



Configurações geométricas e introdução a aerodinâmica dos biplanos.

Luiz Eduardo Miranda José Rodrigues
Professor MSc.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
luizeduardo@cefetsp.br

Murilo Padovani

Aluno de Gestão da Produção Industrial
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus Salto
murilopadovani@yahoo.com.br

Resumo

Reconhecidamente aeronaves do tipo biplano não são extensivamente utilizadas na atualidade como eram no passado, porém existe uma grande quantidade dessas aeronaves que ainda estão em operação. Para o propósito da competição SAE-AeroDesign, a configuração do tipo biplano tem se mostrado muito competente e geralmente aeronaves com essa configuração vêm conseguindo resultados muito expressivos durante as edições passadas da competição. Dessa forma, o presente artigo realiza comentários importantes sobre a aerodinâmica desse tipo de aeronave, pois muitas equipes que se organizam para participar da competição SAE-AeroDesign optam por esse tipo de configuração.

Palavras-chave

Projeto Aeronáutico, Biplanos, SAE-AeroDesign, Engenharia Aeronáutica.

1 – Introdução

Este artigo apresenta as principais características aerodinâmicas pertinentes a configurações de biplanos, bem como mostra algumas expressões matemáticas que podem ser utilizadas como forma de simplificação de uma aeronave com essa configuração para um monoplane equivalente, onde a partir do qual todas as características aerodinâmicas podem ser obtidas. A Figura 1 mostra aeronaves com configuração biplano.



Figura 1 – Configuração de biplanos.

2 – “gap” – Distância vertical entre as asas

O “gap” representa a distância vertical entre as asas de um biplano e deve ser medido perpendicularmente ao eixo longitudinal da aeronave. O “gap” algumas vezes também é definido como a distância que separa duas asas adjacentes de um multipiano. Geralmente o “gap” de um biplano é representado pela relação gap/corda , ou seja, se esta relação é igual a 1, significa que a distância vertical entre as duas

asas é igual ao comprimento da corda aerodinâmica da asa.

Na prática, a relação gap/corda é muito próxima de 1. O principal fator a ser avaliado para a determinação da relação gap/corda é a interferência do escoamento gerado em cada uma das asas, ou seja, deve-se prever na análise que a esteira do escoamento gerada na asa superior não sofra interferência da esteira do escoamento gerada na asa inferior da aeronave, portanto, as duas asas da aeronave devem estar tão distantes quanto for possível de forma a minimizar os efeitos de interferência, mas por motivos estruturais, ao mesmo tempo é necessário que a asa superior esteja o mais próximo possível da asa inferior, assim, existe uma solução de compromisso entre a aerodinâmica e a estrutura da aeronave como forma de se obter uma boa relação “gap”/corda. A Figura 2 mostra o “gap” entre duas asas.

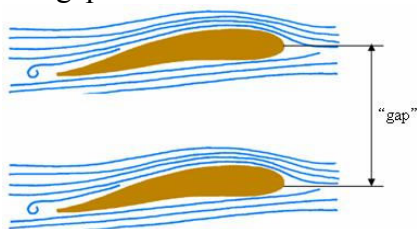


Figura 2 – representação do “gap”.

3 – “Stagger”

O termo “Stagger” é definido como a diferença de posição entre o bordo de ataque das duas asas, ou seja, o “stagger” representa o quanto o bordo de ataque de uma asa está deslocado em relação ao bordo de ataque da outra asa. O “stagger” geralmente é representado pelo ângulo de “stagger” expresso em graus como mostra a Figura 3.

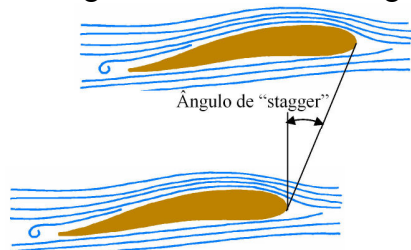


Figura 3 – Representação do ângulo de “stagger”.

O “stagger” é considerado positivo quando o bordo de ataque da asa superior estiver a frente do bordo de ataque da asa inferior, e considerado negativo quando o bordo de ataque da asa superior estiver posicionado atrás do bordo de ataque da asa inferior como pode ser observado na Figura 4. As vantagens aerodinâmicas do “stagger” geralmente são muito pequenas, um biplano pode possuir ângulo de “stagger” simplesmente para facilitar a visão do piloto ou então para prover uma maior facilidade para se ter acesso a cabine de comandos ou ao compartimento de carga.

