

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Escola Politécnica
Departamento de Engenharia Eletrônica e de Computação
Engenharia e Sociedade
Professor-Orientador: Osvaldo Pereira Filho

A QUEBRA DA BARREIRA DO SOM

Diego Santos Wanderley

Junho/2010

A Quebra da Barreira do Som

Diego Santos Wanderley

TRABALHO ORIENTADO PELO PROFESSOR OSVALDO PEREIRA FILHO DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETRÔNICA E DE COMPUTAÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A APROVAÇÃO NA DISCIPLINA ENGENHARIA E SOCIEDADE.

Rio de Janeiro – Brasil
Junho 2010

MOTIVAÇÃO

Este trabalho foi realizado como forma de avaliação da disciplina Engenharia e Sociedade, do curso de Engenharia Eletrônica e de Computação da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

Dentre os temas propostos pelo professor Osvaldo Pereira Filho, A Quebra da Barreira do Som despertou o meu interesse por dois motivos básicos. Em primeiro lugar sou fã de velocidade, acompanho diversos esportes que envolvem tal prática. Por outro lado a aviação é uma paixão de infância. Desde criança sempre pesquisei e admirei aviões, desde os primeiros protótipos até os ônibus espaciais.

O trabalho deveria ser realizado em grupo de até três alunos, porém não encontrei colegas dispostos a trabalhar neste tema. Por este motivo, com o apoio do professor, resolvi desenvolvê-lo sozinho, o que me proporcionou conhecer melhor um pouco da história da aviação, falar sobre a corrida espacial, e pesquisar sobre a história dos recordes de velocidade em terra, até a construção do primeiro carro supersônico, o único já construído.

As próximas páginas deste trabalho apresentam a compilação de alguns meses de pesquisa sobre ciência, tecnologia, história, política, e sonhos, realizados por homens que pensavam a frente de suas sociedades.

Sumário

Introdução	1
O Som	2
A Barreira do Som	3
A Quebra da Barreira do Som	6
Histórico	6
O Primeiro Registro Oficial	10
Nova Era de Vôos Supersônicos	12
Bell X-1	15
Charles “Chuck” Yeager	17
A Corrida Espacial	20
Recordes de Velocidade em Terra	26
Histórico	27
A Era dos Carros a Jato	30
O Projeto Thrust	32
A Era dos Carros Supersônicos	33
Andy Green	37
Budweiser Rocket Car	38
Futuro	40
Conclusão	42
Referências	43

Índice de Imagens

Figura 1 - Ondas de pressão concentrando-se na frente de um avião	3
Figura 2 - F/A - 18 Hornet quebrando a Barreira do Som	4
Figura 3 - Comportamento do ar em torno de um avião	5
Figura 4 - O Barão Vermelho	7
Figura 5 - Sir Frank Whittle e Dr Hans von Ohain mostrando seus projetos no papel	8
Figura 6 - Heinkel He 178 V2	9
Figura 7 - Messerschmitt Me 262	10
Figura 8 - Chuck Yeager ao lado do Bell X-1	11
Figura 9 - Entrega do Collier Air Trophy 1948. Stack, Truman, Yeager e Bell	12
Figura 10 - Chuck Yeager ao lado de Jackie Cochran em um F-86 Sabre	13
Figura 11 - Concorde	14
Figura 12 - Tupolev Tu-144	14
Figura 13 - Bell X-1 em vôo	16
Figura 14 - MG Yeager	17
Figura 15 - Yeager e o Glamorous Glennis III	18
Figura 16 - Yeager e X-1 Glamorous Glennis	18
Figura 17 - Yuri. Gagarin	21
Figura 18 - Comparação entre foguetes americanos e soviético	21
Figura 19 - Os primeiros sete americanos selecionados para irem ao espaço	22
Figura 20 - Cápsulas Espaciais - Vostok, Mercury e Gemini.....	23
Figura 21 - 'Buzz' Aldrin na Lua.....	24
Figura 22 - O cosmonauta Alexey Leonov e o astronauta 'Deke' Slayton	25
Figura 23 - Imagem frontal do Thrust SSC	26
Figura 24 - Foguete sobre trilhos da Força Aérea dos EUA	26
Figura 25 - Cartaz da primeira corrida de carros	27
Figura 26 - Carro Golden Arrow em Daytona Beach, Flórida	28
Figura 28 - Lee Bible em seu carro antes do acidente	29
Figura 29 - Foto panorâmica do Great Salt Lake Desert	29
Figura 27 - Lee Bible	29
Figura 30 - Spirit of America no deserto de sal de Utah	30
Figura 31 - Craig Breedlove com seu protótipo	31
Figura 32 - Gabelich com o carro-foguete Blue Flame	32
Figura 36 - Vista Frontal do Spirit of America 3	33
Figura 33 - Thrust2 em Black Rock, Nevada	33
Figura 34 - Richard Noble com o Thrust2	33
Figura 35 - Spirit of America 3 em Bonneville	33
Figura 37 - ThrustSSC	34
Figura 38 - ThrustSSC correndo no Deserto de Black Rock	35
Figura 39 - ThrustSSC próximo a quebrar a Barreira do Som.....	35
Figura 40 - Membros do projeto juntos do Thrust em Black Rock	36
Figura 41 - Andy Green	37
Figura 42 - Vista da traseira do Budwiser Rocket Car	38

Figura 43 - Budweiser Rocket Car (Vista Frontal)	38
Figura 44 - Budwiser Rocket Car em sua tentativa de alcançar Mach 1	39
Figura 45 - Protótipo Virtual do JetBlack	40
Figura 46 - Protótipo virtual do Bloodhound	41
Figura 47 - Motor Eurojet EJ 2000	41

Introdução

O ser humano sempre demonstrou apreço pela velocidade. Na Grécia as provas de corrida eram as mais valorizadas entre as disputadas nos Jogos Olímpicos da antiguidade. Atualmente a maratona* é considerada a prova mais importante de uma Olimpíada, uma corrida de 42195 metros, devido à grande popularidade que teve ao longo dos anos.

Em alguns países, como a Etiópia e o Quênia, correr é um estilo de vida que pode levar a fama e a riqueza, tão longe de ser alcançada em tais regiões.

As principais provas olímpicas constituem competições de velocidade, podemos citar além da maratona, os 100 metros rasos, natação, esqui, patinação, ciclismo, bobsled† entre outros. Costuma-se dizer no jargão esportivo que “o mundo para” durante os dez segundos que decidem o homem mais rápido do mundo, em uma corrida de 100 metros rasos. As provas de natação atraem cada vez mais audiência mundo afora, as constantes quebras de recordes mundiais motivam o público e nos faz pensar sobre os limites do ser humano.

Com o avanço tecnológico, e o surgimento de novas máquinas como a locomotiva e o automóvel, o homem pôde explorar seu fascínio pela velocidade de forma a primeiramente agilizar o transporte de cargas e a locomoção de passageiros. A evolução dos motores e das estruturas de tais máquinas proporcionou o surgimento dos esportes a motor e das primeiras tentativas de quebra de recordes de velocidade.

Um distante sonho da humanidade, eternizado na mitologia grega com as asas de Ícaro, possibilitou ao homem atingir velocidades talvez nunca imaginadas pelos pensadores e atletas da Grécia antiga. O vôo de Santos Dumont em seu 14-bis no ano de 1906 criou uma nova perspectiva sobre a aviação. Com o aprimoramento da aerodinâmica e dos motores foi possível desenvolver aviões capazes de voar a grandes velocidades, o que logo chamou a atenção da indústria militar.

O surgimento de motores a jato, ou de propulsão de foguete, gerou aviões extremamente mais rápidos. Ao passar dos anos uma pergunta começou intrigar especialistas em aviação. Seria possível um objeto mover-se no ar a uma velocidade maior que a do som?

Esta pergunta foi respondida em 14 de outubro de 1947, por Chuck Yeager, capitão da Força Aérea dos Estados Unidos, em seu avião experimental Bell X-1. As incríveis histórias de vida e superações dos homens que tentaram superar esta barreira que parecia intransponível foi o início de uma nova era de vôos supersônicos, que transformaram a aviação de guerra e iniciaram a corrida espacial. Em 1997 um automóvel também conseguiu superar a velocidade do som. Este recorde foi estabelecido pelo britânico Andy Green a bordo do ThrustSSC, e dura até hoje.

* Historicamente a maratona está associada à Primeira Guerra Médica, quando o soldado grego Filípides correu 42km da planície de Marathónas até a cidade de Atenas para noticiar a vitória grega sobre os persas.

† Bobsled ou bobsleigh (em inglês) é um esporte de inverno onde equipes de duas ou quatro pessoas realizam descidas cronometradas em uma pista de gelo, utilizando um trenó.

O Som

Segundo a Enciclopédia Brasileira Globo, som na física corresponde ao “resultado de um movimento vibratório da matéria, de frequência conveniente e que se transmite aos órgãos auditivos através de meios materiais e elásticos”. [1]

O som é uma onda mecânica e necessita de um meio físico para se propagar, por este motivo não é possível que uma onda sonora se propague através do vácuo. As ondas mecânicas podem oscilar perpendicularmente na direção de propagação (*ondas transversais*), ou na direção da propagação da onda (*ondas longitudinais*). Ondas sonoras são definidas genericamente como uma onda longitudinal. [2]

Uma forma interessante de visualizar, comparativamente, o deslocamento de uma onda sonora em um meio é observar as oscilações da água quando se atira uma pedra contra a sua superfície. Como observamos a superfície vemos ondas, em forma de círculos, se propagando em todas as direções das duas dimensões da superfície. Desta forma, após a passagem de uma onda sonora por um fluido, cada uma de suas partículas retornará a posição original, da mesma maneira que a pressão e a densidade nesses pontos retornarão aos seus valores originais.

A vibração de uma corda ou um objeto provoca variações de pressão que provoca uma depressão no ar logo adiante, que provoca outra variação de pressão, de forma sucessiva. Esta propagação de variação de pressão corresponde ao deslocamento do som, e a velocidade que este fenômeno ocorre em um meio é conhecido como a velocidade de propagação do som. **A velocidade (v) com que o som se propaga em um meio é relacionada à raiz quadrada do módulo de elasticidade volumétrica (B) sobre a massa específica do meio (ρ).**

$$v = \sqrt{B/\rho}$$

Desta forma podemos concluir que em temperatura e pressão ambiente o som se movimenta mais rápido nos trilhos de uma ferrovia do que nas águas de um lago. Da mesma maneira, a velocidade do som no ar é maior próximo ao chão da cidade do Rio de Janeiro (ao nível do mar) do que, do que nas proximidades do solo de La Paz. Nos gases, a velocidade do som é diretamente proporcional à raiz quadrada da temperatura. [3]

O fato da velocidade do som no ar ser menor com o aumento da altitude influencia, por exemplo, na escolha de na altitude e regime de cruzeiro de aeronaves supersônicas. A velocidade do som a 0°C e 1 atm de pressão é de 331 m/s, se a temperatura for de 20°C, com uma sanidade de 3,5% a velocidade do som aumenta para 343 m/s.

Ernst Mach, físico austríaco, introduziu o conceito adimensional de número de Mach em 1870, que consiste na fração velocidade do objeto sobre velocidade do som. O termo velocidade supersônica, ou objeto supersônico, é utilizado quando algo se desloca em uma velocidade superior a do som ou Mach 1.

A Barreira do Som

Durante a Segunda Grande Guerra, com o desenvolvimento da aviação militar (motores mais potentes e aviões com melhor aerodinâmica), muitos pilotos de caças começaram a observar estranhos efeitos aerodinâmicos, em especial a compressibilidade do ar, variação infinitesimal do volume por unidade de variação de pressão. Esse fenômeno ficou conhecido como **Barreira do Som**, pois intensificava quanto mais próximo a velocidade do som no ar. Um avião ao se deslocar na atmosfera comprime o ar à sua volta, principalmente à frente. Ondas de pressão são criadas em torno da aeronave, da mesma forma que uma pedra que atinge um trecho de água parada. Em baixas velocidades esse deslocamento de ondas de pressão se propaga com uma velocidade maior que a do avião, pois está na velocidade do som, que segue a frente do objeto.

Conforme a velocidade do avião aumenta a diferença entre o deslocamento das ondas de pressão e do objeto diminui. Se a aeronave atingir a velocidade de Mach 1, ou seja, igual a velocidade de deslocamento de suas ondas de pressão, este estará comprimindo o ar à sua frente, acompanhando as ondas de pressão com a mesma velocidade de sua propagação. Nesta situação o avião se deslocaria junto com o seu som.

Como as ondas de pressão não conseguem se descolar da aeronave, um acúmulo de ondas pode ser observado nas pontas do avião. Quanto mais tempo o objeto permanecer na exata velocidade do som, mais ar será acumulado, uma vez que as ondas que vão para frente são acompanhadas, e as que vão para trás são empurradas pela aeronave. Em pouco tempo uma verdadeira barreira de ar estará na frente do avião, uma quantidade de ar concentrada, que recebeu o nome de Barreira do Som, ou Barreira Sônica. Na Figura 1 podemos observar uma série de ondas de pressão se formando em torno do avião, e concentrando-se no seu bico.



Figura 1 - Ondas de pressão concentrando-se na frente de um avião [4]

Se ao invés de manter a velocidade do som o avião ultrapassá-la, a barreira de ar não será formada, pois as ondas de pressão ficarão para trás conforme são produzidas. É importante observar que como a velocidade é muito grande, basta um tempo muito pequeno para que uma grande barreira de ar se forme. Por esse motivo **um objeto só consegue atingir velocidades supersônicas se mantiver uma aceleração que permita uma passagem muito rápida pela velocidade limite de Mach 1**, evitando assim a formação da Barreira do Som. Apesar das altas acelerações, a passagem para velocidades supersônicas é sentida dentro do objeto que supera a velocidade do som, devido ao ar que se acumula em velocidades próximas a do som. Para um espectador externo é possível ver uma barreira de ar e ouvir um “**boom sônico**”, também conhecido por **estrondo sônico**.

Uma onda de choque é formada quando um avião atinge uma velocidade supersônica, resultante do acúmulo de ar comprimido em alta densidade e pressão. Quando estas atingem o solo, depois da passagem da aeronave, um forte estrondo pode ser ouvido. Esse barulho consiste da soma de todas as ondas sonoras que foram comprimidas na frente do avião, pois não podiam andar mais rápidas que ele, uma vez que tinham a mesma velocidade.

