

Joaquim Blessmann

# NINGUÉM INVENTOU O AVIÃO

  
**UFRGS**  
EDITORA

**NINGUÉM  
INVENTOU  
O AVIÃO**



UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO RIO  
GRANDE DO SUL

Reitor

**Carlos Alexandre Netto**

Vice-Reitor e Pró-Reitor  
de Coordenação Acadêmica  
**Rui Vicente Oppermann**

EDITORA DA UFRGS

Diretora

**Sara Viola Rodrigues**

Conselho Editorial

**Alexandre Ricardo dos Santos**

**Carlos Alberto Steil**

**Lavinia Schüler Faccini**

**Mara Cristina de Matos Rodrigues**

**Maria do Rocio Fontoura Teixeira**

**Rejane Maria Ribeiro Teixeira**

**Rosa Nívea Pedroso**

**Sergio Antonio Carlos**

**Sergio Schneider**

**Susana Cardoso**

**Valéria N. Oliveira Monaretto**

**Sara Viola Rodrigues, presidente**

Joaquim Blessmann

**NINGUÉM  
INVENTOU  
O AVIÃO**

© de Joaquim Blessmann

1ª edição: 2014

Direitos reservados desta edição:  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Capa: Cristiano Tarouco  
Revisão: Rita Soares de Oliveira  
Editoração eletrônica: Luciane Delani

A grafia desta obra foi atualizada conforme o Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa, de 1990, que entrou em vigor no Brasil em 1º de janeiro de 2009.

---

B647n Blessmann, Joaquim  
Ninguém inventou o avião / Joaquim Blessmann. – Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2014.  
152 p. ; 14x21cm  
Inclui figuras.  
Inclui apêndices e referências.  
1. Engenharia aeronáutica. 2. Engenharia – Transporte aéreo. 3. Veículos aéreos – Projetos – Testes. 4. Aviação – História. 5. Avião – Invenção. 6. Irmãos Wright. 7. Alberto Santos Dumont. I. Título.

CDU 629.7(091)

---

CIP-Brasil. Dados Internacionais de Catalogação na Publicação.  
(Jaqueline Trombin – Bibliotecária responsável CRB10/979)

ISBN 978-85-386-0231-6

# Sumário

Prólogo	7
1 Introdução	17
2 Conceitos fundamentais	21
3 As primeiras tentativas	27
4 Pioneiros	31
5 Os irmãos Wright	73
6 Alberto Santos Dumont	85
7 Comentários finais	95

Apêndice 1 O livro de Lilienthal	97
Apêndice 2 O livro de Chanute	117
Epílogo	143
Referências	147

# Prólogo

O título deste trabalho foi inspirado no título do livro escrito por um dos irmãos Wright, Orville, que era o seguinte: “Como inventamos o avião”. Na verdade, ninguém inventou o avião. O surgimento do voo do mais pesado que o ar foi se dando aos poucos, em um período de talvez dois séculos, no qual foi havendo um desenvolvimento não só dos princípios aerodinâmicos e da parte experimental, com modelos de diversos tamanhos, como também com várias aeronaves, muitas delas sem sucesso; outras conseguiram decolar, em geral com auxílio do vento ou catapulta ou, ainda, deslizando ladeira abaixo para adquirir uma velocidade adequada.

Aliás, na quase totalidade dos casos o desenvolvimento de novas tecnologias e descobertas científicas foi se dando paulatinamente. Lembramos aqui, como exemplo, os primórdios do estudo da eletricidade. Contemporâneo de Newton, o físico alemão Otto von Guericke estudou fenômenos elétricos a par-

tir da eletricidade gerada pelo atritar de uma barra de âmbar. Mais adiante, em 1705 Haukesbee construiu o *eletroscópio de lâminas* e em 1745 foi construído o *frasco de Leyden* por um grupo de cientistas da Universidade de Leyden, situada na Holanda. Este aparelho condensava uma grande quantidade de eletricidade; foi o primeiro dos condensadores de energia elétrica, de amplo uso. Benjamin Franklin conseguiu carregar um frasco de Leyden por meio de um papagaio com o barbante umedecido, que transportava eletricidade de uma tormenta até o frasco. Dando um salto no tempo (e deixando de citar vários pesquisadores que contribuíram para o conhecimento cada vez maior dos fenômenos elétricos) chegamos ao físico dinamarquês Hans Christian Oersted, o qual descobriu que se a corrente elétrica passasse por um fio próximo a uma agulha magnética esta deixaria de apontar para o norte magnético e tomaria uma posição perpendicular ao fio. Ele concluiu que havia uma interação entre um ímã e a eletricidade em movimento. Oersted batizou esse fenômeno com o nome de eletromagnetismo. Um passo a mais foi dado por André Marie Ampère, ao descobrir que também duas correntes elétricas agem uma sobre a outra. E o aprimoramento dos conhecimentos neste ramo das ciências prosseguiu. Citamos, por exemplo, George Simon Ohm e seus estudos sobre a resistência elétrica de fios. Michael Faraday, de cujas muitas contribuições para a ciência citamos a decomposição química por meio de uma corrente elétrica (eletrólise). A passagem para expressões matemáticas das descobertas anteriores (principalmente dos estudos de Faraday) foi feita pelo matemático escocês James Clerk Maxwell; são as chamadas leis do eletro-magnetismo. E assim desenvolve-se a Ciência, passo a passo. E não foi diferente com a aeronáutica.

Como veremos, os irmãos Wright valeram-se muito dos conhecimentos anteriores (ver, por exemplo, Apêndices I e II). Já nas duas primeiras páginas do que escreveu, Orville indica as fontes em que se inspiraram. O primeiro que lhes chamou a atenção foi Lilienthal e seus voos em planadores. Em 30 de maio de 1899 Wilbur, irmão do já citado Orville, escreveu para o *Smithsonian Institution* pedindo cópia de publicações que tratassem deste tema. E receberam várias publicações, de autores sobre os quais trataremos mais adiante. Entre eles: *Problem of Flying and Practical Experiments in Soaring*, de Otto Lilienthal, *Story of Experiments in Mechanical Flight*, de S. P. Langley, *Empire of the Air*, de Mouillard, *Progress in Flying Machines*, de Chanute, *Experiments in Aerodynamics*, de Langley.

A seguir, Orville confessa quão valioso foi o que fizeram os pioneiros:

lendo os diversos trabalhos no tema, nós ficamos muito impressionados pelo grande número de pessoas que nele trabalharam; entre eles algumas das maiores mentes que o mundo produziu.

Eles inclusive escreveram para Chanute, pedindo-lhe todas as informações que tivesse; a partir daí começaram a comunicar-se, tanto por cartas como pessoalmente. Chanute, como Santos Dumont, estava interessado em divulgar seus conhecimentos e assim estimular outros a seguirem o mesmo caminho. O mesmo não se pode dizer dos irmãos Wright, que estavam interessados em recompensa material por seus esforços, os quais, não se pode negar, foram muitos. Eles foram, gradativamente, passando de pandorgas para planadores e daí para aviões a motor, como será exposto mais adiante. E, estando ainda nas tentativas para conseguir um verdadeiro voo, ofereceram,

sucessivamente, uma máquina voadora para as forças armadas de diversos países: EUA, Grã-Bretanha, França e até para a Alemanha. A resposta foi sempre a mesma: “só nos interessaremos quando vocês tiverem uma máquina voadora operacional”.

Na edição nº 66, de 31/03/03 do suplemento *Eureka* do jornal Zero Hora, de Porto Alegre, foi publicado um trabalho, com várias partes e de diversos autores, sobre o início da era do aeroplano, discutindo sobre quem realmente realizou o primeiro voo autônomo de uma aeronave mais pesada que o ar. É concluído que os irmãos Wright foram os pioneiros.

Antes de apresentarmos as razões pelas quais não estamos de acordo com esta conclusão, vejamos o que diz um dos artigos deste trabalho. Ele já é provocativo em seu título: “Superem isso, voamos primeiro”. E, logo a seguir, no fim do primeiro parágrafo, passa de provocativo a agressivo: “Tentar convencer um brasileiro de que os irmãos Wright voaram antes é tão frustrante quanto explicar o cristianismo a um fanático muçulmano”. Portanto: nós, brasileiros, somos fanáticos, isto é, somos facciosos, aderimos cegamente a algo, sem justificativa alguma. O autor do artigo continua no ataque: “essa peculiaridade da cultura brasileira é particularmente intrigante para os americanos (“americanos”? nós também, os que habitamos outros países das Américas, somos americanos; eles devem ser chamados, para sermos corretos, de estadunidenses). A propósito, o que dizer da peculiaridade da cultura estadunidense, que costuma não citar o nome dos autores de processos e descobertas na Engenharia, Medicina etc., quando eles não são dos EUA? Por exemplo, na engenharia estrutural o famoso “Teorema de Mohr” (alemão) é citado como o “Teorema dos Momentos Estáticos”. E contou-me um Doutor em Medicina, que tem trabalhado nos Estados Unidos, que na Medicina ocorre a mesma coisa.

No parágrafo final de seu artigo esse autor estadunidense informa que “a maioria de fora do Brasil que investigou os voos pioneiros reconheceu os Wright como os primeiros a fazer um voo ‘constante, controlado e motorizado’ “. Já vamos adiantando que mesmo dentro dos Estados Unidos a questão não é tão pacífica, como veremos ao apresentar informações obtidas de documentários estadunidenses. E também mostraremos porque não concordamos que o voo tenha sido “motorizado”.

Ah! Já íamos nos esquecendo. Quem é o “imparcial” autor deste artigo? Nick Engler, Diretor da “Wright Brothers Aeroplane Company”. Além de estadunidense, diretamente ligado ao empreendimento dos Wright. O que põe sob suspeita tudo o que diga sobre o tema, até que um apurado exame histórico confirme ou negue o que ele disser.

Em um outro artigo, deste mesmo trabalho, sobre o início da aviação é dito que “Para os brasileiros, o mineiro Alberto Santos Dumont [...] foi o primeiro a voar com aparelho mais pesado do que o ar de maneira **absolutamente autônoma**” [o grifo é nosso]. Os irmãos Wright são criticados pelos brasileiros, prossegue o autor, por terem “decolado com auxílio de trilhos e uma espécie de catapultas que **teria** [o grifo é nosso] ajudado a impulsionar a aeronave *Flyer* [Voador] para os céus. “Teria”. Isto não corresponde à realidade, apesar de repetido em dois documentários dos próprios estadunidenses, apresentados no canal “History” de uma rede de TV por satélite. Os irmãos Wright, em suas tentativas de voo independente, usavam uma catapultas ou vento de velocidade conveniente, não os dois simultaneamente. Basta ler o livro de um dos irmãos para constatar isso. Aliás, essa falsa informação tem aparecido até em programas de canais “científicos” de televisão. O que não nos

espanta muito, pois na História é bastante comum encontrar-se afirmações falsas, que vão passando de livro a livro, sem que alguém se interesse em examinar as fontes primárias.

No caso de uso de catapulta, o sistema incluía uma torre, roldanas, um cabo em cujos extremos estavam fixados o avião e um peso. Este, ao cair da torre, tinha seu movimento de queda transformado em um movimento horizontal, cujo empuxo permitia ao avião decolar. Perguntamos: pode isto ser chamado de voo motorizado, se só com o motor não teria havido o voo? E mesmo após a decolagem, teria de fato havido um voo devido à propulsão dos motores? Em nosso entender, como mostraremos mais adiante, as primeiras tentativas de voo dos irmãos Wright não passaram de voos de pandorga, sendo o barbante substituído por um motorzinho que não tinha potência necessária para manter (sem vento) o avião no ar; menos ainda para fazê-lo alçar voo. Muitas décadas antes desse voo já era sabido que é necessário mais energia para decolar do que para manter o voo.

E, se valesse considerar o efeito de catapulta como voo “motorizado”, uma pedra lançada pela funda de David contra o gigante Golias já não teria sido um voo motorizado? Não seria o caso de proclamar David como o pioneiro historicamente comprovado de voo do “mais pesado que o ar”? A resposta certamente é “não”. E, para nós, é “não” tanto para David como para os Wright. Poder-se-ia dizer, isto sim, que eles foram os precursores das modernas catapultas dos porta-aviões. Aqui entra outra defesa sofismática do voo dos Wright: se catapulta não vale, o voo a partir de porta-aviões, com auxílio de catapulta, não seria voo. Mas qualquer avião lançado assim de um porta-aviões tem condições de alçar voo por si mesmo, desde que tenha pista suficiente.

O primeiro voo comprovado, conseguido somente com motor, de uma maneira absolutamente autônoma, é o de Santos Dumont. Ele foi feito às claras, noticiado com antecedência, testemunhado por uma multidão de pessoas e convenientemente registrado fotograficamente e por filmes.

Em *Eureka* é dito que os irmãos Wright “trabalharam em segredo para registrar a patente do invento e, depois disso, vender o equipamento para uso do exército estadunidense – o que conseguiram”. Conseguiram? Não naquela ocasião. Em uma só frase, três características marcantes do espírito de vários estadunidenses: a preocupação constante com o dinheiro, a ânsia pelo êxito econômico e o espírito belicoso. Espírito este que está nitidamente presente em três de seus mais populares esportes: o box, o futebol estadunidense e o *hockey* no gelo. Com princípios morais completamente diferentes, Santos Dumont distribuía seus projetos para quem quisesse fazer seus próprios aviões e não desejava que seu invento fosse utilizado para fins militares. E, mais que desejo, ao saber que avião estava sendo utilizado em bombardeios na revolução paulista de 1932, enforcou-se.

O “voo” (com vento, lembramos) que os Wright consideraram como o marco inicial da aviação do mais pesado que o ar foi realizado em 17 de dezembro de 1903, em um aeroplano chamado *Flyer* (Voador). Foi um voo muito breve, o que nos faz suspeitar, que em essência, não passou de um voo planado, quase como o de um aviãozinho de papel que lançamos com a mão. Voos de planador já tinham sido feitos, aos milhares, antes dos Wright. Após o voo, feito secretamente, eles teriam telegrafado para seu pai, comunicando o ocorrido. E porque não repetiram o voo, agora com testemunhas, já que tiveram êxito? A explicação que deram é que não puderam repeti-lo porque o vento destruíra o aparelho.

Não há dúvidas de que o avião (ou pandorga? ou projétil de funda com motor auxiliar?) dos Wright tinha uma manobrabilidade melhor e mais completa que o avião (verdadeiro) de Santos Dumont. Além de ser de um aspecto estético bem superior. Os seus estudos, pesquisas e experimentos foram muito mais científicos que os de Santos Dumont. Eles chegaram a construir um túnel aerodinâmico, no qual ensaiaram dezenas de asas e de hélices, para selecionar as que tiveram os melhores desempenhos. Sua colaboração para o desenvolvimento da aeronáutica foi realmente notável. Mas, como diz o ditado, “beleza não põe a mesa”. Cremos que se tivessem conseguido um motor com potência bem superior a do motor que construíram, teriam sido os pioneiros, os primeiros a fazerem um voo sem ajuda externa, fosse vento, catapulta ou mesmo com auxílio da gravidade, como tentaram muitos precursores, deslizando ladeira abaixo para obter a velocidade adequada.

*Eureka* cita o francês Clément Ader, que já em 1897 “fez uma tentativa que muitos consideram como o primeiro voo aéreo motorizado – e outros, apenas um ‘salto’ de 50 metros”. Porque “apenas um salto”, se era motorizado? Teria sido também catapultado? “A diferença para o aparelho dos irmãos Wright – continua *Eureka* – era o fato de o avião francês não ter sido controlado no ar em um voo sustentado”. Realmente, o controle do aparelho dos Wright foi conseguido pela excelente manobrabilidade que ele possuía. O voo de um planador pode e deve ser bem controlado, mas não é por isso que ele passa de planador a avião.

Julgamos de interesse reproduzir informações contidas na Enciclopédia Mirador, que vem a ser uma edição brasileira da Enciclopédia Britânica.

No verbete **Veículo.65**: em 1890 o francês Clément Ader realiza o que se reconhece como o primeiro voo em avião a motor (de 30CV). Em 1896 o norte-americano Samuel Pierpont Langley voa 300 metros em monoplane de motor a vapor. Em 1897 o bimotor “Avion III”, de Clément Ader, voa 300 metros. Em 1903 os irmãos Wright **teriam** realizado voos em biplano de motor à explosão, dos quais **não existe registro oficial** [os grifos são nossos]. Observe-se o “teriam”, indicando que não há provas, além da não existência de registro oficial.

No verbete **Santos Dumont**: “o 14-bis pesava, com o piloto, 210 kgf. Em 23 de outubro de 1906, no campo de Bagatelle, Santos Dumont realizou o primeiro voo mecânico do mundo, **devidamente homologado** [o grifo é nosso]. O aeroplano voou 60 metros, a uma altura entre dois e três metros. Novo voo foi efetuado a 12 de novembro do mesmo ano, em um percurso de 200 metros, a seis metros de altura. Com o 14-bis Santos Dumont ganhou dois prêmios: a taça Ernest Archdeacon, instituída para o primeiro aeroplano que, com seus **próprios meios** [o grifo é nosso], se elevasse no ar a uma distância de mais de 25 metros, e o prêmio do Aeroclube de França, para o primeiro avião que fizesse um percurso de 100 metros. Em três de outubro de 1909, em seu último voo, bateu novo recorde, com um voo de 8 km em cinco minutos, a uma velocidade de cerca de 96 km/h.

Destas informações pinçamos algumas que julgamos importantes para confirmar o que estamos tentando provar:

– “Com seus próprios meios”. O que nos faz pensar terem os franceses conhecimento dos voos dos Wright, e de que eles não tinham sido efetuados “com seus próprios meios”. Caso assim tivesse acontecido, não teria sentido instituir o prêmio, pois mais de 25 metros os Wright voaram.

– “Prêmio do Aeroclube de França”. A existência de um aeroclube, e a instituição de um prêmio indicam que já existiam ao menos tentativas de voos e de que eles ainda não tinham sido “por seus próprios meios”. E, portanto, não só os Wright tinham usado catapultas ou o vento, mas o mesmo acontecera com outros, alguns dos quais utilizaram a gravidade.

O acima comentado remete-nos novamente a afirmação de que Santos Dumont foi, **de fato e de direito**, o precursor do voo “**motorizado e absolutamente autônomo**”.

No mesmo verbete a Enciclopédia Mirador informa sobre o declínio da saúde de Santos Dumont, em virtude da utilização bélica de seu invento: “Seu sistema nervoso foi particularmente perturbado pela conflagração mundial de 1914-1918, quando o avião começou a ser utilizado como arma de guerra”. Retornou ao Brasil em 1931, extremamente deprimido, suicidando-se, como já tínhamos informado, logo após ter notícia do emprego de avião na revolução paulista de 1932. Bendita “peculiaridade da cultura brasileira”, que levou o pioneiro da aviação a morrer de desgosto pelo emprego bélico de sua invenção.

# 1 Introdução

O desejo de voar deve ter sido despertado na humanidade há muito tempo, ao observar o voo dos pássaros. Provavelmente este sonho inspirou mitologias de vários povos de antanho.

É bem conhecido o caso de Ícaro, da mitologia grega. Dédalo, aprisionado no labirinto de Creta, fugiu com seu filho Ícaro construindo asas feitas com penas de aves e fixadas ao corpo com cera. Mas Ícaro voou alto demais, e o calor do sol derreteu a cera, fazendo com que ele caísse no mar Egeu e morresse (Figura 1.1).

As primeiras tentativas para o homem voar inspiraram-se no voo de aves, com o bater de asas. Todas tentativas fracassaram, pois era demasiado o peso a levantar com as forças de um homem.

Mais êxito tiveram os que trabalharam com pandorgas (pipas, papagaios, são outras designações usuais). Há indicações de seu uso no extremo oriente alguns séculos antes de nossa era. Segundo Aristóteles, a pandorga foi (re) inventada pelo sábio pitagórico Arquitos de Tarento, lá pelo ano 400 a.C.



Figura 1.1 – A queda de Ícaro.

Deve-se a **Roger Bacon**, monge inglês, em 1290, a afirmativa de que uma máquina construída com as características adequadas seria suportada pelo ar, assim como a água suporta um navio.

**Leonardo Da Vinci**, em torno de 1500, apresentou esboços de um avião. Ele tinha asas semelhantes às de um morcego, que eram móveis em suas extremidades, com um movimento para cima e para baixo (Figura 1.2). Aliás, durante muito tempo as tentativas de voar procuraram imitar o movimento das asas das aves, sem qualquer sucesso.



Figura 1.2 – Projeto de avião, de Leonardo da Vinci.

A concepção do avião não foi, como muitos supõem, um “estalo” que ocorreu a Santos Dumont e aos irmãos Wright. Passar da pandorga para o planador e depois para o verdadeiro avião, que levanta voo e se desloca na atmosfera **sem auxílio externo**, demandou muitos estudos, invenções, experiências, tentativas exitosas e fracassadas, com vários acidentes e mortes. O desenvolvimento maior deu-se durante o século que antecedeu aos irmãos Wright e Santos Dumont. Os princípios aerodinâmicos foram pouco a pouco sendo estudados e apreendidos, com a colaboração de cientistas, engenheiros e simples curiosos, estes últimos sem muito conhecimento de aerodinâmica. Além do que, havia dois problemas importantes, que pouco a pouco foram sendo resolvidos: o controle do aparelho voador em voo e uma fonte de energia leve e potente. Foi necessário o advento do motor de combustão interna para que a aviação de fato progredisse.



## 2 Conceitos fundamentais

**Daniel Bernoulli** (1700-1782) inicialmente estava preocupado em determinar a relação entre a velocidade com que o sangue flui e sua pressão (Figura 2.1).

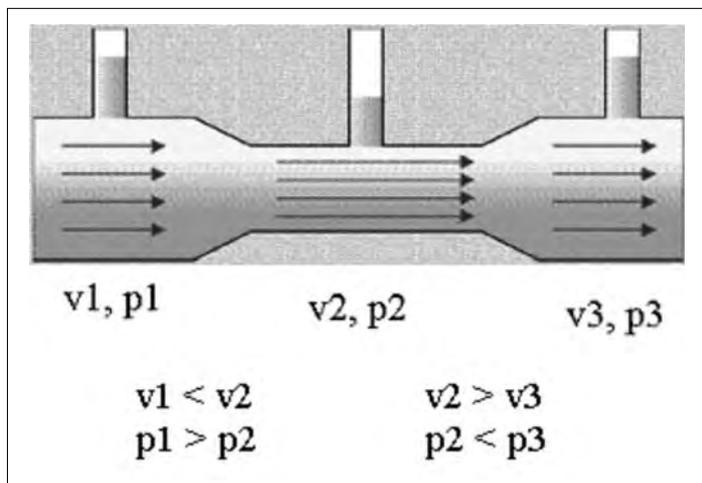


Figura 2.1 – Teorema de Bernoulli.

No que nos interessa, vamos abordar seus trabalhos referentes à conservação de energia. Para o caso do ar, desprezando tanto a energia potencial referente à gravidade como as perdas, a lei de conservação de energia simplifica-se para

$$\rho V^2 / 2 + p = \text{constante}$$

sendo:  $\rho$  – massa específica do ar

$V$  – velocidade do ar

$p$  – pressão estática.

A expressão acima mostra que pressão e velocidade variam inversamente; a um certo decréscimo da pressão corresponde um aumento da velocidade, com seu quadrado. Isto é aproveitado para obter sustentação em uma asa. Sua forma é tal que a velocidade em sua superfície superior é aumentada. Isto porque, pelo princípio de conservação da massa, o ar próximo à asa sofre um certo estrangulamento (efeito venturi) e deve acelerar para que a massa de ar não vá se acumulando nessa região. E, aumentando a velocidade, diminui a pressão (teremos uma sucção, em relação à pressão estática de referência). Na superfície inferior da asa o efeito venturi é muito menor, e as pressões serão maiores.

Nada de julgar, como muitos apregoam, que as partículas de ar que passam parte por cima e parte por baixo da asa devam chegar no mesmo instante na borda de fuga (Figura 2.2)

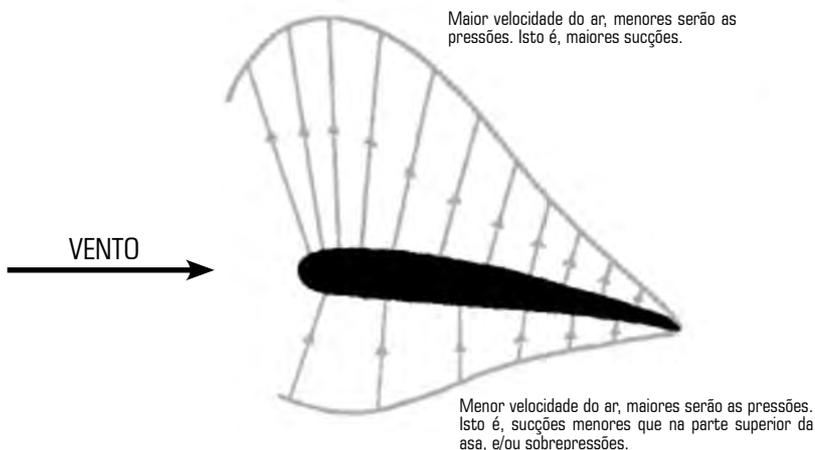


Figura 2.2 – Distribuição das pressões em uma asa.

Esses estudos de Bernoulli apareceram em sua obra *Tratado de Hidrodinâmica*, publicada em Estrasburgo, em 1738.

**Benjamin Robins** (1707-1751) matemático e engenheiro militar inglês, foi pioneiro no uso de um braço giratório para medir forças que agem em um corpo sólido mergulhado em um fluido.

O acionamento era feito por um peso que caía, ligado a uma corda que comandava o movimento giratório de um braço no qual era colocado o objeto em estudo (Figura 2.3). Em 1746 Robins apresentou dois trabalhos na *Royal Society*: *Resistance of the air* e *Experiments relating to air resistance*.

Este dispositivo foi usado por muito tempo, por uma série de engenheiros e pesquisadores.