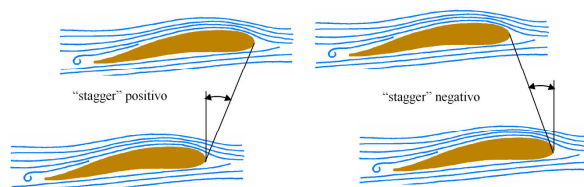


Figura 4 – Representação do “stagger” positivo e negativo.

4 – Decalagem

O termo decalagem representa a diferença entre os ângulos de incidência das asas de um biplano. A decalagem é considerada positiva quando o ângulo de incidência da asa superior for maior que o ângulo de incidência da asa inferior da aeronave.

Geralmente o ângulo de decalagem é muito pequeno e possui como finalidade principal melhorar as características de estol da aeronave, pois com uma decalagem positiva, a asa superior da aeronave tenderá a estolar antes da asa inferior uma vez que seu ângulo de incidência é maior. Se os ailerons estiverem posicionados na asa inferior, estes ainda possuirão comando para recuperar a aeronave de uma possível situação de estol, pois a asa inferior ainda estará em condições normais de voo. O ângulo de decalagem normalmente é da ordem de 1° ou 2°, a Figura 5 mostra um exemplo do ângulo de decalagem.

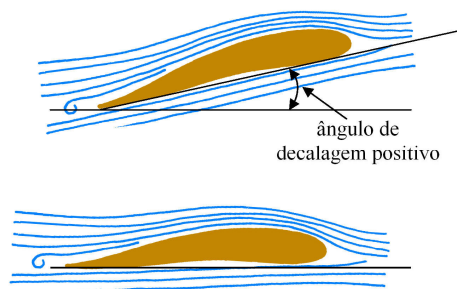


Figura 5 – Representação do ângulo de decalagem.

5 – Determinação de um monoploano equivalente

A formulação matemática para a determinação das características aerodinâmicas de um biplano geralmente envolve uma extensa série de cálculos e aproximações que despedem muitas horas de estudo e dedicação para a correta análise desse tipo de aeronave. Como o escopo deste livro não possui a finalidade de se avaliar em detalhes a aerodinâmica de biplanos, a formulação matemática apresentada é um modelo simplificado proposto por Munk que permite converter o biplano em estudo em um monoploano equivalente que possua a mesma forma em planta da asa com os mesmos valores de corda e proporcione o mesmo desempenho final do biplano em questão.

Esta análise é realizada a partir do cálculo da envergadura do monoploano equivalente, ou seja, as duas asas do biplano podem ser substituídas por uma única asa de um monoploano desde que as características esperadas para o desempenho da aeronave sejam mantidas. O cálculo da envergadura do monoploano equivalente pode ser realizado a partir da aplicação da Equação (1).

$$b_{EQ} = k \cdot b \quad (1)$$

onde b representa a envergadura original das asas do biplano e o parâmetro k depende diretamente do valor do “gap” e da envergadura original das asas do biplano como pode-se observar na Equação (2).

$$k = \sqrt{\left(1,8 \cdot \frac{G}{b}\right) + 1} \quad (2)$$

Como citado, o valor do “gap” deve ser próximo de uma corda como forma de se evitar a interferência dos vórtices, bem como propiciar um certo conforto durante o dimensionamento estrutural dos elementos de ligação entre as asas.

Uma vez determinado o valor da envergadura equivalente, o alongamento do monoploano equivalente também pode ser determinado pela aplicação das Equações (3) e (4).

$$AR_{EQ} = \frac{b_{EQ}}{c} \quad (3)$$

$$AR_{EQ} = \frac{b_{EQ}^2}{S_{EQ}} \quad (4)$$

A Equação (3) é utilizada para o caso de uma asa retangular com o valor de corda idêntico à corda do biplano original e a Equação (4) para uma asa não retangular com a área equivalente dessa asa calculada utilizando-se a envergadura equivalente obtida e os respectivos valores de corda das asas do biplano.

