesso. Onze minutos após o lançamento, a nave Apollo não tripulada, que estava no topo do lançador, entrava em órbita. Pouco tempo depois, o terceiro estágio do *Saturno V*, que continuava conectado à *Apollo*, era ligado novamente, levando-a até uma altura de 188 km, para depois se separar da nave. Após 3 órbitas e 40 minutos de vôo, a *Apollo 4* voltava à Terra, caindo no oceano Pacífico, próximo ao Havaí. O Programa Apollo havia passado com louvor pelo seu primeiro grande teste.

Em 22 de janeiro de 1968, ocorreu o vôo da *Apollo 5*. O objetivo da missão era realizar o teste do *Módulo Lunar* no espaço, em especial verificar o funcionamento de seus motores de alunissagem e ascensão, assim como avaliar o desempenho funcional da separação entre os módulos de alunissagem e ascensão e da estratégia de se abortar a alunissagem, situação onde o foguete de ascensão era acionado e a separação entre os módulos ocorreria, enquanto o módulo se encontrava em processo de descida. O LM não tripulado foi ao espaço no topo de um *Saturno I-B*. A missão foi um sucesso e comprovou o funcionamento adequado do *Módulo Lunar*.

A *Apollo 6* foi ao espaço em 14 de abril de 1968, para o teste final de qualificação do *Saturno V* e para verificar o subsistema de reentrada atmosférica do *Módulo de Comando*. Diferentemente do teste da *Apollo 4*, o lançador apresentou várias falhas. Durante o funcionamento de primeiro estágio, ocorreu muita vibração; dois motores do segundo estágio pararam de funcionar de forma prematura; não se conseguiu religar o terceiro estágio em órbita. Para compensar, o subsistema de reentrada funcionou adequadamente. Esses problemas foram exaustivamente analisados pela equipe de Von Braun. Após semanas de investigação, chegaram à

conclusão de que todos os problemas tinham sido ocasionados pela vibração anormal e intensa do primeiro estágio. Foi projetado um amortecedor de vibração que funcionou de forma adequada e reduziu substancialmente a vibração. Com ele e os resultados dos vôos de teste, o *Saturno V* foi declarado pronto para seu glorioso papel de impulsionar a nave *Apollo* até a Lua.

A *Apollo 7* foi a primeira missão tripulada do *programa Apollo* a ser lançada. O objetivo era o de qualificar no espaço a nova versão do *Módulo de Comando e Serviço*, que resultou do desdobramento das lições apreendidas na tragédia da *Apollo 1*. O CSM foi ao espaço no topo de um *Saturno I-B*, em 11 de outubro de 1968, tendo como astronautas Wally Schirra, comandante e veterano do Programa Mercury, Donn Eisele, piloto do *módulo de comando* e Walter Cunningham, piloto do *módulo lunar*. A missão durou 10 dias e 20 horas. Todas as operações e subsistemas funcionaram sem apresentar nenhum problema significativo, incluindo o Sistema de Propulsão da nave, que tinha a função de colocar a nave na órbita da Lua e, posteriormente, tirá-la dessa órbita. O único problema foi relativo aos astronautas, que, com o passar dos dias, começaram a apresentar mudança de humor, irritação e todos acabaram resfriados. Além disso, reclamaram muito da comida. Essa missão foi a pioneira em transmissões televisivas “ao vivo” a partir do espaço e também testou o procedimento de acoplamento com o *Módulo Lunar*.

## 9. A Caminho da Lua

Pelo planejamento original da sequência de vôos da *Apollo*, a missão da *Apollo 8* se desenvolveria em órbita baixa da Terra e teria como propósito realizar o primeiro teste operacional tripulado do *Módulo Lunar*. O ML foi entregue pelo fabricante à NASA dentro do prazo previsto. Porém, os testes de aceitação constataram inúmeras falhas e o produto foi devolvido ao fabricante para que este empreendesse os reparos e modificações necessários. Devido à complexidade e à extensão do trabalho necessário, o fabricante só seria capaz de completá-lo não antes de fevereiro de 1969. Em consequência, o caminho natural seria adiar o vôo da *Apollo 8*. Entretanto, isso implicaria em atrasar o cronograma do Programa em mais de seis meses.