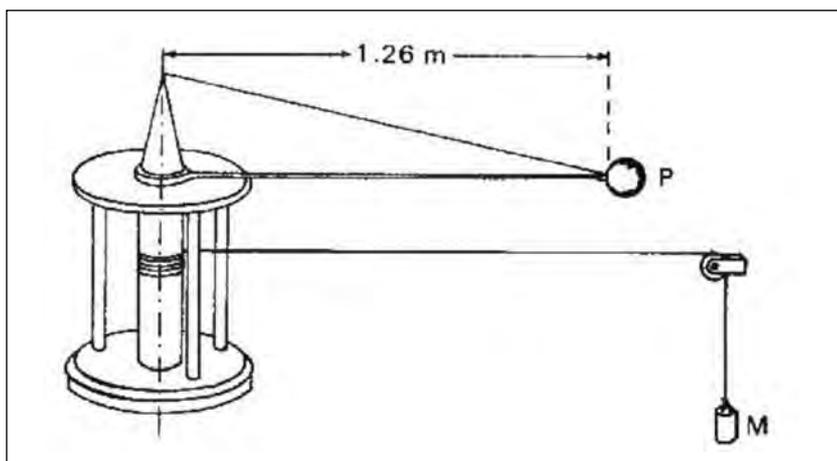


Figura 2.3 – Braço giratório de Robins.

**John Smeaton** (1724-1792). Engenheiro civil nascido na Inglaterra. Tornou-se membro da *Royal Society* em 1753. Construiu um dispositivo semelhante ao de Robins, e nele testou, entre outras coisas, asas. Inicialmente, asas planas, situadas tanto perpendicular como obliquamente em relação ao movimento giratório. Concluiu que uma superfície encurvada tem maior sustentação que uma plana. Estas conclusões aparecem em um trabalho que apresentou em 1759 na *Royal Society*.

Entre os que posteriormente adotaram, ao menos inicialmente, os resultados de Smeaton, estão Cayley e os irmãos Wright. Cayley também fez experimentos com braço giratório, procurando determinar o arrasto, essencial para poder determinar a potência necessária para o voo de uma aeronave.

No trabalho de 1759 é largamente apresentada a relação entre velocidade e pressão para objetos que se movem na água ou no ar. A força sobre a placa colocada no baço giratório pode ser expressa por

$$F = k V^2 A$$

em que:  $F$  – força na placa, em libras;

$k$  – coeficiente da pressão do ar:  $k = 0,005$ ; este valor foi usado por Lilienthal, e corrigido para  $0,0033$  pelos irmãos Wright (pesquisas túnel de vento próprio);

$V$  – velocidade do escoamento de ar em mph (milhas por hora);

$A$  – área da placa em pés quadrados.

Smeaton fez seus ensaios apenas com placa perpendicular à corrente de ar, no seu dispositivo de braço giratório. Posteriormente, o inglês John Vince levou adiante as pesquisas de Smeaton e mostrou que a força varia com o ângulo entre o escoamento e a placa (o chamado *ângulo de ataque*). Para levar em conta esta variável, foi adicionado mais um fator, o coeficiente de sustentação  $C_s$ :

$$F_s = k V^2 A C_s$$

sendo:  $F_s$  – força de sustentação (perpendicular à direção do vento relativo);

$C_s$  – coeficiente de sustentação.

O ângulo de ataque afeta também o arrasto (força na direção do vento relativo), de modo que a expressão para calculá-lo fica:

$$F_a = k V^2 A C_a$$

sendo:  $F_a$  – força de arrasto;

$C_a$  – coeficiente de arrasto.

Estas expressões foram usadas pelos irmãos Wright, com o valor de  $k$  corrigido pelos ensaios que eles fizeram em seu próprio túnel aerodinâmico.

# 3 As primeiras tentativas

Inicialmente, foi tentado imitar o bater de asas das aves, com máquinas chamadas de ornitópteros. Um exemplo aparece na Figura 3.1, o ornitóptero de Frost.



Figura 3.1 – Ornitóptero de Frost.

O ornitóptero de William Paul Butusov foi projetado para levantar voo após deslizar sobre trilhos, ladeira abaixo (Figura 3.2). Não obteve êxito.



Figura 3.2 – Ornitóptero de Butusov.

Um dos primeiros avanços foi reconhecer que, a imitar o voo de aves, deveria ser o voo planado, e não o bater de asas (Figura 3.3).



Figura 3.3 – Voo planado de aves.



Figura 3.4 – Voos planados de um albatroz e de um condor. A envergadura de ambos pode ultrapassar os três metros.



## 4 Pioneiros

**George Cayley** (1773-1857), engenheiro e cientista inglês, é considerado o fundador da ciência da aerodinâmica. Observando o voo de aves, constatou que elas percorrem grandes distâncias sem bater asas, mas simplesmente deslizando no ar, arqueando convenientemente suas asas. Este era o caminho correto; nada de tentar um avião que batesse asas. Cayley já estudara as características que deveriam ter objetos voadores (pandorgas, paraquedas, planadores e aviões), e construiu vários planadores, no decorrer dos anos.

Em 1799 projetou um planador com cauda, para permitir o controle da aeronave. O piloto iria acomodado abaixo do centro de gravidade, para maior estabilidade. Conceitos perfeitamente válidos. Ele construiu um protótipo em 1804, sem piloto, que fez seus primeiros voos planados neste ano. Entusiasmado com os resultados, dedicou-se, nos seguintes 50 anos (meio século!), a uma série de experimentos, identificando os

quatro elementos fundamentais para o voo (Figura 4.1): peso, velocidade, força de arrasto (resistência ao avanço) e força de sustentação (para manter o avião no ar). Para determinar o arrasto ele empregou o braço girante inventado pelo matemático Benjamin Robins. Também mostrou a necessidade de um controle eficiente dos movimentos da aeronave em relação a seus três eixos (longitudinal, lateral e vertical). Sugeriu que um ângulo diedro positivo (em forma de V muito aberto) das asas aumentaria a estabilidade lateral.

Posteriormente foi demonstrado que a força de sustentação ( $F_s$ ) é obtida por uma expressão matemática muito simples:

$$F_s = \rho V \Gamma$$

sendo:  $\rho$  – massa específica do ar;

$V$  – velocidade relativa entre avião e ar;

$\Gamma$  – circulação; depende das características geométricas do avião.

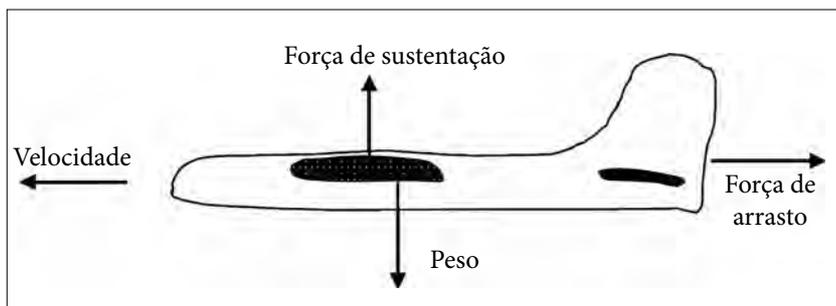


Figura 4.1 – Cayley: os quatro elementos fundamentais para o voo.

Cayley chegou a outras conclusões importantes:

- relação entre sustentação e superfície da asa;
- determinação do centro de pressões na asa (onde se aplica a força de sustentação);
- estudo do movimento do centro de pressões;
- a cauda é necessária para a estabilidade longitudinal e lateral;
- ação dos lemes de direção e de profundidade;
- vantagens do uso de asas superpostas.

Com respeito ao centro de pressões, ele observara que o ponto de aplicação da resultante dessas pressões (a sustentação) não coincide com o centro da superfície da asa, mas está consideravelmente na frente desse centro (Heppenheimer, 2003, p.62).

Ele já havia sugerido, naquela época, que se motorizasse o planador. E para tal pensou em um motor a vapor. Ainda não existiam motores de combustão interna, mas algumas décadas antes o engenheiro escocês James Watt patenteara os melhoramentos que fizera na máquina a vapor, tornando-a prática e de uso universal. E muitos dos precursores usaram motores a vapor; outros lançaram mão do ar comprimido.

Em 1852, já bem fundamentado por seus estudos, construiu um planador e conseguiu que seu cocheiro o pilotasse, tendo voado por cerca de 270 metros, a partir de uma colina nos arredores de Brompton Hall, Grã-Bretanha (Figura 4.2.) O cocheiro ficou tão assustado com sua experiência que pediu demissão tão logo aterrissara. É considerada como a primeira pessoa a voar em um aparelho mais pesado que o ar. Em um

trabalho apresentado em 1853, Cayley diz que (Heppenheimer, p. 61) “um menino com cerca de dez anos voou acima do terreno por vários metros, colina abaixo, em um triplano”.

Cayley é considerado o fundador da ciência da aerodinâmica, colaborando em muito para seu embasamento teórico. É autor de várias publicações. Em seu tratado científico *Sobre a Navegação Aérea* (1810) ele mostra que a curvatura das asas é essencial para se ter uma força de sustentação, base da moderna aeronáutica. Anteriormente estudara a sustentação de asas planas, concluindo que a sustentação é melhorada em muito nas asas curvas. Observando o voo de aves ele concluiu que seria necessária maior potência de um motor para decolar do que para manter o voo (Heppenheimer, p. 56): “Muitas aves correm e agitam suas asas por muitos metros antes que ganhem suporte do ar”.

Adiantemos que esse foi o problema dos irmãos Wright. Em suas primeiras tentativas o motor não tinha potência suficiente para a decolagem; era necessária a ajuda do vento ou de uma catapulta.

**Jean-Marie Le Bris** (1817-1872), francês, capitão de navio. Em suas viagens observava o voo dos albatrozes, e a partir de suas observações construiu um planador inspirado na forma desta ave, e que batizou com o nome

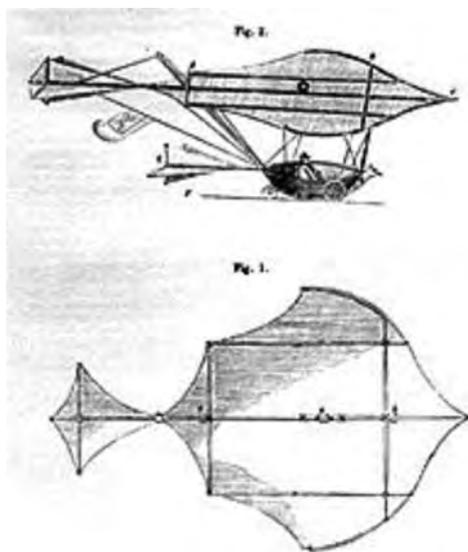


Figura 4.2 – O planador controlável de George Cayley.

de *Albatross* (Figura 4.3). Em 1857, ao voar com seu planador perto de Trefeuntec, França, sofreu um acidente, quebrando a perna. A rigor, o que fez foi uma pandorga, pois o planador foi puxado por um cavalo, para conseguir levantar voo. Em 1868, com apoio da marinha francesa, construiu um segundo planador, mas sem sucesso.

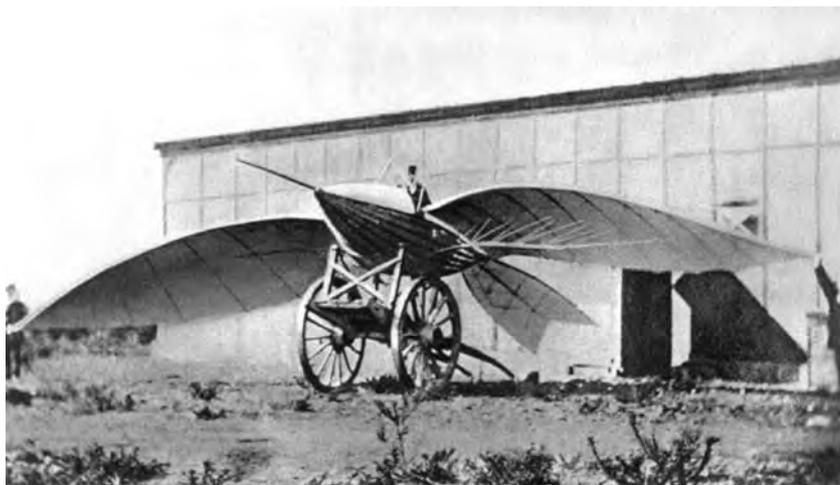


Figura 4.3 – O planador Albatross II, de Jean-Marie Le Bris, 1868.

**Louis Pierre Mouillard** (1834-1897), fazendeiro francês e mestre-escola, morou também na Argélia e no Egito. Fez um voo curto com um planador, de cerca de 50 metros, em 1857. Diz Crouch (2008, p. 57) que, quando soprou vento conveniente, atirou-se de uma estrada que ficava dois metros acima do terreno vizinho. “Voou, aterrorizado, a cerca de 30 cm do solo, sem poder nele tocar, por mais que se esforçasse”.

Em 1881 Mouillard publicou um livro que se tornou um dos clássicos da aviação: *L'Empire de l'Air*. Neste livro, como

outros pioneiros, ele recomendava planadores com asas fixas e encurvadas, como as dos pássaros. Ele observou o voo de pássaros por mais de 30 anos, e o livro está repleto de comentários a respeito do voo e manobras aéreas dos pássaros, e justifica sua crença de que o homem poderá imitá-los. Um de seus planadores aparece na Figura 4.4.

Em uma de suas cartas para Octave Chanute ele comenta que considera o alumínio “o metal para a aviação” (21 de julho de 1891). Acertou em cheio.



Figura 4.4 – 4º Planador de Mouillard. Voo de cerca de 30 m. Egito, 3 de janeiro de 1878.

**Frank Wenham** (1824-1908), nascido em Londres, foi outro dos pioneiros. Não obteve sucesso com os planadores que projetou e construiu. Todavia, de seus estudos e observações concluiu que asas finas, longas e fixas seriam mais eficientes que asas inspiradas nas de pássaros e morcegos. Mas isso não significa que ela deva ser demasiadamente comprida. Wenham sugeria cortá-la

em duas (biplano) ou três partes (triplano). Ele tinha percebido que a parte posterior de uma única asa adiciona bastante peso e arrasto, e muito pouco colabora para a sustentação.

Por outro lado, examinando asas de pássaros, ele concluiu que sua forma curva origina uma boa sustentação, principalmente em sua parte dianteira.

Em 1866 apresentou, na primeira reunião da recentemente criada *Royal Aeronautical Society of Great Britain* (da qual foi sócio fundador), um trabalho intitulado *Aerial Locomotive*, com seus estudos.

Deve-se a ele o primeiro túnel aerodinâmico do mundo, por ele projetado e construído por John Browning, outro membro do grupo. O túnel foi localizado na *Penn's Marine Engineering Works* em Greenwich, Inglaterra, em 1871. O túnel tinha três metros de comprimento e uma secção transversal quadrada, com 46 cm de lado. O vento era gerado por uma hélice movida por um motor a vapor. O vento assim gerado chegava a uma velocidade de 64 km/h. Mediu a sustentação e o arrasto em vários corpos. Dos experimentos em seu túnel aerodinâmico determinou a relação entre pressão e velocidade (já estudada por Bernoulli). Com a alta relação sustentação/arrasto obtida ele constatou que a sustentação, em asas com pequena inclinação em relação ao vento (pequeno ângulo de ataque) era bem maior que a prevista até então. Consequentemente, as asas poderiam suportar peso bem maior que o anteriormente previsto, tornando mais viável o voo motorizado de máquinas voadoras mais pesadas que o ar.

Mas havia, na época, duas dificuldades: como obter a força necessária para fazer a aeronave decolar e continuar voando,

independentemente das correntes aéreas, e o controle da aeronave em voo.

**John Stringfellow**, na primeira exposição de aeronáutica, realizada em 1868, apresentou um modelo com três asas superpostas, baseado nos estudos de Wenham (Figura 4.5). Esse modelo durante a exposição ficou suspenso do teto, no *London's Crystal Palace*. Parece que já em 1848, um avião projetado e construído por ele mesmo, em parceria com **William Samuel Henson** (Figura 4.6), elevava-se um pouco acima do terreno (pulo?). O motor era a vapor e já dispunha de trem de aterrissagem e leme direcional. Mas há dúvidas sobre o avião ter realmente decolado, por pouco que fosse.

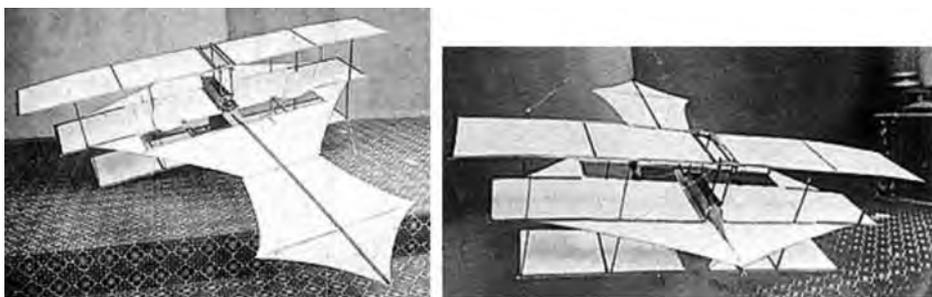


Figura 4.5 – Vista de frente e de fundos do planador tri-plano de Stringfellow, 1868.

Exposto no *Crystal Palace*, Londres.

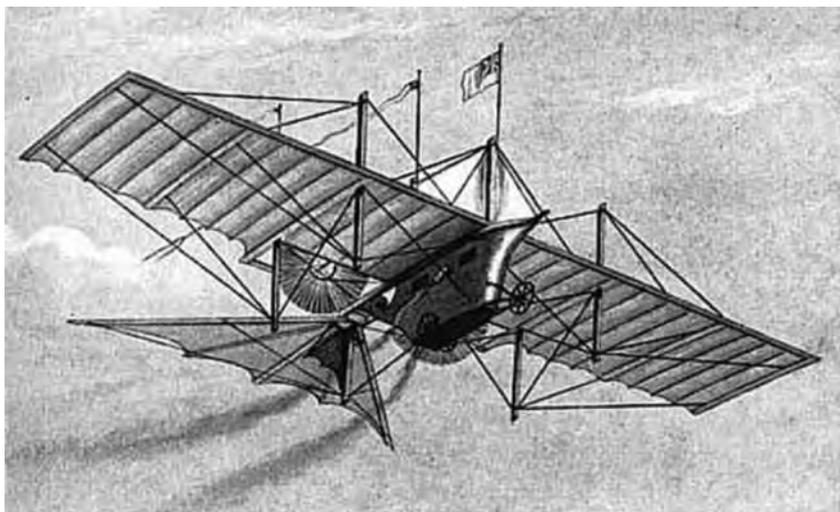


Figura 4.6 – Uma concepção artística do avião, com motor a vapor, que teria sido projetado e construído por John Stringfellow e William Samuel Henson, 1848.

**Felix du Temple de la Croix** (1823-1890), oficial de marinha francesa, começou com modelos com a hélice acionada por corda de relógio. Em 1857 patenteou seu projeto de uma máquina voadora (Figura 4.7). O projeto incluía trem de pouso triciclo, motor a vapor dianteiro e estrutura de um metal leve, o alumínio. Construiu diversos modelos, concluindo que asas com um pequeno ângulo diedro para cima favoreciam a estabilidade, bem como a concentração da maior parte do peso na parte dianteira da aeronave.

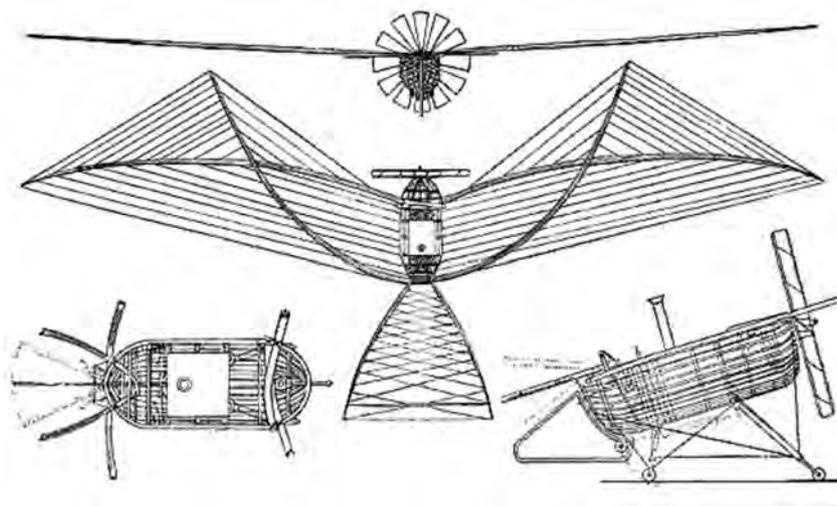


Figura 4.7 – Projeto de Felix du Temple de la Croix para uma máquina voadora, 1857.

Com a ajuda de seu irmão Louis construiu um protótipo com uma envergadura de asa de 12 metros, triciclo e monoplaneo com motor a vapor que, em 1874, com um marinheiro a bordo, levantou-se um pouco do solo, quando corria ladeira abaixo, em uma pista de esqui (Figura 4.8). Foi um simples “pulo”, não um verdadeiro voo. Como os motores a vapor existentes eram pesados demais, os irmãos já tinham projetado e construído, em 1867, um motor especial para esse voo.

Crouch (2008, p. 52) informa que esta foi a primeira decolagem motorizada de uma máquina mais pesada que o ar, embora incapaz de um voo controlado ou sustentado.

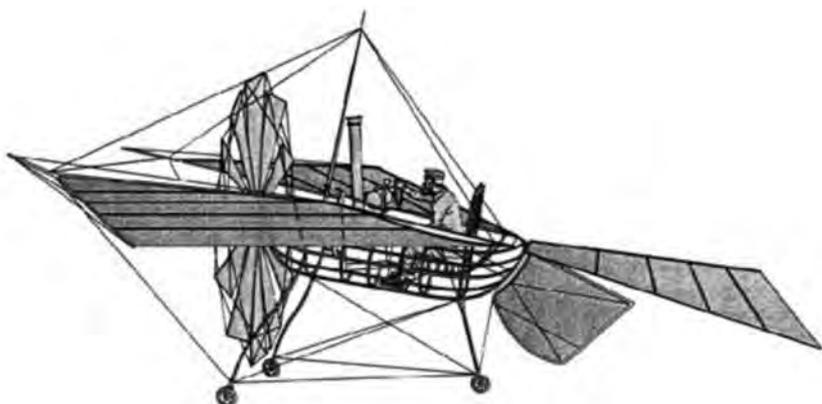


Figura 4.8 – Felix e Louis du Temple de la Croix – Salto, colina abaixo, em 1874.

**Clément Ader** (1841-1925), nasceu na França, em 1841, e formou-se em engenharia em Toulouse. Desde cedo mostrou-se interessado na aviação. Como tantos outros, ele estudou o voo de pássaros e morcegos, e a partir de suas observações fez pequenos modelos de aeronaves.

Em 1872 fez alguns testes com uma aeronave de asas oscilantes, com movimentos semelhantes ao bater de asas de um pássaro. Não funcionou, pois a força humana era insuficiente para fazer máquina e piloto levantarem voo.

Em 1886 ele construiu um monoplano, sem cauda, que denominou de *Eole*, dotado de um motor a vapor muito leve, o qual acionava uma hélice de quatro pás. As asas assemelhavam-se às de um morcego, com 14 m de envergadura (Figura 4.9). Os primeiros testes com essa aeronave foram feitos em 9 de outubro de 1890. Parece que o *Eole* elevou-se entre 15 e 20 cm do solo, percorrendo cerca de 50 metros no ar.

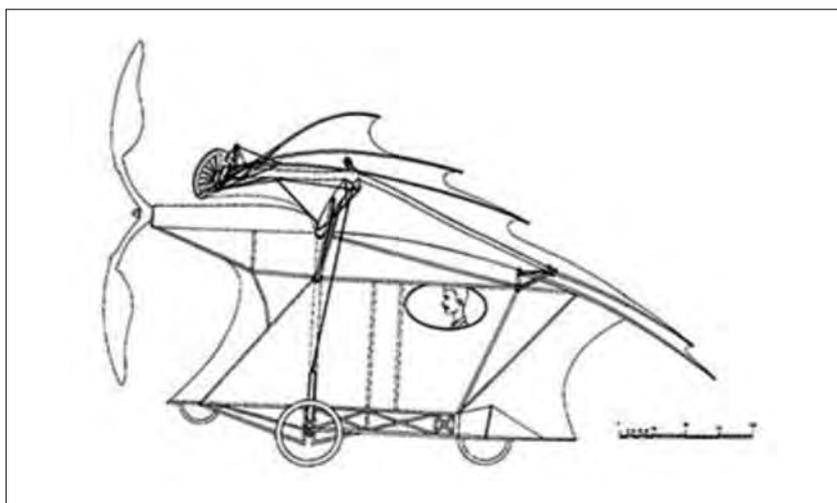


Figura 4.9 – A máquina voadora *Eole*, de Clément Ader.

Seguiram-se cinco anos dedicados ao projeto e construção de sua terceira aeronave, o *Avion III*, um monoplano com asas de 16 m, semelhantes às de um morcego, com dois motores a vapor de 20 CV, cada um deles acionando uma hélice de quatro pás (Figuras 4.10 e 4.11). Testes de voo foram feitos entre 12 e 14/10/1897, em uma pista circular. Mas a potência dos motores era insuficiente para a aeronave alçar voo, o que consta em um relatório oficial desses testes. Mais tarde foi comprovado ser falsa a declaração de Ader de que havia feito um voo de cerca de 300 m.

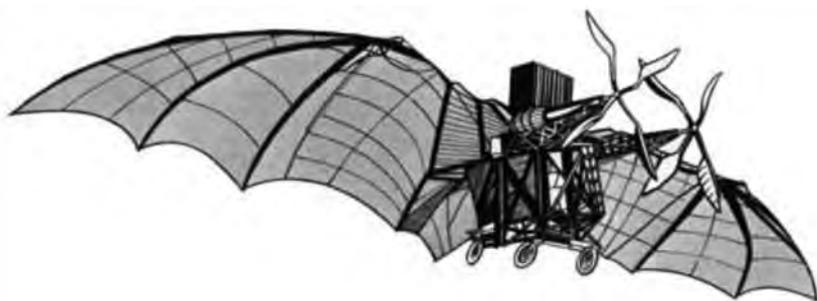


Figura 4.10 – O *Avion III*, de Clément Ader, com 16m de envergadura, 1897.



Figura 4.11 – *Avion III*, de Clément Ader. Dois motores a vapor de 20 CV.