Muitas vezes a impressão inicial que se tem é que o simples fato da existência de duas asas na aeronave irá contribuir para gerar o dobro de força de sustentação, porém isso não é verdade, pois uma série de interferências entre vórtices, o aumento do arrasto e o aumento do peso estrutural proporcionam um aumento efetivo bem menor do que o inicialmente esperado. Dessa forma, a envergadura do monoploano equivalente indica que as duas asas do biplano podem ser substituídas por uma única asa com esta envergadura como forma de propiciar o mesmo desempenho para a aeronave, e a partir da determinação do alongamento do monoploano equivalente todos os outros cálculos da aerodinâmica da aeronave podem ser realizados de acordo com os modelos

apresentados tradicionais aplicados a um monoplano.

6 – Biplanos Históricos

Quem realmente inventou o avião? A resposta a esta pergunta provavelmente jamais será inquestionável. Para qualquer cidadão brasileiro, quem inventou o avião foi Alberto Santos Dumont, e ponto final. Já para um cidadão norte-americano, no entanto, foram os irmãos Wilbur e Orville Wright. De qualquer forma, ainda existem outros candidatos a pioneiro do voo mecânico, como o francês Clément Ader, que teria voado em 1890 em um avião a vapor a poucos centímetros do chão e, inclusive, inventou o nome da máquina. Em meios a essa discussão, um detalhe é relevante, em ambos os casos, a aeronave projetada possuía a configuração de biplano.

6.1 – Irmãos Wright

Em geral, a maior parte do mundo aceita os irmãos Wright como inventores do avião.

Todavia, pairam muitas dúvidas sobre a legitimidade dessa primazia.

Ninguém questiona os voos de Santos Dumont em 23 de outubro e 12 de novembro de 1906, pois os mesmos foram feitos em local público, com dezenas de testemunhas, presença de especialistas e amplamente documentados e noticiados na imprensa. Clément Ader pode ter perdido a primazia, perante os próprios franceses, devido ao fato de seu "Avión" ser considerado "segredo militar", e seus voos nunca terem sido devidamente homologados. Mas, e os voos dos Wright?

Wilbur e Orville Wright alegam ter voado em uma aeronave a motor, pela primeira vez, em 17 de dezembro de 1903, em Kill Devil Hills, quatro milhas ao sul de Kitty Hawk, Carolina do Norte como pode ser observado na Figura 6.

Os irmãos Wright não eram da Carolina do Norte. Wilbur, o mais velho, nasceu em Millville, Indiana, e Orville em Dayton, Ohio. Ambos cresceram em Dayton, Revista Eletrônica AeroDesign Magazine – Volume 2 – nº 1 – 2010
Seção – Artigos Técnicos

onde fundaram uma empresa especializada em manutenção, venda e fabricação de bicicletas, a *Wright Cycle Company*. Embora bem sucedidos nessa atividade, os irmãos se envolveram em estudos e experiências em máquinas voadoras. Antes da virada do século, projetaram um planador, o qual foi experimentado em voo no início do outono de 1900, em Kitty Hawk.



Figura 6 – Planador dos irmãos Wright, no momento de seu voo, em 1900.

Após ganharem uma certa experiência em voos planados, os irmãos resolveram evoluir, colocando um motor no planador, para criar uma máquina mais pesada que o ar capaz de se manter em voo por si mesma.

Os Wright adaptaram um motor projetado por eles a um dos seus planadores, que recebeu o nome de *Flyer I*, o qual teria decolado de Kill Devil Hills em 17 de dezembro de 1903, pilotado por Orville Wright, contra um vento de proa de 20 MPH. Supostamente, teria sido o primeiro avião capaz de voar pelos seus próprios meios.

É interessante notar que uma testemunha independente, o Sr. Alpheus Drinkwater, jamais foi arrolado pelos Wright como testemunha do suposto voo de dezembro de 1903.

Drinkwater, que trabalhava em 1903 no posto telegráfico situado ao lado do campo onde os voos eram realizados, afirmou ao New York Times, em 16 de dezembro de 1951, que os voos realizados pelos irmãos Wright eram simples voos planados, e que somente em 1908, quando retornaram a Kitty

Hawk, é que os inventores conseguiram realizar um voo a motor.

6.2 – Alberto Santos Dumont – 14 BIS

O trabalho de Alberto Santos Dumont no campo da aeronáutica é de uma impressionante criatividade. Inventor do primeiro motor a explosão útil e do motor de cilindros opostos, inovador no uso de materiais até então ignorados, do relógio de pulso prático, entre outras muitas contribuições, Santos Dumont culminou sua carreira ao apresentar o primeiro avião, o 14bis, capaz de realizar um vôo completo na presença de uma comissão de especialistas e do público, e ao inventar, pouco depois, o primeiro avião da categoria ultraleve, o diminuto Demoiselle.