Ao invés disso, exercitando ousadia e senso de oportunidade, em agosto de 1968 George Low, então diretor responsável pelo Programa Apollo, propôs um novo objetivo para a *Apollo 8*: ir até a Lua, entrar em órbita e voltar à Terra. Era

um objetivo ousado, mas factível, considerando os resultados obtidos até aquele momento. Depois de acirradas discussões, a proposta foi aceita e o vôo começou a ser preparado. Seria o vôo mais crítico e complexo até então. Embora não houvesse alunissagem, quase todas as fases que levariam a este supremo objetivo seriam exercitadas. O resultado do trabalho que estava até aquele momento ocupando cerca de 350.000 pessoas ao longo de quase uma década passaria pela mais rigorosa avaliação até então realizada.

Os astronautas escolhidos foram Frank Borman, comandante, James Lovell, piloto do Módulo de Comando, e William Anders, piloto do Módulo Lunar. Ambos iniciaram um programa intensivo de preparação para a histórica missão. Para cada hora de vôo real houve sete horas de vôo no simulador. Embora todos os membros da tripulação recebessem treinamentos em todas as operações, para cada tarefa crítica, um foi escolhido e teve um treinamento mais específico e mais intensivo ainda. Assim, Borman se especializou no controle da nave durante a re-entrada, Lovell, na navegação da nave no caso de perda de contato com a Terra e Anders, nos testes de verificação geral da nave.

Enquanto os astronautas se preparavam para o lançamento, uma complexa e intrincada rede, envolvendo pessoas, navios e aviões, era colocada em ação, com o propósito de seguir, registrar e acompanhar, segundo a segundo, todo o desenrolar da histórica jornada. A tarefa desta rede era a de seguir a trajetória da nave, receber os sinais dos instrumentos de bordo, acompanhar os sinais vitais dos astronautas, permitir a comunicação com os astronautas, registrar suas vozes, enviar as instruções de terra, enviar comandos, verificar o funcionamento de todos os subsistemas de bordo e trazê-los de volta a Terra. Esta rede envolvia 14 estações de terra, 4 navios com instrumentos e 6 aviões que ficavam em operação durante todo o desenrolar da missão. Três estações de terra situadas em Goldstone, na Califórnia, em Madri, Espanha, e em Camberra, na Austrália, permitiam as comunicações com o espaço mais exterior.

Em 21 de dezembro de 1968, às 7h51m hora local, a *Apollo 8* foi lançada do Cabo Kennedy. Foi um lançamento perfeito e a espaçonave foi colocada, após 11 minutos, em numa órbita em torno da Terra de 181,5 km de perigeu e 191,3 km de apogeu, com um período orbital de cerca de 88 minutos. Pelas próximas 2 horas, a tripulação e o Centro de Missão se ocuparam em verificar se todos os subsistemas estavam operando adequadamente. Às 2 horas e 27 minutos do lançamento, o *S-IVB*, terceiro estágio do veículo lançador, foi religado e funcionou por 5 minutos e 17 segundos, levando a nave à *Injeção Trans-Lunar (TLI)*, i.e., fornecendo o empuxo

suficiente para colocar a nave a caminho da Lua. Quando o terceiro estágio foi desligado, a velocidade adquirida era de 39.000km/h. Após isso, o *S-IVB* foi ejetado no espaço e seus motores novamente religados a partir de Terra, para enviá-lo a uma órbita segura no espaço.

Durante sua órbita em direção à Lua, o curso era constantemente verificado, tanto a partir da Terra, através do uso de radar, como do interior da espaçonave, através do uso de um sextante, que permitia que se medisse o ângulo entre uma determinada estrela e a Terra ou a Lua. Esta tarefa cabia a Lovell. A partir dessas medidas, às 11 horas do lançamento, os motores do módulo de serviço (*SPS*) foram ligados por 2,4 segundos, para corrigir o curso. Após isso, a trajetória que a nave seguia foi considerada perfeita.