**Hiram Maxim**, nascido em 1840, no Maine, EUA, mudou-se para a Inglaterra, onde construiu um biplano de avantajadas dimensões, com uma envergadura de 32 m e um comprimento de 33 m (Figura 4.12). Dois motores a vapor de 180 CV, muito leves, e que trabalhavam com pressão mais alta que os anteriores motores (320 libras por polegada quadrada), foram projetados e construídos especificamente para uso neste bi-

plano. Os dois motores, instalados (com reservatório de água, bombas e gerador de gás que vaporizava o combustível – *fuel oil* – antes que ele entrasse nos queimadores), pesavam pouco mais de uma tonelada. Eles acionavam duas hélices de diâmetro de cerca de 5,5 m. Em vez de rodas, possuía um par de esquis que deslizavam sobre trilhos de aço, em um percurso de mais de 500 metros. A poucos centímetros acima, outro trilho impedia que o avião levantasse voo, durante os testes iniciais. Isto porque, a esta altura, Maxim tencionava fazer apenas alguns testes em terra, para estudos aerodinâmicos.

Controlar o avião em voo era outro problema, bastante complexo, e fora das finalidades dos testes em terra. Com três tripulantes, o biplano foi destruído durante o primeiro teste, em 31 de julho de 1894. O empuxo foi muito forte, o avião decolou e arrancou o trilho superior, e a estrutura do aparelho entrou em colapso. Parece não ter sido considerado no projeto que, longe do solo, os esforços nos componentes de uma aeronave mudam completamente. Após esse acidente, Maxim abandonou o projeto, mas não sua esperança de que alguém tivesse sucesso no futuro. Anteriormente, em 1890, ele tinha declarado “acreditar que, em poucos anos, alguém – eu mesmo ou outra pessoa – construirá uma máquina que poderá ser dirigida no ar, viajará com considerável velocidade e estará suficientemente sob controle” (Shulman, 2002, p. 99).



Figura 4.12 – Biplano de Maxim, com cerca de 32 m de envergadura e 33 m de comprimento.

A Figura 4.13 procura explicar a inversão de esforços quando o avião decola. E as Figuras 4.14 e 4.15 mostram um bombardeiro B-52 em terra e voando, ficando bem nítida a deformação das asas durante o voo. E quando pousado, para manter-se íntegro precisa do auxílio das pequenas rodas situadas sob as asas, e que aparecem nas Figuras 4.14 e 4.15.

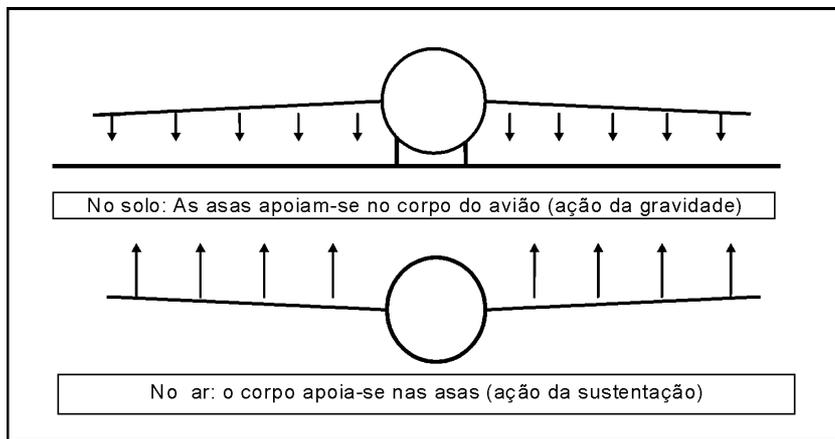


Figura 4.13 – Inversão dos esforços nas asas quando o avião decola.



Figura 4.14 – Bombardeiro B-52 em terra. Asas encurvadas para baixo. Observem-se os apoios auxiliares, com pequenas rodas, quase nos extremos das asas.



Figura 4.15 – Bombardeiro B-52 alcançando voo. Asas encurvadas para cima. As pequenas rodas auxiliares estão sendo recolhidas.

**Otto Lilienthal** (1848-1896) – Muitos dos pioneiros inspiraram-se no voo planado dos pássaros, lançando-se do alto de morros e dunas, e voando graças às correntes de ar (planador). O primeiro a realmente ter sucesso foi o engenheiro mecânico alemão **Otto Lilienthal**, nascido na Pomerânia, que construiu diversos planadores, com os quais voou entre os anos de 1891 e 1896. No total, foram 18 modelos, 15 monoplanos e três biplanos. Fez entre dois e três mil voos.

Mas antes disso tentara voar imitando o bater de asas dos pássaros, sem o mínimo sucesso. Lá por 1878 realizou teste com o braço giratório de Robins, para estudar o comportamento de asas.

Além de saltar de morros nos arredores de Berlim, ele conseguiu que os construtores de um canal situado nas proximidades de sua propriedade usassem a terra retirada do canal para formar um morro artificial, de forma cônica e com 15 m de altura. Assim conseguiu uma elevação ideal, pois um vento de qualquer direção, com a velocidade conveniente, permitia que ele se lançasse em seus voos. Chegou a um percurso de 350 m. Lilienthal havia observado atenta e detalhadamente o voo planado de aves, e em 1889 publicou um livro que se tornou clássico: *Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst* (O voo do pássaro como base da aviação). Este livro continha informações práticas e gráficos sobre os valores da sustentação e arrasto, os quais variavam com a incidência do vento e a forma da asa. Como outros dos pioneiros, ele concluiu que uma asa com a borda de ataque encurvada gerava mais sustentação do que uma plana. O controle do planador era deficiente, sendo obtido por movimentos do tronco e das pernas do piloto, o que demandava muito esforço e habilidade para dirigir e estabilizar

o planador. Além da posição incômoda do piloto, com pernas e parte inferior do tronco pendentes, abaixo do planador.

Em 9 de agosto de 1896 lançou-se do topo de um morro em Rhinow, a cerca de 100 km de Berlim. Contrariamente ao usual, em que deslizava seguindo a declividade do morro, lançou-se para longe do topo do morro. Uma rajada de vento fez com que seu planador perdesse a sustentação (estolou) e caísse de uma altura de 20 metros, lesionando sua coluna vertebral, o que o levou à morte dois dias depois. Suas últimas palavras foram: *Sacrifícios devem ser feitos*. Nesta ocasião Lilienthal estava tentando conseguir motores pequenos, próprios para uso em seus planadores, transformando-os em verdadeiros aviões, isto é, máquinas capazes de levantar voo por seus próprios meios, sem qualquer ajuda externa. Ele construiu e testou um pequeno motor, mas não chegou a usá-lo.

Lilienthal recomendava que os interessados no voo comesçassem com planadores, e não com um projeto direto para um avião. Isto foi seguido pelos irmãos Wright, que começaram com um aparelho ainda mais simples: a pandorga. Mas não esqueçamos que seus primeiros voos contaram com ajuda externa: vento ou catapulta.

Acerca de Lilienthal e sua contribuição para o desenvolvimento da aeronáutica, Shulman (2002, p. 97) diz o seguinte:

sem dúvida seu trabalho experimental foi o mais importante. Engenheiro, fez um sistemático estudo da força de sustentação de superfícies e do movimento do centro de pressões em virtude de alterações no ângulo de incidência da asa. Um importante passo para entender a estabilidade do avião.

Baseado em suas experiências, Lilienthal publicou detalhadas tabelas em 1889, calculando a sustentação de asas com diferentes projetos, curvaturas e inclinação em relação ao eixo transversal.

Suas experiências, seus registros fotográficos e suas publicações tiveram uma imensa influência no desenvolvimento da aviação, sendo uma inspiração para os outros pioneiros que vieram após. Seu livro foi traduzido e divulgado em todo o mundo, e continua sendo reeditado.

Lilienthal é considerado o pioneiro em voos planados controlados pelo piloto. A Figura 4.16 mostra Lilienthal preparando-se para um voo em um de seus planadores monoplanos; e, na Figura 4.17, durante um de seus voos em planadores biplanos.

Mais detalhes sobre Lilienthal, ver “Apêndice I – O livro de Lilienthal”.



Figura 4.16 – Lilienthal preparando-se para um voo planado. Observem-se os extremos das asas, imitando as dos grandes pássaros (*pinions*).



Figura 4.17 – Lilienthal em pleno voo, em um planador biplano, 1895.

**Octave Chanute** (1832-1910), nasceu em Paris, França, em 18 de fevereiro de 1832. Aos seis anos de idade, mudou-se para os Estados Unidos, juntamente com seu pai, professor universitário, ocasião em que naturalizou-se estadunidense. Foi um engenheiro de renome, principalmente por seus trabalhos em pontes e terminais ferroviários. Continuou o trabalho de Lilienthal, no qual inspirou-se para construir seus primeiros planadores. A partir de 1895 passou a projetar e construir vários planadores, distintos dos de Lilienthal.

Preocupou-se principalmente com os problemas de estabilidade (principalmente a estabilidade longitudinal), controle e integridade estrutural das aeronaves. No verão de 1896 fez vários voos, com diversos de seus planadores (cujo número de asas ia de um a seis – ver Figuras 4.18 a 4.20 – concluindo que o melhor deles era um esbelto biplano, com cauda em forma de cruz. Este tinha sido desenvolvido juntamente com o en-

genheiro Augustus M. Herring (biplano Herring-Chanute). As asas foram inspiradas na pandorga-caixa projetada anteriormente pelo australiano Lawrence Hargrave, sendo a estrutura inspirada nas estruturas de pontes anteriormente construídas por Chanute. Também Santos Dumont inspirou-se na pandorga-caixa de Hargrave, para seu avião 14-bis.

Ele observou que alterações no ângulo de ataque da asa provocavam um deslocamento do centro de aplicação da sustentação para a frente, fazendo com que a aeronave se inclinasse ainda mais para cima, longitudinalmente. Contrariamente à estabilidade de voo dos pássaros, a da aeronave deveria ser feita manualmente, pelo piloto da aeronave. Estudou todo o trabalho feito por outros pioneiros, incluindo, como bom engenheiro, tanto os êxitos como os fracassos havidos. E deste estudo resultaram vários artigos, publicados originalmente de 1891 a 1893, e depois reunidos em um livro que se tornou um dos clássicos dos primórdios da aviação: *Progresso em Máquinas Voadoras (Progress in flying machines)*. Seu trabalho foi bem documentado, incluindo fotografias, e com descrições detalhadas e precisas dos trabalhos de 65 precursores, que trabalharam tanto com planadores como com aviões, até 1894. Talvez tenha sido a obra mais importante da história da aviação, tanto assim que ainda pode ser adquirido em livrarias. Alguns tópicos deste livro aparecem no Apêndice 2, *O livro de Chanute*.

Chanute organizava reuniões de engenheiros e demais pessoas interessadas na aeronáutica, reuniões em que havia troca de informações, apresentação e discussão de artigos. Foi um verdadeiro líder, aconselhando e encorajando os demais. Entre os que com ele trocavam correspondência estavam os irmãos Wright, Lilienthal, Maxim, Pilcher e Hargrave.

Ele jamais patenteou suas invenções. Pelo contrário, fornecia todos os detalhes solicitados por pessoas interessadas, entre elas os irmãos Wright. Foi o mesmo critério adotado por Santos Dumont.

Como era usual naqueles primórdios, ele também estudou detidamente o voo dos pássaros. Vejamos, por exemplo, o que escreveu no início de seu livro *Progress in Flying Machine*:

o voo dos pássaros compreende três fases:

– Partida, durante a qual grande esforço deve ser feito, a menos que a gravidade possa ser usada (Lançando-se de árvore, penhasco etc).

– O verdadeiro voo, durante o qual o pássaro exerce uma força normal, ou faz uso da força do vento.

– Pousa, no qual grande esforço pode novamente ser necessário.

Máquinas que voem artificialmente certamente terão de estar de acordo com essas três fases do voo, providenciando meios para partir e parar, além dos necessários para o ato do verdadeiro voo.

Pássaros fazem todas suas manobras regulando a intensidade de sua ação, e alterando os ângulos com que atacam o ar.

George Cayley disse: “quando grandes pássaros, que têm uma considerável extensão de asa comparada a seu peso, adquirem sua velocidade plena, frequentemente pode ser observado que eles estendem suas asas e, sem movê-las, continuam a planar por algum tempo em uma trajetória horizontal”.

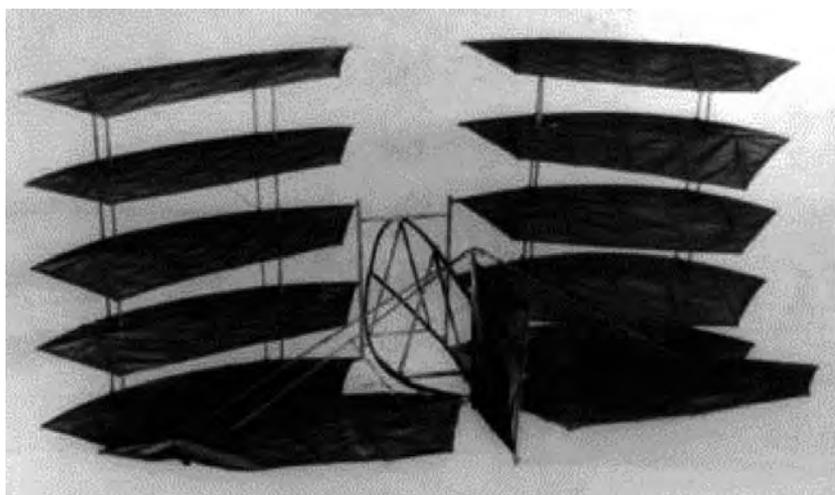


Figura 4.18 – Planador múltiplo de Octave Chanute.

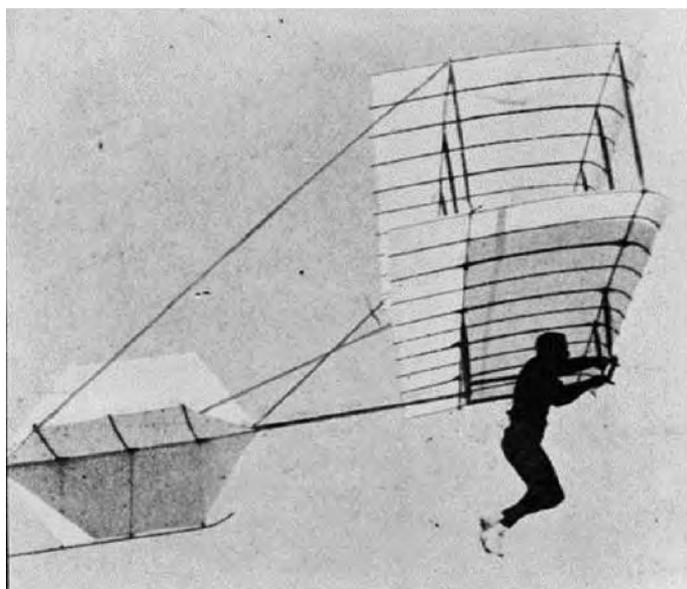


Figura 4.19 – Herring pilotando um biplano Chanute-Herring.

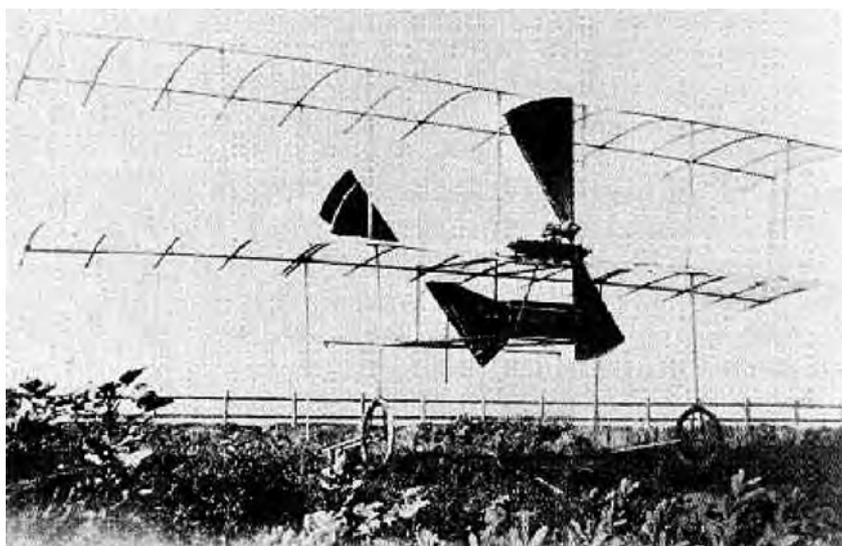


Figura 4.20 – Herring instala um motor em um planador Chanute-Herring. Voo por pequenas distâncias, em 1888.

**Alphonse Penaud** (1850-1880). Em 18 de agosto de 1871, no Jardim das Tulherias, Paris, fez voar um pequeno modelo de avião, com 50 cm de comprimento e com “motor” de elástico torcido, lançado manualmente. O modelo realizou um voo perfeitamente estável de onze segundos, em um percurso de 40 metros. As asas estavam dispostas formando um suave ângulo diedro (um V muito aberto, conforme tinha sido sugerido por Cayley), e o leme tinha elementos horizontal e vertical. Tudo isto colaborou para sua estabilidade em voo, no que deve ter sido a primeira demonstração pública da estabilidade de uma máquina motorizada e mais pesada que o ar.

**John Joseph Montgomery** (1858-1911). Inicialmente, a partir de 1885, ele fez testes de sustentação em um canal com água corrente. Foi o primeiro estadunidense a levantar-se do solo em um pla-

nador, projetado por ele mesmo. Esse voo pioneiro aconteceu ao sul de San Diego, Califórnia, em 1884. Mais tarde, em 1904-1905, fez outros voos, em um outro planador, dotado de duas asas situadas no mesmo plano, e não superpostas (Figura 4.21). Um destes planadores foi motorizado (Figura 4.22). Em 1911 acidentou-se durante o pouso com um planador monoplano, *The Evergreen* (Figura 4.23) vindo a falecer em virtude dos ferimentos sofridos, no dia 31 de outubro desse mesmo ano.



Figura 4.21 – Planador de Montgomery. Duas asas no mesmo plano, 1905.

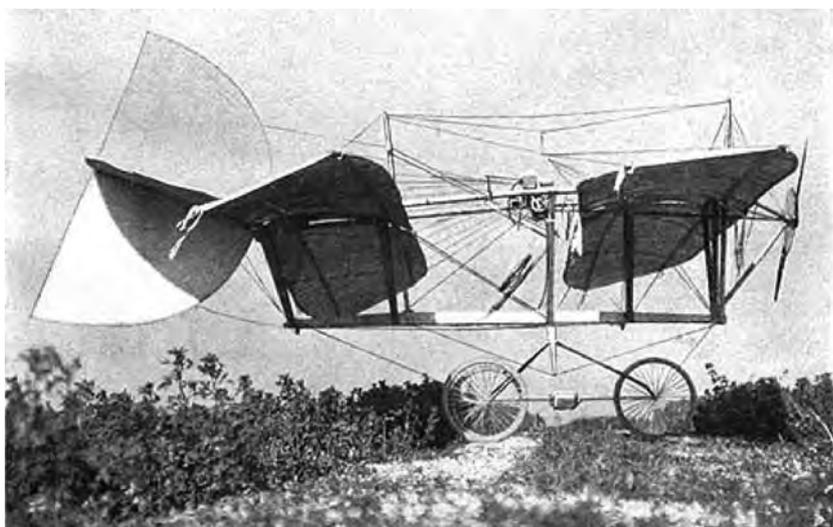


Figura 4.22 – Aeronave motorizada de Montgomery. Duas asas no mesmo plano.



Figura 4.23 – Planador *The Evergreen*, com o qual Montgomery acidentou-se em 1911.

**Percy Sinclair Pilcher** (1866-1899). Engenheiro, construiu seu primeiro planador, o “Morcego” (*Bat*) no primeiro semestre de 1895 (Figura 4.24), ao qual se seguiram outros três: o “Besouro” (*Beetle*), o “Mosquito” (*Gull*) e o “Falcão” (*Hawk*), mostrado na Figura 4.25. Este último, com o qual voou em setembro de 1899, foi desenvolvido a partir do primeiro deles, o “Morcego”. Em setembro de 1899 o “Falcão” caiu, por falha estrutural, ferindo Pilcher gravemente, o qual veio a falecer dois dias depois. Nessa ocasião Pilcher já tinha um triplano com motor de 4 CV quase em condições de voar. Seriam duas hélices, uma tratora e uma impulsora. Também estudara a motorização do “Falcão”.



Figura 4.24 – Planador *Morcego*, de Percy Pilcher. Voo em 1895.

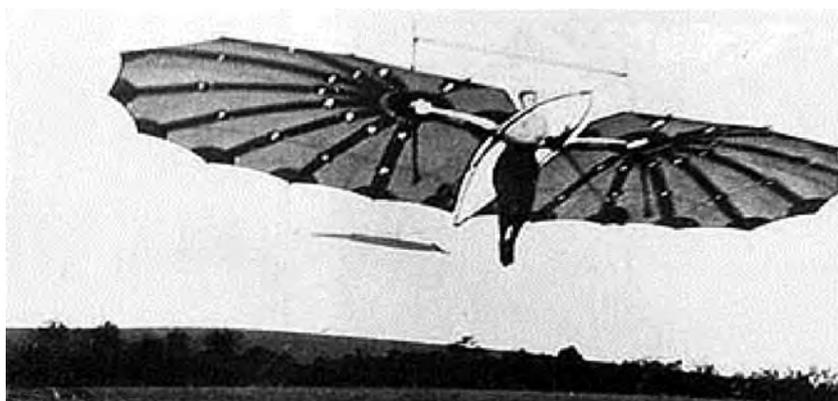


Figura 4.25 – Planador *Falcão*, de Percy Pilcher.

**Gustave Weiskopf**, imigrante alemão, nos USA adotou como sobrenome a tradução inglesa de seu sobrenome alemão: **Whitehead**. Mecânico profissional, começou a construir planadores na década de 1890, baseado nos projetos de Otto Lilienthal (Figuras 4.26 e 4.27). No final da década construiu aparelhos com motores a vapor, dos quais existem relatos, não confirmados, de voos entre 1899 e 1903 (Figura 4.28).



Figura 4.26 –



Figura 4.27 – Um dos planadores de Whitehead inspirado em Lilienthal (década de 1890).



Figura 4.28 – Aeronave nº 21, de Whitehead, que teria voado em 1901. Smithsonian Institution.

**Samuel Langley** (1834-1906) foi o primeiro a usar um motor em aeronave; era uma máquina a vapor. Langley foi astrônomo, pesquisador e diretor do *Smithsonian Institution*, Washington, DC. Isto aconteceu em 6 de maio de 1896, quando um modelo de avião (*Aerodrome nº 5*), sem controle de voo, com motor a vapor, voou sobre o rio Potomac por uma distância de cerca de 1 km, a cerca de 40 km/h, até acabar o vapor. Seguiu-se, no dia 27 de novembro desse mesmo ano, o voo de cerca de 1200 metros do *Aerodrome nº 6*, também com motor a vapor. Como

muitos dos pioneiros, Langley optara por instalar um motor em um planador, previamente testado em uma série de modelos pequenos lançados por uma catapulta, com motor de borracha torcida e, mais tarde com motor a vapor.

Antes disso, em 1884, ele já havia determinado que potência deveria ter um motor a vapor para sustentar uma aeronave em movimento no ar. Fez testes com o braço giratório de Robins e em 1891 publicou *Experiments in Aerodynamics* (Experiências em Aerodinâmica) no qual mostrou que era possível o voo mecânico com os motores (a vapor) existentes na época. Mostrou também que a sustentação melhora em asas longas (alta relação comprimento/largura).

Com esse sucesso, Langley tentou criar uma máquina voadora que se sustentasse no ar, com propulsão própria, controlável em seu voo e que transportasse uma pessoa.

Considerando que um motor a gasolina deveria fazer parte da solução, seu assistente **Charles Manly** projetou um motor radial de cinco cilindros para equipar o *Large Aerodrome A*, versão maior do modelo de planador que voara com sucesso. Este motor, com 5 cilindros, refrigerado a água, tinha uma potência de 52 CV a 950 rpm, e pesava cerca de 60 quilos. Um primeiro teste foi feito em 7 de outubro de 1903. O avião, lançado por uma catapulta situada em uma barca ancorada, precipitou-se no rio Potomac (Figuras 4.29 e 4.30). O piloto era seu assistente Manly, que foi resgatado da água do rio. O *Large Aerodrome A* ficou destruído ao chocar-se com a água. Um segundo e último teste foi feito em 8 de dezembro deste mesmo ano, com o mesmo final, inclusive com Manly novamente retirado das águas geladas do Potomac. Parece que o problema foi o súbito e forte impulso que a catapulta imprimiu à aeronave, danificando

a estrutura das asas dianteiras. Langley desistiu do projeto, falecendo em fevereiro de 1906.

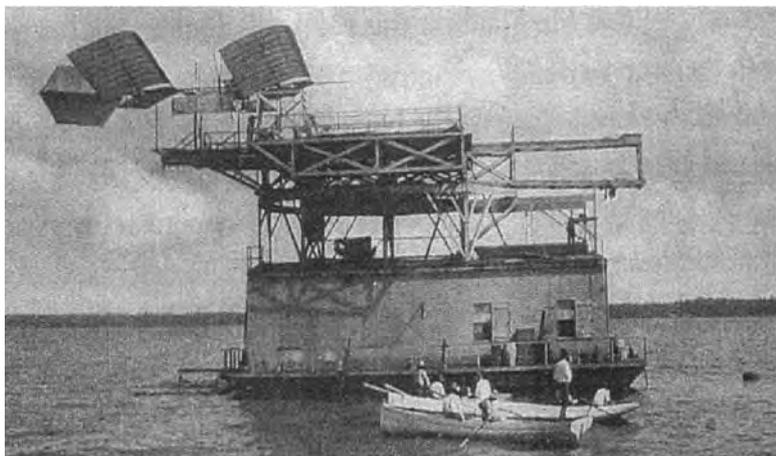


Figura 4.29 – Barca com catapulta de lançamento, ancorada no rio Potomac. Em posição para decolar o planador *Large Aerodrome A*, de Langley (1903).

