



Mudanças no Conceito de Vôo na Primeira Década do Século XX: O Trabalho Pioneiro de Santos Dumont

Introdução

A conquista do vôo sustentado e controlado é um marco do século XX. Diversos inventores abordaram o problema desde que os balões livres de Montgolfier primeiro se elevaram do solo no final do século XVIII. Porém, a falta de um meio de propulsão leve, seguro e confiável retardou o progresso da aviação por um longo tempo. Apenas no final do século XIX, com a invenção do motor de combustão interna, o assunto começou a se popularizar. Para os especialistas, contudo, estava claro que melhorias importantes ainda seriam necessárias para se tornar o vôo possível.

Um aspecto interessante da história do vôo do mais-pesado-do-que-o-ar é o caminho ligando os modelos revolucionários de planadores feitos por Sir George Cayley por volta de 1804 aos primeiros aviões construídos no início do século XX. Apesar dos planadores de Cayley já incorporarem os elementos essenciais de uma configuração auto-estável, os pioneiros do início do século XX geralmente optaram por uma configuração intrinsecamente instável com respeito a um dos 3 eixos.

Na carreira do brasileiro Alberto Santos-Dumont (1873-1932)¹⁻³ acompanhamos o processo de desenvolvimento de uma configuração

instável a um avião bem sucedido. Ao mesmo tempo, demonstramos como o empirismo dominante da época sugeriu desvios que exigiram um enorme dispêndio de energia para rejeitar um modelo mental inapropriado em grande parte ligado à idéia de que força é associada à velocidade.

É curioso observar que na história da Ciência encontra-se um paralelo a este conceito na física do ímpeto. Focalizamos o curto período do meio de 1906, quando Santos-Dumont dirigiu sua atenção para o vôo do mais-pesado-que-o-ar, até novembro de 1907 quando ele alcançou aquilo que pode ser considerado o verdadeiro precursor físico do avião moderno.

Na carreira de Santos-Dumont acompanhamos o desenvolvimento de uma configuração instável a um avião bem sucedido e demonstramos como o empirismo dominante da época sugeriu desvios que exigiram um enorme dispêndio de energia para rejeitar um modelo mental inapropriado

Precusores conceituais e precusores físicos

O avião é um sistema complexo, *um sistema único composto de partes compatíveis cada uma das quais interagindo com as outras e contribuindo para a função básica, de tal modo combinadas que a remoção de uma parte impede o funcionamento eficiente do todo*⁴. Para examinar a evolução do avião, portanto, é conveniente tomar emprestados alguns conceitos do estudo dos sistemas complexos.

Nosso objetivo não é o de tratar sistemas mecânicos como se eles fossem sujeitos às regras de uma teoria evolucionista à maneira de Darwin ou a reduzir a questão a um mero for-

.....
Henrique Lins de Barros

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas,
Rio de Janeiro

.....
Mauro Lins de Barros

Consultor Aeronáutico
Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas,
Rio de Janeiro
.....

O início do século XX foi o palco da realização de um dos mais antigos sonhos do homem: voar. Santos-Dumont voou como os antigos gregos acreditavam que Ícaro voara: livre, controlando sua direção. Neste artigo comentamos os passos e as inovações introduzidas por Santos-Dumont em sua caminhada para conquistar os céus.

malismo que, em sua pior forma, pode tomar uma feição puramente matemática. Pelo contrário, nossa intenção é colocar a discussão em perspectiva com o auxílio de conceitos que permitam distinguir as nuances dos vários projetos que refletem as mudanças dos modelos mentais requeridas para a realização de uma máquina mais-pesada-do-que-o-ar bem sucedida. A história da aviação já é suficientemente rica em pretensões conflitantes e não desejamos adicionar a nossa parcela à controvérsia.

Duas noções – precursores conceituais e físicos – serão úteis para a nossa discussão. Um precursor conceitual é um artefato capaz de executar uma certa função. Ele não é necessariamente ligado a nenhuma solução técnica específica. No nosso caso, um dos conceitos envolvidos é o do vôo controlado. Sob este aspecto, um precursor conceitual é, por exemplo, o balão dirigível que desempenha a mesma função do avião (voar controladamente).

O precursor físico, por sua vez, é um elo em uma cadeia contínua que leva ao artefato final. Ele pode o preceder por uma ou mais etapas no desenvolvimento. Assim, é necessário ser possível chegar ao artefato final, partindo do precursor, através de transformações e adaptações incrementais.

Finalmente, entendemos que a função mínima⁴ é a capacidade de executar uma dada tarefa (no nosso caso, o vôo controlado por uma máquina mais-pesada-do-que-o-ar) em condições fisicamente

realistas. O conceito de função mínima ajuda a discriminar aquelas invenções que, apesar de aparentemente adequadas, não são capazes de executar a tarefa requerida, seja pela falta de materiais apropriados, seja por causa do uso incorreto de algum outro elemento. No caso da aviação, veremos que a função mínima aparecerá explicitamente nos critérios de

testes instituídos pelos próprios inventores.

Método e os inventores do século XIX

Um aspecto importante na invenção do avião é a quase completa ausência de um corpo de trabalho científico. Os inventores eram, na vasta maioria, leigos mecanicamente talentosos, com pouco conhecimento de princípios básicos bem estabelecidos⁵⁻⁸. Isso pode ser visto, por exemplo, na ausência de consideração do torque das diversas forças envolvidas, ao passo que o balanço das forças recebia a atenção devida⁹.