A partir daí, os astronautas começaram a por em prática a estratégia elaborada para períodos de sono. Sempre um astronauta ficaria acordado, enquanto outros dois poderiam dormir por cerca de sete horas. O sono era induzido por pílulas. Entretanto, dormir no espaço se mostrou bem mais difícil do que esperado, devido à ausência de gravidade, ao barulho do sistema de ventilação e às chamadas de rádio vindas do Centro de Missão. Todos os astronautas experimentaram mal-estar e náuseas, bem além do previsto ou do que havia ocorrido com as experiências a bordo das cápsulas Gemini. Esse efeito ocorreu pelo fato dos astronautas poderem se locomover livremente a bordo da *Apollo*, o que provoca em algumas pessoas distúrbios no sistema de equilíbrio do ser humano. Este mal é conhecido por *Síndrome de Adaptação ao Espaço*. Apesar disso, os astronautas se superaram e conseguiram realizar com sucesso transmissões televisivas que mostravam a vida a bordo, os quais proporcionaram aos telespectadores uma vista impressionante do pequeno globo azul que, pouco a pouco, ia ficando menor e mais longínquo.

Após 55 horas e 40 minutos de vôo, a espaçonave começava a entrar na região de influência da Lua. Eles, então, estavam a cerca de 62.300km de distância da Lua. Pouco tempo depois, 61 horas após o lançamento, o sistema de propulsão foi novamente ativado por 11 segundos, para reduzir a velocidade da nave, alterando, assim, sua órbita de forma que ela passasse à 115,4km da superfície da Lua.

Após 64 horas de vôo, na véspera do Natal, a tripulação começou a se preparar para executar a manobra de *Inserção em Órbita Lunar-1 (LOI-1)*. Esta manobra precisava ser realizada quando a nave tem a Lua entre ela e a Terra, ou seja, quando está passando pelo lado “oculto” da Lua e, por conseguinte, sem contato via rádio com o Centro de Missão. Os motores foram ligados por 4 minutos e 13 segundos, às 69 horas e 8 minutos de vôo, colocando com sucesso a *Apollo 8* em órbita da Lua.



O “nacer da Terra”, visto da Lua, mostrando o quanto belo, único e ao mesmo tempo frágil e solitário é o mundo que nos abriga diante da imensidão do Universo

Foi um momento tenso, em especial para os controladores de Terra. Os motores seriam ligados 10 minutos depois que a nave tivesse entrado na face oculta, sem contato de rádio com a Terra. Mais 10 minutos se fariam necessários, até que ela voltasse a ser vista pelo sistema da Terra. O motor poderia falhar. Algo poderia dar errado. Mas nada de errado ocorreu: 20 minutos após ter “sumido”, a nave reapareceu no sistema de rastreamento e o sinal foi recebido aos gritos de alegria pela equipe de Terra. Os sinais indicavam que a nave funcionava bem. Finalmente, um minuto depois, a voz de Lovell era ouvida e este informava que a *Apollo* estava em órbita da Lua, uma órbita elíptica com apoapse de 311,1km e periapse de 119,9km. Mais tarde, ao final da segunda órbita, os motores da *Apollo* seriam religados por 11 segundos para executar a manobra de *Inserção em Órbita Lunar-2 (LOI-2)*, com o objetivo de tornar a órbita mais circular. Após esta manobra, a nave passou a uma órbita ligeiramente elíptica, com apoapse de 114,8km e periapse de 112,6 km.

Que grande feito estava se desenrolando: três homens orbitavam a Lua, numa jornada nunca antes empreendida por qualquer um. Estabeleciam, assim, um verdadeiro marco para a história da humanidade e se igualavam aos grandes exploradores do passado. Quando perguntados pelo pessoal de Terra sobre como a Lua era, Lovell assim descreveu: “A Lua é essencialmente cinza, sem cor, parecendo... feito de um tipo de areia de praia cinza. Nós podemos ver alguns detalhes”. O *Mar da Fertilidade* daqui não parece tão bem delimitado como quando se observa a partir da Terra. Não existe muito contraste entre ele e as crateras que lhes são vizinhas. As crateras são arredondadas. Existem várias delas, al-

gumas são novas. Muitas – em especial as redondas – parecem ter sido criadas devido ao impacto de meteoritos. *Langrenus* é uma cratera imensa e apresenta um cone central. “As paredes da cratera apresentam vários platôs, seis ou sete diferentes, até o fundo.”