A Figura 2 apresenta um avião caça F-18 Hornet da Marinha dos Estados Unidos da América (US Navy) quebrando a Barreira do Som



Figura 2 - - F/A - 18 Hornet quebrando a Barreira do Som

Um avião acelera apenas para superar a Barreira do Som, e não mantê-la, muitas vezes uma estranha nuvem é formada em torno deste, como mostra a Figura 2. Apesar de não existir uma teoria conclusiva sobre tal fenômeno, muitos especialistas aceitam que ocorre uma queda de pressão do ar no plano descrito pela **Singularidade de Prandtl-Glauert**, de forma que o ar úmido é condensado, formando gotículas de água. ^[6] O estrondo sônico depende do tamanho e formato do objeto. O deslocamento de pressão do ar pode ser tão forte que são comuns

relatos de janelas quebradas, e leves tremores quando aviões superam a Barreira do Som sobre o continente. Meteoros e ônibus espaciais emitem fortes estrondos quando chegam perto da velocidade do som, ao serem freados pela atmosfera terrestre. Conforme um objeto ganha velocidade o ar ao ser redor passa a fluir de maneira diferente, conforme ilustrado na Figura 3. Quando esta velocidade se aproxima muito da do som o ar torna-se um fluido compressível em vez de escoar com facilidade. Estas mudanças alteram a força de sustentação que são geradas pela aerodinâmica da aeronave, mas o principal efeito é um elevado arrasto acrescentado ao movimento, conhecido como onda de arrasto.

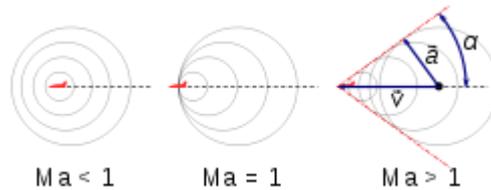


Figura 3 - Comportamento do ar em torno de um avião velocidades menor, igual e maior a Mach 1 [7]

Diversas teorias foram criadas devido a este fenômeno, acreditava-se que ela crescesse exponencialmente, tornando impossível um objeto grande superar velocidades supersônicas, porém este efeito ocorre em uma estreita faixa de velocidades. No século XIX, com o desenvolvimento da artilharia, especialistas como Ernst Mach, constataram que o arrasto não aumentava a partir de certa velocidade, mas sim voltava a cair.

A idéia da Barreira do Som surge do fato dos motores à explosão utilizados na época não serem capaz de gerar acelerações suficientes para romper a velocidade de Mach 1, devido a crescente força de arrasto. Apesar de uma grande potência empregada, pequenas variações de velocidade eram notadas, pois devido ao tamanho dos aviões, estes geram uma barreira de ar muito maior do que uma bala de canhão ou de revólver. Mudanças na aerodinâmica das aeronaves e o desenvolvimento do motor a jato permitiram que os aviões pudessem finalmente superar a Barreira do Som no final da década de 1940, e nos anos 1950 tornou-se comum esta proeza.

A Quebra da Barreira do Som

Em 14 de outubro de 1947, o então capitão da USAF (United States Air Force) Charles "Chuck" Yeager conseguiu a proeza de ser o primeiro homem a ultrapassar a Barreira do Som pilotando ao avião a jato Bell X-1 sobre a cidade de Victorville na Califórnia. A façanha de Yeager o tornou mundialmente famoso, e invejado, pilotos do mundo inteiro queriam superar suas marcas.

Atualmente ainda se discute se Yeager foi de fato o primeiro homem a superar a velocidade Mach 1. Existem relatos de pilotos que sofreram as influências das ondas de choque em descidas, e testemunhas que alegam ter ouvido o famoso 'boom' sônico. A marca de outubro de 1947 foi a primeira a ser registrada com instrumentos precisos.

Os desenvolvimentos da aviação e da tecnologia de foguetes durante a Segunda Guerra Mundial e no pós-Guerra possibilitaram que um avião pudesse quebrar a Barreira do Som. Desde o primeiro voo de um avião em 1906, até a velocidade Mach 1 alcançada por um jato passaram-se pouco mais de 41 anos. Um intervalo muito pequeno se comparado aos séculos que o homem tentou ao menos voar, que mostra como o avanço tecnológico se impulsiona.

Na Alemanha nazista os mísseis balísticos V2 voavam a velocidades supersônicas durante a Segunda Guerra Mundial, e foram os primeiros objetos a serem lançados na órbita terrestre, porém não eram tripulados.

Histórico

Alguns paleontólogos acreditam com base em modelos recriados computacionalmente que dinossauros como o Apatossauro possuíam capacidades biomecânicas de produzirem com suas caudas velocidades capazes de gerar um estrondo sônico. Esta teoria é contestada por muitos. [8]

Durante o século XIX armas de fogo eram capazes de disparar projéteis que saíam do cano em velocidade supersônica. É possível encontrar chicotes que atinjam velocidades maiores que a do som, quando corretamente manuseados a ponta do chicote rompe a Barreira do Som e faz um estalo, literalmente um boom sônico. [9] Apesar de incrível e difícil de ser alcançada, a quebra da Barreira do Som é mais natural do que parecia na década de 1940.

A história da quebra Barreira do Som por um homem está diretamente ligada à evolução dos aviões. Entre um avião superar a velocidade supersônica e um automóvel há um hiato de 50 anos. Aeronaves podem desempenhar maiores velocidades por encarar menos atrito do que veículos terrestres.

Em 1906 na cidade de Paris, o brasileiro Alberto Santos Dumont conseguiu se deslocar acima do solo por algumas dezenas metros utilizando uma máquina mais pesada que o ar que

deslocou e se sustentou sem força externa. Com o desenvolvimento de motores à explosão mais eficazes e estruturas capazes de realizar a aerodinâmica ideal para manter o voo, os aviões evoluíram aceleradamente.

Rapidamente os aviões foram equipados e armados de forma a serem utilizados em batalhas ou para atacar regiões no front inimigo. Durante a Primeira Guerra Mundial o avião provou ser uma máquina de guerra eficiente, apesar de no início era visto pelos principais comandantes como algo irrelevante. Os primeiros ases da aviação surgiram nesse período, como o francês René Fonck e o alemão Manfred von Richthofen, conhecido pelo apelido Barão Vermelho. Na Figura 4, von Richthofen é visto no cockpit de seu avião Albatros D.III em abril de 1917.



Figura 4 - O Barão Vermelho [10]

Devido ao excelente desempenho na Primeira Guerra Mundial, os aviões passaram por diversos avanços tecnológicos. Com o aumento da autonomia de voo foi possível nos anos seguintes a Grande Guerra atravessar o oceano Atlântico pelo ar sem escalas. Na mesma época os primeiros vôos comerciais foram realizados na América do Norte. Durante a década de 1930 começou o desenvolvimento do motor a jato, que passaram a operar em alguns aviões já na Segunda Grande Guerra.

A propulsão à hélice dos primeiros aviões inviabilizava que estes atingissem velocidades supersônicas. Isso se deve ao funcionamento da estrutura e da necessidade da hélice puxar o ar em direção ao avião. Como a dinâmica de movimento do ar muda com a proximidade de Mach 1 o desempenho do motor à hélice sofre uma dramática queda de rendimento. O desempenho da aeronave passava a sofrer de fortes turbulências.

Esse foi um dos principais motivos para que motores de propulsão a jato fossem utilizados, com a finalidade de conseguir mais facilmente altas velocidades em vôo. O grande problema no início do desenvolvimento deste tipo de motor era como controlar a operação do motor no vôo, desde a decolagem até o pouso. Um erro de cálculo poderia transformar o avião em um foguete com asas. [11]

No fim da década de 1920 o engenheiro de aviação inglês Frank Whittle submeteu a idéia de um turbo-jato aos seus superiores na Royal Air Force (RAF), começando a desenvolvê-la em 1929. Em 1930 Whittle submeteu sua primeira patente, um compressor axial de dois estágios. ^[12] ^[13] Sem conhecimento da pesquisa britânica, em 1935 o alemão Hans von Ohain começou um trabalho semelhante.

Sir Frank Whittle e o Dr Hans von Ohain (Figura 5) são reconhecidos como co-inventores do motor a jato. Apesar de conseguir uma patente apenas seis anos após Whittle, Hans von Ohain viu seu jato voar primeiro, em 1939. Enquanto isso o jato britânico voaria apenas dois anos depois. [14]



Figura 5 - Sir Frank Whittle (esquerda) e Dr Hans von Ohain (direita) mostrando seus projetos no papel [15]

O Heinkel He 178 (Figura 6) foi o primeiro avião a voar com propulsão a jato, no dia 27 de agosto de 1939. Ele foi projetado por Ernst Heinkel, engenheiro e construtor de aviões alemão, que comprou a idéia do também engenheiro von Ohain, de um avião movido a propulsão da exaustão de uma turbina a gás.

Em 1942 os alemães começaram os testes com os foguetes A4, conhecidos V-2 rockets. Esses foguetes supersônicos foram os primeiros mísseis balísticos de longo alcance, e os primeiros objetos a serem lançados na órbita terrestre. Dois anos depois, o V-2

rotineiramente, alcançava Mach 4 durante a descida. No mesmo período a Luftwaffe empregou foguetes em aviões de guerra, e não mais apenas em protótipos. [4]

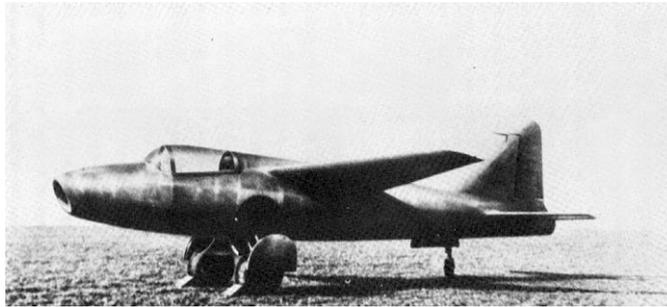


Figura 6 - Heinkel He 178 V2 [16]

A capacidade dos motores de propulsão a jato de impulsionar um avião a altas velocidades não foi o suficiente para quebrar a Barreira do Som. O comportamento da aeronave era modificado com a proximidade da velocidade do som. Era comum o piloto não conseguir estabilizar o avião com a mudança da dinâmica do ar em velocidades supersônicas, esse fato resultava, normalmente, na queda da aeronave.

Uma das principais mudanças aerodinâmicas notadas nos aviões a jato foi a adoção de asas e V, com a finalidade de diminuir o impacto das ondas de choque nas superfícies circulares das aeronaves.

Apesar desses problemas, existem relatos de pilotos que atingiram velocidades supersônicas em descidas de grande inclinação vertical. **Hans Guido Mutke, piloto da Luftwaffe durante a Segunda Guerra Mundial alegou ter quebrado a Barreira do Som em 9 de abril de 1945 em um Messerschmitt Me 262** (Figura 7). Mutke relatou o fenômeno de “buffeting”, uma instabilidade em alta frequência ocasionada por oscilações de ondas de choque. Segundo ele a instabilidade parou enquanto aumentava a velocidade e recomeçou próxima a mesma velocidade no momento em que reduzia. Porém **muitos especialistas em aviação descartam a possibilidade do Me 262 atingir velocidades supersônicas, devido a suas características estruturais.** [17]

Na página 13 do "Me 262 A-1 Pilot's Handbook", emitido pela sede Air Systems Command, Wright Field, Dayton, Ohio como relatório número F-SU-1111-ND em 10 de janeiro de 1946 existe a informação de que o avião atinge 950 km/h em um mergulho de 20° a 30° com a horizontal. Com velocidades entre 950 e 1000 km/h o fluxo de ar em torno da aeronave é semelhante a velocidade do som e é relatado que as superfícies de controle não afeta a direção de vôo. Também é relatado uma vez que a velocidade do som é ultrapassada, essa condição desaparece e controle normal é restaurado.

Os comentários sobre a restauração do controle do vôo acima de Mach 1 são muito significativos para um documento de 1946. No seu livro Me-163 o ex-piloto Mano Ziegler afirma que o piloto de testes Heini Dittmar quebrou a Barreira do Som em íngremes mergulhos. O autor do livro afirma que ouviu um estrondo sônico no solo. Vários dados da Alemanha nazista ficaram guardados até o fim da guerra.



Figura 7 -- Messerschmitt Me 262 [18]

Com o fim da Segunda Guerra Mundial os Estados Unidos da América tiveram contato com os grandes avanços tecnológicos da Alemanha, que já se mostrava evidente nos confrontos. A importância de aviões de caça a jato estava evidente e a **National Advisory Committee for Aeronautics (NACA)**, que posteriormente daria origem a **National Aeronautics and Space Administration (NASA)**, juntamente com a USAF resolveram desenvolver um avião capaz de superar a Barreira do Som.

No ano de 1942 o Ministério da Aviação do Reino Unido começou um projeto secreto do avião Miles, que seria o primeiro avião capaz de quebrar a Barreira do Som. O resultado do projeto foi o protótipo Miles M.52, a idéia era que ele pudesse atingir 1000 mph ou 1600 km/h. O projeto introduziu várias inovações tecnológicas que são usadas até hoje em aeronaves supersônicas.

A inovação mais importante do projeto Miles foi o desenvolvimento do estabilizador horizontal na cauda, que permitiu compensar as turbulências na chegada a velocidade Mach 1, facilitando o controle da aeronave. A eficiência desta nova ferramenta foi testada em um túnel de vento com velocidade de Mach 0,86 em 1944. O projeto acabou suspenso com o fim da guerra e a descoberta dos avanços das pesquisas nazistas. Porém em 1948, testes realizados comprovaram que o projeto alcançaria Mach 1,5, mas a velocidade do som já fora superada por norte-americanos em 1947 e pelos britânicos com um de Havilland DH 108 em 1948. [19]

O Primeiro Registro Oficial

A abertura dos projetos britânicos para os pesquisadores dos Estados Unidos com o fim da Segunda Guerra Mundial, acelerou os projetos do governo americano. Com a promessa de fornecer resultados aos ingleses os Estados Unidos começou a trabalhar no projeto do avião foguete Bell XS-1. Inovações apresentadas na versão final do Bell XS-1 podem ser

encontradas no projeto britânico do Miles M.52. O Bell XS-1 ficaria conhecido posteriormente como X-1.

Foi a bordo do Bell X-1 que o piloto **Chuck Yeager** (Figura 8) entrou para os registros como **o primeiro homem a quebrar a Barreira do Som em um vôo nivelado**, em outubro de 1947, voando a uma altitude de 45 mil pés, aproximadamente 13,7 km.



Figura 8 - Chuck Yeager ao lado do Bell X-1

O feito de Yeager ocorreu depois da morte de grandes pilotos que tentaram o feito antes. O imigrante sueco Richard Bong, maior ás da aviação dos Estados Unidos, abatendo 40 aviões japoneses na Segunda Guerra Mundial, faleceu em seis de agosto de 1945 testando um P-80 Shooting Star em Burbank, Califórnia, depois que o tanque de combustível principal apresentou problemas. Bong conseguiu se ejetar, mas devido à baixa altitude de vôo o pára-quadras não inflou o suficiente. [20]

George Welch, piloto estadunidense, alegou ter quebrado a Barreira do Som, mas não oficialmente, em 1º de outubro de 1947, voando em um avião XP-86 Sabre. Welch afirmou ter repetido a façanha supersônica meia hora antes de Yeager superar Mach 1. Existem testemunhas visuais e instrumentais que agregam fortes indícios de que o X-86 de Welch atingiu velocidades supersônicas antes da aeronave Bell X-1. Porém esses vôos não foram devidamente monitorados e não foram reconhecidos oficialmente pela Força Aérea dos Estados Unidos. Oficialmente o XP-86 Sabre atingiu velocidades supersônicas em 26 de abril de 1948.