Este treinamento inadequado em Física levou os inventores do século XIX ao desenvolvimento de trabalho experimental. Experiências brutas abriram o caminho para a descoberta, sem a elaboração de modelos teóricos que poderiam ajudar e acelerar o progresso. O caminho para o sucesso foi muito mais longo do que o necessário, pois os modelos mentais sugeridos pela experimentação conduziram para longe da solução ótima. É um aspecto irônico que, na história da aviação,

as principais características de uma configuração estável eram bem conhecidas desde longa data, tendo sido propostas por Cayley e testadas por Otto Lilienthal durante o século XIX. Neste sentido, a invenção do avião é semelhante à do cronômetro marítimo, feita por Harrison no século XVIII¹⁰. Ainda assim, sabia-se que o vôo do avião estava por se transformar em uma realidade, como deixa claro artigo publicado na revista Science em 1885¹¹:

Chega-se à conclusão de que a arte da aerostação está muito mais próxima de um estágio de aplicação prá-

tica do que os cientistas geralmente supõem. Os objetivos agora buscados são o alcance de formas melhores e mais estáveis, o arranjo mais efetivo das partes, a invenção de motores mais leves, invariáveis em peso, e de garantir uma maior eficiência dos instrumentos de propulsão. Agora mesmo, com a experiência do passado, é possível construir uma máquina desta classe capaz de se locomover a pelo menos dez metros por segundo em relação ao meio circundante.

...e através de transformações e adaptações incrementais sobre modelos precursores, conseguiu-se chegar a um artefato final

O desenvolvimento científico requer que se progrida na direção da abstração e da generalização: experimentos, como base

para o raciocínio, devem ser depurados de influências estranhas e devem ser capazes de fornecer os elementos para a construção de um modelo no qual diversas variáveis possam ser manipuladas ou compreendidas.

No caso do desenvolvimento tecnológico o processo é revertido, pois ele busca progredir do geral para o específico. Isso requer outras formas de pensamento nas quais a abstração tem pouca utilidade. A motivação é o objetivo desejado, seja ele a medida do tempo em alto mar ou a construção de uma máquina capaz de voar. Esta diferença no pensamento e na abordagem tornaram impossível a cientistas eminentes como Galileu, Newton e Huyghens, dentre outros, contribuir para a medida do tempo em navios, apesar de terem contribuído com a noção de tempo linear. Pela mesma medida, Lord Kelvin no século XIX, questionou a possibilidade de voar⁷ com uma máquina mais pesada do que o ar. Isso também contribuiu para o fracasso de pessoas com uma boa formação acadêmica como Samuel Pierpoint Langley, enquanto leigos ousados e criativos alcançaram o sucesso.

Sem o trabalho de desenvolvimento baseado na mecânica dos fluidos ou experimentação sistemática preparada com critérios apropriados, os pioneiros aeronáuticos foram obriga-

dos a exercer a sua criatividade através de experiências ingênuas que eventualmente seguiram duas linhas. A primeira foi o desenvolvimento de modelos em escala que, apesar de alcançar algum sucesso, não produziram dados significantes. Isto ocorreu porque em mecânica dos fluidos, assim como em resistência dos materiais, mudanças de escala requerem um tratamento especial. A outra tendência foi a construção e teste de protótipos.

Também é interessante observar que nenhum dos inventores foi capaz de explorar os resultados em mecânica dos fluidos obtidos por Bernoulli no século XVIII. Isso teria simplificado enormemente as coisas, mas as equações não podem ser aplicadas diretamente a corpos de geometria complexa. Outra atitude era exigida: uma abordagem matemática com alto grau de abstração para estabelecer os limites de aplicação das equações de Bernoulli. Um avião não é um objeto fácil de ser modelado matematicamente e o regime de voo não é suficientemente regular para ser examinado de modo matemático. Naturalmente, depois do sucesso de uma invenção, torna-se muito mais fácil reexaminá-la sob uma luz teórica e acelerar o desenvolvimento com modelos matemáticos, pois os meios de calibrá-los e avaliar a validade das conclusões estão disponíveis.

De qualquer forma, o experimentalismo do século XIX produziu uma base de conhecimentos útil com relação às características essenciais do voo. Túneis de vento rudimentares e braços giratórios ajudaram a demonstrar que a sustentação gerada por uma superfície que se move no ar aumenta com o ângulo de incidência até que um valor máximo é alcançado no limite do estol. Lilienthal produziu tabelas; Horatio Phillips e Langley estudaram aerofólios, F.H. Wenham e J. Browning em 1871 e os irmãos

Wright em 1901 estudaram a sustentação de superfícies em túneis de vento e compararam seus resultados com os de Lilienthal. Experiências com modelos em escala demonstraram o voo auto-estabilizado. Em 1871, Alphonse Pénaud fez voar um modelo inerentemente estável e em 1896 o Aerodrome não pilotado de Langley voou com sucesso sobre o Potomac. E assim por diante^{6-8,12}.