A *Apollo 8* permaneceu em órbita da Lua por cerca de 20 horas. Os astronautas se tornaram os primeiros homens a verem o lado “oculto” da Lua. Durante o tempo de permanência, foram feitas transmissões televisivas ao vivo, um levantamento fotográfico completo, objetivando explorar as características de possíveis locais de pouso, deram-se nomes a diversas crateras e identificaram-se as características do campo gravitacional da Lua. Na quarta órbita, quando a nave deixou o lado “oculto” da Lua, os astronautas testemunharam um fenômeno jamais visto anteriormente: o “nascer da Terra”. Anders olhou pela janela e viu um pequeno globo azul e branco que surgia no horizonte e compreendeu que se tratava da Terra. Os astronautas imediatamente fotografaram o evento. E esta foto se tornou uma das mais famosas e significativas, na qual se vê parte da superfície da Lua e, no horizonte, a parte superior de um pequeno e insignificante globo branco e azul. Esta imagem revela quão lindo, único e, ao mesmo tempo frágil é o lar que nos abriga na imensidão cósmica. É interessante observar que devido à rotação síncrona da Lua em volta da Terra, não se consegue ver o “nascer da Terra” a partir da superfície da Lua, ou seja, este fenômeno só é visto quando se está orbitando a Lua.

Na última transmissão televisiva para a Terra, realizada no dia do Natal, Borman descreveu a Lua com sendo um “lugar vasto, solitário e proibido... um lugar que não parece muito convidativo para se viver ou trabalhar”, enquanto Lovell afirmou que “a Terra parece um grande oásis no meio do imenso e vasto espaço”.

Chegara o momento de retornar a “mãe” Terra. Mais um momento de tensão para a equipe do Centro de Missão: os motores da *Apollo 8* precisavam ser religados para retirar a nave da órbita lunar e colocá-la em seu curso de retorno. Essa operação precisava ser feita quando a nave estivesse no lado “oculto” da Lua. Se os motores não funcionassem, os astronautas ficariam presos em órbita da Lua e morreriam em 5 dias, quando o oxigênio se esgotasse. Os controladores de vôo só saberiam do resultado da manobra 15 minutos depois, quando os sinais de rádio fossem restabelecidos. Isto ocorreu às 89 horas e 28 minutos de vôo e os dados da telemetria indicaram que tudo havia ocorrido conforme previsto e a *Apollo 8* estava em sua trajetória de retorno.

O retorno ocorreu sem maiores incidentes. A viagem durou cerca de 2 dias e meio. Preparando-se para a reentrada, o *Módulo de Comando* se separou do módulo



de serviço e iniciou seu “mergulho” na atmosfera da Terra, dirigido pelo computador de bordo. À medida que a nave fazia sua reentrada, o calor gerado era muito alto, da ordem de 5000°C, sendo dissipado pelo escudo térmico e ionizando o ar em volta, gerando plasma, o que impedia a comunicação com o Centro de Missão. 8 minutos após o início da reentrada, quando a cápsula se encontrava à 9 km de altura, três pequenos pára-quadras se abriam, para frear e orientar a descida. Pouco tempo depois, o sistema de comunicação voltava a funcionar e o Centro de Missão pode ouvir voz de Lovell, entremeado por muito estática, dizendo: “Parece bom!”. E todos se puseram a comemorar efusivamente. A 3 km de altura, os três pára-quadras principais, cada um com 25m de diâmetro, se abriam, freando mais ainda a queda. Ao mesmo tempo, um foguete sinalizador era lançado, para indicar ao porta-aviões a posição de queda da nave. Pouco tempo depois, o *Módulo de Comando* mergulhava nas águas do Pacífico, com uma velocidade de cerca de 32km/h. 43 minutos depois, helicópteros do porta-aviões *USS Yorktown* chagavam, trazendo os mergulhadores encarregados de recuperar os astronautas. 45 minutos mais tarde, os três astronautas chegavam no convés do porta-aviões, sendo efusivamente recebidos. E foram recebidos como heróis.

Dias mais tarde, os astronautas foram condecorados pelo presidente e participaram de paradas de aclamação em várias capitais americanas. Receberam inúmeras mensagens de congratulações, incluindo as dos soviéticos, que aclamaram o fato como uma “conquista do progresso científico e tecnológico da humanidade”. Já Thomas O. Paine, o Diretor da NASA, em seu discurso de recepção, disse: “Este vôo representa um dos maiores e pioneiros esforços empreendidos pela humani-



*Werner von Braun – o engenheiro responsável pelo desenvolvimento do Saturno V, ao lado do astronauta Gordon Cooper, em 1961.*

dade... mas este não é o fim, mas o começo... de um programa de vôos espaciais que vai se estender por muitas gerações.”