O 14 bis foi construído rapidamente: em cerca de dois meses. Não se sabe bem quando Santos Dumont iniciou o projeto. O certo é que, em fins do primeiro semestre de 1906, o aparelho já estava concluído. De fato, em 18 de julho daquele ano, Santos Dumont inscreve-se no Aeroclube da França para disputar duas provas de aparelhos mais pesados que o ar: a taça Archdeacon e o prêmio Aeroclube da França para o aparelho que realizasse um vôo de mais de 100 metros. Logo realizou experimentos com seu protótipo ligado ao invólucro do dirigível 14, criando um aparelho mais pesado que o ar, mas com o peso atenuado devido à força ascensional do balão.

Santos Dumont fez alterações no 14 bis, depois dos vôos de 12 de novembro de 1906. A mais importante foi a mudança do aileron octogonal situado no meio das células externas das asas. Ao mesmo tempo, construiu um novo avião, o invento de número 15, alterando profundamente a configuração. Em 4 de abril de 1907, ocorre o último vôo do 14 bis, em Saint Cyr. Voou cerca de 50 m e caiu. Santos Dumont não tentou consertá-lo.

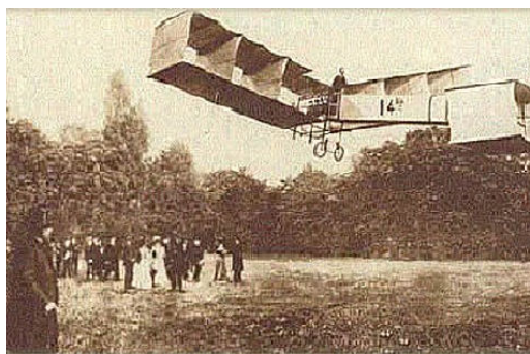


Figura 7 – Vôo do 14 bis.

7 – Biplanos na Competição AeroDesign

Os biplanos tem um amplo campo na competição SAE-AERODESIGN. A história mostra que em edições anteriores da competição, varias equipes usaram aeronaves biplanos, esta escolha deve-se tanto por limitações das regras e por ser uma escolha viável em determinadas situações.

Na competição de 2005 a Universidade Federal de Minas Gerais, com a equipe “Uai Sô Fly” utilizou um biplano que conquistou o primeiro lugar se consagrando os campeões de 2005 e ganhando o direito de disputar a competição nos Estados Unidos da América.



Figura 8 – Aeronave da Equipe Uai Sô Fly, no ano de 2005.

Outra equipe que obteve sucesso com um avião biplano foi a equipe “Keep Flying” em 2006, da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Com o modelo mostrado na Figura 9, A equipe sagrou-se campeã da classe Regular da VIII edição da competição Aerodesign Brasil, e também

recebeu a menção honrosa de maior carga levantada, 12,135 kg.



Figura 9 – “Keep Flying” 2006.

Além dessas equipes, também podem ser citadas as equipes Car-Kará em 2004 da Universidade Federal do Rio Grande do Norte campeã da competição neste mesmo ano e Ícaro da Universidade Nove de Julho (UNINOVE), que em 2005 em sua estréia na competição usou um avião biplano, conseguindo 15^o posição entre as 61 equipes inscritas na classe regular.



Figura 10 – Car-Kará (UFRN) 2004.



Figura 11 – Ícaro (Uninove) 2005.

8 – Conclusões

A utilização de biplanos na competição SAE-AeroDesign pode ser uma

escolha muito valiosa, porém a definição por esse tipo de aeronave depende muito das regras vigentes em cada ano, pois em determinadas condições a escolha por biplano torna-se uma desvantagem.

Portanto, é muito importante que o regulamento da competição seja estudado em detalhes antes de se definir a configuração ideal para a aeronave.

9 – Referências Bibliográficas

- [1] ANDERSON, JOHN, D. *Aircraft performance and design*, McGraw-Hill, New York, 1999.
- [2] ANDERSON, JOHN, D. *Introduction to flight*, McGraw-Hill, New York, 1989.
- [3] RODRIGUES. LEMJ, *Fundamentos de Engenharia Aeronáutica*, Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia de São Paulo, E-Book, São Paulo, 2009.
- [4] ROSKAM. JAN, *Airplane aerodynamics and performance*, DARcorporation, University of Kansas, 1997.