Os vôos de Lilienthal realizados no curto período de 1893-96 provaram que a configuração de Cayley fornecia uma boa solução para o requisito de estabilidade. Porém em 9 de agosto de 1896, seu planador estolou e entrou em parafuso até o solo, ferindo-o fatalmente. Sua morte lançou uma sombra sobre o futuro. O medo do estol, produzido pelo ângulo de incidência excessivo da asa, parecia requerer uma nova abordagem. O caminho para o sucesso estava para entrar por um longo desvio.

Nos Estados Unidos, Orville e Wilbur Wright introduziram uma superfície horizontal anterior (profundor) com a intenção de prevenir o estol^{7,12-14}. Esta superfície introduzia instabilidade durante o voo mas evitava que o planador abaixasse o nariz caso a asa estolasse por causa de incidência excessiva ou falta de velocidade. Os vôos bem sucedidos dos Wright estabeleceram um novo paradigma.

Critérios de testes e a questão da decolagem

Outra questão fundamental no desenvolvimento da aeronáutica, a capacidade da máquina alçar voo sob seus próprios meios, apareceu proeminentemente como um dos requisitos para os critérios de teste estabelecidos para julgar um sucesso. E, como

no caso do cronômetro marítimo, o teste público anunciado com antecedência e julgado por uma comissão previamente nomeada constituía a única prova de sucesso aceita geralmente, em oposição a relatos de testemunhas.

É interessante observar que nenhum dos inventores foi capaz de explorar os resultados em mecânica dos fluidos obtidos por Bernoulli no século XVIII. Isso teria simplificado enormemente as coisas

Langley, porém, recorreu ao relato de uma testemunha com credibilidade para alegar que seu Aerodrome N. 5 demonstrara a possibilidade do voo¹⁵:

Ninguém poderia testemunhar estes experimentos sem ficar convencido de que a praticabilidade do voo mecânico foi demonstrada.

Atenciosamente

*Alexander Graham Bell
1331 Connecticut Avenue,
Washington, AD, May 12, 1896*

Diferentemente do progresso científico, onde o principal critério de sucesso é a aceitação pelos pares, os critérios de teste em aeronáutica exigiam a circulação para todas as partes interessadas dos requisitos a serem alcançados e que seriam usados como base para o julgamento. Voisin sintetiza os pontos mais importantes que deveriam ser satisfeitos⁵:

A primeira dessas demonstrações era a seguinte: (...que o teste deveria ser realizado...)

- a) na presença de um corpo oficial habilitado por uma autoridade homologadora;*
 - b) em tempo calmo e sobre um terreno horizontal medido e controlado;*
 - c) deixando o solo por seus próprios meios em um ponto previamente determinado com um homem a bordo;*
 - d) levando a bordo as fontes necessárias de energia;*
 - e) manobrando em altitude (linha reta);*
 - f) manobrando em direção (curvas e círculos);*
 - g) retornando ao ponto de partida, tudo isso sem acidentes.*
- Aceitamos que nem a altitude nem a duração dos testes seja levada em consideração.*

Em 1903 o Aéro-Club de France instituiu o Troféu Archdeacon no valor de 1.500 francos, incorporando todos os critérios acima exceto o (f) para uma máquina que voasse 50 m. Voar em círculos era considerado como um estágio a ser alcançado mais tarde e seria objeto de outro prêmio.

É de se notar que o requisito para a decolagem sobre terreno plano, em ar calmo e sob sua própria potência representava o maior desafio técnico da competição. Este não é um detalhe, mas um ponto essencial que envolve a compreensão do que se entendia por voo e de como ele se realizaria, e isso envolveria a busca de uma solução que não poderia ser considerada como intuitiva.

De fato, para que um avião possa alçar voo, é necessário prover um ângulo de incidência adequado para a asa durante a corrida de decolagem. Na maior parte dos projetos contemporâneos, isso exigia um torque para girar o avião no eixo transversal. Uma força para cima na frente do avião ou uma força para baixo atrás poderia prover este torque. A primeira solução parece ter sido preferida por duas razões: em primeiro lugar porque fazia que a força produtora do torque agisse para colaborar na produção de sustentação. Em segundo lugar, esta solução é coerente com um modelo mental¹⁶ em que a força é paralela à velocidade: a força ascendente que produz o torque levanta o nariz. Vale notar que este raciocínio não encontra embasamento teórico - ele é, de fato, um sério mal-entendido - mas parece que este era o que prevalecia no começo do século.

Outro aspecto importante é ligado ao tema da estabilidade. A adoção de um profundor frontal por todos os pioneiros pode ter minimizado o perigo percebido de cair de nariz no estol, mas introduziu uma instabilidade inerente que leva o aparelho a levantar ou abaixar o nariz (cabragem) e que exige a ação contínua do piloto. Como Santos-Dumont escreveu em 1918¹⁷:

Lutei a princípio com as maiores dificuldades para ganhar a completa obediência do aeroplano; na minha

primeira máquina (14bis) coloquei o profundor à frente pois, naquela época, havia a crença geral na necessidade de fazê-lo. O motivo era que, se fosse colocado atrás, seria necessário forçar a cauda para baixo para que a máquina pudesse subir. Há alguma verdade nisso, mas as dificuldades de controle eram tão grandes que tive de abandonar esta disposição. Era o mesmo que tentar lançar uma flexa (sic) com o rabo para a frente.