Em 3 de março de 1969, a *Apollo 9* foi ao espaço num *Saturno V*, desta vez na configuração final prevista para a alunissagem, levando consigo o *Módulo Lunar*. Este foi submetido no espaço aos testes de qualificação, sendo que todas as manobras orbitais foram realizadas com sucesso. Empreenderam-se operações de separação, manobra e posterior acoplamento, todas com sucesso. A missão voltou à Terra em 13 de março de 1969.

O vôo seguinte, da *Apollo 10*, teve um significado especial: foi o teste derradeiro de todo o sistema, a etapa final que preparou o palco para o feito tão esperado da alunissagem. A missão teve por objetivo entrar em órbita da Lua e testar o *Módulo Lunar*. O LM chegou a apenas 16 km da superfície da Lua. O vôo foi ao espaço em 18 de maio de 1969, tripulado pelos astronautas Gordon Cooper, comandante, Donn Eisele, piloto do Módulo de Comando, Edgar Mitchell, piloto do Módulo Lunar. A missão foi um sucesso em todos os sentidos e retornou a Terra em 26 de maio de 1969. Agora, tudo estava pronto, funcionando e preparado para a histórica epopéia do homem.

## 10. A Águia Pousou

Em 16 de julho de 1969, às 9h32m, a grande epopéia do homem começava. A *Apollo 11* levantava vôo da base de lançamento 39 do Cabo Kennedy em direção a Lua, levando aqueles que iriam se transformar nos primeiros homens a pisarem na Lua. A tripulação era composta por Neil Armstrong, comandante, Michael Collins, piloto do Módulo de Comando, e Edwin “Buzz” Aldrin, piloto do Módulo Lunar. O lançamento foi perfeito. Após 12 minutos, a nave estava na órbita da Terra. Depois de uma órbita e meia, o *S-IVB*, terceiro estágio do *Saturno V*, colocou a nave em sua trajetória em direção a Lua. 30 minutos depois, o *Módulo de Comando e Serviço* se separou do último estágio do veículo lançador e se acoplou ao *Módulo Lunar*.

A *Apollo 11* passou pelo lado “oculto” da Lua em 19 de julho e acionou seus motores de forma a entrar em órbita lunar. Nas órbitas que se seguiram, começaram os preparativos para a alunissagem. O ponto escolhido de descida foi o *Mar da Tranquilidade*, uma região relativamente plana e previamente mapeada por sondas automáticas.



Os astronautas da Apollo 11 - Neil Armstrong, Comandante, Michael Collins, Piloto do Módulo de Comando, e Edwin "Buzz" Aldrin, Piloto do Módulo Lunar (da esquerda para a direita).

No dia 20 de julho de 1969, enquanto a nave passava pela face oculta da Lua, o *Módulo Lunar*, batizado de *Águia*, se separou do *Módulo de Comando* e iniciou a descida. A bordo estavam Neil Armstrong e Edwin Aldrin. Quando Armstrong e Aldrin estavam à 15 km da superfície, o visor verde do computador de bordo mostrou o número 99. Era a indicação para Armstrong de que ele tinha apenas 5 segundos para decidir se iria alunissar ou retornar ao *Módulo de Comando*. Ele pressionou o botão de "prosseguir".

O motor de empuxo ajustável do *LM* começou a funcionar continuamente. Sete minutos mais tarde, eles estavam a 6km da superfície e o computador de bordo continuava a controlar a trajetória de descida. À 2 km do solo, o computador manobrou o *ML*, colocando-o na posição vertical própria para pouso. Com isso, Armstrong e Aldrin puderam ver, pela primeira vez, o solo lunar.



A Apollo 11, a caminho da Lua, em 16 de julho de 1969.



O Anel de separação se desprende do segundo estágio do Saturno V.



Módulo de Comando e Serviço visto no espaço a partir do Módulo Lunar.



Controladores de vô acompanhando a descida do Módulo Lunar "Águia".