Em 14 de outubro de 1947 o foguete-aeronave Bell XS-1, pilotada pelo capitão Charles “Chuck” Yeager foi lançado do compartimento de bombas de um B-29, especialmente modificado para esta operação, no céu da Califórnia. Após ser solto o X-1 tinha seu foguete ligado e voava até a aterrissagem. O vôo de número 50 do X-1, pilotado por Yeager, foi o primeiro de uma série de recordes supersônicos deste modelo de avião. Chuck Yeager atingiu Mach 1,06, aproximadamente 361 m/s.

Como resultado do primeiro vôo supersônico realizado pelo X-1 a National Aeronautics Association concedeu em 1948 o Troféu Collier (Collier Air Trophy) aos três principais integrantes do programa supersônico. Larry Bell, da Bell Aircraft, pela construção do avião, o Capitão Yeager por comandar o vôo e John Stack pelas contribuições da NACA foram homenageados na Casa Branca pelo presidente Harry Truman (Figura 9).

O feito de Chuck Yeager pilotando o X-1 em outubro de 1947 abriu caminho para uma nova geração de aviões que viram realidade na década de 1950. Cinco anos depois pilotando um D-558 Fase 2, Scott Crossfield cruzou os céus da Califórnia a Mach 2, quase 2400 km/h, o que seria um novo recorde mundial. Yeager que se mantinha como o homem mais veloz do

mundo desde o dia que superou a Barreira do Som, sempre superando novos recordes, cumprimentou o novo recordista.



Figura 9 - Entrega do Collier Air Trophy 1948. Da esquerda para a direita Stack, Truman, Yeager e Bell [21]

Dias depois Chuck Yeager foi mais uma vez solto sobre a Califórnia, depois de superar o recorde de Crossfield, chegando a Mach 2,5 ele sofreu um vôo turbulento perdendo os controles, mas conseguiu estabilizar a aeronave e levá-la até o pouso. Yeager acabou quebrando a cúpula do cockpit quando bateu com sua cabeça nela.

Nova Era de Vôos Supersônicos

Em 18 de maio de 1953, tendo Chuck Yeager como ala, Jackie Cochran foi a primeira mulher a quebrar a Barreira do Som, pilotando um F-86 Sabre. Além de professor Yeager se tornou muito amigo de Jackie Cochran (Figura 10). Atualmente ambos são considerados lendas da aviação. [20]

Com o avanço da tecnologia e da pesquisa sobre os vôos de alta velocidade, uma série de mudanças aerodinâmicas foram propostas e implementadas nos protótipos e aviões supersônicos. A utilização de asas do tipo delta, com maior ângulo de ataque em relação aos padrões quase retangulares das aeronaves movidas a hélice. É importante observar que o X-1 que era movido por propulsão de um foguete e tinha asas praticamente retas, sua grande inovação eram os estabilizadores horizontais na cauda.

As novas inovações tecnológicas permitiram que os novos aviões a jato pudessem superar a Barreira do Som sem sofrer grandes efeitos. Na década de 1950 muitos aviões de combate podiam quebrar a Barreira do Som rotineiramente em vôo nivelado. O assunto foi tão bem estudado que no fim dos anos 1950 diversas empresas começaram a investir no desenvolvimento de aviões supersônicos, não apenas para uso militar.



Figura 10 - Chuck Yeager ao lado de Jackie Cochran em um F-86 Sabre [22]

Era comum no início da segunda metade do século XX acreditar que as aeronaves supersônicas eram o próximo passo na história da aviação. Porém apesar do maciço investimento não foi possível construir um avião economicamente viável para fins de transporte em velocidades supersônicas.

O primeiro vôo supersônico de um avião comercial ocorreu em 21 de agosto de 1961 com um Douglas DC-8 que alcançou Mach 1,012 ou 1240 km/h durante um mergulho controlado. Na verdade o objetivo deste vôo era coletar dados para um novo design de aviões supersônicos de transporte de passageiros. [23]

Na década de 1970 o avião franco-britânico Concorde (Figura 11) e o soviético Tupolev Tu-144 (Figura 12) entraram em operação como aviões supersônicos para transporte de passageiros. Ambos possuíam as mesmas peculiaridades, asas em delta e um bico longo, que era encurvado para baixo em vôo.

Desenvolvido pela francesa Aérospatiale e a britânica British Aircraft Corporation, o Concorde foi operado pelas empresas aéreas Air France e British Airways. Para recuperar o investimento de três bilhões de dólares no projeto, o consórcio franco-britânico responsável por sua construção precisava vender mais de 200 unidades. Os quatro motores instalados em

suas asas tornavam o custo operacional do Concorde quatro vezes maior que o de um jato convencional. Com a crise do petróleo, a maioria das empresas que haviam feito encomendas desistiu do negócio.

O resultado da crise é que apenas 16 unidades foram vendidas, a um custo unitário de 46 milhões de dólares, para as empresas que continuaram no negócio, as estatais da França e do Reino Unido. Poucas rotas revelaram-se lucrativas. A linha que levava passageiros do Rio de Janeiro para Paris deixou de operar em 1982, pois só conseguia decolar com 40% de sua ocupação. E ainda por cima, precisava reabastecer em Dacar no Senegal.

Seu primeiro voo ocorreu em março de 1969 e os comerciais tiveram início em 21 de janeiro de 1976. Com uma envergadura de 25,6 metros e 62 metros de comprimento ele possuía uma velocidade de cruzeiro de Mach 2,04 uma velocidade média de 2500 km/h a uma altura de 58 mil pés, aproximadamente 17700 metros. [24]



Figura 12 –Tupolev Tu-144 [26]



Figura 11 - Concorde [25]

Um alto ruído era produzido pelo Concorde mesmo sem operar em velocidades supersônicas. Por voar a 18 mil metros o concorde não sofria grandes oscilações, pois estava acima das principais correntes de ar. Apesar de veloz e pouco turbulento o Concorde não era uma aeronave confortável, possuía apenas dois metros de largura interna, e os assentos tinham apenas 60 centímetros de largura, bem menos do que o conforto na classe executiva de aviões comuns. [27]

Este avião passou 24 anos sem registrar acidentes, porém no dia 25 de julho de 2000 um concorde, voo 4590 da Air France, caiu sobre um pequeno hotel nos arredores de Paris. Todos os tripulantes e passageiros morreram, além de cinco pessoas que estavam no restaurante do hotel. No total 109 pessoas morreram no acidente. [27] O relatório oficial do acidente sustentou que a causa não tinha a ver com o avião em si. Um pedaço metálico se soltou de uma aeronave DC-10 da empresa Continental Airlines ficou na pista do aeroporto Charles de Gaulle. Cinco minutos depois uma das rodas do Concorde passou por cima do objeto, rasgando o pneu de borracha. Pedacos de metal e borracha foram arremessados contra a parte inferior da asa, rompendo um dos tanques de combustível e provocando incêndio em um dos motores. [28]

O alto custo de manutenção e operação, principalmente devido ao alto consumo de combustível, fez com que em 2003, primeiro a Air France, no mês de abril, e logo em seguida em 31 de maio a Britttish Airways encerrassem as operações do Concorde. O preço de uma

passagem aérea para um voo de concorde era muito alto, quase o dobro dos valores cobrados na classe executiva de voos comuns.

O Tu-144 foi construído pelo fabricante russo Tupolev. Um protótipo realizou o primeiro voo no último dia de 1968, dois meses antes do Concorde. Porém somente no dia cinco de julho de 1969 um Tu-144 cruzou a Barreira do Som, um trimestre antes do concorrente ocidental. Dez dias depois foi o primeiro transporte comercial a ultrapassar a marca de Mach 2. O progresso deste avião sofreu um forte abalo depois que, ao desviar de um Mirage que o fotografava o piloto de um Tu-144 perdeu o controle e a aeronave caiu. O incidente ocorreu em uma na Mostra Aeronáutica de Paris, em três de junho de 1973.

Apesar dos avanços anteriores ao Concorde o Tu-144 só entrou em operação comercial dois anos após seu concorrente, em novembro de 1977. Seu último voo ocorreu pouco menos de um ano depois, em 1º de junho de 1978 quando a União Soviética retirou o Tupolev Tu-144 de operação. [29]

Os altos custos operacionais fizeram com que os voos supersônicos não obtivessem o sucesso esperado no final dos anos 1950. O Concorde só foi operado por empresas estatais que tinham condições de arcar com os custos desde a produção até a manutenção. Do outro lado da Europa, os russos abandonaram rapidamente o que parecia ser uma excelente solução para um país continental como a União Soviética, pois esta alternativa supersônica não se mostrou financeiramente viável.

Atualmente os únicos aviões supersônicos são os potentes caças e aviões militares espies. Os custos de produção dessas aeronaves são altíssimos e podem ser mantidos apenas pelas principais forças armadas do mundo. Como os aviões conseguem tetos de voo mais altos é possível alcançar maiores velocidades. Aviões foguetes conseguem atingir velocidades acima de Mach 6, aproximadamente 6500 km/h, em altas altitudes.

A marca de Mach 6, foi superada pela primeira vez em 9 de novembro de 1961 com o piloto norte americano Robert White pilotando a aeronave X-15A-2. Em 23 de junho do mesmo ano ele já havia superado em cinco vezes a velocidade do som, atingindo Mach 5,27 ou aproximadamente 6760 km/h.

Em três de outubro de 1967 William Knight alcançou 4520 mph, Mach 6,7 ou aproximadamente 7230 km/h, registrando o recorde de velocidade de voo por 35 anos. No ano de 2004 voos não tripulados da aeronave X-43A chegaram a marca de Mach 10, mais de 10800 km/h. [30]

Bell X-1

Originalmente batizado de Bell XS-1, sendo X relacionado à experimental e o S de supersônico, o primeiro avião supersônico em voo nivelado foi construído pela Bell Aircraft Corporation, depois que o dono Larry Bell entrou em um acordo com o governo americano, para produzir o primeiro avião supersônico.

Criada em 1935 a Bell Aircraft Corporation fabricou diversas aeronaves para a Segunda Guerra Mundial, como o P-63 Kingcobra e o P-59 Airacomet (primeiro caça a jato fabricado nos EUA), além de helicópteros no pós-guerra. Seu principal projeto foi o X-1, que teve grande reconhecimento no mundo e entrou para a história como o primeiro avião supersônico, pilotado pelo então capitão Charles “Chuck” Yeager.

O Bell X-1 (Figura 13) é o primeiro avião da família *X-planes*, aeronaves experimentais norte-americanas que são construídos com o objetivo de testar inovações tecnológicas, geralmente mantidas sob sigilo. A NACA propôs a melhor maneira de executar o projeto supersônico que foi aprovado pela USAF espelhava o alemão Me 262 e o protótipo britânico Miles M.53, para fazer um avião superar Mach 1.



Figura 13 - Bell X-1 em voo [31]

Larry Bell projetou o formato da fuselagem baseado no formato de uma bala calibre 50, esta munição muito estável ao atingir velocidades supersônicas. O formato padrão da bala foi seguido, ao ponto de o piloto ficar sentado atrás de uma espécie de janela e inclinado dentro do cockpit próximo ao nariz.

Uma cauda móvel, proveniente do projeto britânico, foi utilizada e teve fundamental importância para que o avião superasse a Barreira do Som. Os estabilizadores se tornariam a grande inovação proveniente deste projeto, pela primeira vez esta estrutura foi implementada em uma aeronave e atualmente estão presentes em todos os aviões modernos.

Optou-se por utilizar foguete como motor do avião. O sistema de propulsão foi um motor de quatro câmaras, construído pela Reaction Motors, Inc., ele queimou álcool etílico diluído em água e oxigênio líquido. Desta maneira o X-1 precisava ser lançado no ar por um bombardeiro B-29, em vez de decolar do solo, o que diminuía o peso, e permitia que o X-1 atingisse maiores altitudes, onde a resistência do ar é menor e a Barreira do Som acontece em

menores velocidades. Os foguetes eram acionados após a liberação do avião, que sofria uma queda livre antes de ligá-los e ganhar altitude.

Com 9,4 metros de comprimento e 8,5 m de envergadura, o Bell X-1 registrou sua velocidade máxima de 1541 km/m, e voou a 21500 metros de altura. Seu primeiro vôo ocorreu em nove de dezembro de 1946, e ao todo cinco aeronaves foram construídas. O primeiro avião modelo Bell X-1 construído foi justamente o primeiro a superar a Barreira do Som, mais dois aviões foram feitos deste mesmo modelo os outros modelos foram do X-1A até o X-1E. [31]

As técnicas de pesquisas utilizadas no programa X-1 tornaram-se padrão para todos os outros projetos X subseqüentes. Os procedimentos utilizados pela NACA, além do pessoal, formaram a base para o programa espacial dos Estados Unidos na década de 1960. O projeto que se consolidou no pós-guerra foi marcado pela cooperação das necessidades militares dos EUA com a nova capacidade industrial e de investigação do país.

Em 1949 cientistas soviéticos testaram dispositivos nucleares. Este feito ocorreu quatro anos após os EUA utilizarem, com sucesso, bombas nucleares sobre cidades japonesas. Devido à política contrária exercidas por Estados Unidos e União soviética, capitalismo e socialismo respectivamente, o domínio do poder nuclear acirrou a rivalidade entre estas nações.

A bipolarização do mundo levou a diversos conflitos armados e guerras em diversas regiões periféricas do mundo. Estados Unidos e União Soviética financiavam grupos guerrilheiros e nações em troca de apoio político na região do conflito. Os EUA precisaram de todo o conhecimento adquirido no início da aviação supersônica para criar aviões capazes de competir com as aeronaves soviéticas, que eram extremamente manobráveis e velozes.

Soviéticos das séries Yak, MiG e Su competiram nos céus contra os americanos F's, apesar não exercerem uma batalha direta, diverso são os conflitos onde tais caças se enfrentaram, com destaque para a Guerra da Coréia e a Guerra do Vietnam. Os dados coletados pela NACA nos testes do X-1 forneceram a base para a supremacia da aviação yankee na segunda metade do século XX.

Charles "Chuck" Yeager

Considerado uma das maiores lendas da aviação mundial, Charles Elwood "Chuck" Yeager (Figura 14) nasceu na cidade Myra no estado de West Virginia em 13 de fevereiro de 1923 e se aposentou em 1975 como major general (equivalente a brigadeiro na FAB) ou general de duas estrelas da Força Aérea dos Estados Unidos (USAF). Após a aposentadoria Yeager ainda realizou vôos de teste e consultoria para a USAF e NASA.