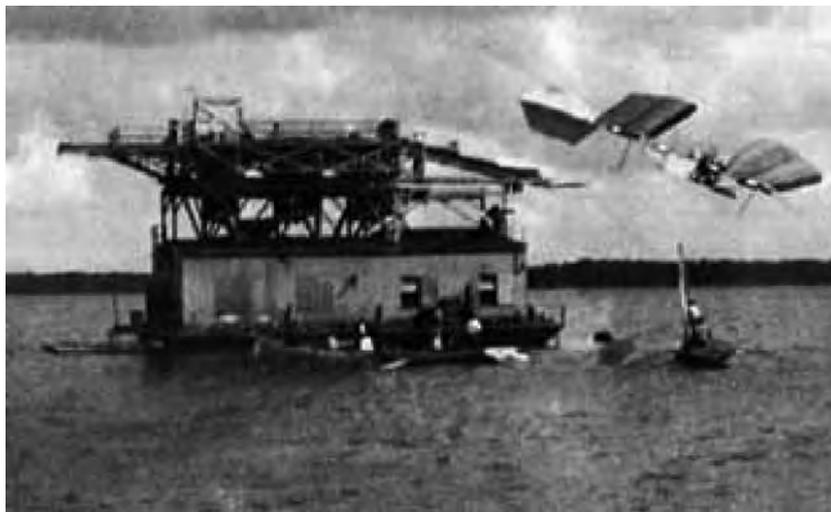


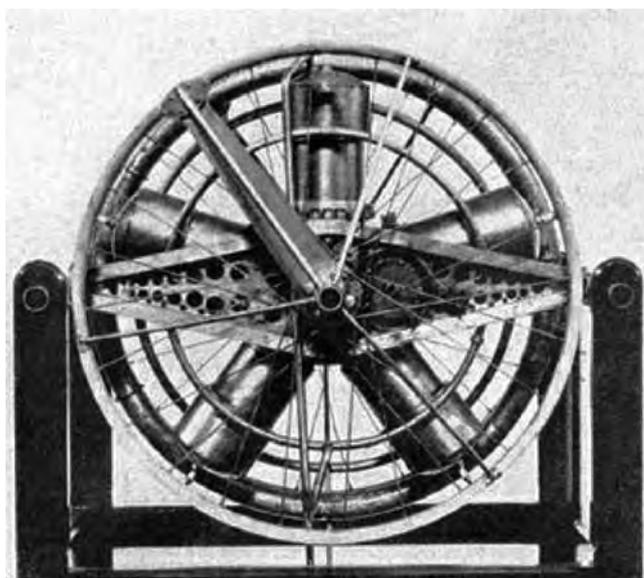
Figura 4.30 – O planador *Large Aerodrome A* cai no rio Potomac, ao tentar decolar.



Figura 4.31 – O reconstruído *Large Aerodrome A*, que voou em setembro de 1914.

O *Large Aerodrome A* foi reconstruído, com algumas alterações, e voou com êxito em Hammondsport, Nova Iorque, com motor Curtiss e pilotado por Glenn Hammond Curtiss, em setembro de 1914 (Figura 4.31).

A Figura 4.32 apresenta o motor a gasolina, radial, de cinco cilindros, refrigerado a água, projetado por Charles Manly, para o *Large Aerodrome A*. Seu peso era de cerca de 60 kgf, e desenvolvia 52 CV a 950 rpm



Smithsonian Institution

Figura 4.32 – Motor radial para o *Large Aerodrome A*.

No fim do século 19 e logo no início do século 20 foram muitos os que tentaram um voo independente, sem o auxílio de forças externas, como o vento ou catapulta. Entre eles citamos o austríaco **Wilhelm Kress** (1836-1913). Em outubro de 1901 começaram seus testes com um hidroavião triplano, com as asas em níveis diferentes (Figuras 4.33 e 4.34). Era dotado de um motor de automóvel de 30CV, marca Daimler, que movimentava duas hélices. Parece ter sido o pioneiro no uso de motores de combustão interna. Trabalhou por vinte anos no projeto e construção de sua aeronave, e fez seus primeiros testes com o avião movimentando-se em um lago. Julgava que era necessário testar detalhadamente o comportamento das peças da aeronave (motor, hélices, lemes etc) antes de aventurar-se em um verdadeiro voo. Kress sentou-se a bordo e fez várias manobras

no lago, inclusive contra o vento. As hélices moveram o aparelho em velocidade uniforme, mas ele não conseguiu decolar, pois o motor não tinha a potência necessária. O máximo que conseguiu foi dar um “pulo” sobre a água do lago em que fazia seus testes. Pensava ele que com um motor mais leve e mais potente teria sucesso.

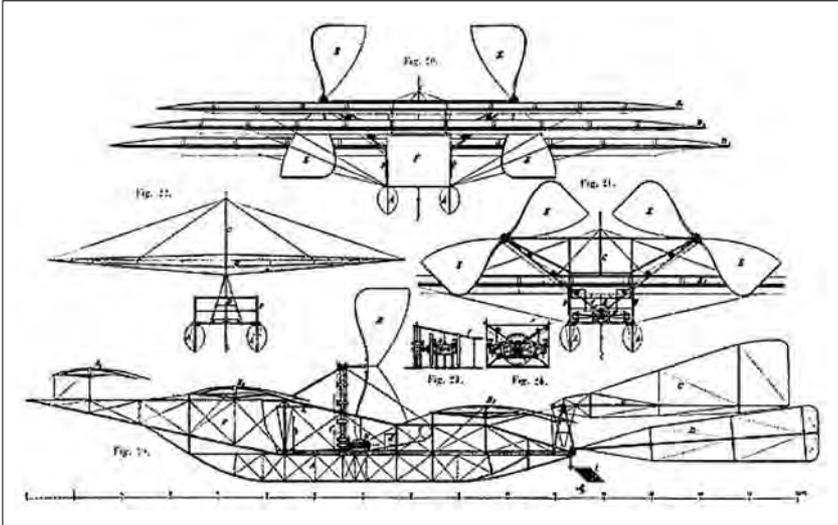


Figura 4.33 – Projeto do hidroavião triplano de Wilhelm Kress.

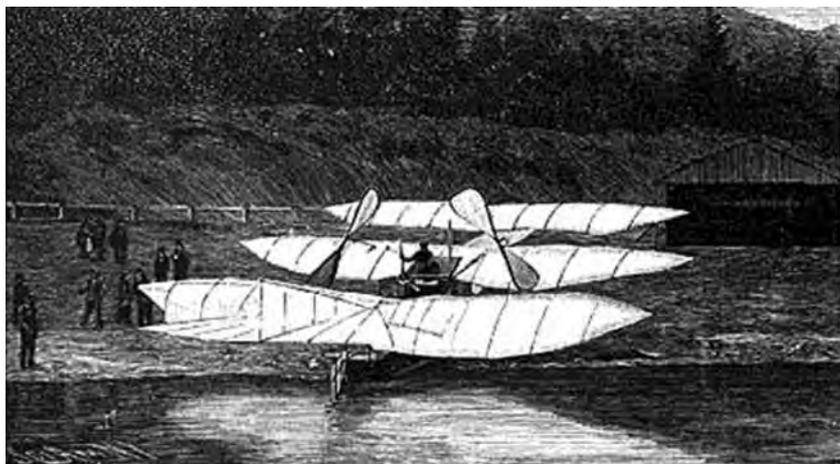


Figura 4. 34 – Hidroavião triplano de Wilhelm Kress, 1901.

**Lawrence Hargrave** (1850-1915). Engenheiro de renome, foi o inventor da pandorga-caixa, utilizada por Santos Dumont nas asas e no leme de seu 14-bis. Em 1880 começou seu interesse pela aviação, escrevendo artigos e projetando equipamentos, entre eles instrumentos de navegação. Também projetou equipamentos para automóveis e navios. Entre 1884 e 1892 projetou, construiu e fez voar, com êxito, vários modelos de planadores.

O escocês **Preston Watson** (1880-1915) foi outro dos pioneiros do início do século 20. Ele observou que os pássaros voam em círculo abaixando a ponta de uma das asas e levantando a ponta da outra. A partir daí projetou seu planador, com uma asa rígida tendo outra, menor, acima dela; esta última podia girar em torno do eixo horizontal longitudinal, permitindo, como os pássaros, voo em curva (Figura 4.35). Era uma maneira mais simples que a usada pelos irmãos Wright para estabilizar o avião, e por esse seu melhoramento recebeu um prêmio na França. Suas primeiras aeronaves eram dotadas de esquis

e precisavam de uma catapulta para alçarem voo. A cauda do avião era do tipo papagaio-caixa.

Se motores a combustão adequados, leves e potentes, tivessem disponíveis no fim do século 19, o voo independente teria começado já nesta época. Assim como aconteceu com todos os projetistas de avião da época, este foi também o maior problema enfrentado por Watson. Para seu avião de 1906 ele comprou, de Santos Dumont, um motor a gasolina Duthill-Chalmers, refrigerado a ar. Este parece ter sido seu primeiro voo motorizado.



Figura 4.35 – Avião de Preston Watson. Motor a gasolina, refrigerado a ar, 1906.

Parece que o neozelandês **Richard Pearse** conseguiu levantar voo em 31 de março de 1903, com um monoplane por ele construído (Figura 4.36). Mas o voo não estava sob controle do piloto, tendo se chocado com uma colina, quando estava a três metros do solo. Ainda neste mesmo ano de 1903, em agosto, **Karl Jatho** teria feito um voo de curta duração, mas também sem controle pelo piloto (Figura 4.37).

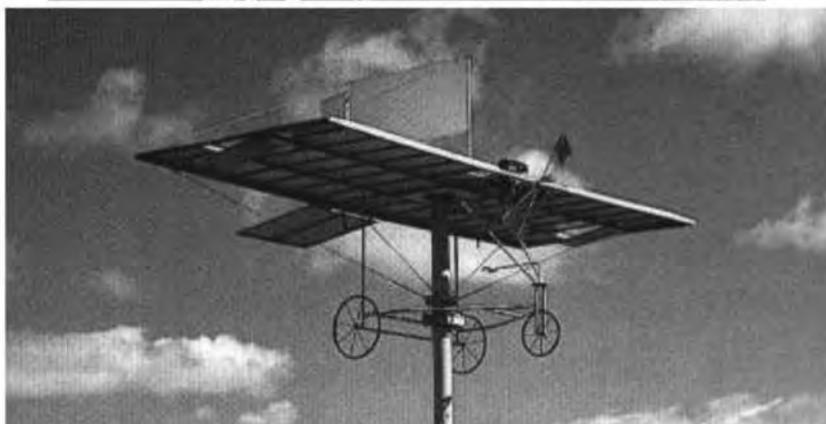


Figura 4.36 – Avião de Richard Pearse, 1903; chocou-se com uma colina.

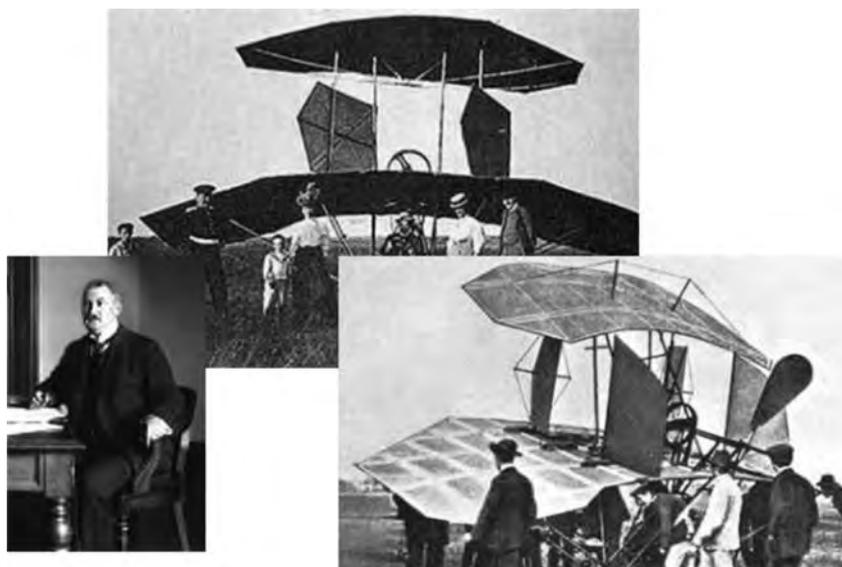


Figura 4.37 – Avião de Karl Jatho – voo sem controle em agosto de 1903.

**Horatio Philips** lançou a asa com as características atuais: não uma superfície simplesmente encurvada, mas com as duas faces encurvadas. Vários projetos de asas com esta característica básica foram por ele patenteadas em 1884. Construiu seu próprio túnel, com um jato de vapor para gerar uma corrente de ar. Philips levou a sugestão de Wenham, de asas múltiplas, ao extremo. O primeiro modelo com essas características, em 1893, tinha 40 asas estreitas e motor a vapor. Em 1902 chegou ao absurdo de um modelo com 120 asas, muito estreitas, superpostas, com motor a petróleo. Estes modelos foram apelidados de “venezianas voadoras”, e conseguiram voar. O modelo de 1904 tinha 20 asas superpostas e conseguiu dar um pulo de cerca de 15 metros (Figura 4.38)



Figura 4.38 – Horatio Philips. Modelo motorizado, com 20 asas estreitas superpostas, 1904.

E por falar em multiplanos, que tal o hidroavião da Figura 4.39, projeto de Caproni, com seis motores e nove asas (1928)?



Figura 4.39 – Aeroplano com seis motores e nove asas. Projeto de Caproni, 1928.

Ou essa estranha aeronave de Lea Marshes, com seis asas (Figura 4.40). Também uma espécie de triplano duplo, bem menor e anterior ao mostrado na figura anterior.



Figura 4.40 – Triplano duplo, de Lea Marshes.

As figuras a seguir (Figuras 4.41 a 4.44) mostram diversas concepções de máquinas voadoras (início do século 20).



Figura 4.41 – Multiplano de Marquis d'Equilly, 1908.

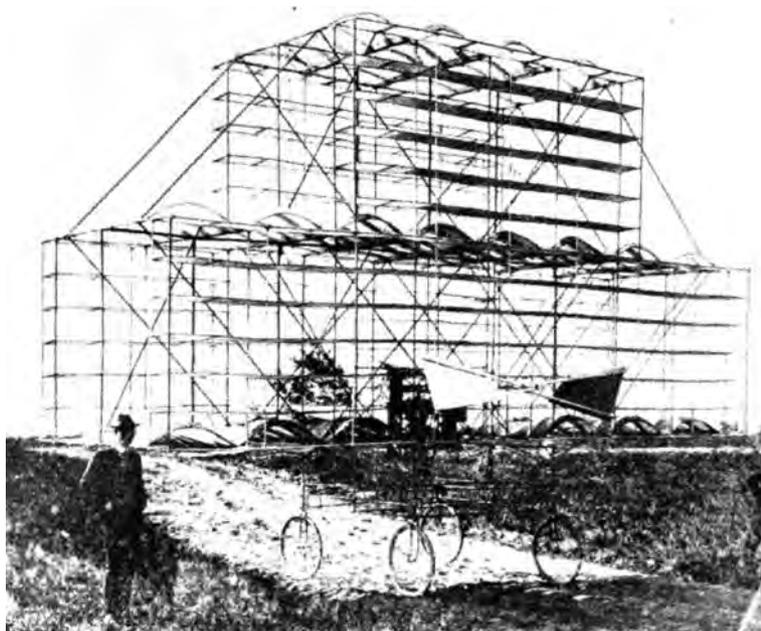


Figura 4.42 – Multiplano de Roshon, 1908.

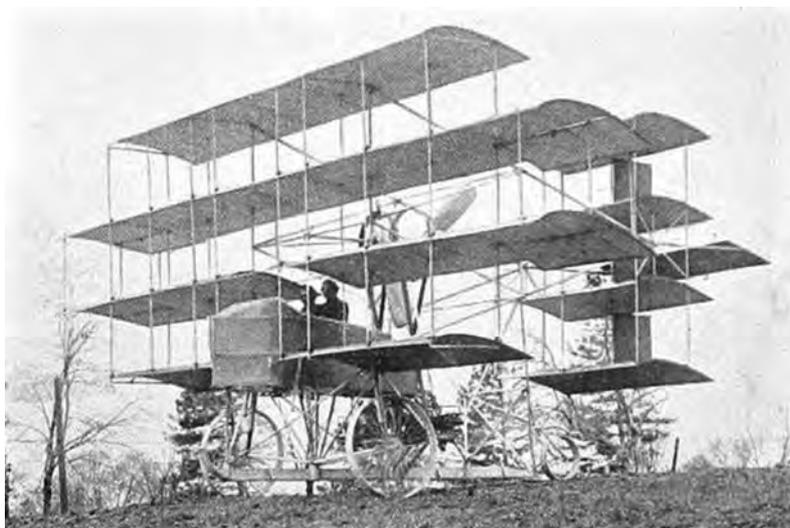


Figura 4.43 – Multiplano de Jacobs, 1910.

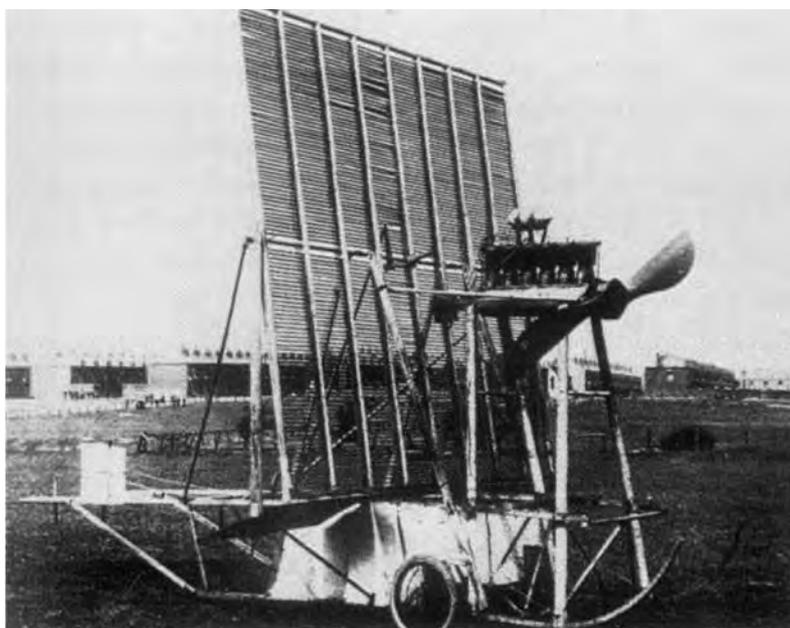


Figura 4.44 – A “persiana” de Smith, 1910.

## 5 Os irmãos Wright

Pouco após a morte de Lilienthal entram em cena os irmãos **Wright, Wilbur e Orville**, fabricantes e vendedores de bicicletas. Eles estudaram tudo o que encontraram sobre o assunto (mais detalhes no Apêndice II). Partindo do livro de Lilienthal, calcularam a superfície de asa que necessitariam para seu avião. Mas em ensaios iniciais verificaram que os dados de seu antecessor não estavam corretos. Resolveram então fazer suas próprias medidas de força de sustentação, para diversas opções de forma e de posição das asas e lemes. Para isto construíram um túnel aerodinâmico, no qual realizaram cerca de 200 ensaios com protótipos de asas. E neste mesmo túnel estudaram experimentalmente qual a melhor forma para as pás das hélices. Ademais, como Lilienthal e outros, observaram cuidadosamente o voo planado de aves e constataram que elas moviam as pontas das asas em manobras e para estabilizar seu voo em presença de rajadas de vento. Mas como conseguir este controle em um

planador ou avião? A solução veio de um modo *sui generis*. Ao vender uma peça de bicicleta, um dos irmãos ficou movendo a embalagem de cartolina com as mãos, distorcendo-a. Verificou que a embalagem tomava a forma que necessitavam para imitar o voo planado das aves. Com auxílio de cabos conseguiram reproduzir este movimento em seus planadores e aviões.

Outro problema foi a escolha de um local adequado para suas inúmeras tentativas de voo. Queriam um local com bastante vento, com dunas e isolado. As dunas tinham uma dupla finalidade: permitir que planadores e aviões ficassem no ar, mesmo perdendo altitude, e para evitar danos maiores nas quedas. E o lugar isolado era para manter sigilo, pois eles almejavam patentear e vender seu futuro avião. Para isso, no outono de 1899 solicitaram ao *Weather Bureau*, Washington, DC, que lhes indicasse locais com essas características. Escolheram a praia de *Kitty Hawk*, na Carolina do Norte. A mesma praia que lhes tinha sido sugerida por Chanute. Seus ensaios de campo foram feitos em três etapas:

**1ª etapa** – Em 1899 e 1900 trabalharam com pandorgas com forma de avião, de avantajadas dimensões. Quando o vento era suficientemente veloz, soltavam a pandorga, presa a duas cordas fixadas em suas asas (Figuras 5.1 e 5.2).



Figura 5.1 – Wilbur Wright - Pandorga em 1900.

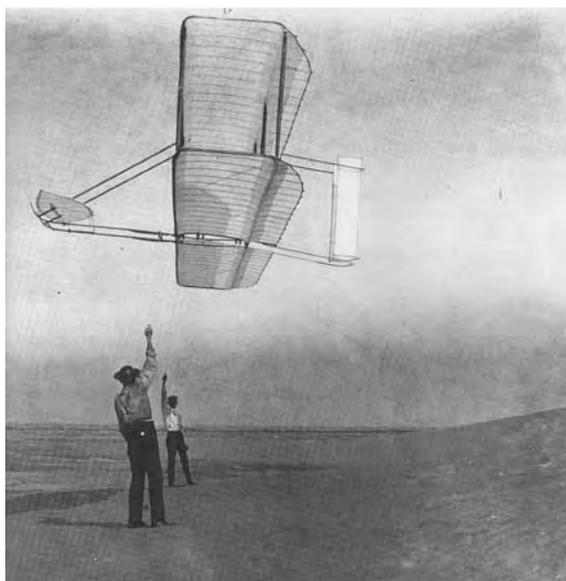


Figura 5.2 – Irmãos Wright – A pandorga de 1899, em Dayton, Ohio.

**2ª etapa** – Neste mesmo ano de 1900, e até 1902, passaram a estudar o comportamento de planadores. Para decolar, quando havia vento de velocidade suficiente, o piloto corria no vazio existente na asa inferior, empurrando o planador, e simultaneamente duas pessoas corriam, puxando o planador por meio de cordas amarradas nos extremos das asas. Quando o planador começava a subir, o piloto deitava-se sobre a asa. Era muito instável, e as quedas foram muitas.

Por vezes havia outros dois que empurravam as asas. Todos, naturalmente, correndo, como se faz com uma pandorga quando não há vento suficiente para ela “decolar” sem que a pessoa corra. Para lançar seus planadores escolheram uma outra praia, *Kill Devil Hills*, próxima à primeira, com dunas mais altas e também bons ventos.

Para melhorar a estabilidade, inicialmente muito precária, fizeram várias alterações na disposição e forma das asas e dos lemes. No último de seus planadores conseguiram controlar o movimento em torno dos três eixos: vertical, horizontal longitudinal e horizontal transversal. Além da parte mecânica este controle era feito também com movimentos adequados do corpo do piloto. Comentaram eles que para controlar seus planadores e aviões foi de grande valia a habilidade que tinham para manter suas bicicletas em equilíbrio com movimentos convenientes do corpo.

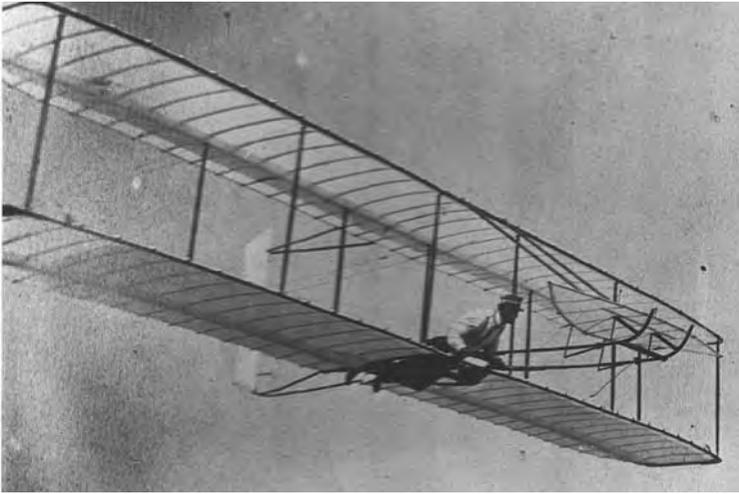


Figura 5.3 – O planador de 1901 dos irmãos Wright.

**3ª etapa** – Após algumas centenas de testes com planadores e muitos acidentes, dedicaram-se a motorizá-los. Eles mesmos projetaram e construíram um motor a gasolina, de quatro cilindros, sem bomba de óleo, razão pela qual o motor não podia funcionar por mais de quatro minutos. Sua potência era de 12 CV.

Finalmente tinham pronto seu avião. Meticulosamente, ainda fizeram algumas medidas:

- a força de arrasto, com o aparelho exposto ao vento, por meio de uma balança de molas usada para pesar peixes.
- a força de sustentação que necessitariam para o avião decolar, pesando o avião com sua carga.
- conhecida a força de sustentação, e baseados em seus ensaios em túnel aerodinâmico, calcularam qual a velocidade mínima do vento necessária para decolarem. Esta velocidade era de 42 km/h.

A velocidade do vento era controlada com um anemômetro portátil que lhes emprestara o *Weather Bureau*. Só quando a velocidade chegava ao valor acima indicado é que ligavam o motor e tentavam voar. O piloto ia deitado sobre a asa inferior (Figura 5.4) e o controle do aparelho era feito por meio de cabos, controlados manualmente e pelo jogo de corpo do piloto. Não havia rodas. Patins deslizavam sobre uma prancha de madeira, com 18 m de comprimento, antes de ser lançado ao ar, duna abaixo. A transmissão entre o motor e as duas hélices era feita por meio de correntes de bicicleta.