A segunda alternativa, colocar o profundor atrás, demanda uma força para baixo que contribui negativamente para a sustentação. Por outro lado, ela confere estabilidade em cabragem e melhor controle.

A evolução conceitual de uma máquina com o leme na frente, de volta para a configuração original de Cayley não pode ser alcançada através de desenvolvimento incremental. Pelo contrário, as duas concepções são antagônicas e, neste sentido, não é razoável supor que tal mudança pudesse ocorrer gradualmente. O avião *Cannard* (ou de leme na frente) é uma concepção fundamentalmente diferente do que chamamos hoje de um avião convencional¹⁷. Ele é um precursor conceitual mas não um precursor físico, apesar de ambos serem capazes de atender à mesma função mínima.

Alberto Santos-Dumont

Alberto Santos-Dumont¹⁻³ nasceu no Brasil em 1873. Já em 1898 ele estava ativo no campo da aeronáutica, projetando, construindo e voando seus protótipos. Em comum com outros inventores, ele não possuía uma formação acadêmica sólida, tendo recebido aulas privadas por alguns anos e frequentado, como ouvinte, uns poucos cursos. Porém, ele logo atraiu atenção quando voou com o *Brasil*, o menor balão esférico até então construído. Logo em seguida, dedicou-se ao problema da navegação aérea dos balões. Ainda em 1898, construiu seu primeiro protótipo de um dirigível propulsado por um motor de combustão interna. Apesar de não ter sido realmente bem sucedido, ele demonstrou o uso de motores de

combustão interna em balões de hidrogênio sem risco de explosões, com as que já haviam causado um certo número de fatalidades. Nos três anos seguintes, construiu mais quatro dirigíveis, melhorando gradualmente o seu desempenho.

Em 1901, Santos-Dumont ganhou o prêmio Deutsch de la Meurthe para a navegação aérea ao voar com o seu dirigível N. 6 em volta da Torre Eiffel e retornar ao seu ponto de partida em menos de trinta minutos. Com este voo, ele conquistou o aplauso do mundo aeronáutico: a navegação aérea de balões estava firmemente estabelecida.

De 1901 a 1905 ele construiu diversos outros dirigíveis. Em 1903, demonstrou o uso prático de um dirigível não rígido (o N. 9), voando e realizando demonstrações inúmeras vezes em volta de Paris.

Aparentemente, foi apenas em 1906 que Santos-Dumont se voltou para o problema do mais-pesado-do-que-o-ar. Ele estava informado, é verdade, dos ensaios realizados com planadores na França e esteve presente quando Gabriel Voisin e Louis Blériot rebocaram um planador com um barco no Sena. O resultado deste teste sugeria que seria necessária uma potência mínima de 50 CV para o voo do mais-pesado-do-que-o-ar. Ele conhecia os resultados encontrados por Lawrence Hargrave na Austrália, mostrando que estruturas em caixa podiam fornecer estabilidade em dois eixos (rolagem e direção). Ele interagiu ativamente com os membros do Aéro-Club de France e era amigo de nomes importantes do período como Ferber, Voisin e Blériot. Ele também estava certamente informado do voo de Wilbur Wright em Kitty Hawk em 17 de dezembro de 1903, bem como da tentativa mal-sucedida de Langley com o seu Aerodrome, apenas nove dias depois.

De 1906 a 1909, conforme veremos adiante, Santos-Dumont perseguiu o ideal de um avião prático e seguro, voltando-se então para discussões sobre o futuro da aviação. Até a sua morte por suicídio em 1932, Santos-Dumont teve um papel de grande relevância na história da

aviação.

De junho de 1906 a novembro de 1907

Santos-Dumont designava seus projetos com um sistema seqüencial simples (N. 6, N. 14) e, em um caso modificado por um sufixo (N. 14-bis). Uma dificuldade que temos ao mapear a seqüência dos inventos está relacionada ao fato de Santos Dumont introduzir um grande número de alterações após cada teste sem alterar a designação inicial. É assim impossível usar apenas o seu sistema de numeração para representar a curva de aprendizado de uma invenção. Como exemplo, o N. 16 aparece ora com um motor girando uma hélice, ora com dois motores montados em uma nova estrutura, ligados a duas hélices. Neste trabalho, deliberadamente simplificamos a descrição de cada projeto, conservando seus aspectos essenciais e ignorando os detalhes menores.

Santos-Dumont N. 14-bis

Provavelmente em meados de 1906 Santos-Dumont começou a trabalhar no seu N. 14-bis. Tratava-se de um biplano de configuração *Canard* (Fig. 1) propulsado por um motor Levavasseur de 50 CV (o motor de 25 CV instalado inicialmente foi logo abandonado). As asas tinham um diedro respeitável de 10° para garantir a estabilidade no eixo longitudinal (rolagem). Em sua configuração inicial, dispunha de um trem de pouso com três rodas, logo simplificado para duas. O peso era de cerca de 300 kg (115 kg para a célula, 125 kg para o grupo motopropulsor, 50 kg para o piloto e 10 kg para a gasolina e água)¹⁹.