Quando o *LM* estava apenas a 100m do solo e se preparando para alunisar, os astronautas perceberam que o local em que pousariam estava repleto de pedras. Armstrong passou o pouso para o modo semi-automático no qual o computador controlava o empuxo do motor, mas era ele quem guiava o módulo lunar. Por 90 segundos, procurou um local apropriado para pouso. Finalmente, com o combustível quase se esgotando, achou o local adequado: o *LM* pousou suavemente e o botão com a marca "parada" é acionado. Segundos depois, o Centro de Missão ouviu pelo rádio a frase histórica de Armstrong: "Houston, aqui é a Base da Tranquilidade. A *Águia* pousou". Eram 17h17m, horário de Brasília e o Centro de Missão "explodiu" em alegria e comemorações. Finalmente conseguiram!

Logo depois, Aldrin falou pelo rádio: "Aqui é o piloto do Módulo Lunar. Eu gostaria de aproveitar esta oportunidade e pedir a todos que parassem por alguns instantes, rememorassem os eventos das últimas horas e agradecessem da forma que lhes sejam características."

Seis horas e meia após o pouso, às 23h56m do dia 20 de julho de 1969, Armstrong abriu a escotilha do *LM* e começou sua histórica descida pela escada do módulo lunar em direção ao solo. Ao pisá-lo, ele proferiu outra histórica frase: "Este é um pequeno passo para o homem, mas um gigante salto para a humanidade". E lá estava ele, o primeiro ser humano a ter contato direto com outro corpo celeste. Era a realização de um sonho de séculos. Aquela figura que nos acompanha e ilumina as noites começaria a ter seus mistérios revelados. Era a prova definitiva de que não existem fronteiras intransponíveis para o trabalho harmônico e coordenado da



JPL-NASA

Às 23h56m do dia 20 de julho de 1969, Armstrong abriu a escotilha do LM e começou sua histórica descida pela escada do módulo lunar em direção ao solo. Ao pisá-lo, ele proferiu sua histórica frase: "Este é um pequeno passo para um homem, mas um gigante salto para a Humanidade".



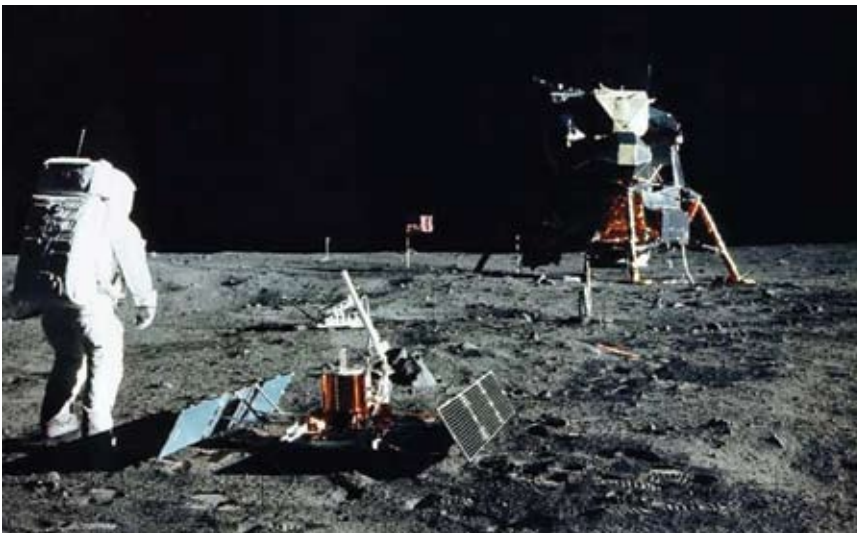
JPL-NASA



JPL-NASA

Aldrin apanhando instrumentos guardados no Módulo Lunar

Vista da superfície da Lua, logo após o pouso da Águia.

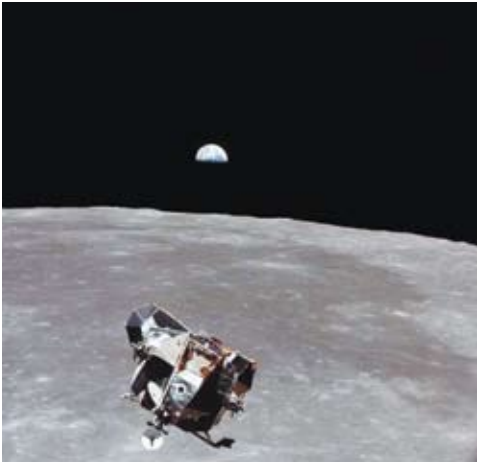


JPL-NASA

Equipamentos Sísmicos sendo instalados.

ciência e da tecnologia. E o desafio proposto por Kennedy se concretizou, dentro do prazo estabelecido, oito anos após seu famoso discurso.