O primeiro voo com sucesso teria sido realizado em 17/12/1903, em um pseudo avião (explicaremos adiante porque o chamamos de “pseudo”) chamado *Flyer* (Voador). Foi pilotado por Wilbur, em um voo de 12 segundos de duração e um percurso de 36 m (Figura 5.5). O que dá uma velocidade média de deslocamento em relação ao solo de 10,8 km/h. Um segundo voo durou 59 segundos. As fotos só foram publicadas em 1908, dois anos após o voo pioneiro de Santos Dumont, o que despertou fortes suspeitas de fraude, pois não apareceram testemunhas, nem juízes que confirmassem o voo. Basta dizer que o famoso *Smithsonian Institution* negou-se, por vinte anos, a exibir o *Flyer*, por falta de provas de seu voo supostamente pioneiro. Durante estes vinte anos o *Flyer* esteve no *British Science Museum*.



Figura 5.4 – O avião *Flyer* dos irmãos Wright. 1903.

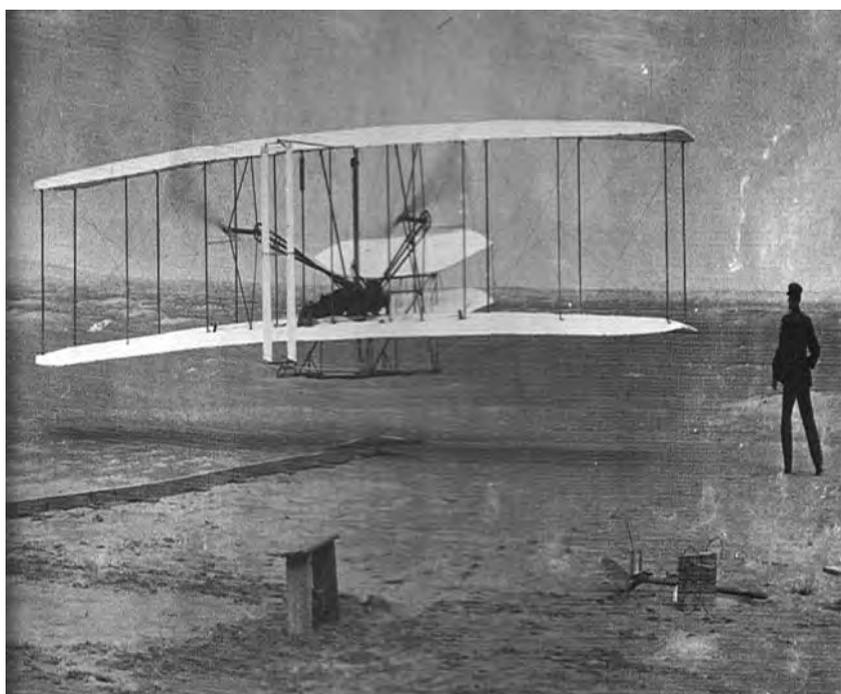


Figura 5.5 – Irmãos Wright. O primeiro “voo” do *Flyer*, em 17 / 12 / 1903.

Aliás, o primeiro voo público nos Estados Unidos foi o de Glenn Hammond Curtiss, em 4/07/1908, quase dois anos após o histórico voo de Santos Dumont. Curtiss recebeu o troféu *Scientific American*, por ter sido o primeiro a voar nos Estados Unidos por mais de 1 km, perante juízes.

Mas voltemos aos irmãos Wright. Quando não havia vento, e como o motorzinho não tinha potência suficiente para fazer o avião decolar, apelavam para a ajuda de um dispositivo que fazia o efeito de uma catapulta: um peso no alto de uma torre, ao cair fazia o avião se movimentar, pois um cabo, ligado em seus extremos ao avião e ao peso, com auxílio de roldanas transformava o movimento vertical da queda do peso em um movimento horizontal que impulsionava o avião.

Observe o leitor que os irmãos Wright necessitavam, para decolar, de uma ajudazinha extra: ou vento ou catapulta. Para despertar a força de sustentação, o resultado é o mesmo. O que interessa é o movimento relativo entre avião e ar. Não interessa qual deles esteja parado. Em ambos os casos teremos uma força de sustentação, que é proporcional à velocidade relativa. Mas em ambos os casos trata-se de uma força gerada por elementos estranhos ao avião: ou o vento ou a catapulta. Poder-se-á dizer que se tratou de um voo **autônomo**, por seus **próprios meios**? Creio que não! E dizemos mais: este voo dos irmãos Wright foi o **voo de uma pandorga!** Motorizada, é verdade, mas aerodinamicamente não há muita diferença se substituirmos o cordão da pandorga por um motorzinho. E não venham com a alegação de que um avião que é lançado por uma catapulta de um moderno porta-aviões não seria também um verdadeiro avião. A catapulta é usada para o avião decolar em poucos metros; mas se necessário, ele levanta voo sozinho, sem catapulta. É só

ter uma pista conveniente, como qualquer avião que mereça esse nome. E também não é verdade que em seu primeiro voo Santos Dumont precisou de um vento contrário. Posteriormente sim, pois ele verificou da vantagem de tal procedimento, que aumenta a força ascensional do avião.

Tentemos justificar o que afirmamos acima, sobre o voo de pandorga dos irmãos Wright, tecendo algumas considerações sobre o que chamaremos de “aerodinâmica das pandorgas”. Para que uma pandorga se mantenha no ar é necessário que haja um movimento relativo ente pandorga e ar. Qual deles deve se mover? Pelo princípio da relatividade do movimento, já estudado por Galileu (embora não tenha sido ele o pioneiro), tanto faz. Vejamos os três casos que podem ocorrer. Para fixar ideias, suponhamos que seja de 20 km/h a velocidade deste movimento relativo para que a pandorga suba (Figura 5.6).

**1º caso** – Ar parado, lançador da pandorga em movimento. Quem já soltou pandorga sabe muito bem que em dia sem vento é preciso correr muito rapidamente para que ela suba. Se a pandorga não é, aerodinamicamente falando, muito boa, talvez seja necessário usar uma bicicleta ou mesmo um carro. E ela cairá assim que o lançador parar, pois não teremos movimento relativo.

Designando por  $V_p$  a velocidade de deslocamento da pandorga, por  $V_v$  a velocidade do vento e por  $V_{rel}$  a velocidade relativa pandorga-ar, neste 1º caso, teremos  $V_p = 20$  km/h,  $V_v = 0$  e  $V_{rel} = 20$  km/h (Caso 1 da Figura 5.6).

**2º caso** – Lançador parado, vento de 20 km/h. Neste caso,  $V_p = 0$  e  $V_v = 20$  km/h. E, novamente, como no caso 1, a velocidade relativa será de 20 km/h. E a pandorga sobe pela ação do vento, sem que o lançador necessite correr (Caso 2 da Figura 5.6).

**3º caso** – É o caso intermediário, no qual sopra um vento suave, digamos de 12 km/h, insuficiente para levantar a pandorga. Esta subirá quando a velocidade relativa atingir 20 km/h, pelo que foi estabelecido inicialmente. Será necessário, portanto, que o lançador corra com uma velocidade de 8 km/h (Caso 3 da Figura 5.6).

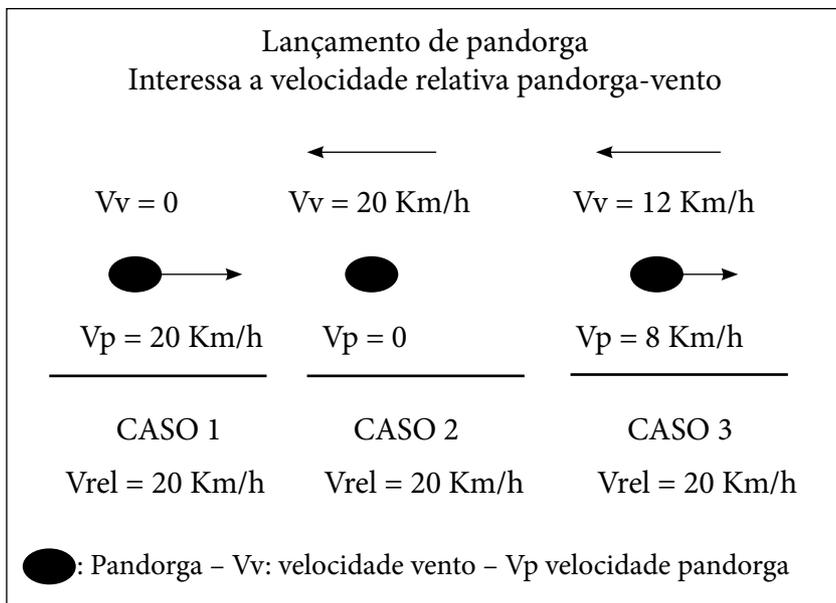


Figura 5.6 – Como se solta uma pandorga (e assemelhados...)

Feitas essas considerações, voltemos aos irmãos Wright. Podemos descrever o desenvolvimento de suas cuidadosas e insistentes tentativas de voar com casos de lançamento de pandorga acima considerados, com as necessárias adaptações. Suas primeiras tentativas, com pandorgas em forma de avião, encaixam-se no Caso 2: quando o vento era suficientemente forte, sua pandorga levantava voo e mantinha-se no ar, sem que as pessoas envolvidas em seu levantamento se movessem.

Quando passaram para planadores, o que fizeram encaixar-se no Caso 3. Esperavam um bom vento e, além disso, um dos irmãos e a equipe auxiliar saíam correndo contra o vento.

E, afinal, onde se encaixa seu avião? Ainda no Caso 3, sendo a ação da equipe substituída pelo motorzinho cuidadosamente projetado e construído por Wilbur e Orville. Mas este motor não tinha potência suficiente para que se realizasse um voo do Caso 1. Isto é, sem qualquer auxílio externo, seja de pessoas correndo, seja do vento, seja de uma catapulta, a qual substituída a ação das pessoas e do vento. Em outras palavras, em seus primeiros voos os irmãos Wright não conseguiram um verdadeiro voo, que é aquele feito **sem auxílio externo ao avião**. Para tal, seu voo deveria se encaixar no Caso 1 de nossa esquemática “aerodinâmica da pandorga”. Mas seu motor, repetimos, não tinha potência para tal. Com um motor mais potente provavelmente teriam conseguido a primazia de um verdadeiro voo de avião.

Orville Wright, em seu livro *How we invented the airplane* (*Como inventamos o avião*), na página 21, diz que no dia 17 de dezembro de 1903, fizeram quatro voos, sendo a aeronave lançada pela potência do motor (12 CV) e o empuxo das hélices. Mas também menciona a ajuda do vento. No último desses voos, informa Orville, a velocidade da aeronave em relação ao terreno foi de aproximadamente 10 mph (16 km/h), contra um vento de aproximadamente 20 mph (32 km/h), o que faz com que a velocidade real da máquina em relação ao ar seja de cerca de 30mph (48 km/h). Ligando à nossa “aerodinâmica da pandorga”, veríamos, que este voo dos irmãos Wright encaixa-se no caso 3:

$$V_p = 16 \text{ km/h}; \quad V_v = 32 \text{ km/h}; \quad V_{rel} = 48 \text{ km/h}.$$

Outro reparo: repetimos que não concordamos com o título do livro de Orville, no qual ele afirma que eles **inventaram** o avião. Pelo que vimos e veremos, foram muitos os que colaboraram para que se chegasse a um voo verdadeiramente autônomo de uma aeronave. Os irmãos Wright colaboraram, e muito, para que se chegasse ao verdadeiro avião. Entretanto, não podemos deixar de concluir que o **1º voo autônomo, por seus próprios meios**, foi o de Alberto Santos Dumont. Ele foi o pioneiro, o primeiro a realizar um voo que se encaixa no Caso 1. Além do que, foi um voo amplamente anunciado, com um grande público presente, além de juízes. Este voo foi convenientemente documentado, fotografado e filmado.

Lembramos que a famosa fotografia do primeiro voo dos irmãos Wright só foi divulgada após o voo de Santos Dumont. Esta é uma das razões de muitos não acreditarem no voo pioneiro dos irmãos. Eles alegaram que foi para manter o sigilo, para patentear seu invento e vendê-lo. O que tentaram cedo demais, oferecendo seus futuros aviões sucessivamente para as forças armadas dos Estados Unidos, Grã-Bretanha, França e Alemanha. Sem sucesso, pois obtinham sempre a mesma resposta: sem ver o avião voando exitosamente, nada de contrato.

## 6 Alberto Santos Dumont

Mas quem era **Alberto Santos Dumont**? Era neto de um joalheiro francês que se mudara para Minas Gerais no início do século XIX. Nasceu na fazenda de seu pai, em 20 de julho de 1873. Seu pai ficou paraplético em virtude de uma queda de cavalo, voltando então com a família para Paris, em 1891. Lá Alberto matriculou-se em cursos de física, mecânica e eletricidade. No mesmo ano, na Exposição do Palácio das Indústrias, em Paris, conheceu e entusiasmou-se com o motor de combustão interna.

Em 1898 fez mais de 30 passeios em balões. Em quatro de julho deste mesmo ano fez o primeiro voo em balão por ele construído, o único esférico. Os demais que construiu eram alongados, em forma de charuto, baseado nas experiências de Henri Giffard, feitas em 1852.

Em 19 de outubro de 1901, com o balão nº 6 circundou a torre Eiffel, saindo e voltando do Parque St Cloud, situado na

periferia de Paris, em pouco mais de trinta minutos (Figura 6.1). Com isto ganhou o prêmio Deutsch.

Em 13 de setembro de 1906 fez uma primeira tentativa de voo com o avião 14-bis, o qual ergueu-se apenas uns poucos centímetros, em um percurso de onze metros. Percebeu que faltava força ao motor. Trocou-o então por um mais possante, o *Antoinette*, de oito cilindros e 50CV. Com este motor, em 23 de outubro deste mesmo ano voou em linha reta por 60 m, chegando a uma altura de 2 m. E no mês seguinte, no dia 12, percorreu 220 m em 21,2 segundos, alcançando uma altura de 5 m (Figura 6.2).



Figura 6.1 – Santos Dumont contornando a Torre Eiffel com seu balão nº 6. 19/10/1901.

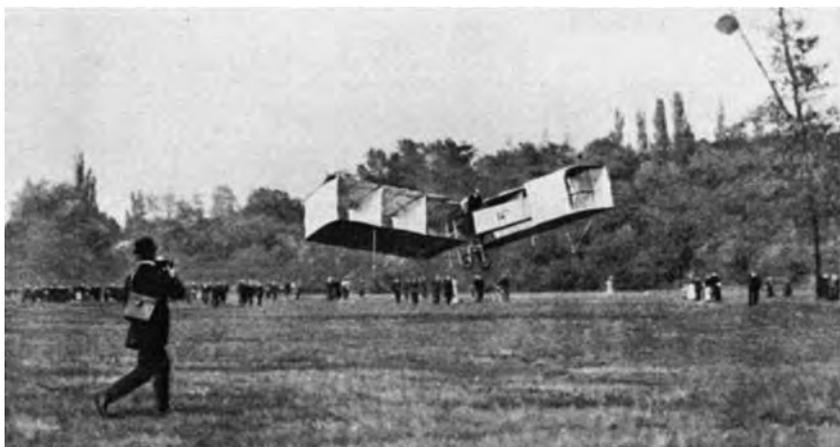


Figura 6.2 – O voo de Santos Dumont em 12/11/1906.

Por estes feitos ganhou dois prêmios: a taça Ernest Archdeacon por ter sido o primeiro a voar por mais de 25 m, e o prêmio Aeroclub de França pelo primeiro avião a voar 100 m.

Porque Santos Dumont colocou o leme na frente, e não na cauda, como estamos acostumados a ver em aviões de todos os tipos? Foi para ter um máximo de força de sustentação (força aerodinâmica vertical). Para decolar era necessário levantar a frente do avião. Isto podia ser conseguido com uma força dirigida para cima, na frente, ou dirigida para baixo, na cauda (Figura 6.3). Ou seja, respectivamente com uma força de sustentação positiva ou negativa. Com uma força de sustentação positiva no leme dianteiro, teremos uma maior força total de sustentação, facilitando (ou, no caso, permitindo) a decolagem. Não devemos esquecer que mesmo os motores a gasolina da época não tinham grande potência.

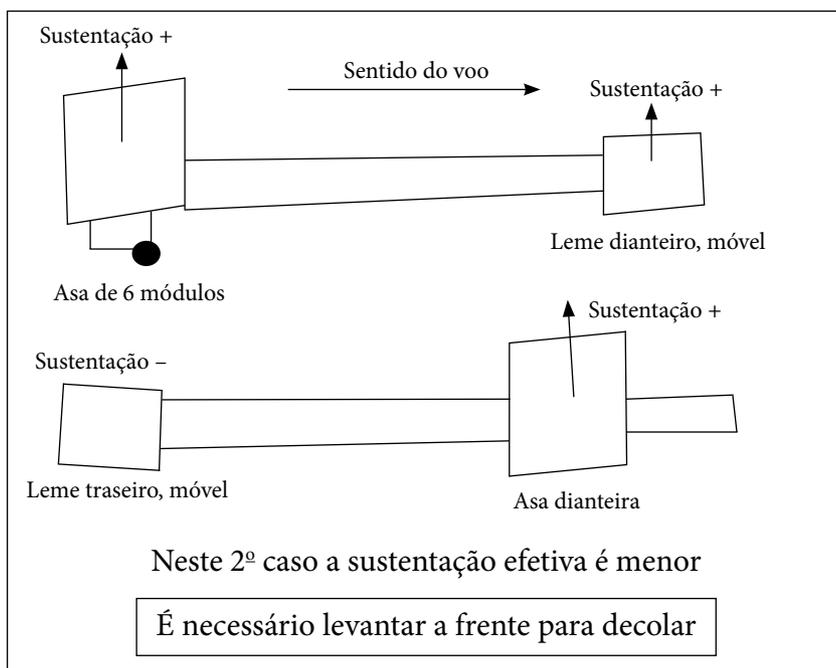


Figura 6.3 – Porque Santos Dumont usou o leme na frente do avião.

Dumont inspirou-se em um dos tipos das pandorgas caixa (mostrada na Figura 6.4), inventadas pelo australiano Hargrave, sobre o qual daremos informações no Apêndice II.



Figura 6.4 – Uma das pandorgas-caixa, inventadas e desenvolvidas por Hargrave.

Em dezembro de 1907, em Bagatelle, Paris, Dumont fez o primeiro voo com o avião (sua aeronave de nº 19) que chamou de *Demoiselle* (Figuras 6.5 e 6.6). Era um avião pequeno, leve (pesava apenas 60 kgf), esteticamente bonito e “gracioso como uma libélula”, diziam. O mesmo não se pode dizer de seu primeiro avião, o 14-bis, que nada tinha de gracioso ou apresentação estética. Neste ponto o *Flyer* dos irmãos Wright não só era mais manobrável que o avião de Santos Dumont, mas também tinha um aspecto mais elegante e aerodinâmico.

Foram quatro os modelos de *Demoiselle*; suas aeronaves de nº 19, 20, 21 e 22, projetadas entre 1907 e 1909. Os motores tinham potência entre 20 e 35 CV. Com o último dos modelos, o de nº 22, em 13/09/1909 fez um voo de 8 km em cinco minutos,

chegando a uma velocidade de 96 km/h. Em 17 do mesmo mês fez um voo de 18 km.

Dumont tornou público o projeto deste prático avião, sem cobrar direitos autorais. Parece que foram construídos mais de 300 exemplares, no decorrer dos anos.



Figura 6.5 – Santos Dumont visitando amigos em sua prática *Demoiselle*, 1909.



Figura 6.6 – *Demoiselle* em pleno voo.

Santos Dumont, além de alguns inventos, fez contribuições práticas para seus voos:

- Conseguiu motor de automóvel com potência suficiente para seu avião decolar sem qualquer ajuda externa, e modificou seu carburador para que o motor funcionasse normalmente mesmo com as oscilações do avião.
- Melhorou a estabilidade lateral adaptando a seu avião um par de ailerons, ainda usados hoje em dia. É este dispositivo que permite ao avião girar em torno de seu eixo longitudinal, para estabilização do voo e para fazer curvas. Muitos acidentes naquela época foram ocasionados por essa instabilidade. Parece que foi o britânico M. P. W. Boulton que idealizou e detalhou o aileron, em 1868. Ailerons e outras peças móveis necessárias para o voo controlado de um avião aparecem na Figura 6.7, sendo:

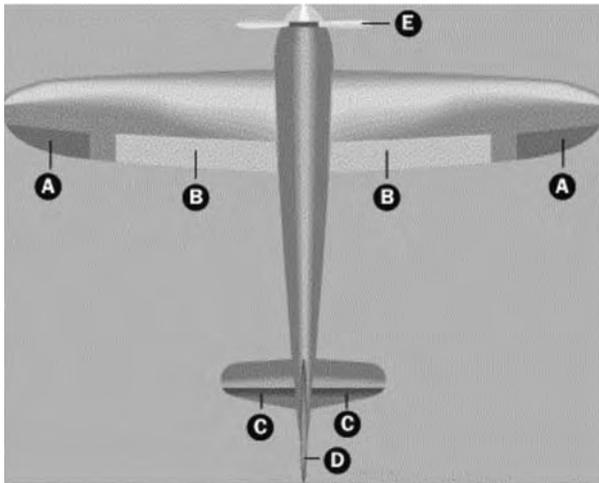


Figura 6.7 – Partes móveis de um avião.

- A: *aileron*s, usados para inclinar o avião, operação necessária para manter o equilíbrio do avião, durante uma curva.
- D: ao mesmo tempo a empenagem vertical D (leme) é movimentada para fazer o avião girar em torno de um eixo vertical, mudando assim sua direção.
- B: os *flaps* movimentam-se para trás e para baixo, aumentando o arrasto (para frenagem) e a sustentação; o que é necessário, por exemplo, para o pouso, ocasião em que a diminuição da sustentação causada pela velocidade menor é compensada pelo aumento e forma das asas.
- C: empenagem horizontal (elevadores). Servem para controlar o movimento vertical do avião, fazendo com que ele ganhe ou perca altitude.

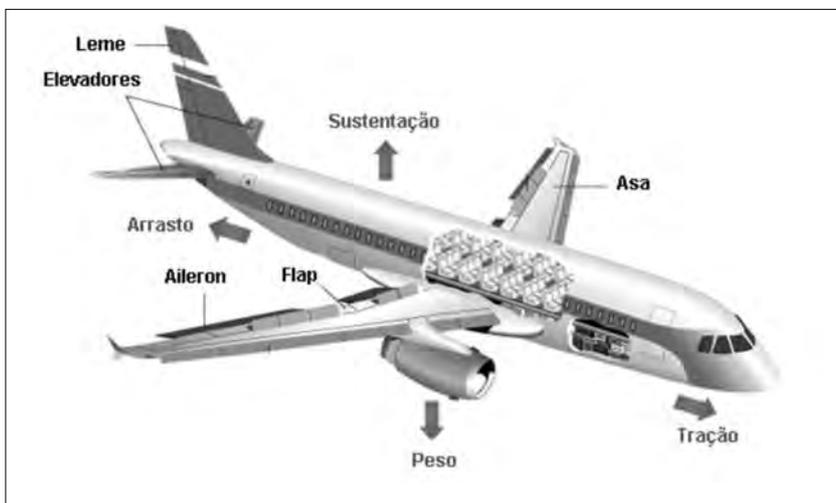


Figura 6.8 – Perspectiva mostrando as partes móveis de um avião.

A Figura 6.8 apresenta estas partes móveis em perspectiva, bem como as quatro forças que atuam em um avião em pleno voo.

– Santos Dumont voava sentado, e os irmãos Wright deitados, nos primeiros anos. Para eles, o jogo de corpo era necessário para dirigir e equilibrar o avião. Por outro lado, Santos Dumont ligava os cabos de controle dos ailerons em suas costas, no casaco, o que o obrigava a mover as costas para manter o equilíbrio do avião. Diziam que ele parecia estar dançando um samba.

– Os aviões de Santos Dumont tinham trem de pouso. Os irmãos Wright usavam uma espécie de patim, que deslizava sobre uma prancha de madeira. Não julgavam conveniente usar rodas.

– Para Santos Dumont era muito útil usar o relógio no pulso, para assim ter as mãos sempre livres para o controle de suas aeronaves. Até então relógios pessoais eram sempre usados no bolso do colete ou da calça. Passou a ideia para seu amigo, o joalheiro Louis Cartier, que começou a fabricá-los em 1901, quando Santos Dumont voava em balões.



## 7 Comentários finais

O regulamento da taça Ernest Archdeacon exigia que, para ganhar o prêmio, o avião voasse mais de 25 m **por seus próprios meios**. O que nos faz pensar que os europeus já tivessem conhecimento dos voos dos irmãos Wright, e que eles não tinham sido efetuados por “seus próprios meios”. Caso assim tivesse acontecido, não teria sentido instituir o prêmio, pois mais de 25 m os irmãos Wright teriam voado em seu primeiro voo. Ou talvez nada soubessem dos voos destes dois irmãos.

A existência de um aeroclube e a instituição de um prêmio indicam que já existiam pelo menos tentativas de voos e de que eles ainda não tinham sido efetuados por “seus próprios meios”.

Assim, o primeiro voo de um avião por seus próprios meios, anunciado de antemão, com público e juízes presentes, com fotografias sem suspeita de fraudes e oficialmente homologado, foi, sem dúvida alguma, o de Santos Dumont.

Em 2006, por ocasião do centenário do voo pioneiro de Santos Dumont, o Instituto Americano de Aeronáutica e Astronáutica (*American Institute of Aeronautics and Astronautics – AIAA*) prestou homenagens a Dumont. Entre elas, uma placa de bronze colocada em um pedestal em frente da casa em que nascera Santos Dumont, em Cabangu, município de Santos Dumont, MG. Nesta placa é dito que “ *He flew his first airplane, the 14-bis, on October 1906, the first aircraft to take off and land without any external assistance*” (o primeiro avião a decolar e pousar sem qualquer auxílio externo – o destaque é nosso).

Vejamos o que publicou, a respeito, o Correio do Povo, de Porto Alegre, RS, em 23/05/2007, p. 10:

*“Descendentes dos Wright e de Dumont fazem as pazes.*

**São Paulo** – Alberto Santos-Dumont e Wilbur e Orville Wright, que disputaram a paternidade da aviação entre Brasil e EUA no último século, tiveram um consenso póstumo ontem. O sobrinho-neto de Dumont e a sobrinha bisneta dos irmãos Wright se encontraram na Base Aérea de São Paulo e acordaram que os irmãos Wright foram os primeiros a fazer a decolagem, com ajuda de vento forte, e Dumont o primeiro a não precisar de ajuda para voar”.