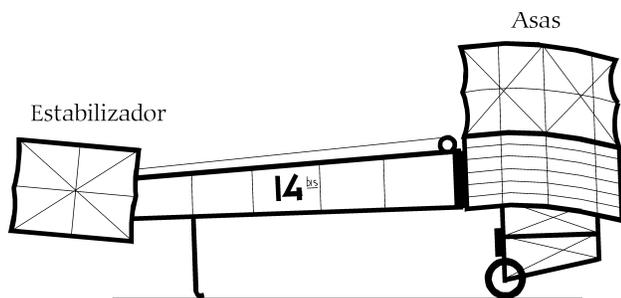


Figura 1. Biplano *Canard* Santos Dumont N. 14bis. Primeiro vôo homologado em 12 de novembro de 1906, em Bagatelle, Paris, França. É um precursor conceitual do avião moderno.

Os testes de estabilidade do N. 14-bis foram realizados entre 18 e 23 de junho de 1906, pendurado no dirigível N. 14 (incidentalmente explicando a anomalia no sistema de numeração). De 26 de julho a 22 de agosto, Santos-Dumont pendurou o N. 14-bis em cabos ou o colocou sobre uma carroça para testes adicionais. Entre 4 e 13 de setembro, mais testes foram realizados. Finalmente, em 23 de outubro, no campo de Bagatelle em Paris, Santos-Dumont decolou e voou uma distância de 60 m a uma altura de cerca de 3 m, vencendo o troféu Archdeacon. Em 12 de novembro de 1906, novamente em Bagatelle, ele voou 220 m a 6 m de altura por 21,2 s para vencer o prêmio do Aéro-Club de France com o primeiro vôo homologado da história da aeronáutica. Em 4 de abril ele voou o N. 14-bis pela última vez. Após percorrer cerca de 50 m, o avião entrou em oscilação e caiu, sendo destruído no acidente²⁰⁻²².

Santos-Dumont N. 15

Mantendo a estrutura de células de Hargrave para as asas e profundor, o N. 15 (Fig. 2) tinha a configuração invertida em relação ao N. 14-bis: as asas agora ficavam à frente do profundor que assumia a função de um estabilizador. As asas de corda estreita eram construídas de madeira envernizada com adaptadores de aço e cordas de piano para dar rigidez. Uma hélice de aço e alumínio era ligada diretamente ao motor

A dificuldade que temos ao mapear a seqüência dos inventos de Santos Dumont está relacionada ao fato dele introduzir um grande número de alterações após cada teste sem alterar a designação inicial do projeto

Levavasseur de 50 CV, com no N. 14-bis. Uma roda única funcionava como trem de pouso. Os ensaios, a partir de 21 de março de 1907, não lograram alcançar o vôo²¹⁻²².

A análise do N. 15 mostra que Santos-Dumont compreendeu o problema de estabilidade do N. 14-bis e adotou a correção apropriada de inverter a configuração. O projeto falhou porque o ângulo no solo era muito raso e impedia que as asas alcançassem a incidência requerida na corrida da decolagem. Porém, Santos-Dumont não diagnosticou corretamente o problema e reagiu com um passo retrógrado, de volta aos balões e dirigíveis que lhe eram familiares. O N. 15 foi um precursor físico do avião moderno porque a única restrição a seu sucesso era o desenho inadequado de seu trem de pouso.

Santos-Dumont N. 16

Preocupado com o fracasso do N. 15, Santos-Dumont tentou uma solução híbrida, combinando um balão de hidrogênio de 99 m^3 e força ascensional de 110 kg com uma estrutura contendo asas, profundores e um motor de 50 CV (Fig. 3). O peso total era de 190 kg²³. O aparelho era mais pesado do que o ar e não deve ser confundido com um dirigível. Santos-Dumont já havia recorrido, pelo menos em duas outras ocasiões, a soluções híbridas na tentativa de aumentar a sustentação - o balão

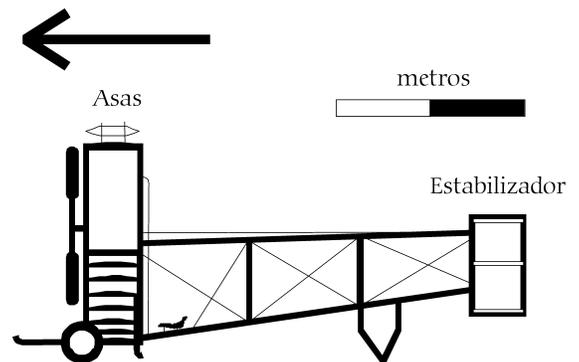


Figura 2. Um precursor físico do avião, o N. 15 tinha um trem de pouso que o impediu de decolar. Os primeiros testes foram realizados em 21 de março de 1907.

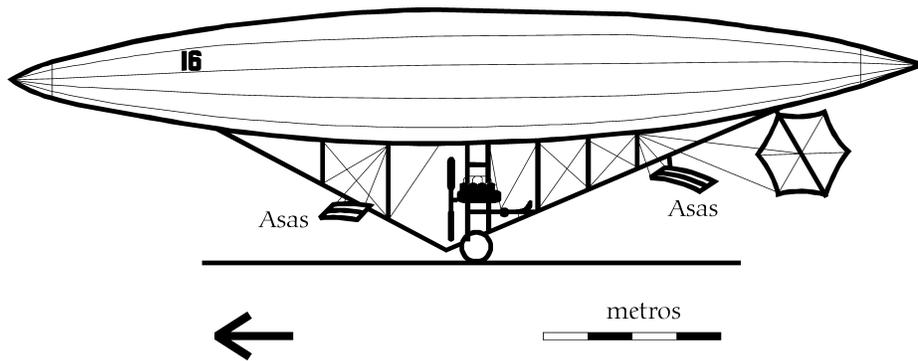


Figura 3. O N.16 era um híbrido que procurava auxiliar a decolagem com a ajuda de um balão de hidrogênio. Testado em junho de 1907.