Yeager é sem dúvida o piloto de testes mais conhecido da história, feito conseguido por se tornar o primeiro homem a



Figura 14 - MG Yeager [32]

pilotar um avião em vôo nivelado em velocidade superior da do som. Imediatamente após concluir o ensino médio, Yeager ingressou na força aérea, chamada na época de United States Army Air Corps (USAAC), para servir na Segunda Guerra Mundial.

Um dia após abater seu primeiro avião Yeager foi derrubado sobre território francês em 1943. Ele conseguiu evitar ser capturado, e com ajuda da resistência francesa seguiu para a Espanha. Yeager fez um pedido pessoal ao general Eisenhower para poder voltar ao combate, o que era proibido para pilotos abatidos em combate. Sua campanha na Europa foi notável, em 64 missões de combate na Segunda Guerra ele derrubou 13 aviões inimigos, sendo cinco em um só dia. Desta forma ele se tornou um ás da aviação, título concedido a todo piloto que abate no mínimo cinco inimigos em combate durante a carreira. [33]

No pós-guerra Yeager continuou a servir a força aérea, agora nomeada de United State Air Force (USAF), desenvolvendo as atividades de instrutor de vôo e piloto de teste. Ele foi um dos selecionados em 1947, para participar do projeto supersônico Bell X-1 na base aérea Muroc Army Air Field na Califórnia. Posteriormente o local seria renomeado em dezembro de 1949, em memória ao piloto de testes Glen Edwards, que morrera 18 meses antes enquanto testava um Northrop YB-49. O nome atual da base é Edwards AFB (Air Force Base).

Em 14 de outubro Chuck Yeager decolou dentro de um B-29, já no ar se acomodou dentro do avião foguete Bell X-1, que foi solto nos céus californianos. Depois e ligar o motor Yeager conseguiu estabilizar o avião e voar para história. Ele atingiu Mach 1,06, e o estrondo sônico provocado em sua trajetória assustou muitos espectadores que não acreditavam que a aeronave de asas fixas agüentaria a pressão exigida. Fato curioso sobre o episódio, dias antes Chuck Yeager caíra de um cavalo, e mesmo com algumas costelas rachadas ele não recusou o desafio no X-1.



Figura 15 - Yeager e o Glamorous Glenn III [35]



Figura 16 - Yeager e X-1 Glamorous Glennis [34]

O avião com X-1 que utilizou para superar a Barreira do Som foi batizado por Yeager como Glamorous Glennis, como mostra a Figura 15, uma homenagem a Glennis Dickhouse Yeager, com quem se casou em 26 de fevereiro de 1945. Durante a Segunda Guerra ele já havia batizado seu Mustang P-51 (Figura 16) com o mesmo nome, na época o casal ainda namorava. O Glamorous Glen III foi o avião com o qual Yeager conseguiu o maior número de vitórias.

Glennis morreu em 1990, o casal teve quatro filhos. O relacionamento do casal é explorado em parte do livro "The Right Stuff" de Tom Wolfe, posteriormente um filme de

mesmo nome foi lançado em 1983, traduzido para o português no Brasil com o título “Os Eleitos”. O roteiro começa com a quebra da Barreira do Som por Yeager e conta a história dos pilotos selecionados para participar do programa Mercury destinado a levar os primeiros astronautas ao espaço.

Voando em um D-558 Fase 2, Chuck Yeager estabeleceu em 1952 um novo recorde de velocidade, voando a 1650 milhas por hora, duas vezes e meia a velocidade do som. Ele ainda fez testes de vôo na Coréia e comandou um esquadrão de caças na Europa.

Em quatro de outubro de 1957, teve início a Era Espacial, com o lançamento do satélite Sputnik I pela União Soviética, isso fez com que políticos, cientistas, e militares americanos se unissem em torno da NASA para desenvolver e apresentar uma resposta à URSS. Com início da corrida espacial começa a busca e o treinamento para colocar os primeiros americanos no espaço. A decisão do presidente Dwight Eisenhower foi utilizar pilotos de testes, o que causou certa polêmica devido ao comportamento questionável que esses possuíam.

Após dezenas de testes, alguns considerados bizarros e de necessidade questionável, sete pilotos foram escolhidos por serem considerados os melhores. Porém os melhores pilotos de fato não concorreram a essas vagas, pois só graduados com nível superior puderam participar da seleção. Chuck Yeager considerado por seus companheiros da Força Aérea o melhor piloto de teste não pode se candidatar a vaga de astronauta, pois não tinha um diploma universitário. Além disso, talvez Yeager não aceitasse o convite de início.

Mesmo fora da briga para ir ao espaço, Yeager comandou pesquisas aeroespaciais na Força Aérea em 1956, coordenou ainda treinamentos de pilotos para o programa, até que a NASA assumisse a função oficial de treinar astronautas. Boa parte dos integrantes dos programas Mercury, Gemini e Apollo se formou na escola da base de Edwards.

Em um vôo experimental com um Starfighter Lockheed, em dez de dezembro de 1963, Yeager precisou ejetar, pois o motor do avião parou de funcionar. Ele tentava bater o recorde de 34200 metros (112200 pés) de altitude, estabelecido pelos russos pouco tempo antes. Devido a este incidente Yeager se tornou o primeiro piloto a executar uma ejeção de emergência em um avião com cabine totalmente pressurizada, necessária para vôos em altas altitudes. [36]

Durante a Guerra do Vietnã, ocupando o posto de Coronel, comandou 127 missões de apoio aéreo e treinamento de pilotos para bombardeios. Em 1968 foi promovido e tornou-se um dos poucos homens alistados a chegar a brigadeiro-general. Antes da aposentadoria Yeager supervisionou a defesa paquistanesa, como representante dos EUA, na guerra contra a Índia em 1970. Cinco anos depois ele se aposentou, apesar de continuar servindo como piloto de teste e consultor.

Chuck Yeager recebeu diversos prêmios e condecorações entre elas destacam-se a Medalha de Prata do Congresso em 1976 por ser o primeiro homem a quebrar a Barreira do Som, a Estrela de Prata e a *Air Force Distinguished Service Medal*. Ele foi ainda o mais jovem membro do Hal da Fama da aviação, sendo aceito em 1973.

A Corrida Espacial

Corrida Espacial foi uma das principais disputas da chamada Guerra Fria[‡], travada entre os principais vitoriosos da Segunda Guerra Mundial, a União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) e os Estados Unidos da América (EUA). A Guerra Fria alavancou tremendamente a exploração espacial.

A largada desta corrida ocorreu com o lançamento do satélite artificial Sputnik I pelos soviéticos, em quatro de outubro de 1957, no Cosmódromo Baikonur, no Cazaquistão. A competição tinha a finalidade de explorar o espaço, primeiramente com satélites artificiais, depois enviar o homem ao espaço e posteriormente à Lua. Em 17 de julho de 1975, o encontro das naves Apollo, dos Estados Unidos, e Soyuz, da União Soviética, marcou o fim da Corrida Espacial.

Com a derrota da Alemanha na Segunda Guerra Mundial, a maioria dos engenheiros alemães que trabalharam no desenvolvimento dos foguetes V-2 passaram a trabalhar para os EUA ou para a URSS. O mais importante deles, Wernher von Braun entregou-se as tropas norte-americanas de ocupação, em seguida passou a integrar ativamente o programa de mísseis balísticos dos EUA e foi um dos principais responsáveis pelo início do programa espacial dos Estados Unidos. Ele entrou na NASA em 1960, e foi diretor do *Marshall Space Flight Center* durante uma década, dirigindo os programas Mercury, Gemini e Apollo. Foi projetista do foguete Saturno V, responsável por impulsionar as naves Apollo até a Lua. [37]

O ucraniano Sergei Korolev, foi um engenheiro de foguetes que projetou os primeiros foguetes da URSS, tornando-se engenheiro-chefe do programa espacial soviético. Devido as grandes expulsões e perseguições feitas por Josef Stalin, Korolev foi preso em 1938 e enviado para o acampamento Gulag, na Sibéria. Dois anos depois foi criado um departamento de projetos de aviação na prisão, conhecido oficialmente por KB-29. No novo departamento, Korolev trabalhou com Andrei Tupolev, projetista e construtor aeronáutico russo, que também era prisioneiro.

Após a Segunda Guerra, Korolev viajou à Alemanha em setembro de 1945 para supervisionar e avaliar a restauração dos mísseis balísticos V-2. Um ano depois, enquanto ainda trabalhava em solo germânico, ele foi nomeado chefe do NII-88, um departamento em Podlipki, cidade próxima a Moscou, responsável pela produção industrial de novos mísseis baseados nos alemães V-2. Inicialmente os mísseis balísticos continentais seriam utilizados para carregar e lançar bombas atômicas.

Sergei Korolev idealizou todo o programa espacial russo, foi o responsável por convencer o líder soviético Nikita Khrushchov sobre a importância de conquistar o espaço. Ao se tornar engenheiro-chefe do programa espacial da URSS, Korolev comandou o desenvolvimento de várias gerações de satélites lançados por mísseis balísticos. Seus projetos

[‡] Guerra Fria foi um conflito de ordem política, militar, econômica, tecnológica, social e ideológica, que ocorreu entre o fim da Segunda Guerra Mundial (1945) e o fim da União Soviética (1991). O período foi marcado por disputas estratégicas e conflitos indiretos entre a socialista URSS e o capitalista EUA.

incluam veículos de lançamento com fins militares, científicos e de comunicação, além de diversos equipamentos para as naves soviéticas.

Em 14 de janeiro de 1966, Korolev morreu devido ao mau resultado de uma cirurgia. Na época de sua morte a Corrida Espacial vivia a proximidade de seu ápice, com a possibilidade do homem chegar à Lua. A União Soviética nunca admitiu publicamente que pretendia realizar este feito, porém Korolev é o verdadeiro criador do desafio, que ficou popular com o desafio feito pelo presidente norte-americano John F. Kennedy. [38] [39]

O primeiro ser vivo no espaço foi a cadela russa Laika, que subiu ao espaço a bordo da nave Sputnik II, lançada no dia três de novembro de 1957. Em 12 de abril de 1961 os soviéticos mostraram ao mundo como lideravam a Corrida Espacial. A bordo da nave Vostok I, Yuri Gagarin realizou um voo orbital de 48 minutos, tornando-se o primeiro ser humano no espaço. “A Terra é azul”, foram as palavras do cosmonauta para a torre de controle, que ficaram conhecidas mundialmente desde então.



Figura 17 – Y. Gagarin [40]

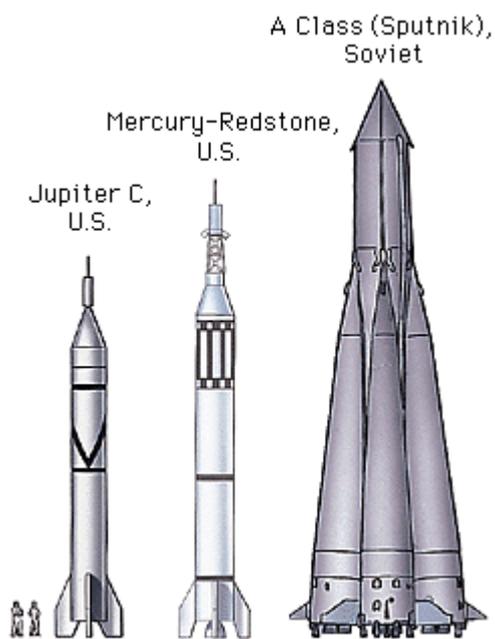


Figura 18 - Comparação entre foguetes americanos e soviético [41]

Devido a problemas técnicos, os soviéticos não conseguiram no início produzir ogivas nucleares tão leves quanto as dos EUA. Por este motivo os mísseis lançadores da URSS eram bem maiores e mais potentes que os similares americanos. No início do programa espacial os foguetes responsáveis para chegar ao espaço já estavam prontos, devido aos trabalhos desenvolvidos pelos militares. Quando o Sputnik I foi lançado a União Soviética tinha uma capacidade de lançamento de um peso cem vezes maior que os foguetes dos Estados Unidos. [42]

Inicialmente os americanos investiram em lançadores Vanguard, mais complexos e menos confiáveis do que os lançadores Redstones, que foram baseados nos V-2. A opção mostrou-se um equívoco, enquanto a URSS obtinha sucesso com

base nos projeto alemão do V-2. Depois de várias tentativas frustradas, a resposta dos EUA chegou em 31 de janeiro de 1958, com o lançamento do seu primeiro satélite o Explorer I, utilizando um foguete Bumper (baseado no V-2), quatro meses depois do sucesso soviético com o Sputnik I.

Nos meses seguintes Estados Unidos e União Soviética realizaram uma série de lançamentos, colocando diversos satélites espaciais e sondas espaciais em órbita. Os EUA colocou em órbita os satélites Vanguard I, II e III na sequência do Explorer I. Os satélites passaram a ter finalidades mais específicas, tornaram-se peças fundamentais nas comunicações, espionagem e aquisição de dados meteorológicos. Além dos Sputniks, os

soviéticos lançaram uma série de satélites *Cosmos*, enquanto os norte-americanos lançaram dezenas de *Explorer* e *Discoverers*, até meados da década de 1960.

Em 29 de julho de 1958 foi criada a NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), também conhecida por Agência Espacial Americana, com a finalidade de coordenar e desenvolver tecnologias e programas de exploração espacial. A NASA foi responsável por unificar as pesquisas, coordenar esforços e acelerar o ritmo de lançamento de satélites artificiais e sondas espaciais para os EUA. No ano de 1962 a sonda Mariner II pousou em Vênus, apenas quatro anos após a criação da agência pelo presidente Eisenhower, para substituir a NACA (*National Advisory Committee for Aeronautics*).

A NASA coordenou o primeiro programa para levar um estadunidense ao espaço, batizado de Projeto Mercury. Sete voluntários foram selecionados, depois de uma bateria de exames, com o propósito de que um deles viesse a ser o primeiro homem no espaço. Depois de meses de treinamento intenso, Alan Shepard, Virgil Grisson, John Glenn, Scott Carpenter, Walter Schirrar, Gordon Cooper foram os seis primeiros americanos a viajar ao espaço exatamente nesta ordem. Donald 'Dek' Slayton também foi selecionado, mas só conseguiu ir ao espaço no programa Apollo, os médicos da equipe alegavam que ele tinha um grave problema de saúde.



Figura 19 - Da esquerda para a direita, Donald Slayton; Walter Schirra, Jr.; Gordon Cooper; Scott Carpenter; Virgil Grisson; John Glenn, Jr; e Alan Shepard, Jr. [41]

A Freedom 7 foi lançada de Cabo Canaveral, Flórida, com o astronauta Alan Shepard a bordo, em cinco de maio de 1961. A nave fez um vôo sub-orbital de 15 minutos, muito pouco quando comparado ao vôo orbital de Gagarin, realizado no mês anterior. Durante os dois primeiros lançamentos, ambos em 1961, o Projeto Mercury utilizou foguetes Redstone, a partir do terceiro lançamento, em 20 de fevereiro de 1962, a NASA passou a utilizar foguetes Atlas. Além do foguete Atlas a nave Friendship 7, terceira lançada com um americano a bordo, foi a primeira a obter um vôo orbital tripulado, com John Glenn a bordo.