**Em conclusão:**

Alberto Santos Dumont, não só de direito, mas também de fato, foi o precursor do voo motorizado e absolutamente autônomo.

# Apêndice I

## O livro de Lilienthal



Figura I.1 – Um dos muitos planadores de Lilienthal.

Na primeira metade do século passado, houve época em que algumas marcas de balas vinham com figurinhas, para formar um álbum. Devíamos ter dez, talvez doze anos, quando em uma dessas encontramos uma com Lilienthal voando em um de seus planadores, talvez o que aparece na Figura I.1.

Mais recentemente, as informações que conseguimos sobre esse pioneiro da aviação tratavam quase que exclusivamente de suas observações, análise e conclusões que tirava do voo planado de grandes aves. Mas foi no livro de sua autoria, *Birdflight as the basis of aviation*, publicado em 1889, que tivemos conhecimento de seus minuciosos estudos, para os quais muito colaborou seu irmão Gustav. Muito mais do que um simples observador do voo de aves, ele foi um pesquisador de primeira linha, projetando, junto com seu irmão, os equipamentos para examinar o comportamento aerodinâmico de asas de diversas formas, e em várias situações.

No dizer de Michael A. Markowski (engenheiro aeronáutico e piloto), na apresentação da reimpressão do livro de Lilienthal, publicada em 2001, ele foi “um gênio criativo cuja observação, análise, talento e audácia estabeleceram os fundamentos para o desenvolvimento da aviação”.

Desse livro pinçamos apenas alguns pontos. Caso contrário, estaríamos escrevendo outro livro, ou melhor, estaríamos “pirateando” o trabalho desse notável pesquisador.

Em sua primeira tentativa os irmãos Lilienthal procuraram imitar o bater de asas das aves, em um modelo de pequenas dimensões. Era movido por molas e foi lançado de um plano inclinado. Mas a posição inconveniente do centro de gravidade fez com que o modelo adquirisse um movimento de pêndulo

e se descontrolasse. Nos modelos seguintes, posicionaram melhor o centro de gravidade. O melhor deles tinha duas asas de pombo, dava vinte batidas de asas e chegou a voar por uma distância de duas salas.

A Figura I-2 apresenta desenhos de asas de diversos pássaros. Curiosamente, Lilienthal inclui nesta figura as asas de um morcego. E na Figura I-3 pode-se apreciar o belo voo planado de um condor, destacando-se os *pinions* nos extremos das asas.

Em 1874 fizeram um aparelho com asas que eram uma cópia exata das asas de um pássaro, incluindo as longas penas de extremidade de asa (*pinion*). Tinha as dimensões de uma cegoalha; a propulsão seria por um motor leve que ainda deveria ser projetado e construído. Mas, inicialmente, baseados na experiência de Otto com motores a vapor, usaram um deles. Mas era potente demais para o pequeno modelo, e na primeira tentativa de voo as duas asas romperam-se.

Também fizeram pandorgas com a forma de pássaros, para estudar seu comportamento ao vento. As asas eram encurvadas na borda de ataque, para imitar a forma das asas dos pássaros. Em certas condições, com o “pássaro” mais ou menos em posição horizontal, ele moveu-se contra o vento. Aliás, em ensaios com cúpulas muito rebaixadas, encontramos a força horizontal exercida sobre a cúpula tendo o sentido contrário ao do vento. Assim, parece-nos que certas tartarugas caminhariam melhor deslocando-se no sentido contrário ao do vento.

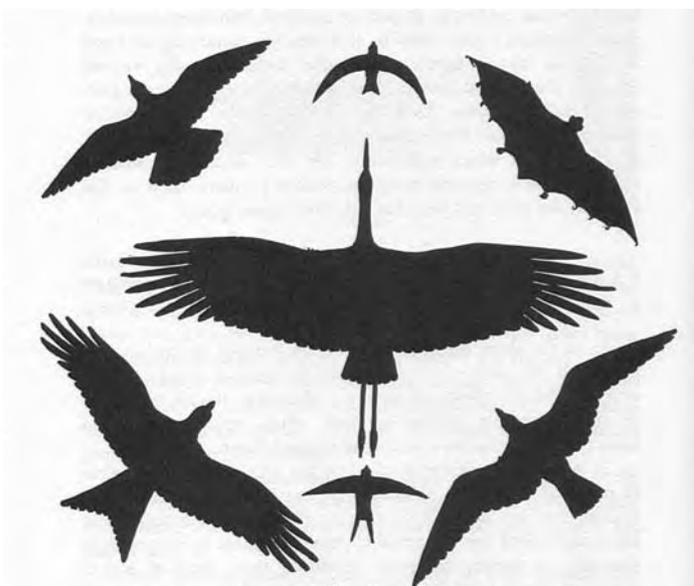


Figura I.2 – Diversas formas de asas, duas delas com as penas *pinions*.



Figura I.3 – Um belo voo planado de um condor.

Além disso, também fizeram alguns estudos com modelos de asas móveis, simulando o bater de asas dos pássaros.

“A observação da natureza constantemente reaviva a convicção de que o voo não pode e não será negado ao homem para sempre”, escreveram os irmãos Lilienthal. E continuaram:

Ninguém que tenha tido a oportunidade de observar grandes pássaros que se movem no ar com lentas batidas de asas e muitas vezes apenas estendendo as asas sem movimento [...]; de apreciar a beleza e perfeição de seus movimentos; de admirar a eficiência e segurança de seus aparelhos de voo; e de quem pode deduzir da majestade daqueles movimentos os esforços moderados e, com a ajuda do vento, a pequena quantidade de energia requerida para tal voo, pode acreditar que está não muito distante o tempo em que nosso conhecimento e compreensão do método de voo possibilitar-nos-á quebrar o encanto que tem feito impossível libertar nossos pés da mãe terra.

A Figura I-4 apresenta um desenho do aparelho usado pelos irmãos Lilienthal para determinar a força de sustentação com asas móveis. Um contrapeso de 40 kgf servia para diminuir a força de sustentação necessária para elevar o aparelho. Com o contrapeso, era necessária uma sustentação de mais de 40 kgf para levantar o mecanismo.

O esforço muscular necessário era muito grande, e só podia ser mantido por alguns segundos.

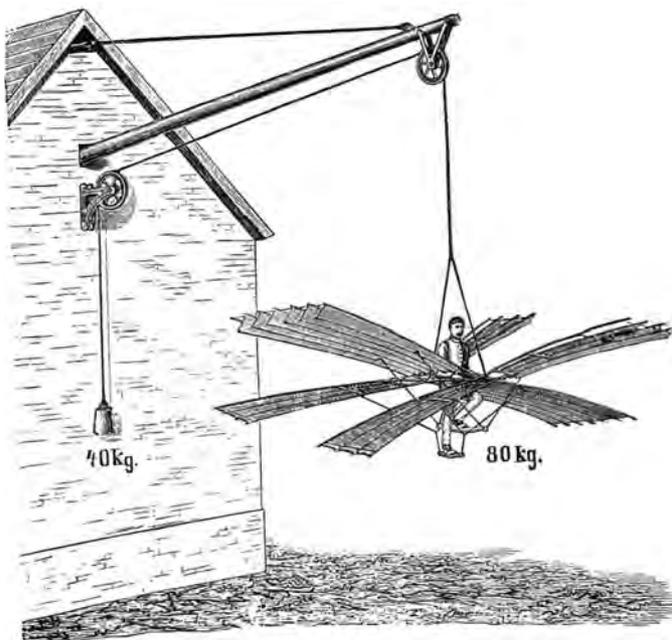


Figura I.4 – Aparelho usado para medir a Sustentação. Pessoa e asas pesavam 80 kgf.

## Tipos de voo

Eles indicam alguns detalhes das “técnicas” dos pássaros para voar:

- Há pássaros que facilitam sua subida correndo contra o vento.
- Muitos dos grandes pássaros saltam de grandes alturas, para adquirir a velocidade necessária para o voo.
- Em um terceiro tipo de voo, com menos esforço, as asas não batem para cima e para baixo, mas são apenas levemente inclinadas e giradas. O vento, naturalmente, deve

ter uma velocidade apropriada para tal voo, possibilitando tanto voo horizontal como ascendente, em espiral.

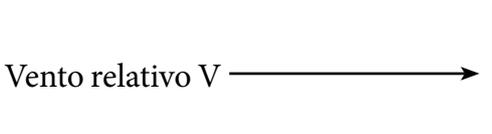
O terceiro tipo de voo é que foi detalhadamente estudado, não só pelos irmãos Lilienthal, mas por vários dos pioneiros da aviação.

## Placa perpendicular ao movimento

Escreveram os irmãos Lilienthal:

Foi estudada a força exercida sobre uma placa fina (placas são, por definição, planas) que se desloca com velocidade uniforme em direção perpendicular a ela.

A pressão do ar aumenta em relação direta com a área da superfície e com o quadrado de sua velocidade. Contém também uma constante que depende da massa específica do ar.



Para a finalidade presente, continuam os irmãos Lilienthal, podemos desprezar a variação da massa específica com a umidade e com a temperatura, e aplicar a equação aproximada:

$$F = 0,13 A V^2$$

sendo:  $F$  – a força sobre a placa imóvel, ou força para deslocar a placa em ar parado;

$A$  – área da superfície da placa;

$V$  – velocidade relativa entre placa e ar.

Esta expressão já era conhecida antes dos irmãos Lilienthal.

Comparemo-la com o que informa a respeito a norma brasileira da ação do vento em edificações, NBR-6123. Por essa norma:

$$F = C_f A q = C_f A (\rho V^2) / 2 = C_f A V^2 / 16$$

sendo  $V$  em m/s e  $A$  em  $m^2$ .

O valor de  $C_f$ , para placas retangulares muito alongadas, está entre 1,8 e 2,0.

Para o caso extremo ( $C_f = 2,0$ ) teremos:

$$F = 2 A V^2 / 16$$

$$F = 0,13 A V^2$$

Isto é, no caso limite, o mesmo valor usado pelos Lilienthal há mais de um século. E as normas atuais também não consideram a variação da massa específica do ar com a temperatura e com a umidade.

“As condições da superfície da placa (lisa ou rugosa) têm influência desprezável, conforme ensaios”. Conclusão ainda válida.

Na Figura I-5 vê-se o mecanismo construído pelos irmãos Lilienthal para determinar o trabalho mecânico necessário para o bater de asas. Este trabalho é dado por  $G \times h$  kgfm, sendo  $h$  a altura de queda do peso  $G$ .

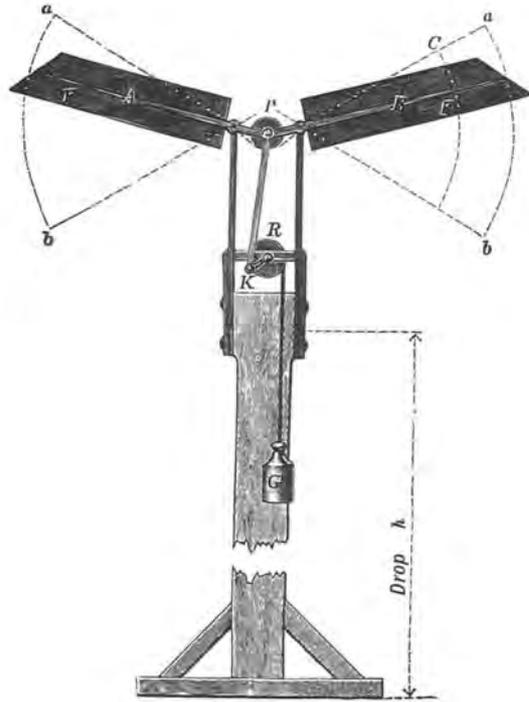


Figura I-5 – Mecanismo para determinar o trabalho mecânico do bater de asas.

## Placa oblíqua ao movimento

Após os ensaios com placas perpendiculares ao escoamento de ar, eles passaram a estudar o comportamento de placas colocadas obliquamente em relação ao escoamento, ou, vice-versa, as placas moviam-se obliquamente ao ar parado. O aparelho esquematizado na Figura I-6 foi usado pelos irmãos Lilienthal para estudar as forças que aparecem em um movimento circular com as placas obliquamente situadas, em várias inclinações. Os pesos forneciam diretamente a Sustentação.

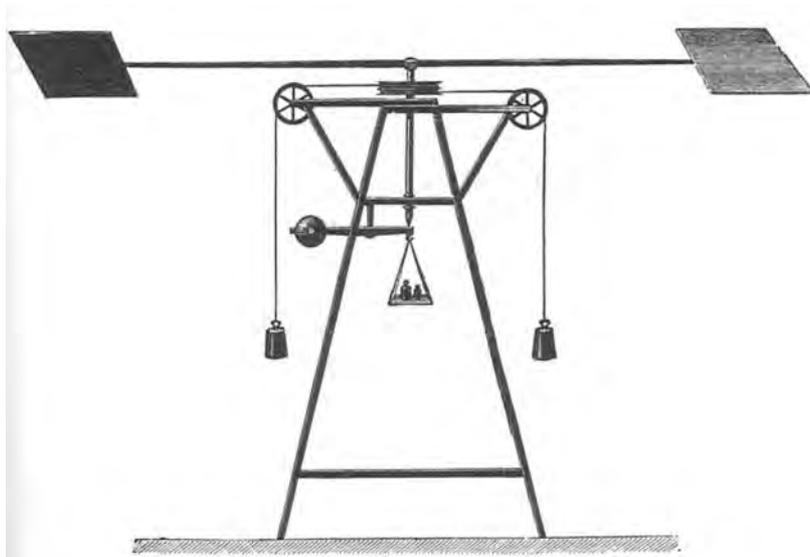


Figura I-6 – Forças em movimento circular com placas obliquamente situadas.

A forma do escoamento nas vizinhanças de uma placa depende da inclinação desta placa. As formas de escoamento estimadas por Lilienthal, para algumas das inclinações estudadas, aparecem na Figura I-7.

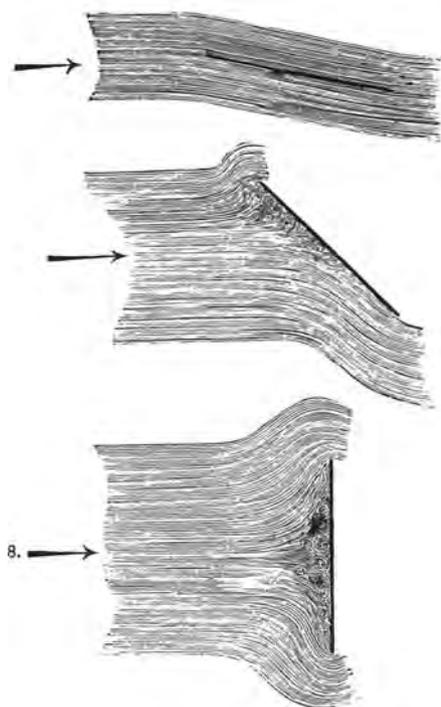


Figura I-7 – Forma do escoamento em torno de placas inclinadas, conforme Lilienthal.

## Asas planas e curvas

Com relação aos ensaios com placas planas, perpendiculares e oblíquas ao escoamento, Lilienthal comenta o seguinte:

uma vez que das considerações anteriores parece sem esperança chegar a uma solução do problema do voo por meio de asas planas, devemos considerar se a solução de sucesso não poderá ser atingida por meio de asas não planas. A natureza prova dia-

riamente que voo não é de fato difícil. As asas dos pássaros não são planas. Elas são levemente encurvadas, e assim possuem as qualidades essenciais para voo econômico (Isto é, com pequeno dispêndio de energia). A sustentação é muito maior que nas superfícies planas. Além disso o arrasto é negativo, isto é, a favor do movimento da asa.

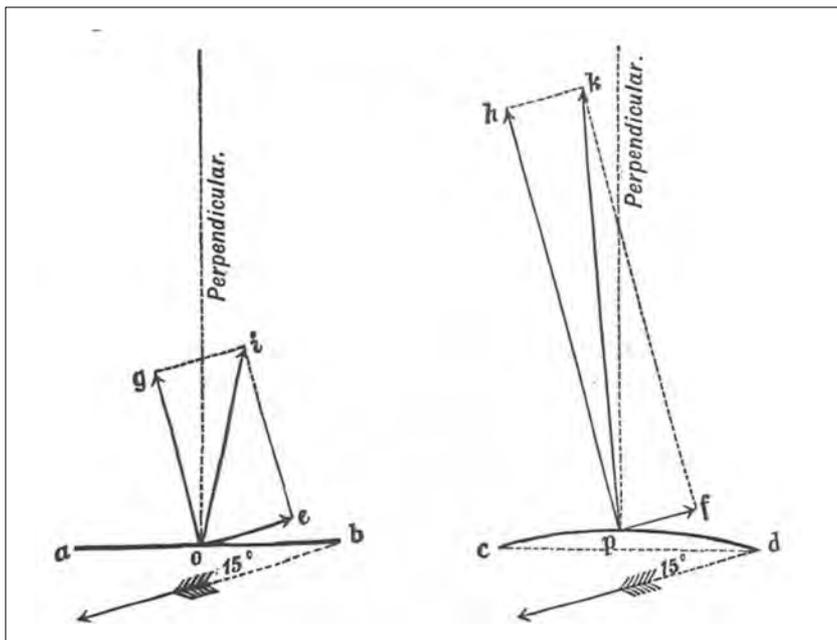


Figura I-8 – Componentes das forças aerodinâmicas em asas.

Na Figura I-8 estão indicadas as componentes das forças aerodinâmicas sobre uma asa plana e uma asa curva. Ambas as asas estavam inclinadas de  $15^\circ$  em relação ao vento relativo que sobre elas incidia, na direção horizontal. Estas componentes são:

**Asa plana:**

- Sustentação (perpendicular ao vento): **o g**
- Arrasto (na direção do vento): **o e**
- Força total: **o i**

**Asa curva:**

- Sustentação (perpendicular ao vento): **p h**
- Arrasto (na direção do vento): **p f**
- Força total: **p k**

Dos muitos ensaios feitos pelos irmãos Lilienthal, as secções dos perfis mostrados na Figura I-9 deram resultados quase iguais, igualmente bons, independentemente do local em que está a parte mais espessa da asa.

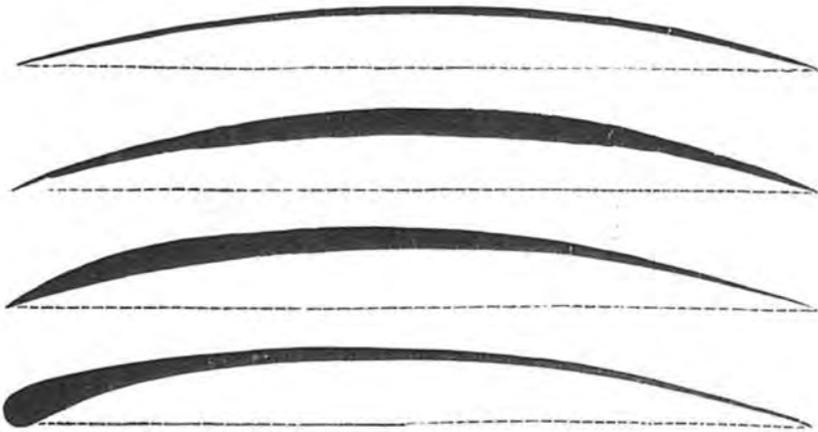


Figura I-9 – Perfis de asa ensaiadas pelos irmãos Lilienthal.

Baseado em suas muitas pesquisas, Lilienthal admite que a força de sustentação em uma asa curva pode ser considerada como sendo o dobro da força em uma placa colocada perpendicularmente ao vento:

Força na placa, perpendicular ao vento (conforme Lilienthal):

$$F = 0,13 A V^2$$

A força de sustentação, S, será então:

$$S = 2 F = 2 \times 0,13 A V^2 / 2 = 0,26 A V^2$$

Forças em um perfil curvo, medidas ao vento

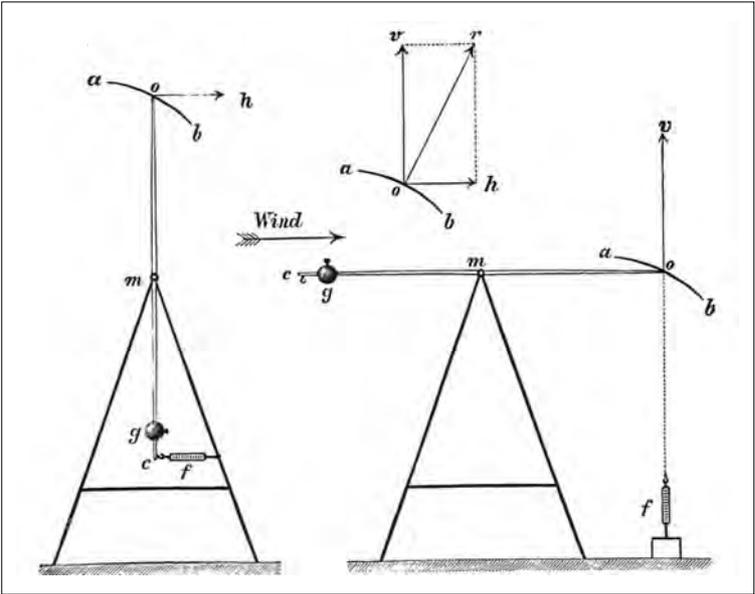


Figura I-10 – Determinação das forças em um perfil curvo, ao vento natural.

A Figura I-10 (O contrapeso **g** serve para contrabalançar a haste **oc**) é composta de três partes:

- **A** : dispositivo para medir a força horizontal do vento (arrasto, **oh**).
- **B** : dispositivo para medir a força vertical do vento (sustentação, **ov**).
- **C** : resultante das duas componentes, **or**.

## Medida da velocidade do vento

Para medir a velocidade do vento nos ensaios com perfis curvos, os irmãos Lilienthal desenvolveram o aparelho mostrado na Figura I-11.

**F** é uma placa de madeira, coberta com papel, que desliza livremente na barra **ik**. Ela está ligada ao extremo **i** por uma mola helicoidal. O índice **t** indica a velocidade na escala calibrada diretamente em velocidade.

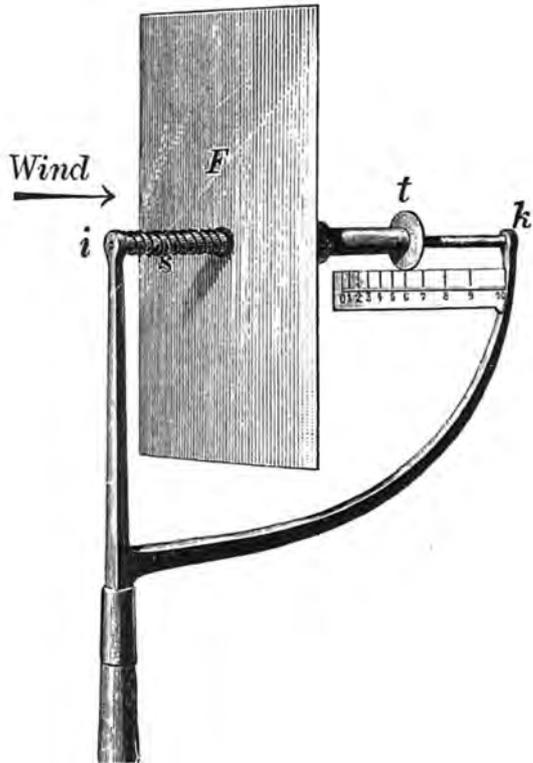


Figura I-11 – Aparelho para medir a velocidade do vento.

## O vento no dia a dia

Os dois irmãos mostram vários exemplos da ação do vento em situações corriqueiras. A Figura I-12, com roupa colocada para secar em um arame, mostra a forte sustentação que atua em superfícies curvas, podendo fazer com que a roupa fique acima da horizontal.

Outros exemplos: velas de barcos, pás dos tradicionais moinhos holandeses.

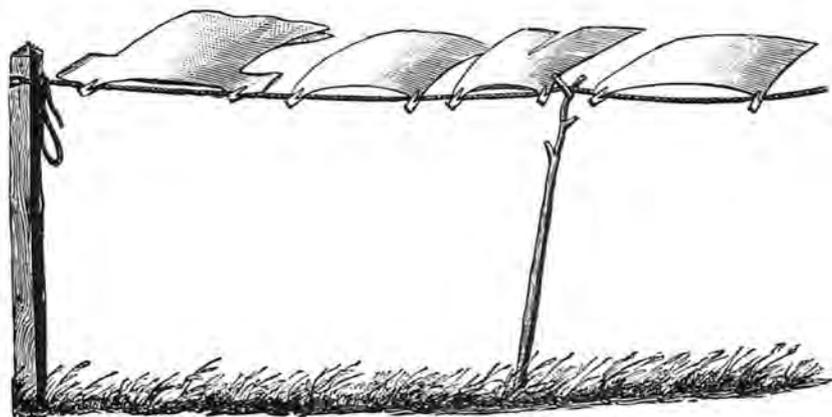


Figura I-12 – Sustentação em roupa colocada para secar.

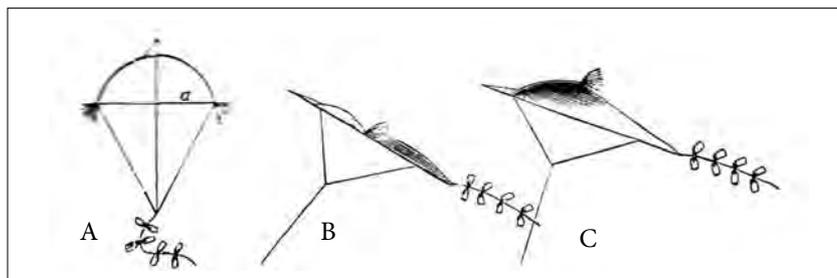


Figura I-13 – Características aerodinâmicas de uma boa pandorga.

Uma pandorga com o papel de cobertura fixado na estrutura interna (Figura I-13-A) encurva-se ao vento como mostrado na Figura I-13-B, em duas partes. Com o papel fixado só na periferia, há uma única superfície curva, com uma forma mais favorável (Figura I-13-C). A força de sustentação é maior e a pandorga sobe mais e melhor (observe-se que o cordão aproxima-se mais da vertical em C do que em B).