N. 13 usava um aparelho para aquecer o gás e seu balão *Les Deux Amériques* de 1906 empregava um grupo de hélices horizontais. Em nenhum desses casos ele alcançou sucesso.

Ele estava olhando na direção errada. Na decolagem de um avião, a sustentação e o peso não se relacionam de modo simples. A questão gira em torno de como acelerar o bastante para então ganhar sustentação pelo aumento do ângulo de ataque. O N. 16 foi um banco de ensaios que apenas exibia o grau de ignorância do inventor com relação ao voo mais-pesado-do-que-o-ar. Era um precursor conceitual que não alcançou a função mínima. Certamente, não foi um precursor físico.

Santos-Dumont N. 17

Depois da falha do N. 16, Santos-Dumont voltou a seu projeto anterior. Poucas informações existem do N. 17 (Fig. 4), talvez o menos documentado de todos os projetos de

Santos-Dumont. Era uma modificação do N. 15 que buscava aumentar a sustentação através da duplicação da potência do motor (de 50 para 100 CV) e do conseqüente aumento da velocidade de decolagem. Santos-Dumont também foi forçado a projetar um trem de pouso mais alto, pois o posicionamento mais baixo do motor exigia uma maior altura para a hélice¹.

Por infelicidade, os ensaios falharam miseravelmente. As asas com corda estreita não tinham a necessária rigidez em torção para absorver a potência do motor e o avião simplesmente se desintegrou. Isso foi duplamente lamentável, pois, o novo trem de pouso não permitia às asas terem a incidência adequada na decolagem. Com o N. 17, Santos-Dumont chegou à configuração ótima para um voo controlado bem sucedido.

Apesar de não alcançar a sua função básica, o N. 17 pode ser considerado como um dos membros da linha

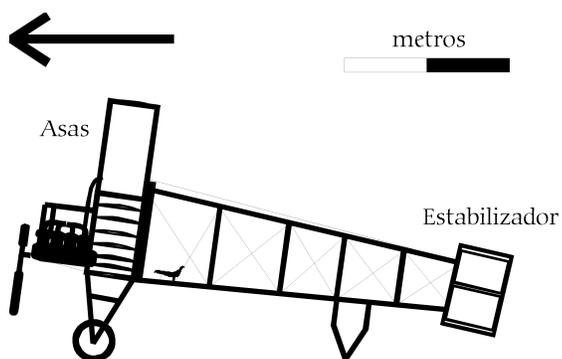


Figura 4. Tanto quanto se possa determinar esta era a aparência do N. 17, um melhoramento do N. 15. É um precursor físico do avião com trem de pouso apropriado mas asas frágeis. Não satisfaz a função básica do avião.

de precursores físicos do avião. Um melhor conhecimento da dinâmica do voo teria, sem dúvida, levado a melhorar a rigidez torcional das asas. Ao invés disso, por um momento, Santos-Dumont foi levado a um outro desvio em seu caminho.

Santos-Dumont N. 18, o Hidroglisseur

Em seu N. 18 (Fig. 5) Santos-Dumont parece ter abandonado, por um momento, a busca do voo. O Hidroplanador era um bote com o mesmo motor do N. 17. Duas asas em *tandem* eram submersas, à maneira de um hidrofólio moderno¹. A asa posterior era móvel. Desta forma, ele pretendia prosseguir a investigação sobre a sustentação e estabilidade em um fluido com a viscosidade maior do que a do ar.

Um barco rebocou o N. 18 no Sena sob os olhos atentos de Blériot, Ferber, Delagrangé, Cody, Voisin e outros. Aparentemente, ele nunca foi testado com seu motor. Naturalmente, a questão real que impediu o sucesso do N. 15 não foi a sustentação mas a falta de incidência na decolagem. Porém, Santos-Dumont deve ter aproveitado bem estes testes, pois seu próximo projeto foi um vencedor.

Santos-Dumont N. 19, o primeiro Demoiselle

Combinando o conhecimento adquirido com seus projetos anteriores, Santos-Dumont agora construiu o primeiro avião do mundo realmente prático: o N. 19, chamado Demoiselle

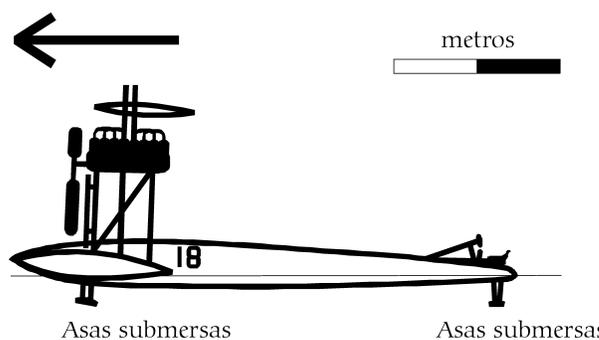


Figura 5. O Hidro-planador, Santos-Dumont N. 18, foi um estudo do "voo" na água. Observar o assento montado na extremidade traseira e os flutuadores laterais. A asa posterior é móvel.