O segundo projeto tripulado da NASA foi batizado de Gemini, e consistia em naves com capacidade para dois astronautas, capazes de fazer manobras em órbita. As missões do Projeto Gemini consistiam de testes com os estágios de rendez-vous[§] e acoplamento, além de atividades extraveiculares, ou seja, astronautas fora da nave utilizando apenas trajes espaciais.

[§] Rendez-vous é um termo utilizado para descrever a aproximação para encontro de naves em órbita.

No total 12 vôos espaciais foram realizados, entre março de 1965 e novembro de 1966, sendo dez deles tripulados. As naves Geminis receberam numeração de III a XII, durante a missão Gemini IV, Ed White tornou-se o primeiro norte-americano a “caminhar” no espaço em três de junho de 1965. A “caminhada” de White veio como resposta ao sucesso do cosmonauta soviético Alexey Leonov, que em 18 de março de 1965, tornou-se o primeiro ser humano em uma atividade extraveicular no espaço. Conectado à nave Voskhod 2 apenas por cabos conhecidos como “cordão umbilical”**, Leonov passou 12 minutos no vácuo, utilizando uma roupa espacial totalmente vedada.

Os bons resultados do projeto Gemini diminuíram a diferença dos Estados Unidos em relação a União Soviética na Corrida Espacial, e desenvolveu ferramentas para a realização da missão que levaria os primeiros homens a Lua.

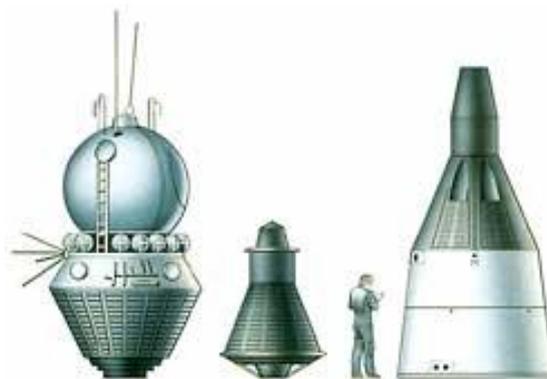


Figura 20 – Cápsulas Espaciais, a soviética Vostok (4,9 m), e as americanas Mercury (2,9 m) e Gemini (5,8 m) [41]

O programa espacial da URSS incluía planos para pousar homens na Lua e era parte de um programa bem amplo conhecido como Lunar 1, a prova disso foi a existência de um módulo lunar soviético, o LK lander, que pousaria na Lua e retornaria com os cosmonautas para a órbita lunar. Vostok, Voskhod e Soyuz foram naves construídas para levar soviéticos a Lua. A União Soviética pretendia usar a terceira nave combinada ao módulo lunar para esta missão.

A viabilidade da Soyuz mostrou-se com a quebra de vários recordes de permanência com tripulação no espaço. Esta nave foi base para os projetos Salyut e Almaz de exploração permanente no espaço e que deram origem ao projeto da estação espacial MIR. Atualmente a nave Soyuz ainda é utilizada por missões espaciais da Rússia.

Por estar atrás na Corrida Espacial, o presidente norte-americano John F. Kennedy lançou em 25 de maio de 1961 o desafio de levar homens a Lua, e trazê-los em segurança antes do fim daquela década. A URSS chegou a Lua com as missões não tripuladas Zond, que obtiveram sucesso ao circunavegarem o satélite natural. Porém os soviéticos não conseguiram enviar cosmonautas ao Lua devido a uma série de problemas no programa espacial.

Um ano após a morte prematura de Sergei Korolev, que vivia o auge da carreira, o cosmonauta Vladimir Komarov morreu durante um pouso devido a problemas técnicos na

** O Cordão Umbilical de uma Atividade Extra Veicular (EVA) recebeu este nome devido ao fato de conectar o astronauta ou cosmonauta ao sistema de suporte a vida da espaçonave.

nave Soyuz I em 1967. Este acidente atrasou o programa espacial soviético em 18 meses. Em 1969, quando estavam prestes a lançar o maior foguete já construído, o N1, uma explosão matou muitos técnicos e engenheiros do programa. As catástrofes resultaram em um desinteresse por parte dos militares e do governo na exploração espacial. Outros fatores para a não conclusão do projeto foram falta de verbas, juntamente com pequeno poder de recuperação da indústria soviética.

Enquanto os soviéticos sofriam esses problemas os norte-americanos investiam alto para chegar a Lua e cumprir a promessa de Kennedy. Estima-se que na época 20 bilhões de dólares foram gastos no Projeto Apollo, o terceiro programa tripulado a ser desenvolvido pela NASA. Seis missões Apollo pousaram na Lua, e 12 astronautas tiveram a oportunidade de caminhar na superfície lunar.

O Programa Apollo começou com o primeiro grande desastre do programa espacial dos EUA. Em janeiro de 1967 a Apollo 1 se incendiou durante um treino, matando os três tripulantes, entre eles o comandante 'Gus' Grissom, segundo americano a ir ao espaço. Devido ao acidente o projeto foi atrasado em 21 meses, e os projetistas re-projetaram a cabine do módulo de comando, uma vez que a tripulação da Apollo 1 não conseguiu sair a tempo, e morreu em razão da inalação excessiva de fumaça, antes de serem carbonizados. [43]

A primeira missão tripulada bem sucedida do projeto Apollo ocorreu em 11 de outubro de 1968, com o lançamento da Apollo 7. Em maio de 1969 a Apollo 10 fez testes na órbita da Lua. Dois meses depois, em 16 de julho de 1969 a Apollo 11 partiria em direção a Lua, com três astronautas, sendo que dois tinham o objetivo de pousar na superfície do satélite natural.

Em 20 de julho de 1969 Neil Armstrong saiu do módulo e deu os primeiros passos em solo lunar, seguido por Edwin "Buzz" Aldrin (Figura 21), enquanto Michael Collins ficara na órbita da Lua, na Apollo 11. O feito norte-americano foi transmitido ao vivo para todo o mundo e é considerado um dos maiores marcos da história mundial.

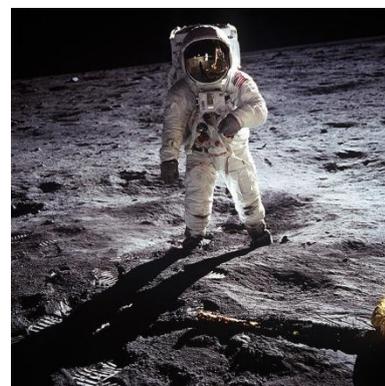


Figura 21 - 'Buzz' Aldrin na Lua [44]

Armstrong, comandante da missão Apollo 11, sofrera um grave incidente durante o projeto Gemini. Após realizar a manobra do rendez-vous, a Gemini começou a girar rapidamente, ao se engatar no estágio Agena. Neil Armstrong precisou abortar a missão e realizar uma reentrada não programada, antes que perdesse o controle da nave.

Felizmente a missão Apollo 11 ocorreu sem problemas. Em abril de 1970 a Apollo 13 sofreu um grave acidente que impediu o pouso na Lua, mas os astronautas conseguiram retornar a Terra. A história da Apollo 13 foi retratada no cinema em um filme com o nome da missão, dirigido por Ron Howard e estrelado por Tom Hanks, interpretando Jim Lovell, o comandante da missão. Uma curiosidade do filme é o fato de Ed Harris, que interpretou astronauta John Glenn em "The Right Stuff" (Os Eleitos, em português), interpretar Gene Kranz, um diretor de vôo da Nasa que estava de plantão quando ocorreu o acidente.

As missões do Projeto Apollo continuaram a levar homens a Lua, Alan Shepard, primeiro estadunidense no espaço comandou a Apollo 14 em fevereiro de 1971. No dia sete de dezembro de 1972 foi lançada a Apollo 17, em 11 de dezembro Eugene Cernan e Harrison Schmitt tornaram-se os últimos homens a andar em solo lunar. Em 1973 a nave Apollo foi utilizada para a construção da estação espacial norte-americana Skylab, que acabou reentrando na atmosfera prematuramente em 1979.



Figura 22 - O cosmonauta russo Alexey Leonov e o astronauta norte-americano 'Deke' Slayton [45]

No dia 17 de julho de 1975 a Apollo 18 se acoplou a nave soviética Soyuz 19. Esta missão conjunta ficou conhecida como Apollo-Soyuz. O principal motivo desta missão simbólica era melhorar as relações entre os dois grandes rivais, uma tendência que crescia naquele período da Guerra Fria. O abraço entre soviéticos e norte-americanos no espaço (Figura 22) foi o início do fim das tensões relacionadas a Corrida Espacial. Dezesseis anos depois, com o fim da URSS em 1991, a Rússia herdou a pesquisa espacial soviética e atualmente colabora com a NASA, a agência Espacial Europeia, Japonesa e Canadense para construir a Estação Espacial Internacional. Ao todo 16 países participam do projeto, entre eles o Brasil. [41] [46] [47]

Recordes de Velocidade em Terra

O recorde de velocidade em terra é a maior velocidade alcançada por qualquer veículo sobre rodas em solo. Não existe um órgão principal, único, para regulamentar e validar este tipo de resultado. Organizações regionais utilizam algumas normas, Categoria C, da *Fédération Internationale de L'Automobile* (FIA).

Existem inúmeros registros de recordes em diversas classes de carros e motos. Atualmente a FIA reconhece o recorde de velocidade em terra para o Thrust SSC (Figura 23), um carro a jato movido por um bimotor de turbo-hélice. Em outubro de 1997 o ThrustSSC, sob a direção do britânico Andy Green, atingiu a marca a incrível velocidade de 1227.985 km/h, ou 1,016 Mach, sendo o primeiro carro a superar a Barreira do Som. [48]



Figura 23 - Imagem frontal do Thrust SSC [49]

Segundo as normas da Federação Internacional de Automobilismo, um recorde é a maior velocidade média ao longo de um trajeto de comprimentos variáveis, em duas corridas. Algumas federações consideram recordes em apenas uma corrida, mas para a FIA um recorde precisa ser comprovado em uma segunda tentativa.



Figura 24 - Foguete sobre trilhos da Força Aérea dos EUA [50]

Apesar das altas velocidades conseguidas em carros movidos a motor a jato, desde 1906, o recorde de velocidade sobre trilhos supera os sobre rodas no solo. Veículo sobre trilhos, não tripulados, impulsionados por foguetes da Força Aérea dos Estados Unidos da América (Figura 24) atingem a incrível marca de Mach 8,5 ou 6416 mph, aproximadamente 10266 km/h. [51]

A superioridade de veículos sobre trilhos pode ser observada em trens de alta velocidade que já percorrem alguns países do mundo. O francês TGV (*Train à Grande Vitesse*) é o trem convencional mais rápido do mundo chegando a 574,8km/h. Enquanto o trem japonês JR-Maglev atinge 581km/h utilizando levitação magnética nos trilhos. [52]

Histórico

Criado entre os anos de 1894 e 1895, *L'Automobile Club de France* (l'A.C.F.) foi a primeira instituição automobilística do mundo, ela organizou a primeira corrida de carros na história, o Rally Paris-Bordeaux-Paris, Figura 25. Em 1897 l'A.C.F. instituiu a primeira comissão técnica para criar regulamentações sobre diferentes tipos de corridas, entre estas, normas que descreviam o método para validar a velocidade máxima atingida. [53]

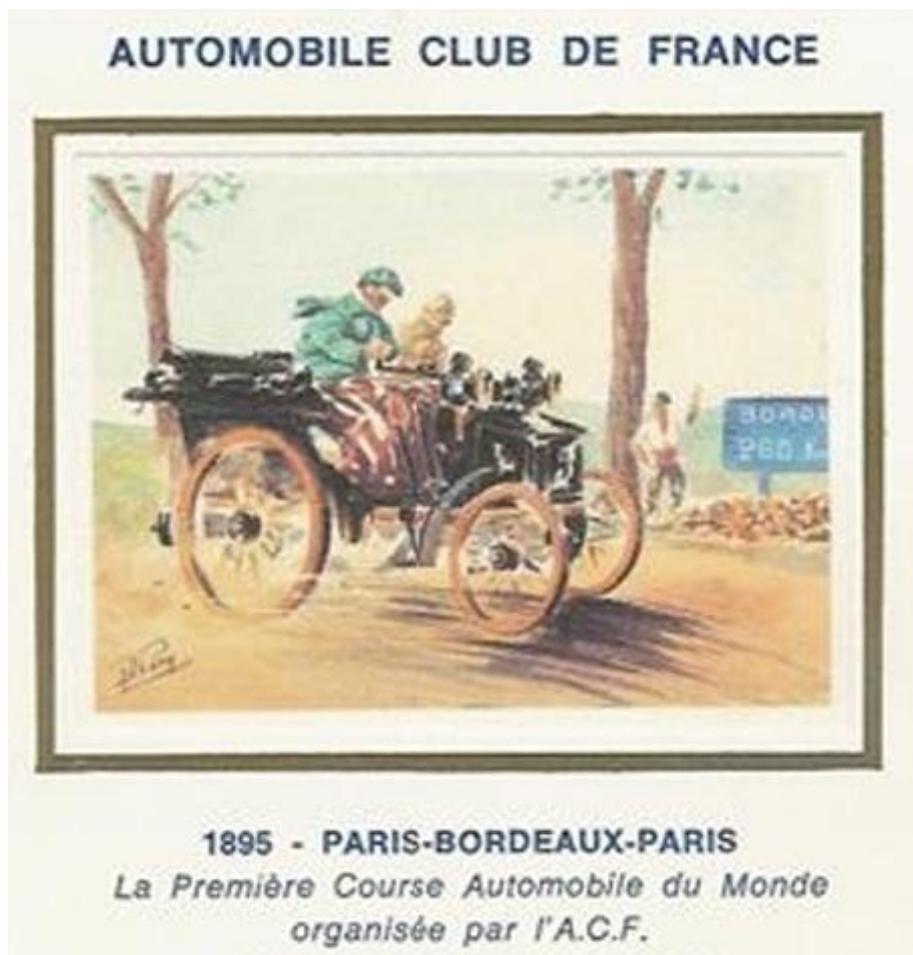


Figura 25 - Cartaz da primeira corrida de carros [54]

O primeiro recorde de velocidade registrado data de 18 de dezembro de 1898, dirigido pelo francês Gaston de Chasseloup-Laubat o veículo batizado Jeantaud Duc, atingiu 63,15 km/h (39,24 mph) com um motor elétrico, na cidade de Achères na França.