E o feito congregou toda a humanidade. Uma câmera de TV instalada na base do Módulo Lunar permitiu que um público estimado em cerca de 600 milhões de pessoas ao redor da Terra acompanhasse o momento histórico e grandioso.



JPL-NASA

*Após ter permanecido por 2 horas e 31 minutos na superfície da Lua, O Módulo de Ascensão decola em direção ao Módulo de Comando e Serviço, conduzindo os astronautas Armstrong e Aldrin.*



JPL-NASA

*Após descerem no mar, os astronautas são recuperados sãos e salvos.*



JPL-NASA

*Após retornarem da Lua e serem resgatados, os astronautas permaneceram em quarentena por 21 dias, para se verificar a possibilidade de uma eventual contaminação por micróbios extraterrenos.*

Minutos depois, Aldrin se juntou a Armstrong na superfície lunar. E ele disse: “Que desolação magnífica... posso ver, literalmente, milhares de pequenas crateras, de variadas formas, inclinações e granularidades”.

Os astronautas permaneceram no exterior do *LM* por um total de 2 horas e 31 minutos. Exploraram as vizinhanças do local de pouso, coletaram cerca de 21kg de rochas, instalaram vários instrumentos e fizeram experiências diversas. Após terem permanecido na Lua por cerca de 21 horas e 36 minutos, o *Módulo Lunar* decolou, em direção ao *Módulo de Comando*. Depois de se juntarem a Collins que os esperava em órbita, o *LM* foi desacoplado e colocado numa trajetória que o levou a se chocar com a Lua.

A jornada de volta teve início. No dia 24 de julho, o *Módulo de Comando* desceu no mar, trazendo de volta à Terra os desbravadores da Lua, sãos e salvos. O grande desafio havia sido vencido!

## 11. Missões Seguintes e Resultados

À *Apollo 11*, seguiu-se outras seis missões. Seriam outras nove. Entretanto, os vôos das *Apollo 18* à *Apollo 20* foram canceladas devido ao corte das verbas para a NASA. Todas as missões foram bem-sucedidas, com exceção da *Apollo 13*, que protagonizou momentos de grande ansiedade devido à ocorrência de uma explosão no *Módulo de Serviço* que quase custou a vida dos astronautas. Esse drama foi retratado nas telas do cinema no filme *Apollo 13*. A partir da *Apollo 15*, um veículo motorizado dirigido pelos astronautas foi usado na exploração da Lua.

Em conjunto, as missões trouxeram para a Terra cerca de 380kg de pedras e materiais da Lua. A análise desses materiais revelou que, em geral, estas pedras são muito mais antigas do que as que são encontradas na superfície da Terra, sendo datadas entre 3,2 e 4,6 bilhões de anos. A *Apollo 15* encon-



Uma das muitas amostras trazidas da Lua pelas missões Apollo.

JPL-NASA

trou uma rocha muito especial, denominada *Pedra Gênese*, que deve ter sido criada quando da formação da Lua.

A análise dos resultados provenientes dos diversos experimentos feitos na Lua, permitiu que se chegassem aos seguintes resultados científicos:

1. A Lua é constituída de material rochoso, fundido ao longo do tempo, originário de erupções vulcânicas e de choques de meteoritos. Ela possui uma crosta grossa de cerca de 60 km, uma litosfera praticamente uniforme, uma astenosfera parcialmente líquida e um pequeno núcleo de ferro;
2. A Lua é tão antiga quanto a Terra;
3. Tanto a Lua como a Terra são formados a partir de diferentes proporções de um reservatório comum de materiais;
4. Não existe vida na Lua. Ela não contém nem organismos, nem fósseis, nem materiais orgânicos;

O material que veio da Lua continua sendo estudado até hoje, em inúmeros laboratórios ao redor do mundo.

Ano passado, depois de 34 anos que o último homem pisou na Lua, a NASA tornou público seu objetivo de voltar a Lua. Pretende-se implantar uma base lunar, a ser localizada num dos pólos, cujo início da construção está previsto para 2020.