selle^{1,22} (Fig. 6), finalmente concretizou a configuração proposta por Cayley ainda no início do século XVIII: um monoplano com uma cauda cruciforme na extremidade de uma longa fuselagem tubular. O motor era instalado em um corte no bordo de ataque das asas que possuíam um generoso diedro para garantir a estabilidade longitudinal. O piloto se sentava sob as asas em um carrinho com três rodas. O trem de pouso permitia uma ampla folga para a hélice e incidência adequada para a decolagem. Santos-Dumont colocou superfícies auxiliares horizontais e verticais na frente das asas ainda influenciado pelo seu modelo mental antigo. Estas foram rapidamente descartadas, pois descobriu-se que em nada contribuíam nem para a estabilidade nem para a sustentação.

O N. 19 Demoiselle voou pela primeira vez em 16 de novembro de 1907. Pequeno, veloz, estável e seguro, em tudo parecendo um ultraleve moderno, o N. 19 tinha um bom desempenho, mas era um aparelho muito frágil. A partir dele, o N. 21 Demoiselle de 1909 foi desenvolvido e copiado em toda a Europa até 1910. O N. 19 deve ser considerado como o primeiro avião moderno.

Conclusões

A precedência para o primeiro vôo bem sucedido tem sido objeto de discussões apaixonadas, mais orientadas por considerações patrióticas do que por um escrutínio objetivo. Diversos pioneiros, em particular Santos-Dumont, têm desafiado a precedência

do vôo do Wright Flier em 17 de dezembro de 1903, baseados na ausência de prova pública e na falha em atender aos critérios previamente estabelecidos (decolagem não assistida, ar calmo). De fato, até 1910, todos os aviões dos Wright requeriam alguma forma de auxílio para a decolagem e suas configurações eram inerentemente instáveis nos eixos de cabragem e rolamento (ausência de estabilizador, diedro negativo).

O N. 14-bis de Santos-Dumont também não possuía um estabilizador e era instável em cabragem. Apesar de ambos, o Wright Flier e o N. 14-bis, voarem sob controle e atenderem à função mínima, nem um nem outro podem ser considerados como precursores físicos do avião moderno devido à sua configuração.

Porém, Santos-Dumont continuou determinadamente a buscar um avião prático e seus projetos demonstram um progresso consciente em direção ao seu objetivo. Os N. 15 e N. 17 tinham estabilizadores mas não voaram; foram precursores físicos que não atenderam à função mínima. Com seu N. 16, o híbrido balão-avião, Santos-Dumont tentou sem sucesso reformular seu modelo mental baseado em sua experiência com dirigíveis. O N. 18 Hidroglisseur submergiu as asas na água para compreender a sustentação e a estabilidade. Finalmente, todos os problemas foram resolvidos no N. 19 Demoiselle. Depois do sucesso do N. 19, Santos-Dumont lançou a segunda geração de Demoiselles em 1908, projetos mais robustos e desenvolvidos que deixariam as suas marcas nos primeiros anos da aviação.

Permanece a pergunta freqüentemente formulada: quem in-

ventou o avião? Pode haver mais de uma resposta válida, dependendo de como entendemos o vôo ou, em outras palavras, de como definimos a função mínima. Hoje em dia, depois dos aviões se tornarem corriqueiros, tendemos a abandonar os requisitos para a prova pública e decolagem em ar calmo sem auxílio externo e consi-

deramos o vôo simplesmente como o movimento através do ar. Neste caso, a precedência do vôo permanece firmemente com os Wright.

Se os critérios de prova pública e de decolagem forem

exigidos, como o faziam os contemporâneos dos pioneiros, então o primeiro avião a voar foi o N. 14-bis em 12 de novembro de 1906, conforme atestado pelos primeiros recordes de velocidade e distância percorrida registrados com a FAI - Fédération Aéronautique Internationale²⁴.

Porém, tentamos demonstrar que nenhum destes aviões pode ser considerado como o primeiro avião moderno²⁴. Outras respostas podem ser aventadas. Os N. 15 e N. 17 de Santos-Dumont tinham a configuração correta mas não voaram (e assim, podem pretender-se precursores físicos que não atenderam à função mínima).

Em 26 de outubro de 1907, o N. 1 de Voisin, pilotado por Farman, conquistou os recordes de velocidade em circuito fechado da FAI. Ele representava uma outra solução para o problema da estabilidade: profundos móveis à frente e um estabilizador traseiro fixo. Era uma espécie de híbrido e é questionável se pode ser considerado um precursor físico. Mas, sem dúvida, voava.

O Santos-Dumont N. 19 Demoiselle, que voou pela primeira vez em 16 de novembro de 1907, é, inquestionavelmente, representativo da configuração do avião moderno. Nós o propomos como o melhor candidato para o título de o "primeiro avião moderno".

O N. 19 Demoiselle voou pela primeira vez em 16 de novembro de 1907.