## Alguns dos planadores de Lilienthal

Seguem figuras que mostram alguns dos planadores projetados e construídos pelos irmãos Lilienthal. O piloto sempre foi Otto. Na Figura I-14 observa-se uma fotografia de um planador monoplano. Observe-se a bela empenagem vertical, na cauda, que favorece o equilíbrio torsional e lateral.

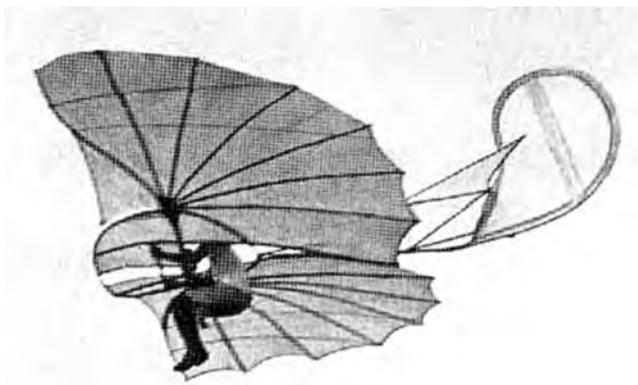


Figura I-14 – Uma dos planadores monoplano dos irmãos Lilienthal durante o voo.

E na Figura I-15 vê-se um planador biplano, com empenagens vertical e horizontal na cauda. Observe-se o encurvamento das asas.



Figura I-15 – Planador biplano dos irmãos Lilienthal, com asas nitidamente encurvadas

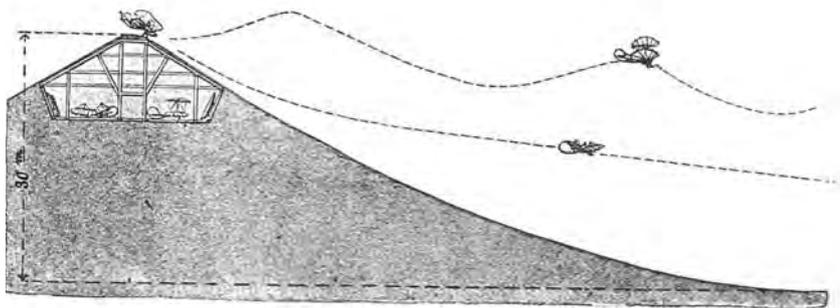


Figura I-16 – Colina mandada construir pelos irmãos Lilienthal. Observe-se o local preparado para ser depósito de planadores.

A colina artificial, com 30 m de altura, mandada construir (“com considerável despesa”) pelos irmãos Lilienthal, situava-se nas proximidades de Gross-Lichterfelde. Pela forma cônica dessa colina, voos podiam ser feitos para vento soprando de qualquer direção. Na Figura I-16 estão traçadas as trajetórias de dois dos voos.



## Apêndice II

### O livro de Chanute

a) Assim como Lilienthal, além de sua notável contribuição experimental e teórica para o desenvolvimento da aviação, Chanute escreveu um livro que se tornou igualmente clássico, e que continua sendo reimpresso, como o de Lilienthal. Foi dele que extraímos o que exporemos neste apêndice.

Este livro foi publicado, pela primeira vez em uma série de artigos no *American Engineer and Railroad Journal*, New York, entre 1891 e 1893. E em 1894 apareceu a primeira edição do conjunto desses artigos.

É considerado, na história da aeronáutica, um livro básico, que trata das pesquisas e invenções feitas nos primórdios desta ciência, antes mesmo do voo de um verdadeiro avião (que decola e se mantém no ar sem auxílio externo, tais como o vento, a gravidade ou catapulta, por exemplo). As informações contidas nesse livro serviram de base e entusiasmaram muitos pesquisadores, que passaram a admitir a possibilidade do voo pelo homem.

Nele estão apresentados, de um modo sucinto, praticamente tudo que tenha sido estudado e feito em diversas tentativas de construir e fazer voar uma máquina com pelo menos uma pessoa a bordo. Inicialmente foram voos de planadores; entre os pioneiros estão o próprio Chanute e Lilienthal.

b) Chanute recomendava que os interessados em voar começassem praticando com planadores. Foi o que tinha feito Lilienthal e o que seria feito poucos anos depois pelos irmãos Wright. Estes começaram com um mecanismo ainda mais simples: a pandorga (pipa, papagaio, são outros termos regionais). Depois passaram a voos em planadores, que tinham, por vezes, seu lançamento auxiliado por pessoas que seguravam as asas e se punham a correr contra o vento, largando o planador já no ar, ao chegarem ao topo da duna. Seus primeiros “voos” motorizados (a partir de dezembro de 1903) só foram possíveis com o auxílio de um bom vento; na falta deste, usavam uma catapulta para alçar voo. O motor que projetaram e construíram tinha pequena potência (12CV), incapaz de manter o avião se deslocando no ar; e muito menos decolar. Esse motor, para nós, era mais um substituto do cordão de uma pandorga, como comentamos oportunamente.

c) Voltando aos planadores de Chanute, no verão de 1896 centenas de voos foram feitos com planadores projetados por ele. Ele não participou destes voos, pois já estava com 65 anos. Quem voou foi o jovem engenheiro Augustus Herring, que trabalhava com ele e ajudou o desenvolvimento e a construção de planadores. Um deles tinha várias asas superpostas; mais sucessos obtiveram com um planador biplano, que tinha boa estabilidade e controle durante os voos.

Chanute concluiu que, para manter a estabilidade, era melhor movimentar as asas do que o piloto. Esta última técnica já fora utilizada por Otto Lilienthal, antes da publicação do livro de Chanute. Como já vimos, Lilienthal mantinha o equilíbrio do planador por movimentos de seu corpo, que ficava como que dependurado da estrutura do planador. Nos planadores dos irmãos Wright o piloto ia deitado; além do movimento do corpo, a estabilidade do voo contava com asas parcialmente móveis. Mas Chanute foi o primeiro a manter a estabilidade de um aparelho voador por movimentos de suas asas, muitos deles feitos automaticamente. Para ele, o piloto devia sentir-se confortável e sem tensões durante o voo, sem ter que fazer as ginásticas que seus antecessores tinham que fazer para manter a estabilidade de seus planadores.

d) Em março de 1900 Chanute recebeu uma carta de Wilbur Wright, na qual ele informa que lera o livro de Chanute “com grande cuidado e entusiasmo”. E lhe solicita informações a respeito dos materiais e métodos que ele usara na construção de seus planadores.

Chanute, que jamais considerara seus experimentos como secretos (ao contrário dos irmãos Wright), informou-os acerca de seus voos e indicou-lhes lugares apropriados para testar planadores: bastante vento, dunas com areia fina, para evitar problemas graves (no aparelho e no piloto) nas eventuais quedas. Este foi o início de uma intensa troca de cartas entre eles. O primeiro planador dos irmãos Wright, que voou em 1901, foi baseado no planador biplano de Chanute. E também outros planadores dos irmãos basearam-se nos princípios básicos expressos por Chanute, o qual esteve várias vezes em Kitty Hawk, durante voos dos Wright.

Como se vê, Orville exagerou “um pouco” ao intitular seu livro (Como inventamos o aeroplano). Não se pode negar que eles fizeram muito para o desenvolvimento da aviação, mas realmente não inventaram o avião. Aliás, ninguém o inventou; ele foi surgindo aos poucos, com a colaboração de muitas pessoas, fascinadas pela possibilidade de o homem voar (e houve mesmo perda de vida de alguns dos pioneiros, entre eles Lilienthal).

e) Não devemos esquecer que, já muito antes do voo pioneiro de Santos Dumont, as principais leis da aerodinâmica aplicada a aparelhos voadores (aeronáutica) já eram conhecidas. Esse conhecimento adveio tanto da observação do voo de grandes pássaros como de experimentos feitos inicialmente ao vento natural e, mais adiante, em túneis aerodinâmicos.

Quanto ao voo dos grandes pássaros, Chanute (e também outros) concluiu que ele compreende três fases:

- A **partida**, durante a qual um grande esforço deve ser feito, a menos que seja usada a gravidade, com o pássaro deixando-se cair, por exemplo, de um penhasco ou de uma árvore alta.
- O **voo**, durante o qual o pássaro exerce sua força normal, ou faz uso da força do vento.
- O **pouso**, durante o qual, novamente, é dispendido um grande esforço, se o movimento para a frente deve ser rapidamente interrompido, ou então empoleirando-se em um penhasco, uma árvore etc.

“Máquinas voadoras certamente terão de adaptar-se a essas três fases do voo, com dispositivos de partida e de pouso, além dos meios para manter o voo propriamente dito”, continua Chanute. E quanto aos pássaros, eles fazem todas as mano-

bras necessárias tanto regulando a intensidade de seus esforços como mudando o ângulo de ataque em relação ao ar.

Ao descrever algumas dezenas de modelos e protótipos de máquinas voadoras, Chanute divide-as em três categorias, nas quais ele encaixa os princípios que os inventores julgavam os mais eficazes (ou os únicos disponíveis na época) para manter o aparelho no ar:

- Asas de pássaros e paraquedas.
- Parafusos girantes.
- Aeroplanos.

Exporemos apenas algumas dessas tentativas, algumas delas mais por curiosidade. Chanute também apresenta ideias e projetos mais elaborados, alguns deles com êxito parcial ou total (como os planadores de Lilienthal). Lembremos que Leonardo da Vinci já tinha esboçado máquinas voadoras de todos esses tipos.

#### **f) Asas e paraquedas**

Besnier (em 1678!) desenvolveu um par de asas oscilantes que carregava sobre os ombros (Figura II-1). Foram construídas com duas varas de madeira, sobre as quais estavam fixadas asas de musselina que, como se tivessem dobradiças, fechavam-se alternadamente ao se movimentarem para cima e se abriam no movimento para baixo, originando uma força de sustentação e um empuxo. O movimento das asas era comandado pelo movimento das mãos e dos pés.

Ele fez uma série de saltos, cada vez mais audaciosos. Começou atirando-se de uma cadeira, e depois, sucessivamente, de uma mesa, do peitoril de uma janela, do segundo piso da casa e, finalmente, do sótão, conseguindo sobrevoar o telhado de uma

construção vizinha. Não tencionava chegar a levantar voo ou voar horizontalmente. Era mais uma queda atenuada pelas asas.

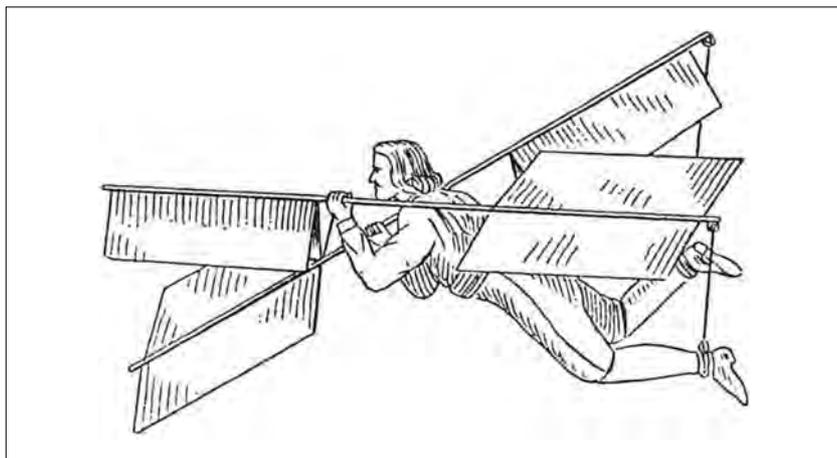


Figura II-1 – Besnier, 1678.

Hargrave, como veremos ao tratar de sua contribuição para a aeronáutica, projetou, construiu e fez voar alguns modelos dotados de “asas”, que se moviam de tal modo que ocasionavam um empuxo no modelo.

Baseado no guarda-chuva (que atuava como um paraquedas), Letur construiu em 1852 o aparelho mostrado na Figura II-2, que seria lançado de uma elevação do terreno ou de um balão. Ele esperava mover-se no ar por meio das asas e leme traseiro (cauda) mostrados na mesma figura.

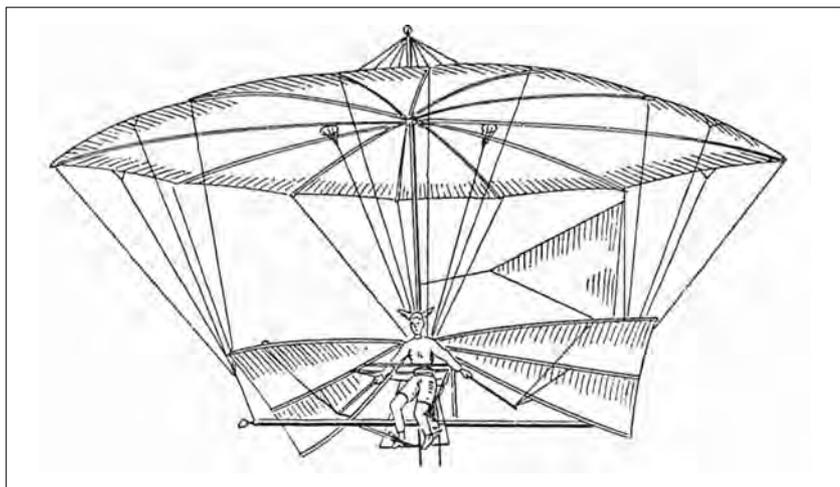


Figura II-2 – Letur, 1852.

M. Castel era engenheiro mecânico. Em 1878 construiu o aparelho mostrado na Figura II-3. Era equipado com oito hélices, cada uma delas com duas pás, e dispostas em dois grupos, que giravam em sentidos contrários, para evitar que o aparelho girasse sobre si mesmo, descontroladamente. As hélices eram acionadas por um compressor de ar de dois cilindros, um para cada grupo de hélices. Durante os primeiros testes o pequeno aparelho (seu peso era de cerca de 25 quilos) subiu, desviou-se e chocou-se contra uma parede da sala onde o teste estava sendo feito.

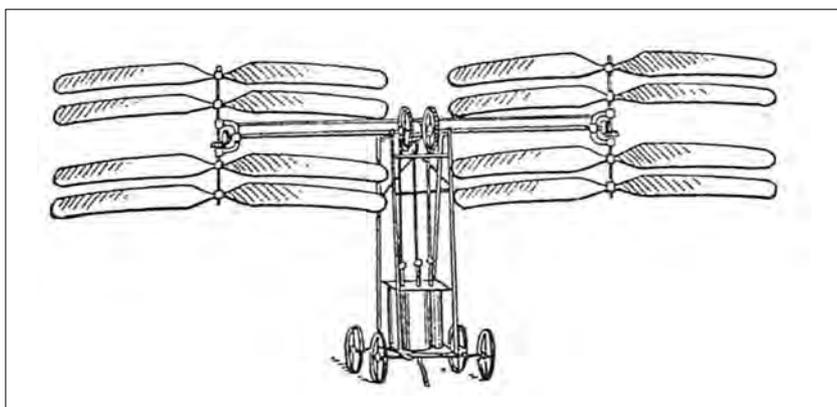


Figura II-3 – Castel, 1878.

### g) Parafusos

Uma ideia pioneira foi apresentada por Launoy e Bienvenu, em 1784, mais de dois séculos antes de Santos Dumont. Eles apresentaram à Academia Francesa de Ciências o modelo mostrado na Figura II-4, com cerca de 30 cm de diâmetro.

Era composto por duas hélices de quatro pás, montadas nos extremos de uma haste que girava pelo desenrolar de uma corda fixada nos extremos de um arco. O esboço da Figura II.4 não é muito elucidativo. As pás das hélices estavam orientadas de tal modo que cada uma delas cancelava o movimento de giro causado pela outra. É o mesmo princípio usado nos helicópteros atuais; sem a pequena hélice, o grande rotor faria o aparelho girar como um parafuso, sem controle.

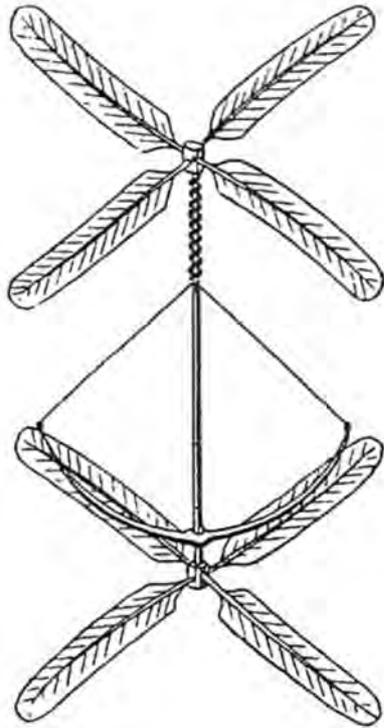


Figura II-4 – Launoy e Bienvenu, 1784.

O mesmo princípio para estabilizar o aparelho voador foi usado no projeto proposto em 1845 por Cossus (Figura II-5). Tratava-se de um aparelho motorizado, que seria movido por uma máquina a vapor. Possuía três hélices (“parafusos”, no dizer de Chanute) girantes, cada uma com duas pás. As duas situadas nos extremos eram menores e podiam ser inclinadas, para movimentar o aparelho na direção desejada. A hélice central, maior, dava sustentação. Nos modernos helicópteros, ambas as ações (sustentação e deslocamento) são obtidas com o grande rotor, que é dotado de pás de passo (inclinação) variável. No

dizer de Chanute, “a ideia não é destituída de mérito”, com as duas hélices menores projetadas para movimentar o aparelho e a maior para sustentá-lo no ar.

Esta interessante e razoável concepção ficou só no projeto, pois foi verificado que a energia obtida com as máquinas a vapor disponíveis na época era insuficiente para fazer o aparelho funcionar.

Este, aliás, foi o maior problema, e o entrave para que um verdadeiro avião tivesse tido êxito décadas antes de Santos Dumont: a falta de motores suficientemente potentes e leves. A potência deficiente foi, aliás, a causa do insucesso dos irmãos Wright, os quais, ao final, conseguiram, no nosso entender, apenas um voo de pandorga.

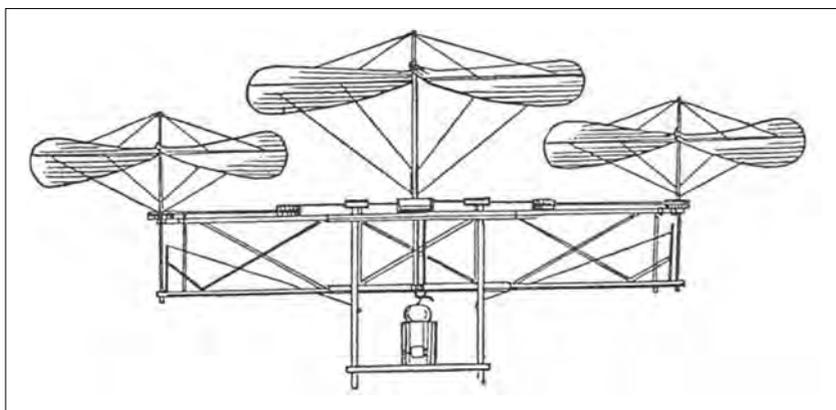


Figura II-5 – Cossus, 1845.

## h) Aeroplanos

Chanute define aeroplanos (*aeroplanes*) como “superfícies finas, fixas, com a sustentação causada pela reação para cima da pressão do ar devida à velocidade, obtida por um dispositivo impul-

sor separado”. Um conceito aerodinamicamente correto. Note-se que no caso das “asas” (*wings*) era simulado o voo das aves, seja em voo planado, seja com movimentos das asas. Exemplos são os chamados “ornitópteros”, dos quais já tratamos.

E continua Chanute:

A ideia de obter sustentação no ar com uma superfície fixa, em vez de uma vibrante ou girante, não é óbvia, e foi apenas em 1842 que um aeroplano, como nós entendemos o termo, com planos que sustentam o peso e uma hélice que impulsiona, foi pela primeira vez proposto e experimentado.

As múltiplas tentativas (e também múltiplos acidentes, de maior ou menor gravidade) mostraram que nos aeroplanos a dificuldade para manter sua estabilidade no ar era muito maior do que nos aparelhos anteriores, dos tipos “asas móveis” e “parafusos” (helicópteros).

Como comentou Chanute, o primeiro aeroplano foi concebido em 1842, ano em que Henson patenteou seu projeto, o primeiro com essa nova concepção (Figura II-6).

A asa era feita de lona ou seda untada, esticada em uma estrutura aproximadamente retangular, e que se mantinha rígida por um duplo sistema entreliçado, acima e abaixo da asa fixa. Abaixo da asa estava fixada uma cabine, onde eram alojados a máquina a vapor, seus suprimentos e os passageiros.

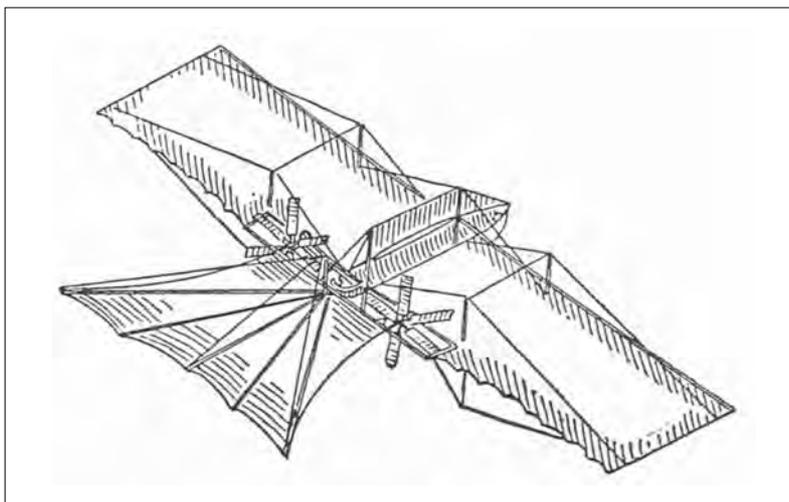


Figura II-6 – Henson, 1842.

Quanto ao problema do peso do motor, Chanute comenta que “a importante questão de um motor leve parece estar para ser satisfatoriamente resolvida”, graças aos esforços de Maxim, Trouvé e outros.

O aparelho seria propelido por duas hélices, que funcionariam à semelhança de moinhos. Atrás das hélices estaria situada a cauda, feita à semelhança das asas. Ela seria móvel, para cima e para baixo, para fazer o avião ganhar ou perder altitude (e é o que faz o leme horizontal dos atuais aviões). Quanto às asas, elas eram um pouco inclinadas para cima, para obter uma boa força ascensional (a denominada “sustentação”, na aerodinâmica).

Para decolar, o avião de Henson deslizaria por um plano inclinado até atingir uma velocidade suficiente para mantê-lo no ar. O motor a vapor teria por finalidade única manter o avião voando. Isto é, para vencer o arrasto – a força que fre-

na o avião, dificultando seu deslocamento – e impulsionar o avião para a frente.

As dimensões prováveis do aparelho, obtidas a partir dos desenhos do projeto em que foi solicitada a patente respectiva, parecem ser de cerca de 42 m de comprimento e cerca de 10 m de largura. Isto é, muito maior que o aeroplano construído mais tarde por Maxim.

Henson calculou que o motor a vapor, de alta pressão, deveria ter de 25 a 30HP. Muito pouco para fazer voar um aeroplano de tais dimensões.

Este aeroplano não foi construído. Seu grande mérito, comenta Chanute, foi o estudo cuidadoso de um novo tipo de máquina voadora: o aeroplano, máquina com plano (ou planos, no caso de biplanos, triplanos etc) fixo, hélices propulsoras, cauda móvel etc.

Em 1884 H. F. Phillips patenteou uma série de asas encurvadas, que tencionava usar juntamente com motores e hélices capazes de fazer um avião levantar e manter o voo (Figura II-7). Essas asas, relativamente estreitas, seriam usadas superpostas, em grande número, a distâncias convenientes para que não houvesse interferência mútua em seu desempenho aerodinâmico. O conjunto apresentava uma forma semelhante ao de uma persiana de janela.

Os perfis de Phillips foram obtidos experimentalmente, com as asas expostas a uma corrente artificial de ar. Esta corrente de ar era causada por um jato de vapor lançado em um tubo de madeira. A finalidade dos ensaios era determinar a velocidade da corrente de ar necessária para sustentar cada tipo de asa no ar, e a área de asa necessária para isso. Os resultados desses ensaios foram publicados em *Engineering*, Londres, em 14/08/1885.

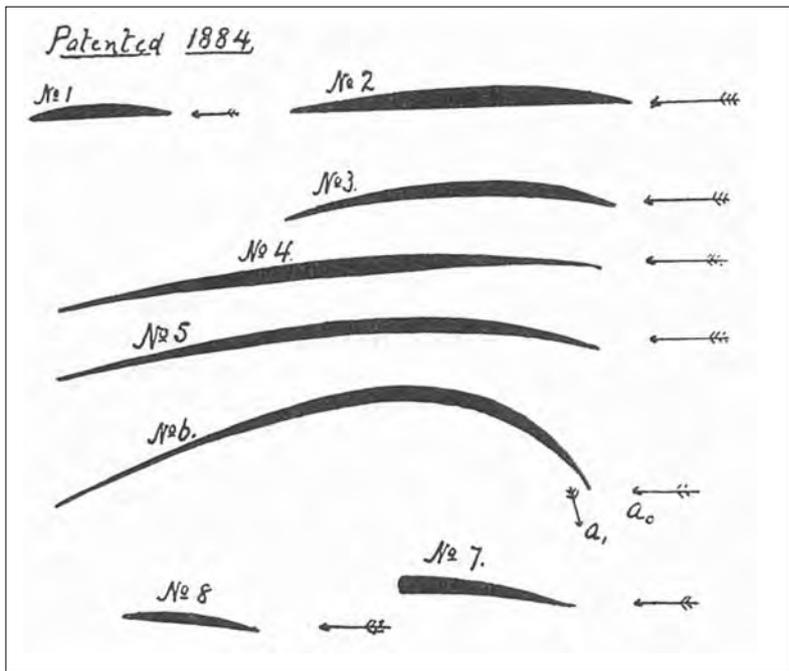


Figura II-7 – Perfis de asas testados e patenteados por Phillips, 1884.