Tal façanha foi rapidamente superada, e em menos de seis meses Chasseloup-Laubat alternou diversas vezes com o belga Camille Jenatzy na posição de homem mais veloz do mundo, até que em 29 de abril de 1899 a marca de 100 km/h foi batida por Jenatzy. A bordo do carro CITA 25 o belga chegou a 105,88 km/h. [55]

Nos primeiros anos do automobilismo os engenheiros exploravam ao máximo o uso de motores elétricos, pois acreditavam ser mais potentes que os demais, uma vez que os motores de combustão interna não se mostravam tão eficiente. A partir do início do século XX foi possível desenvolver motores a vapor e de combustão interna com potência mais significativa do que os elétricos.

Em abril de 1902 o recorde de velocidade sobre rodas passou para um carro com motor a vapor, e no início de novembro do mesmo ano os carros com combustão interna assumiram a liderança. Foi com um motor deste tipo que em 21 de julho de 1904 o francês Louis Rigolly ultrapassou 100 mph, aproximadamente 160 km/h. [55]

Devido a algumas regras estabelecidas em 1914 pela *Association Internationale des Automobile Clubs Reconnus* (AIACR), que em 1947 adotaria o nome *Fédération Internationale de L'Automobile* (FIA), os carros passaram a ter que fazer duas corridas, com um intervalo de tempo fixo entre os tiros e em sentidos opostos. O primeiro recorde com a média dos tempos ocorreu em 24 de junho de 1914 e a velocidade chegou a 199,7 km/h. [48] [55]

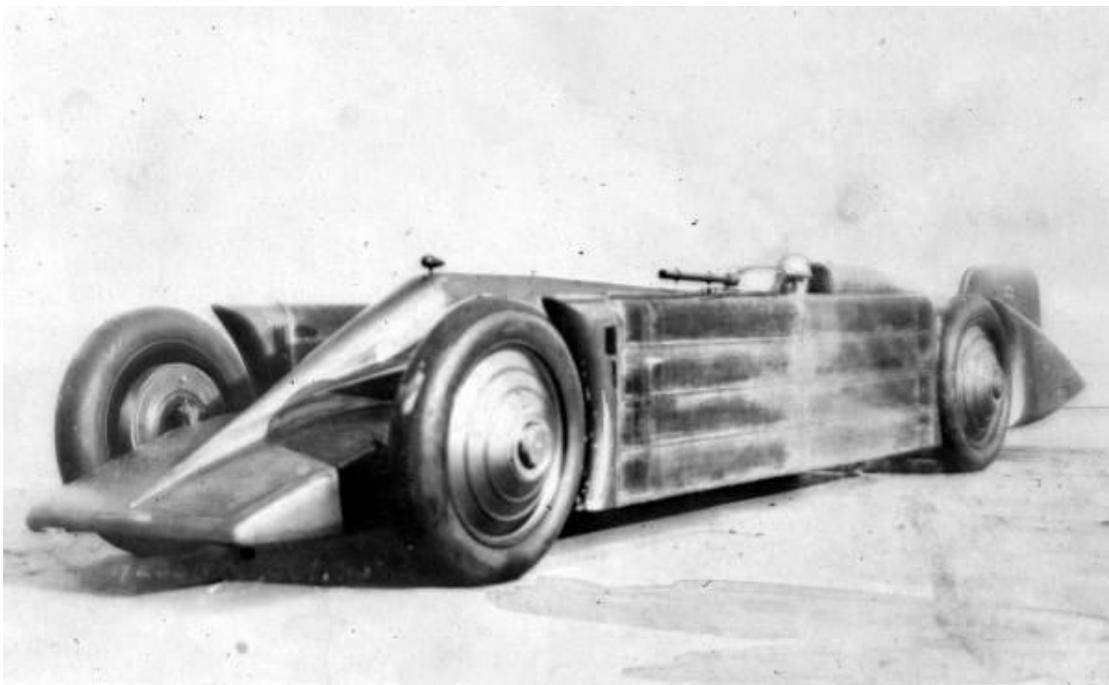


Figura 26 - Carro Golden Arrow em Daytona Beach, Flórida [56]

As primeiras pistas para quebra de recordes foram estradas no interior da Europa, posteriormente circuitos passaram a ser usados para atingir as máximas velocidades. O último

recorde em circuito foi alcançado em 1922 em Brooklands no Reino Unido (133,7 km/h) e no ano 1924, em Arpajon na França foi estabelecido o último recorde correndo em uma estrada, com uma velocidade de 146.01 km/h.

Devido às limitações físicas em relação ao comprimento de retas, locais isolado passaram a ser utilizados como pistas. Até 1935 os principais recordes foram estabelecidos em praias, no mês de fevereiro do ano de 1927 foi batido o último recorde em terras européias, na praia de Pendine Sands, no País de Gales.

Os Estados Unidos da América passaram a ser o principal palco para o estabelecimento de novos recordes mundiais de velocidade em terra. Primeiramente na praia de Daytona Beach, Flórida, como mostra a foto na Figura 26 tirada em 25 de fevereiro de 1929. A foto mostra Sir Henry Segrave sentado em seu “Golden Arrow”.

Um grave acidente no dia 13 de março de 1929, durante a segunda corrida (em direção diferente à primeira) da tentativa de quebra do recorde de velocidade pelo americano Lee Bible (Figura 27) fez a FIA rever a exigência de dois percursos diferentes para validar um novo recorde [E]. Bible e um operador de câmera que presenciava o evento morreram com a colisão do carro durante a desaceleração. A Figura 28 mostra Bible em seu carro pouco antes do acidente. [58]



Figura 27 - Lee Bible [57]



Figura 28 - Lee Bible em seu carro antes do acidente [59]

A utilização de desertos como pistas coincidiu com a primeira marca de velocidade acima de 300 mph. O gigantesco deserto de sal de Bonneville no estado de Utah nos Estados Unidos (Figura 29) foi palco para uma série de recordes mundiais, alternando entre britânicos e norte-americanos. Em setembro de 1947 os britânicos alcançaram a marca de 400 mph em uma das corridas e registraram um último recorde mundial de velocidade em terra por um carro com motor de combustão interna. [55]



Figura 29 - Foto panorâmica do Great Salt Lake Desert tirada de uma montanha no estado de Nevada (EUA) [60]

É importante observar que já em 1947 os engenheiros, projetistas e mecânicos conseguiram desenvolver motores e carros que chegassem a incríveis velocidades. Os motores a combustão produzidos na década de 1940 chegaram ao limiar de potência eficiente que era possível empregar com a tecnologia da época.

Na parte final da Segunda Grande Guerra Mundial foram utilizados aviões de caça impulsionados por motores a jato. Esta nova tecnologia juntamente com o início da Guerra Fria e da Corrida Espacial desestimulou por um tempo as quebras de recordes de velocidade em terra.

Devido ao avanço da propulsão a jato, tornou-se possível construir aviões que pudessem alcançar velocidades exorbitantes. Devido à resistência do ar em altas altitudes ser bem menor do que ao nível do solo, em especial do mar, a possibilidade de um avião chegar à velocidade do som era bem maior do que um automóvel em meados da década de 1940.

Coincidentemente a quebra da Barreira do Som por Chuck Yeager a bordo do seu Bell X-1 aconteceu um mês após o último motor de combustão interna superar o recorde de velocidade no solo.

A Era dos Carros a Jato

A adaptação de foguetes em carros precisou de uma reformulação na estrutura e aerodinâmica dos automóveis. Foi preciso criar uma estrutura que não deixasse que o carro decolasse, pois poderia causar um acidente fatal para o piloto e possíveis espectadores. Por outro lado a adaptação de modelos com uma aerodinâmica melhor possibilitou uma menor resistência do ar.



Figura 30 - Spirit of America no deserto de sal de Utah [61]

Outro ponto que teve que ser adaptado diz respeito às estruturas e rodas dos veículos. O atrito provocado nas partes móveis do carro poderia reduzir e dificultar o movimento, podendo até mesmo causar acidentes.

Com veículos aerodinamicamente mais eficientes, e propulsão a jato, os recordes voltaram a cair em setembro de 1963, com o estadunidense Craig Breedlove dirigindo o Spirit of America, Figura 25, um carro movido a um motor turbojet. Este recorde, porém, foi ratificado pela *Fédération Internationale de Motocyclisme* (FIM) uma vez que o veículo só possuía três rodas, e não quatro como exigia a FIA. Breedlove se tornou o homem mais rápido do mundo logo na primeira corrida, utilizando apenas 90% da potência do seu carro.



Figura 31 - Craig Breedlove com seu protótipo [62]

Craig Breedlove resgatou o título para os Estados Unidos, depois de mais de 30 anos, e logo se tornou uma celebridade. Ele trabalhou como técnico de engenharia de estruturas na Douglas Aircraft, e projetou seus primeiros carros para quebrar os recordes.

Na Figura 31, Breedlove aparece com seu primeiro protótipo. Os veículos foram financiados por importantes marcas do setor automobilístico, como a Shell e a Goodyear.

Apesar do recorde do Spirit of America ter sido superado em 1964, um ano e um mês depois da marca de Breedlove, pelo seu compatriota Tom Green e dois dias depois pelo também norte-americano Art Arfons, Craig não desistiu de suas tentativas e durante a década de 1960 o mundo assistiu a uma série de recordes mundial de velocidade em terra. Os estadunidenses dominaram os recordes durante esta década e Breedlove foi o que mais vezes superou os adversários. [61] [63] [64]

Depois de sucessivas alternâncias de recordes entre Art Arfons e Craig Breedlove, a década de 1960 terminou com o croata naturalizado norte-americano Gary Gabelich atingindo 630 mph, pouco mais de mil quilômetros por hora, superando em 5% o quinto recorde quebrado por Breedlove. No dia 23 de outubro de 1970 Gabelich guiou o veículo Blue Flame (Figura 32), movido por foguetes, conquistando o último recorde no deserto de sal de Bonneville.

Gary Gabelich afirmou que esperava que seu Blue Flame atingisse 750 mph e quebrasse assim a Barreira do Som. Mas o máximo que ele conseguiu foi uma velocidade recorde de 1065.8 km/h que durou por 13 anos. [65] Seu carro, o primeiro a andar a mais de 1000 km/h pode ser encontrado no museu Sinsheim Auto & Technik Museum, na Alemanha.

Em um intervalo de pouco mais de dois anos, entre setembro 1963 e novembro 1965, os americanos com seus carros a jato subiram o recorde mundial em 200 mph, de 400 para 600. Os britânicos que haviam dominado os recordes antes da década de 1960 demoraram a

reagir, somente o com o surgimento do projeto Thrust eles voltaram a causar impacto mundial e quebrar recordes mundial com carros a jato.



Figura 32 - Gabelich com o carro-foguete Blue Flame [48]

O Projeto Thrust

Nascido em Edimburgo, Escócia, no dia 6 de março de 1946, Richard Noble, como diz o título de sua biografia, sempre buscou a velocidade. Inspirado por John Cobb, que morreu ao tentar quebrar um recorde de velocidade sobre a água, Noble resolveu criar sua própria série de carros a jato visando quebrar recordes de velocidade.

Richard Noble era um autodidata que preferiu não cursar uma universidade e em 1974 fundou o projeto Thrust. Trabalhando sozinho, na garagem de sua casa ele montou o Thrust 1, que não obteve o sucesso esperado. O rolamento de uma das rodas quebrou e o carro capotou três vezes quando estava a 200 mph em uma pista da base aérea de Fairford, da Royal Air Force (RAF), Força Aérea Britânica. Por sorte, Richard escapou ileso.

Dando continuidade ao seu sonho, Noble resolveu construir o Thrust 2, encontrando maiores dificuldades de financiamento. Ele conseguiu arrecadar quase dois milhões de Libras, de diferentes formas, entre elas mais de 200 patrocinadores britânicos. Com o projeto concluído, e o recorde britânico de velocidade em terra batido em um teste em Greenham Common, 1980, Richard viajou para Bonneville em 1981, mas não obteve sucesso.

O Thrust 2 foi projetado por John Ackroyd e pilotado pelo idealizador do projeto, Richard Noble, que no dia 4 de outubro de 1983, no deserto de Black Rock nos Estados Unidos, marcou o recorde mundial de velocidade com 633,469 mph ou 1019,47 km/h. Durante o projeto Richard e o Thrust 2 chegaram a exceder 600 mph 11 vezes. Em um pico de velocidade a marcação chegou a 650,88mph. [66] [67] [68]

A Figura 33 mostra o Thrust 2 correndo no deserto de Black Rock, na Figura 34 vemos Richard Noble com seu carro recordista mundial de velocidade de 1983 a 1997, no Museum of British Road Transport em Coventry, Inglaterra.

Noble coordenou diversos projetos após o recorde do Thrust 2. Entre eles o ARV Super2 (aeronaves leves) e o Atlantic Sprinter (navio de pesquisa de alta velocidade). Em 1994 o projeto Thrust foi reaberto, e Richard o diretor do Thrust Supersonic Car (ThrustSSC). [69]



Figura 33 - Thrust2 em Black Rock, Nevada [67]



Figura 34 - Richard Noble com o Thrust2 [67]

A Era dos Carros Supersônicos

A década de 1990 começou com propostas de grandes investimentos para superar o recorde mundial de velocidade em terra. Os americanos planejavam um grande desafio e no Reino Unido, até a equipe de Formula1 McLaren, mirava a competição supersônica.

Querendo recuperar o recorde para os Estados Unidos Craig Breedlove, iniciou em 1992 um novo projeto de carro a jato, o Spirit of America 3 (Figuras 35 e 36). A idéia inicial do projeto era superar a marca do escocês Richard Noble e ultrapassar a velocidade do som.



Figura 36 - Vista Frontal do Spirit of America 3 [70]



Figura 35 - Spirit of America 3 em Bonneville [70]

A terceira geração do Spirit of America utilizou o motor a jato General Electric J79, do caça F-4 Phantom da Marinha dos EUA. Adaptado para o carro, o combustível utilizado era gasolina pura da Shell (utilizada em automóveis de passageiros), que oferecia melhor ignição e uma queima mais eficiente para o motor, além de ser um dos patrocinadores do projeto.

De 1992 a 1994 a equipe do projeto precisou encontrar formas de financiar a construção do carro supersônico. Com o fracasso em conseguir apoio das grandes empresas o financiamento do novo Thrust (Figura 37) teve que vir de um vasto número de apoiadores. Produtos de 215 empresas juntamente com um site de venda de artigos para apoio ao projeto e um grupo de apoiadores online, que reuniu milhares de membros ao redor do mundo, sustentaram a idéia dos organizadores, cobrindo os 900.000 de dólares gastos no projeto. O site foi o primeiro a demonstrar a viabilidade do comércio eletrônico na Grã-Bretanha.



Figura 37 - ThrustSSC [71]

Durante seis meses 32 voluntários submeteram-se a testes para dirigir a nova máquina. O líder de esquadrão Andy Green, piloto do caça Tornado da RAF, com mais de 1000 horas de vôo em aviões a jato, foi o escolhido.