Pequeno, veloz, estável e seguro, parecia um ultraleve moderno. A partir dele o N. 21 Demoiselle de 1909 foi desenvolvido e deve ser considerado como o primeiro avião moderno

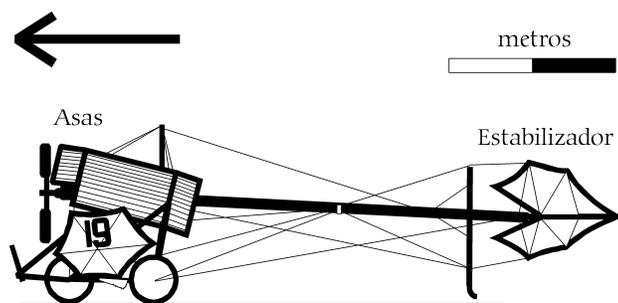


Figura 6. Santos Dumont N. 19, o primeiro Demoiselle. Envergadura de 5 m, comprimento de 8 m, motor de dois cilindros opostos horizontalmente Dutheil et Chalmer de 20 CV. Primeiro vôo em 16 de novembro de 1907. Esta foi a primeira invenção que atendeu a todos os critérios de um avião moderno.

Notas

- ¹H. Lins de Barros, *Santos Dumont* (Ed. Index/API, Rio de Janeiro, 1986).
- ²C. Dollfus, *Alberto Santos Dumont né le 20 juillet 1873*. Ícare **64bis**, 95 (1973).
- ³H.D. Villares, *Quem Deu Asas ao homem* (Ed. Autor, São Paulo, 1953).
- ⁴M. Behe, *A Caixa Preta de Darwin* (Jorge Zahar ed., Rio de Janeiro, 1997).
- ⁵G. Voisin, *Més 10000 Cerfs-Volants* (La Table Ronde, Paris, 1960).
- ⁶E. Petit, *Nouvelle Histoire Mondiale de l'Aviation* (Hachette Réalités, 1977), 3^e ed.
- ⁷T.D. Crouch, *A Dream of Wings: Americans and the Airplane 1875-1905* (Smithsonian Institution Press, 1989).
- ⁸*Les Cahiers de Science et Vie: Les Grandes Controverses Scientifique*, n. 1, Février 1991: Naissance de l'aviation.
- ⁹H.S. Wolko, *The Wright Flyer: An Engineering Perspective*. NASM. Smithsonian Institution Press. 1987.
- ¹⁰D. Sobel, *Longitude* (Ediouro, Rio de Janeiro, 1996).
- ¹¹R.H. Thurston, *The Status of Aeronautics in 1884*. Science **5**, 295 (1885).
- ¹²M.J.H. Taylor and D. Mondey, *Milestones of Flight*. Jane's ed. 1983. 288 pp.
- ¹³T.D. Crouch, *The Bishop's Boys: a Life of Wilbur and Orville Wright* (W.W. Norton and Co., Nova Iorque, 1989).
- ¹⁴H. Combs, *Kill Devil Hill. Discovering the Secret of the Wright Brothers* (TernStyle Press Ltd., Denver, 1979).
- ¹⁵S.P. Langley, *A successful trial of the Aerodrome*. Science **3**, 753 (1896).
- ¹⁶C. Franco, H. Lins de Barros, D. Colinviaux, S. Krapas and G. Queiroz, *Towards a Model of Mental Models. Perspective on Models and Modelling*. Convernors C.J. Boulter and J.K. Gilbert (eds), First Conference of European Science Education Research Association, Rome, Sept. 2-6, 1997, p. 1-8.
- ¹⁷Os primeiros *Canards* não possuíam estabilizadores, o que os tornava inerentemente instáveis, exigindo a constante atuação do piloto nos controles. Avições sem cauda ou asas voadoras bem sucedidas dependem da torsão e do enflexamento das asas para que a ponta das mesmas contrabalancem o momento de picada gerado pelo aerofólio, efetivamente funcionando como estabilizadores. Muito poucos aviões *Canard* voaram com sucesso antes que o advento dos computadores e tecnologias *fly-by-wire* abrissem o caminho para a estabilidade artificial.
- ¹⁸A. Santos Dumont, *O que Eu Vi o que Nós Veremos* (editado pelo autor, Petrópolis, 1918).
- ¹⁹F. Ferber, *L'Aerophile* (Fevereiro, 1907).
- ²⁰R. Vitrotto, *Histoire des Techniques: Un Étude Systematique sur le XIVbis de Santos Dumont*. Pégase **29-30**, 12 (1993).
- ²¹P. Lissarrague, *Histoire des Techniques: Un Étude Systematique sur le XIVbis de Santos Dumont*. Pégase **31**, 4 (1983).
- ²²F. Peyrey, *Les Oiseaux Artificiels* (H. Dumont et E. Pinat editores, 1909).
- ²³L'illustration, 15 Juin 1907, n. 3.355, p. 400
- ²⁴K. Munson, *Jane's Pocket Book of Record-Breaking Aircraft*, editado por J.W.R. Taylor (Collier Books, Nova Iorque, 1981).



Ilustração bem humorada onde Santos-Dumont disputa os céus com Ícaro, Pégasus, etc. Publicada no *Span Shots* nº 589 - Londres