O australiano M. Hargrave teve uma atuação muito destacada no desenvolvimento da aviação. Paulatinamente ele foi projetando e construindo modelos de diversos tipos de aparelhos voadores, com dimensões cada vez maiores. Quanto à fonte de energia, ele começou com atilhos de borracha torcidos, passando depois para ar comprimido.

Trabalhou no desenvolvimento de um motor a vapor, que seria tão leve quanto o de ar comprimido, mas de potência superior. Além disso trabalhou, também sem sucesso, no projeto de um motor a explosão: uma turbina trabalharia com os gases resultantes da explosão de uma mistura de nitrato de amônia, carvão vegetal e enxofre (pólvora?).

Vejamos alguns detalhes de seus projetos e ensaios com modelos de aviões, sendo que todos eles voaram.

A Figura II-8 mostra o último dos modelos (1889) acionados por atilhos de borracha torcida (como nos brinquedos de muitas décadas atrás). A hélice, de duas pás, ficava na parte traseira do modelo, o qual chegou a voar por uma distância de 36 metros.

Com esses modelos Hargrave foi aprimorando a forma e dimensões relativas das partes componentes.

Passou depois a projetar, construir e fazer voar modelos para os quais a fonte de energia era ar comprimido. A Figura II.9 mostra o modelo nº 10, de 1890, que voou por uma distância de 112 metros. As duas “asas”, situadas na frente do modelo, moviam-se para cima e para baixo (como as asas de certos pássaros), com a energia necessária sendo fornecida por um reservatório de ar comprimido, de forma cilíndrica e situado na parte inferior do modelo.

Neste mesmo ano Hargrave projetou, construiu e fez voar o modelo Nº 12, mostrado na Figura II-10. Como no modelo anterior, a força motriz provinha de ar comprimido, que acionava duas “asas”, fazendo-as movimentar-se cadenciadamente; como no modelo Nº 10 elas estavam na parte de trás do modelo.

Em seu próximo modelo (Figura II.11), o de nº 13, que voou em 1891, as asas propélicas móveis foram substituídas por uma hélice de duas pás. A energia para acioná-las provinha de um motor de ar comprimido de três cilindros. O voo deste modelo percorreu uma distância de apenas 39 metros.

Talvez por isto em seu modelo seguinte, o de nº 14, ele voltou às “asas” móveis. Este modelo percorreu, em voo, uma distância de 95 metros.

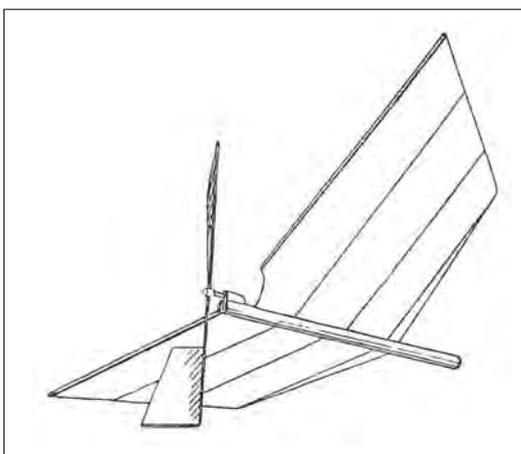


Figura II.8 – Último modelo com atilho de Hargrave, 1889.

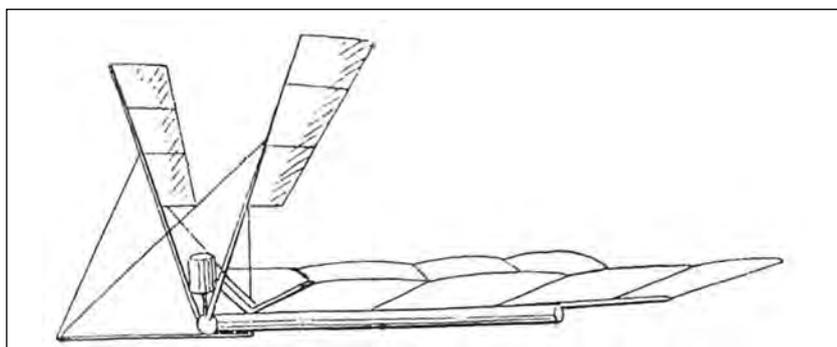


Figura II.9 – Modelo nº 10, de Hargrave, 1890.

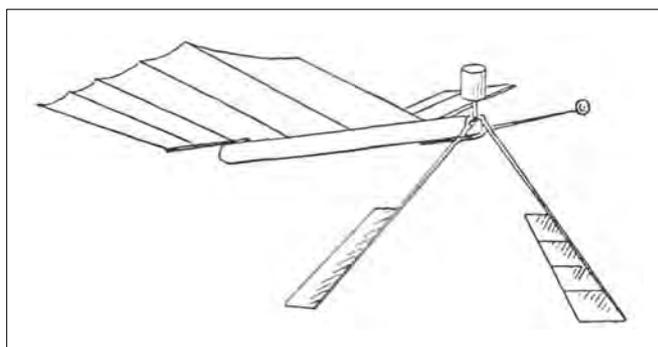


Figura II.10 – Modelo nº 12, de Hargrave, 1890.

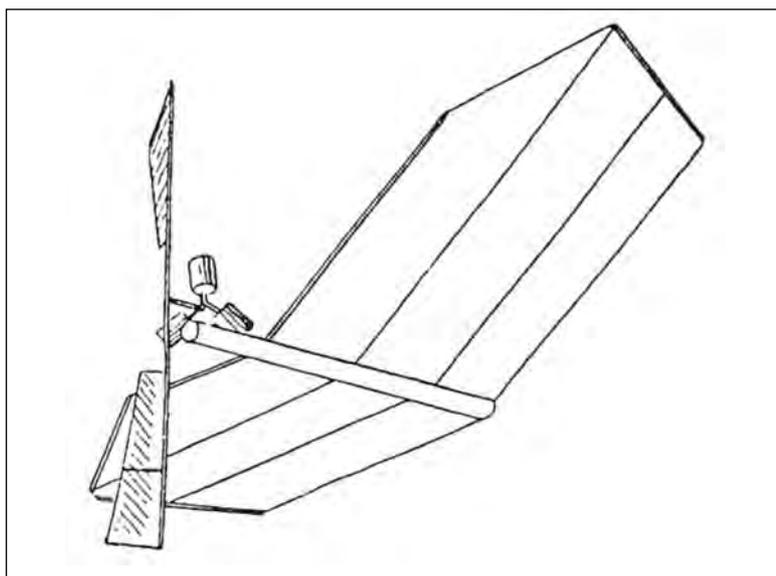


Figura II.11 – Modelo nº 13, de Hargrave, 1891.

Entre seus muitos inventos (nem todos tiveram sucesso) destaca-se a forma diferente que usou para pandorgas, que ele chamou de *celular kites* (pandorgas celulares, muitas delas conhecidas como pandorgas caixão, por sua forma característica).

Um relatório de suas pesquisas foi publicado pela *Royal Society of New South Wales*, em 3 de agosto de 1892.

Das diversas formas que ensaiou (inclusive cilíndricas) destacamos as duas apresentadas na Figura II-12. Serviram de base para o avião 14-bis de Santos Dumont. A pandorga E tem suas superfícies superior e inferior levemente encurvadas, enquanto que a pandorga F tem todas as suas superfícies planas. A pandorga E, como era de esperar já pelo estudo do voo planado de grandes aves, teve um desempenho superior: sua sustentação foi o dobro da referente à pandorga F. Ambas tinham as mesmas dimensões e o mesmo peso.

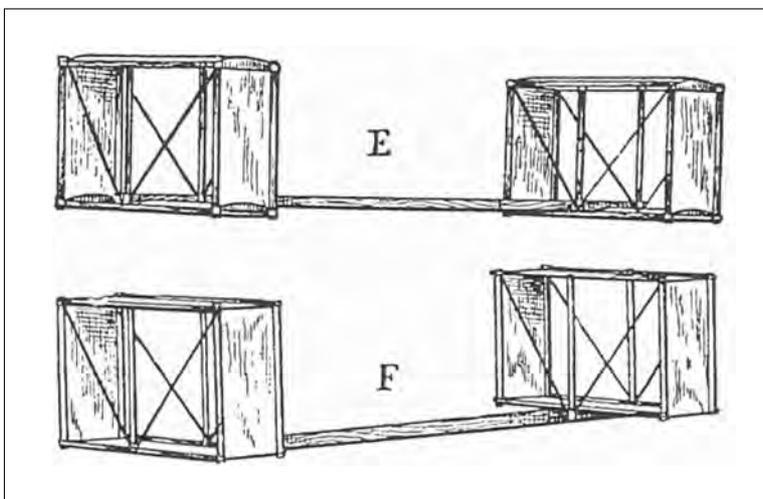


Figura II-12 – Pandorgas-caixa de Hargrave, 1893.

Hargrave confirmou o que já era conhecido, ao dizer que:

uma máquina voadora com superfícies encurvadas seria melhor que uma com superfícies planas, se ambas tiverem o mesmo peso.

Ele também comparou seus resultados com as pandorgas usuais, feitas principalmente por adolescentes, dizendo que suas pandorgas:

diferem das pandorgas de vossas juventudes, que se mantinham no ar em um ângulo de cerca de  $45^\circ$  com a horizontal, posição para a qual sustentação e arrasto são quase iguais. A pequena inclinação das pandorgas em caixão faz com que a força ascensional supere em muito a força de arrasto. Em consequência, a parte do cordão próximo à pandorga fica em posição quase vertical.

A respeito de seu intenso labor em aeronáutica, Hargrave teceu o seguinte comentário:

o povo de Sydney que pode falar de meu trabalho sem um sorriso é muito escasso; sem dúvida é o mesmo com os pesquisadores estadunidenses. Eu sei que o sucesso seguramente virá; portanto, não perca tempo em palavras tentando convencer os céticos.

Hargrave jamais patenteou qualquer uma de suas invenções. Pelo contrário, seguidamente divulgava detalhes delas, pois julgava que o intercâmbio de informações era de importância para o progresso da aeronáutica. Dizia ele que a máquina voadora do futuro não apareceria pronta para voar e capaz de voos de mil milhas (1.600 km) ou mais. Como é usual no de-

envolvimento da ciência e da tecnologia, esta máquina evoluiria gradualmente.

Estamos de pleno acordo: ninguém inventou o avião...

Wenham, que fez importantes estudos com pandorgas, sugeriu que fossem usadas várias asas superpostas (biplanos, triplanos etc.) em vez de uma única asa muito comprida, de estrutura complexa e pesada.

Essa sugestão foi seguida por Stringfellow, que em 1868 apresentou dois modelos para a competição realizada pela *Aeronautical Society of Great Britain*. Um desses modelos já foi apresentado anteriormente.

O próprio Wenham fez alguns projetos e modelos de multiplanos. A Figura II-13 mostra um deles, com seis asas superpostas; deveria ser capaz de carregar uma pessoa.

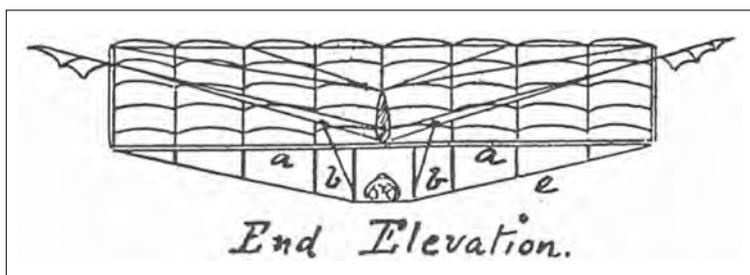


Figura II-13 – Wenham, 1866.

Chanute, entre as diversas considerações que faz sobre as características de voo, apresenta o seguinte:

se o plano for gradualmente inclinado em relação à corrente, o ponto de pressão máxima mover-se-á para a frente [isto é, para a borda de ataque da asa] à

medida que o ângulo de incidência diminui. A posição é dada pela lei de Joëssel:

$$C = (0,2 + 0,3 \operatorname{sen}\alpha) L$$

sendo:

C – a distância do centro de pressão à borda de ataque de uma asa plana, retangular.

L – a largura da asa.

$\alpha$  – o ângulo de incidência em relação à corrente de ar.

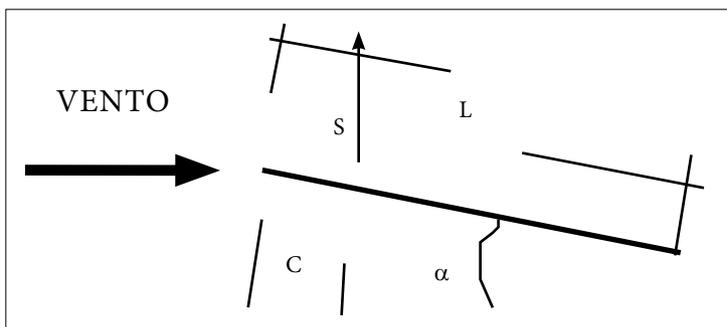
De acordo com essa fórmula, a posição do centro de pressões [isto é, o ponto de aplicação da resultante da Sustentação] varia de 0,5 a 0,2 da distância da borda de ataque ao centro da asa.

A Tabela II-1 apresenta valores de C/L para vários ângulos de ataque,  $\alpha$ .

Tabela II-1 – Valores de C/L para diversos ângulos de ataque

$\alpha$	0°	2°	4°	6°	8°	10°	45°	90°
C / L	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,41	0,50

Ou seja, para pequenas inclinações da asa (“plano”, conforme Chanute) o centro de sustentação fica a cerca de 20 % da borda de ataque. Conclusão a que chegaram vários dos pioneiros da aeronáutica. Como consequência, a asa não deve ser muito larga (dimensão L), porque a colaboração para a sustentação da parte traseira da asa é pequena. Mas a resistência ao avanço (arrasto, que atua na direção do vento) aumenta muito; é uma das razões que levou ao uso de asas múltiplas, superpostas.



S: ponto de aplicação da resultante da Sustentação (perpendicular à direção do vento).

Figura II-14 – Sustentação em uma asa plana

i) Do capítulo “Conclusão” do livro de Chanute destacamos os seguintes comentários e previsões quanto ao futuro da aviação.

Ele cria que dois tipos de máquinas voadoras poderiam evoluir. Uma delas do tipo planador, que transportaria apenas uma pessoa; e a outra, que provavelmente seria desenvolvida um tanto mais tarde (e que ele designou do tipo para viagem – *journeying type*), teria um motor e transportaria vários passageiros.

O planador poderia ou não ter um motor, simples, que funcionaria apenas por breves instantes, mais para situações de emergência.

As máquinas voadoras do tipo para viagem sempre teriam um motor, leve e potente; mas usariam também o vento, ocasionalmente. Mas o vento também faria incerto o tempo gasto em um certo percurso. Como Chanute pensava em aeronaves que se deslocariam em velocidades baixas (em comparação com as atuais velocidades de cruzeiro, da ordem de 800 a 900 km/h), o vento era de suma importância, e faria incerto o

tempo de uma viagem; se o vento fosse favorável, a viagem seria mais rápida; mas se ele fosse desfavorável, a viagem poderia ser lenta ou mesmo impraticável. Chanute pensava que os aviões alcançariam velocidades entre 65 a 100 km/h; e, talvez, pudessem atingir velocidade entre 160 km/h e 240 km/h.

Lembramos o leitor que o tempo de voo, também na atualidade (e como não poderia deixar de ser) depende da velocidade, direção e sentido do vento. Um vento pela cauda diminui o tempo de voo, e um vento frontal aumenta-o. A propósito, em um voo Tóquio-Los Angeles que fizemos em 1971, o avião da VARIG estava sobrevoando San Francisco uma hora antes de sua saída de Tóquio (horas locais). Isto porque havia um forte vento pela cauda, na chamada “corrente de jato” (*jet stream*), que se situava acima de 10 km de altitude.

Como o peso aumenta com o cubo das dimensões do aparelho voador, e a potência do motor necessário para sua sustentação apenas com o quadrado daquelas dimensões, Chanute julgava que será raro construir aeronaves para mais de três a dez passageiros. Não lhe parecia provável que aeronaves pudessem jamais levar cargas leves e valiosas como o fazem meios de transportes por terra e por água. Nem seria provável que passageiros fossem transportados com os baixos preços e a regularidade das ferrovias. Eles jamais competiriam com outros meios de transporte para o transporte de cargas pesadas, pois o peso útil da aeronave é apenas uma pequena parcela do peso total.

Chanute comenta as dificuldades de voos em regiões “não civilizadas”, pelo problema da estocagem de combustível. Cremos que estava pensando no que acontecia com os navios de longo curso, cuja força motriz provinha de caldeiras a vapor. Os britânicos, para manter operacional sua frota de guerra, ti-

nham necessidade de estoques de carvão em todos os mares do mundo. Por isso é que eles foram conquistando ilhas por toda a parte. Até fizeram o absurdo de invadir as Malvinas, em 1833, 17 anos depois da independência da Argentina. Era território de uma nação independente, e não uma colônia espanhola escondida lá no fim do mundo. Aliás, eles também tinham em seus planos invadir Fernando de Noronha.

Quanto ao uso em guerras, ele julgava que aeronaves não seriam eficientes em ataques a navios e fortificações. Por que? Porque o lançamento de explosivos seria impreciso, pois a velocidade da aeronave era demasiadamente alta para permitir uma estimativa exata da distância horizontal e vertical do alvo. O uso bélico seria muito limitado; seria útil para localizar posições inimigas e para transmitir informações rapidamente. Mas, por outro lado, seriam muito vulneráveis quando atacados por máquinas similares, e seriam facilmente abatidos.

No que diz respeito à imprecisão dos bombardeios aéreos, isto aconteceu também na II Grande Guerra. A “precisão” era de alguns quilômetros; deve ser a razão dos violentos ataques aéreos, com uma verdadeira chuva de bombas, que destruía tudo que estava sob ataque. E nas guerras de poucos anos atrás, no Oriente Próximo, a erroneamente chamada “precisão cirúrgica”, destruía não só o alvo, mas também escolas, hospitais, residências, e mesmo locais situados em países vizinhos. Não gostaria de ser operado por um desses “cirurgiões”.

Quanto aos bombardeios em larga escala (como os feitos por ambos os lados na II Grande Guerra, 1939-1945), embora aumentassem os horrores de uma batalha pelo lançamento indiscriminado de explosivos, sua limitada capacidade de carregar peso ou armas faria com que sua importância fosse pequena. Chanute jul-

gava que só o pensamento do horror que seriam ataques aéreos indiscriminados e violentos faria com que diminuísse em muito a frequência das guerras. Elas seriam substituídas por métodos mais racionais para resolver mal-entendidos internacionais.

Como se sabe, foi esse temor de revides ainda mais violentos que manteve o mundo sem conflito generalizado durante a chamada “Guerra Fria”.

Para esse entendimento pacífico, continua Chanute, contribuiria tanto a lembrança dos horrores de uma guerra como o fato de nenhum lugar estar a salvo de ataques aéreos, independentemente da distância a que estivesse a cena do conflito. Lembramo-nos aqui do ataque a Pearl Harbour e das destruições causadas no Oriente Próximo por aviões vindos de outros continentes e de porta-aviões.

Enfim, para terminar seu livro, Chanute faz considerações otimistas:

esperamos que o advento de uma máquina voadora de sucesso trará apenas coisas boas para o mundo: diminuirá distâncias, fará todas as partes do mundo acessíveis, estreitará as relações entre os homens, fará avançar a civilização, e apressará a era prometida na qual haverá nada mais que paz e boa vontade entre todos os homens.

Que assim seja, também nós o desejamos.



# Epílogo

Já que tivemos um prólogo, que incluiu uma justificação do título deste trabalho, julgamos ser coerente termos também um epílogo, com uma recapitulação de alguns tópicos que julgamos importantes e algumas conclusões.

Na verdade, ninguém inventou o avião, contrariamente ao que diz o título do livro de Orville Wright. O surgimento do voo do mais pesado que o ar foi se dando aos poucos, ao longo de muitas décadas, nas quais foram surgindo os princípios aerodinâmicos básicos. E, na parte experimental, foram projetados e construídos modelos de diversos tamanhos, bem como várias aeronaves, algumas das quais conseguiram decolar, em geral com auxílio do vento ou catapulta ou, ainda, deslizando ladeira abaixo para adquirir uma velocidade adequada. Em geral o voo não passou de um salto, mesmo em máquinas voadoras motorizadas.

Quem é considerado o fundador da ciência aerodinâmica é o engenheiro e cientista inglês, **George Cayley (1773-1857)**,

que realizou seus estudos, pesquisas e experimentos muitas décadas antes dos irmãos Wright.

Já tem sido dito e repetido que um avião com o peso do *Flyer I*, pelo que nos demonstra a engenharia aeronáutica, não teria nem como se manter no ar com um motor de apenas 12 CV; e muito menos conseguir fazê-lo levantar voo. Aliás, isso já era conhecido décadas antes dos Wright, pela simples observação do voo de grandes aves. Como já expusemos, tratou-se do “voo” de uma pandorga.

Logo após o que teria sido seu primeiro voo, em 13 de dezembro de 1903, os Wright telegrafaram para seu pai, Milton Wright, comunicando-lhe o ocorrido e pedindo que ele tratasse de patentear a sua máquina voadora. Acontece que o processo de patente foi recusado pelo *U.S. Patent and Trademark Office*, por não haver provas do real funcionamento do aparelho. Apenas em 22 de maio de 1906 eles obtiveram uma patente para sua “máquina voadora” (*U.S. Patent 821393*); mas esta máquina era seu planador de 1902. Somente em 1908 os irmãos conseguiram realizar voos que convenceram o Exército dos EUA. Mas a um custo elevado: houve um acidente que matou um passageiro, o tenente Thomas Etholen Selfridge, em 17 de setembro de 1908.

Foi somente após a II Guerra Mundial (1939-1945), em 1948, que o *Flyer I* conseguiu um lugar para ser exposto no atualmente chamado *National Air and Space Museum*, Washington, D.C.

Há um outro fato que também põe sob suspeita o voo pioneiro dos Wright. Em 2003, o *U.S. Centennial of Flight Commission*, para comemorar o primeiro centenário do suposto voo dos Wright, providenciou a construção de uma réplica do *Flyer I*. E às 10h35min do dia 17/12/2003, na mesma praia usada pelos ir-

mãos Wright, *Kitty Hawk*, o piloto Kevin Kochersberger tentou decolar. Tentou, porque não conseguiu; após deslizar pelo trilho de madeira (com auxílio de uma catapulta – vento seria inexistente ou muito fraco) o aparelho tombou na lama, de lado. E nunca mais tentaram reproduzir o “voo” de cem anos antes.

Não há dúvidas de que o avião (ou pandorga? ou projétil de funda com motor auxiliar?) dos Wright tinha uma manobrabilidade melhor e mais completa que o avião (verdadeiro) de Santos Dumont. Além de ser de um aspecto estético bem superior. Os seus estudos, pesquisas e experimentos foram muito mais científicos que os de Santos Dumont. Eles chegaram a construir um túnel aerodinâmico, no qual ensaiaram dezenas de asas e de hélices.

Mas, repetimos, ninguém inventou o avião. Como é usual na Ciência, houve um progresso contínuo, com muita inspiração e ainda muito mais transpiração.

Em 2006, por ocasião do centenário do voo pioneiro de Santos Dumont, o Instituto Americano de Aeronáutica e Astronáutica (*American Institute of Aeronautics and Astronautics - AIAA*) prestou homenagens a Dumont. Entre elas, uma placa de bronze colocada em um pedestal em frente da casa em que nascera Santos Dumont, em Cabangu, município de Santos Dumont, MG. Nesta placa é dito que “*He flew his first airplane, the 14-bis, on October 1906, the first aircraft to take off and land without any external assistance*” (**o primeiro avião a decolar e pousar sem qualquer auxílio externo** – o destaque é nosso).



# Referências

- ADAMS, Noah. *The Flyers*. New York: Crown Publishers, 2003.
- CHANUTE, Octave. *Progress in Flying Machines*. Dover: New York, 1997.
- CROUCH, Tom D. *Asas*. Rio de Janeiro: Record, 2008.
- HEPPENHEIMER, T. A. *First Flight*. New Jersey: USA, John Wiley & Sons, 2003.
- HOFFMAN, Paul. *Wings of Madness*. New York: Theia, 2003.
- LILIENTHAL, Otto. *Birdflight as the Basis of Aviation*. Markowski International Publishers, 2001.
- MURRAY, Williamson. *War in the air – 1914 - 1945*, Ed. John Keegan, London: Great Britain, 2002.
- SHULMAN, Seth. *Unlocking the Sky*. New York: Harper Collins, 2002.
- TOBIN, James. *To Conquer the Air*. New York: Free Press (Simon & Schuster), 2003.
- WINTERS, Nancy. *Man Flies*. New Jersey: The Ecco Press, 1998.
- WRIGHT, Orville. *How we Invented the Airplane*. New York: Dover Publications, 1988.

Este livro foi composto na tipologia Minion Pro,  
em corpo 12,6/15,9 e impresso no papel Offset 75 g/m<sup>2</sup>  
na Gráfica da UFRGS

---

Editora da UFRGS • Ramiro Barcelos, 2500 – Porto Alegre, RS – 90035-003 – Fone/fax (51) 3308-5645 – edito-  
ra@ufrgs.br – www.editora.ufrgs.br • Direção: Sara Viola Rodrigues • Editoração: Luciane Delani (Coordenado-  
ra), Carla M. Luzzatto, Cristiano Tarouco, Fernanda Kautzmann, Lucas Ferreira de Andrade, Maria da Glória  
Almeida dos Santos e Rosângela de Mello; suporte editorial: Jaqueline Moura (bolsista) • Administração: Aline  
Vasconcelos da Silveira, Getúlio Ferreira de Almeida, Janer Bittencourt, Jaqueline Trombin, Laerte Balbinot Dias,  
Najára Machado e Xaiane Jaensen Orellana • Apoio: Luciane Figueiredo

Passar da pandorga para o planador e depois para o verdadeiro avião, que levanta voo e se destaca na atmosfera sem auxílio externo, demandou diversos estudos, invenções, tentativas exitosas e fracassadas, com acidentes e mortes. Antes de Santos Dumont e os irmãos Wright, houve pioneiros. Esta é a história deles.