Depois de algumas dificuldades devido ao sal de Bonneville (há algum tempo o deserto de Bonneville passa por um forte processo de degradação), o carro de Breedlove alcançou apenas 338 mph em sua terceira tentativa. Este insucesso levou a equipe a mudar o local das tentativas. Eles foram para o deserto de Black Rock, onde o britânico Noble estabeleceu o último recorde 13 anos antes, quase duas vezes mais rápido que o melhor tempo conseguido pelo moderno Spirit of America 3 em Utah.

A equipe do Spirit of America 3 estava pronta até o final de outubro 1996, e passaram a esperar as melhores condições climáticas para tentar o recorde. Craig Breedlove acelerou seu carro na primeira corrida até 675 mph, aproximadamente 1080 km/h, quando o carro apresentou uma variação brusca do lado direito saindo do percurso ao descrever um arco no deserto. O Spirit ficou sobre as rodas, mas não conseguiu homologar o recorde por sair da zona dos sensores. [72]

Foi necessário consertar o carro em sua base na Califórnia, e em setembro de 1997, quando voltaram para o deserto no estado de Nevada, Breedlove encontrou a equipe do ThrustSSC. As duas equipes competiriam quase que lado a lado, uma corrida contra a Barreira do Som.

Ainda no mês de setembro de 1997, com Andy Green no cockpit, o ThrustSSC estabeleceu um novo recorde mundial de velocidade. Porém a marca não conseguiu ultrapassar a barreira do som, ficando em 1149,055 e 1149,303 km/h nas duas corridas realizadas.

Enquanto isso o Spirit of America 3 apresentou sérios problemas quando um dos motores ingeriu um objeto e a equipe precisou retornar a Califórnia para resolver o problema. Neste meio tempo os progressos do ThrustSSC em Black Rock (Figura 38) continuaram.



Figura 38 - ThrustSSC correndo no Deserto de Black Rock [73]



Figura 39 - ThrustSSC próximo a quebrar a Barreira do Som, esta pode ser vista na linha frontal ao carro [74]

A Figura 39 mostra uma foto tirada por um membro da equipe de fotógrafos de Richard Meredith-Hardy durante a corrida número 58 e mostra o ThrustSSC a Mach 0,95 no dia 6 de outubro de 1997. Andy Green havia desacelerado o carro antes de entrar no trecho de uma milha onde seria realizada a medição.

As estrias para as laterais do carro a jato são formadas por poeira do deserto, levantada devida a Barreira do Som que se forma na frente do carro. A onda de choque é facilmente visível onde se encontra com a superfície do deserto. O ThrustSSC de 12 metros de comprimento parece mínimo se comparado ao tamanho do impacto causado pelo cone das ondas de choque, que se estende para o lado e acima do deserto.

Antes desta foto, nunca uma onda de choque foi fotografada proveniente de um carro a uma velocidade próxima a do som.

O sucesso do projeto realizou-se no dia 15 de outubro de 1997, quando Green conseguiu levar o ThrustSSC a 1223,657 km/h com a medida feita ao longo de um quilômetro e a 1227,986 km/h em outra corrida com a medição feita ao longo de uma milha. Andy Green foi o primeiro homem a andar no chão a uma velocidade acima da velocidade som, atingindo Mach 1,02. A barreira foi quebrada nas duas corridas, no sentido norte e no sul e o recorde reconhecido em Paris, no dia 11 de novembro do mesmo ano.

Desde a criação do projeto os fãs puderam acompanhar a agenda e o diário das operações pelo website do ThrustSSC (<http://www.thrustssc.com>). Entre os dias 6 de setembro e 16 de outubro de 1997 o site registrou a expectativa pela quebra da Barreira do Som. Detalhes como as condições climáticas e a programação para o dia seguinte, que já eram expostas desde o novembro do ano anterior, além disso, relatos sobre o concorrente Spirit of America eram divulgados. Durante a semana do recorde o site recebeu uma média de 2.482.000 visitas por dia, e mais de 8,8 milhões por semana.



Figura 40 - Membros do projeto juntos do Thrust em Black Rock [75]

A equipe do projeto ThrustSSC (Figura 40) era formada por diversos especialistas técnicos, além do pessoal de apoio. Engenheiros em eletrônica, mecânica, aerodinâmica,

pilotos de ultraleve, especialistas em pára-quedas, internet, bombeiros, fotógrafos, câmeras e dezenas de outros profissionais.

Craig Breedlove continuou com sua equipe do Spirit of America 3 até o fim de novembro (época favorável para as tentativas), porém não conseguiu superar o ThrustSSC dos britânicos Richard Noble e Andy Green. **Até hoje o ThrustSSC é o único carro, com registro internacional, que superou a Barreira do Som.** Ele pode ser encontrado juntamente com o Thrust2, no qual Noble conseguiu o recorde de velocidade em 1983, na cidade de Coventry no Museum of British Road Transport. [76] [77] [78] [79] [80]

Devido a diversos fatores, entre os principais a maior força de atrito encontrado ao nível do solo, superar a velocidade do som em um carro chegou ao ponto de quase ser afirmado como impossível. Entre 1997 e 2009 nenhum projeto alcançou o feito do de Richard Noble. No entanto, existem projetos ao redor do mundo que pretendem superar a façanha nos próximos anos.

Vários documentários retratam as aventuras de pilotos, engenheiros e mecânicos em busca da quebra dos recordes de velocidades, alguns viraram verdadeiras lendas. Um recente documentário da BBC de nome *“In Search of Speed – The Battle of Bonnoville”*, conta a história dos seis dramáticos anos que viveram Craig Breedlove e Art Arfons no deserto de Bennoville, quebrando recordes sucessivamente.

Andy Green

Aviador e piloto de caça da British Royal Air Force, Andy D. Green (Figura 35), nascido em 30 de julho de 1962, é o recordista mundial de velocidade em terra com um carro.

Formado com honras em Matemática, ele se qualificou como piloto de caça para aviões F-4 Phantom e Tornado F3, e posteriormente foi nomeado Oficial Comandante de operações aéreas.



Figura 41 - Andy Green [77]

Green foi o primeiro homem a andar acima da velocidade do som no solo, exatamente 50 anos e um dia após Chuck Yeager ser o primeiro homem a quebrar a Barreira do Som voando em um avião a jato, Andy Green atingiu Mach 1,02.

Nas honras de fim de ano de 1997 Green foi nomeado Oficial da Ordem do Império Britânico (*Officer of the Order of the British Empire*). Ainda no ano do recorde foi premiado pelo Royal Automobile Club do Reino Unido, com o Troféu Segrave, premiação ao britânico que alcança os maiores feitos do ano em transportes de terra, céu ou mar. O Segrave foi entregue em 1983 a Richard Noble, pela então marca de homem mais rápido sobre o solo.

Desde a quebra da Barreira do Som Andy Green participou de alguns projetos de velocidade e quebras de recordes. Ele pilotou o JCB DieselMax, que quebrou o recorde de velocidade de um carro movido a diesel em 2006, atingindo 563.995 km/h. ^[81] Atualmente Green trabalha com Richard Noble no projeto Bloodhound SSC [82], que pretende ultrapassar 1000 mph. [83] [84] [77]

Budweiser Rocket Car

Em 17 de dezembro de 1979, Stan Barret sentou no cockpit do Budweiser Rocket Car (Figura 42 e Figura 43) na base aérea de Edwards em Rogers Dry Lake, Califórnia, com o objetivo de superar a Barreira do Som. Desenhado por Bill Frederick e financiado pelo cineasta Hal Needham, o Project SOS (Speed of Sound), causa polêmica até os dias atuais.



Figura 43 - Budweiser Rocket Car (Vista Frontal) [85]



Figura 42 - Vista da traseira do Budweiser Rocket Car

Utilizando o foguete de um míssil Sidewinder para empurrá-lo até Mach 1, o Budweiser Rocket Car não seguiu os padrões estabelecidos pela FIA ao realizar a sua tentativa (Figura 44). As médias exigiam duas corridas com intervalo de 60 minutos entre elas. Em uma das corridas a velocidade deveria ser medida em um trecho de um quilômetro e na outra em uma distância de uma milha, em sentidos opostos. O Budweiser Rocket realizou apenas um tiro. Além disso, os organizadores utilizaram um sistema de radar de solo para medir a velocidade de pico, e não cronometristas independentes com equipamentos homologados pela Federação Internacional de Automobilismo.

A International Hot Rod Association (IHRA) foi representada no evento, e agiu como arbitragem. Porém a IHRA nunca provou ter capacidade de estabelecer de forma independente a gravação, coleta, cálculos e interpretação dos dados de um evento supersônico.

Devido a estes motivos a velocidade atingida por Barret não foi considerado um recorde mundial de velocidade no solo. Mesmo sem satisfazer os requisitos da FIA, Needham atraiu investidores e curiosos com o marketing de que quebraria a Barreira do Som.

O relatório com a velocidade alcançada foi divulgado apenas oito horas depois da corrida, e só em seguida a confirmação da equipe. Investigações preliminares dos dados indicam uma alta probabilidade do carro ter ultrapassado a velocidade do som, atingindo 739,66 mph ou Mach 1,01.



Figura 44 - Budweiser Rocket Car em sua tentativa de alcançar Mach 1 [86]

Em 10 de janeiro de 1998, Charles Yeager, o primeiro homem a quebrar a Barreira do Som, publicou uma carta onde afirmava que o Budweiser Rocket ultrapassou a velocidade Mach 1. Segundo Yeager quando o carro atinge uma velocidade entre Mach 0,9 e 0,94 ondas de choque se formariam na cauda, no nariz e nos suportes das rodas. Ao entrar no estado supersônico, as ondas de choque que se formaram no nariz em velocidade mais baixa que na traseira do carro, passariam para esta parte.

Segundo Chuck Yeager, este efeito é visível quando as rodas traseiras do carro percorrem uma distância entre 650 e 700 metros sem tocar o chão. Ele afirma ainda que este fato pode ser constatado em fotos tiradas no dia. [87]

Quando o ThrustSSC quebrou a Barreira do Som, quase 20 anos depois, um forte estrondo foi ouvido e registrado pelos espectadores, que também sentiram fisicamente este fenômeno. Porém em 1979 nenhum “*sonic boom*” foi ouvido

Outro ponto crucial diz respeito a uma foto (Figura 33) tirada por integrantes do projeto ThrustSSC, nela é possível ver as ondas de choque se espalhando por aproximadamente 50 metros para cada lado do carro no chão, e poeira sendo levantada lateralmente. Na pista as marcas características deixadas pelo ThrustSSC foram apagadas com a passagem da onda de choque, como se pulverizasse a superfície do deserto.

Mais uma vez fato semelhante não foi constatado durante a tentativa de Stan Barret com o Budweiser Rocket. Por estes motivos, juntamente com o fato de não ter utilizado as regras da FIA, o projeto financiado por Hal Needham não é reconhecido por um órgão internacional de automobilismo ou estatística e medida. [73] [88] [89] [90]

Futuro

Atualmente alguns projetos estão sendo desenvolvidos para superar o recorde de velocidade de Andy Green e ThrustSSC. Duas equipes possuem ambições e metas bem definidas, e parecem estar em estágio avançado, com calendários com previsões sobre testes e possíveis tentativas de recordes.

Existe uma equipe da Nova Zelândia, em parceria com australianos, que deseja incluir os países da Oceania em uma área dominada por norte-americanos e britânicos há mais de 70 anos. O projeto se chama JetBlack e pode ser visto na Figura 45 e possuirá toda engenharia e manufatura neozelandesa.



Figura 45 - Protótipo Virtual do JetBlack [91]

O projeto do Jetblack passará por um extenso programa de testes aerodinâmicos e análises para averiguar o seu desempenho antes de começar a produção. Ele utilizará um motor Rolls Royce Avon 206, que já foi utilizado em caças da RAF. O empuxo do motor é em torno de 22.000 HP, equivalente a 31 motores de um Formula 1.

A equipe pretende fazer um projeto inovador, diferente dos vistos até hoje, e como isso ultrapassar mil quilômetros por hora, tentando superar a Barreira do Som e o atual recorde de velocidade em terra. [91]

O Bloodhound SSC (Figura 46) é um carro supersônico com uma forma semelhante a um lápis, movido a um motor a jato e um foguete, projetados para o conjunto atingir 1000 mph (cerca de 1600 km/h). A iniciativa parte da mesma equipe do projeto Thrust, porém desta vez com uma meta mais ousada. O ThrustSSC superou o recorde do Thrust2 em 20%, desta vez os projetistas querem um salto de 31% em relação ao recorde atual.

Richard Noble é mais uma vez o diretor geral do projeto, assim como em 2007 Andy Green será o piloto para as tentativas que estão sendo previstas para começarem em 2011. Atualmente o projeto está em fase de arrecadação de verba, patrocínio, doações e construção.



Figura 46 - Protótipo virtual do Bloodhound [92]

A idéia do projeto foi gerida em 2006 pelos dois últimos recordistas. Em outubro de 2008 o ministro da Ciência do Reino Unido anunciou o início do projeto, que conta com o apoio da Escola de Engenharia da Universidade de Swansea, na Inglaterra e da Universidade do Oeste da Inglaterra (West England). [93]

Um protótipo do motor a jato Eurojet EJ2000 (Figura 47), desenvolvido para o EuroFighter que iria para um museu foi doado ao projeto, ele deve levar o carro até 480 km/h. Em seguida será acionado o foguete híbrido desenhado por Daniel Jubb de apenas 24 anos que construiu seu primeiro foguete com apenas cinco anos. Este motor deve levar o carro a uma velocidade superior a mil milhas por hora. Um motor a gasolina, de 800 HP será usado como auxiliar. [93]



Figura 47 - Motor Eurojet EJ 2000 [94]

Conclusão

A história da Quebra da Barreira do Som está diretamente ligada ao desenvolvimento dos motores ao longo dos anos. No início do Século XX acreditava-se que a energia elétrica seria a mais eficiente e por este motivo resultaria em motores mais potentes que produziriam maiores velocidades. Por outro lado, o motor movido a combustão apesar de pouco eficiente conseguia gerar uma potência maior que o elétrico, tornando-se mais eficaz para produzir maiores velocidades.

É importante destacar que **em altas altitudes o ar é mais rarefeito, e devido a isto a velocidade do som em tal meio diminui em relação a alturas menores.** A altitude foi fundamental para que a Barreira do Som fosse rompida pela primeira vez em 1947, em uma época em que a tecnologia de foguetes e motores a jato ainda não era explorada ao máximo.

Com a evolução dos foguetes e o desenvolvimento dos motores a jato, os aviões puderam desenvolver maiores velocidades, devido à maior potência que estes exercem. As novas tecnologias empregadas para impulsionar os aviões proporcionaram a possibilidade de acelerar a aeronave pela velocidade do som de maneira bem rápida, sem que o avião sofresse os efeitos da proximidade de Mach 1. Devido à alta-eficiência dos aviões de combate na Segunda Guerra Mundial, governos e militares investiram muito na pesquisa sobre aeronaves. Pouco após a Segunda Guerra os norte-americanos dominaram o voo nivelado acima da velocidade do som.

O fim da Segunda Guerra mostrou ao mundo uma nova arma, a Bomba Atômica, e com a Guerra Fria cresceu a procura por foguetes cada vez mais potentes, capazes de levar o mais longe possível uma arma nuclear. A disputa entre capitalismo e socialismo levou a exploração do Espaço à Corrida Espacial, uma briga tecnológica entre Estados Unidos e União Soviética para levar satélites e homens ao espaço e posteriormente à Lua.

Devido à Guerra Fria, a pesquisa bélica e espacial ganhou visibilidade e atraiu investimentos. Os amantes de automóveis precisaram esperar algumas décadas até que, com a ajuda da internet, fosse possível reunir o financiamento necessário para se construir um carro supersônico. Empreendimento que precisava de um motor muito mais potente do que o utilizado no Bell X-1 em 1947, devido ao fator de correr próximo ao solo, onde o som tem uma velocidade maior.

Sem investimento, nenhum dos projetos milionários apresentado neste trabalho seria possível. Porém por mais importante que seja o dinheiro, foi fundamental a determinação de homens como Santos Dumont, Frank Whittle, Hans von Ohain, Chuck Yeager, Sergei Korolev, Wernher von Braun, Yuri Gagarin, Ed White, Neil Armstrong e Richard Noble, que trabalharam, pesquisaram, e se dedicaram por toda a vida, para realizar feitos que pareciam impossíveis para os seus contemporâneos. Muitos enfrentaram o desconhecido em prol de um objetivo que conseguiram conquistar, cada um em sua época. Com ousadia, obstinação e trabalho de equipe de todas as pessoas envolvidas em cada um dos projetos, entraram para a história contemporânea da humanidade.

Referências

- [1] Enciclopédia Brasileira Globo – 14ª Edição; Alvaro Magalhães - Editora Globo, Porto Alegre.
- [2] Fundamentos da Física, Volume 2 – 8ª Edição; Halliday, D.; Resnick, R.; Walker, J. – LTC, Rio de Janeiro
- [3] http://aerodinamica.net/artigo.php?txt=aviacao/a_barreira_do_som.htm
- [4] “Breaking the Sound Barrier” – Modern Marvel – The History Channel – 16 julho de 2003
- [5] <http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/ap070819.html> fevereiro 2010
- [6] <http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/ap070819.html> fevereiro 2010
- [7] http://en.wikipedia.org/wiki/File:Mach_cone.svg fevereiro 2010
- [8] <http://www.nytimes.com/1997/12/02/science/did-dinosaurs-break-the-sound-barrier.html> fevereiro 2010
- [9] <http://www.americanscientist.org/issues/pub/2002/9/crackin-good-mathematics> fevereiro 2010
- [10] http://www.starduststudios.com/Richthofen_Flying_Circus.htm fevereiro 2010
- [11] Edgar Buckingham – Report Nº 159 – Jet Propulsion for Airplanes - http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19930091225_1993091225.pdf fevereiro 2010
- [12] <http://www.pbs.org/kcet/chasingthesun/innovators/fwhittle.html> fevereiro 2010
- [13] http://www.bbc.co.uk/history/historic_figures/whittle_frank.shtml fevereiro 2010
- [14] <http://inventors.about.com/library/inventors/bljetengine.htm> fevereiro 2010
- [15] http://inventors.about.com/library/graphics/whittle_von_hain.jpg fevereiro 2010
- [16] http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1e/Ohain_USAF_He_178_page61.jpg fevereiro 2010
- [17] Käsmann, Ferdinand C.W. 1999, pp. 17, 122. Die schnellsten Jets der Welt (nome original). Berlim - Aviatic-Verlag GmbH, 1999. ISBN 3-925505-26-1.
- [18] <http://www.aerospaceweb.org/question/history/q0198c.shtml> fevereiro 2010
- [19] <http://www.space.co.uk/DataBank/VideoGallery/VideoPlayer/tabid/384/VideoId/33/Test-Pilot-Discussion.aspx> fevereiro 2010
- [20] http://www.acepilots.com/usaaf_bong.html março 2010
- [21] <http://www.achievement.org/autodoc/photocredit/achievers/yea0-053> fevereiro 2010

- [22] http://www.dfrc.nasa.gov/Newsroom/X-Press/stories/062703/pp1_cochran.html fevereiro 2010
- [23] <http://www.dc8.org/library/supersonic/index.php> fevereiro 2010
- [24] <http://www.britishairways.com/concorde/index.html> fevereiro 2010
- [25] <http://www.richard-seaman.com/Wallpaper/Aircraft/Civil/AirFranceConcorde.jpg> fevereiro 2010
- [26] http://www.flugzeuginfo.net/acimages/tu144d_maxbryansky.jpg fevereiro 2010
- [27] http://veja.abril.com.br/020800/p_114.html março 2010
- [28] <http://www.estadao.com.br/noticias/nacional,investigador-de-acidente-participou-de-analises-sobre-queda-de-concorde,382205,0.htm> março 2010
- [29] <http://www.tupolev.ru/English/Show.asp?SectionID=148> fevereiro 2010
- [30] <http://www.rogerdarlington.me.uk/Mach.html#M10> março 2010
- [31] <http://users.dbscorp.net/jmustain/x1.htm> fevereiro 2010
- [32] <http://en.wikipedia.org/wiki/File:ChuckYeager.jpeg> fevereiro 2010
- [33] <http://www.achievement.org/autodoc/page/yea0bio-1> fevereiro 2010
- [34] <http://www.achievement.org/autodoc/photocredit/achievers/yea0-008> fevereiro 2010
- [35] <http://www.cebudanderson.com/357profileglamorousglend.htm> fevereiro 2010
- [36] http://www.check-six.com/Crash_Sites/NF-104A_crash_site.htm fevereiro 2010
- [37] <http://history.msfc.nasa.gov/vonbraun/bio.html> março 2010
- [38] <http://www.hq.nasa.gov/office/pao/History/sputnik/korolev.html> março 2010
- [39] <http://www.russianspaceweb.com/korolev.html> março 2010
- [40] <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Gagarin> março 2010
- [41] http://www.nasa.gov/worldbook/space_exploration_worldbook.html março 2010
- [42] <http://www.feg.unesp.br/~orbital/sputnik/sputnik.html> março 2010
- [43] <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/lunar/lunarussr.html> março 2010
- [44] http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Aldrin_Apollo março 2010
- [45] http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Astronaut_Donald_K._Slayton março 2010
- [46] http://www.nasa.gov/centers/langley/news/researchernews/rn_sputnikcolloquium.html março 2010

- [47] <http://www.comciencia.br/reportagens/espaco/esp09.htm> março 2010
- [48] <http://www.fia.com/en-GB/sport/records/Pages/Introduction.aspx> dezembro 2009
- [49] http://www.thrustssc.com/Story_To_Date/ThrustSSC.JPG dezembro 2009
- [50] <http://www.af.mil/shared/media/photodb/photos/030430-F-0000C-002.jpg> (U.S. Air Force - foto do 2º Lt. Heather Newcomb) dezembro 2009
- [51] <http://www.af.mil/news/story.asp?storyID=123004755> dezembro 2009
- [52] <http://news.bbc.co.uk/2/hi/6521295.stm> março 2009
- [53] http://www.automobileclubdefrance.fr/FR_historique.php - dez 2009 dezembro 2009
- [54] http://www.automobileclubdefrance.fr/FR_historique_service.php dezembro 2009
- [55] <http://www.speedrecordclub.com> dezembro 2009
- [56] <http://ibistro.dos.state.fl.us/uhtbin> dezembro 2009
- [57] <http://fpc.dos.state.fl.us/prints/pr14150b.jpg> dezembro 2009
- [58] http://www.fia.com/sport/Regulations/Common/sporting_code/chapter07.html dezembro 2009
- [59] <http://fpc.dos.state.fl.us/prints/pr14150a.jpg> dezembro 2009
- [60] <http://en.wikipedia.org/wiki/File:PilotPanoUT.jpg> dezembro 2009
- [61] http://www.bluebird-electric.net/spirit_of_america_1.htm dezembro 2009
- [62] http://www.bluebird-electric.net/craig_breedlove.htm dezembro 2009
- [63] http://www.bluebird-electric.net/craig_breedlove.htm dezembro 2009
- [64] <http://sportsillustrated.cnn.com/vault/article/magazine/MAG1083549/3/index.htm> dezembro 2009
- [65] http://www.bluebird-electric.net/blue_flame.htm dezembro 2009
- [66] http://www.speedace.info/thrust_2.htm dezembro 2009
- [67] <http://www.thrustssc.com/richardnobledotcom/Projects.htm> dezembro 2009
- [68] Thrust: The Remarkable Story of One Man's Quest for Speed (Paperback) - Richard Noble
- [69] http://www.bluebird-electric.net/richard_noble_thrust_2.htm dezembro 2009
- [70] http://www.thrustssc.com/thrustssc/Competitors/Spirit_of_America.html dezembro 2009
- [71] http://www.colorado.edu/physics/phys1110/phys1110_fa07/images/thrust_ssc_2.jpg dezembro 2009

- [72] <http://www.youtube.com/watch?v=xDkoUNgAck0> dezembro 2009
- [73] <http://www.jetblack.co.nz/site/cms/lsr-history> dezembro 2009
- [74] http://www.thrustssc.com/thrustssc/contents_frames.html - Richard Meredith-Hardy
dezembro 2009
- [75] <http://www.thrustssc.com/thrustssc/Team/team.html> dezembro 2009
- [76] http://www.bluebird-electric.net/spirit_of_america.htm dezembro 2009
- [77] http://www.thrustssc.com/thrustssc/contents_frames.html dezembro 2009
- [78] http://www.thrustssc.com/thrustssc/Competitors/Spirit_of_America.html
dezembro 2009
- [79] <http://www.thrustssc.com/richardnobledotcom/Projects.htm#capetown> dezembro 2009
- [80] <http://www.jetblack.co.nz/site/cms/lsr-history> dezembro 2009
- [81] <http://www.jcbdieselmax.com/html/home.php> dezembro 2009
- [82] <http://www.bloodhoundssc.com/> dezembro 2009
- [83] http://www.ox.ac.uk/gazette/1997-8/weekly/061197/news/story_2.htm dezembro 2009
- [84] <http://www.royalautomobileclub.co.uk> dezembro 2009
- [85] <http://www.3wheelers.com/budwe.html> dezembro 2009
- [86] <http://www.0-60mag.com/online/?p=6120> dezembro 2009
- [87] <http://www.3wheelers.com/budwe.html> dezembro 2009
- [88] <http://www.roadsters.com/bud/> dezembro 2009
- [89] <http://www.youtube.com/watch?v=kWnDaMIgb5c> dezembro 2009
- [90] <http://www.avpress.com/machbusters/drive.sht> dezembro 2009
- [91] <http://www.jetblack.co.nz> dezembro 2009
- [92] <http://www.youtube.com/watch?v=s3mAPc9NcC4> dezembro 2009
- [93] <http://www.bloodhoundssc.com> dezembro 2009
- [94] http://www.bloodhoundssc.com/car/jet_propulsion.cfm dezembro 2009

Índice Remissivo

A

Alan Shepard, 25, 28
Alexey Leonov, 26, 28, 52
Andy Green, 2, 30, 39, 40, 41, 42, 43, 46
Art Arfons, 36, 43
Avião Comercial, 15

B

Base Aérea de Edwards, 20, 21, 44
Bell X-1, 1, 7, 12, 17, 18, 20, 34, 48
Bloodhound SSC, 43, 46, 47
Budweiser Rocket Car, 43

C

Chuck Yeager, 1, 7, 12, 13, 14, 17, 19, 20, 21, 22, 34,
43, 45, 48
Concorde, 15, 16
Craig Breedlove, 35, 36, 38, 39, 42, 43

D

Deke Slayton, 25, 28, 52
Deserto Black Rock, 37, 39, 40, 42
Dwight Eisenhower, 20, 21, 25

E

Ed White, 26, 49
Ernst Mach, 6

F

FIA, 30, 33, 35, 44, 45
Foguete Atlas, 26
Foguete Redstone, 26
Foguete V-2, 10, 23, 24
Frank Whittle, 9, 48

G

Gary Gabelich, 36
Glennis Yeager, 20
Gordon Cooper, 25
Guerra do Vietnã, 21
Gus Grissom, 25, 27

H

Hans von Ohain, 9, 10, 48
Harry Truman, 13
Heinkel He 178, 9, 10

J

Jackie Cochran, 14
John F. Kennedy, 24, 27
John Glenn, 25, 26, 28

L

Larry Bell, 13, 17, 18
Lee Bible, 33, 34

M

Manfred von Richthofen, 8
Messerschmitt Me 262, 10, 11, 17

N

NACA, 11, 13, 17, 19, 25
NASA, 11, 19, 21, 23, 25, 26, 27, 29
Nave Soyuz, 23, 26, 27, 29, 52
Nave Sputnik, 23, 24, 25
Nave Voskhod, 26
Nave Vostok, 24, 26
Neil Armstrong, 27, 28, 49

P

Primeira Guerra Mundial, 1, 8
Programa Apollo, 21, 23, 25, 27, 28, 29, 51
Programa Gemini, 21, 23, 26, 28
Programa Mercury, 21, 23, 25, 26
Projeto Jetblack, 46
Projeto Thrust
 Thrust, 30, 36, 37, 39, 42, 46, 53
 ThrustSSC, 2, 37, 39, 40, 41, 42, 45, 46, 52

R

Richard Noble, 37, 38, 42, 43, 46, 49, 53
Royal Air Force (RAF), 9, 37, 39, 46

S

Santos Dumont, 1, 8, 48
Scott Carpenter, 25

Segunda Guerra Mundial, 7, 8, 10, 11, 12, 17, 19, 20,
23, 34, 48

Sergei Korolev, 23, 24, 27, 48

Singularidade de Prandtl-Glauert, 5

Som

Barreira do Som, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 16,
18, 20, 21, 22, 30, 34, 36, 40, 41, 42, 43, 44, 45,
46, 48

estrondo sônico, 5, 6, 7, 11, 20

Onda Sonora, 2

Spirit of America, 35, 36, 38, 39, 40, 42

Stan Barret, 43, 45

T

Tupolev Tu-144, 15, 16

U

United States Air Force (USAF), 7, 11, 17, 19, 20, 50

V

Velocidade do Som

Mach, 2

Virgil Grisson, 25

W

Walter Schirrar, 25

Wernher von Braun, 23, 48

X

XP-86 Sabre, 12

Y

Yuri Gagarin, 24, 25, 48, 51