

O IMPACTO DO DESEMPENHO AERODINÂMICO EM UMA ASA VOADORA VOLTADA PARA O AERODESIGN.

Vinicius Augusto Domingos¹, Fernando Henrique de Oliveira Camara².

ÁREA TEMÁTICA: SEI - 10. EQUIPES DE COMPETIÇÃO

OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (ODS): 04; 09; 15

RESUMO: O presente trabalho investiga o impacto do desempenho aerodinâmico e de características geométricas na estabilidade de uma asa voadora voltada para competições de Aerodesign. As asas voadoras, por eliminarem empenagens horizontais e verticais, apresentam potencial para maior eficiência aerodinâmica e redução de arrasto (COSTA, et al. 1994), porém impõem desafios relevantes de estabilidade longitudinal. A pesquisa focou na análise de parâmetros como perfil aerodinâmico, afunilamento e distribuição de sustentação, visando compreender como essas variáveis influenciam o comportamento estático e dinâmico da aeronave (SADRAEY, 2013). Foram selecionados e comparados três perfis: NACA 0010 (simétrico), S1223 (positivo de alta sustentação) e MH80 (reflexo), considerando coeficientes de sustentação e momento. Os resultados indicam que o S1223 proporciona alta sustentação, mas requer empenagem para estabilidade longitudinal, enquanto o MH80 apresenta características intrinsecamente mais estáveis para configurações sem cauda. O estudo demonstra a importância da integração entre aspectos geométricos e aerodinâmicos para alcançar um projeto de asa voadora eficiente e estável.

Palavras-chave: Asa voadora; Estabilidade aerodinâmica; Aerodesign.

1 INTRODUÇÃO

As asas voadoras configuram-se pela ausência de empenagens, concentrando todas as funções aerodinâmicas em uma única estrutura. Essa concepção reduz arrasto e peso, favorecendo projetos de alto desempenho, como os do Aerodesign. Contudo, a ausência de empenagens impõe desafios de estabilidade longitudinal e lateral, exigindo soluções no desenho geométrico e na escolha de perfis adequados. O uso de perfis reflexos e ajuste do afunilamento (taper ratio) são estratégias reconhecidas para mitigar instabilidades (SADRAEY, 2013). Assim, este trabalho analisa a influência de perfis aerodinâmicos e parâmetros geométricos no desempenho e estabilidade de uma asa voadora, visando otimização no contexto do Aerodesign.

2 OBJETIVO

¹ Estudante de Engenharia Mecânica, UTFPR-CP, viniciusdomingos@alunos.utfpr.edu.br

² Professor, UTFPR-CP, fernandocamara@utfpr.edu.br

Investigar a influência de diferentes perfis aerodinâmicos e parâmetros geométricos, como torção e afunilamento, no desempenho e estabilidade de asas voadoras, propondo soluções de otimização para aeronaves sem cauda.

3 METODOLOGIA

Foram comparados três perfis: NACA 0010 (simétrico), S1223 (positivo, alta sustentação) e MH80 (reflexo). Avaliaram-se coeficientes de sustentação (C_l) e momento (C_m) em função do ângulo de ataque (α), segundo o critério de estabilidade estática longitudinal:

$$\frac{dC_m}{d\alpha} < 0 \quad \text{e.q.(1)}$$

Também foram considerados parâmetros geométricos relevantes:

- **Torção geométrica (*washout*)**: redução do ângulo de incidência na ponta da asa para evitar estol prematuro nessa região (SADRAEY, 2013).
- **Afunilamento (*taper ratio*)**: relação entre as cordas da ponta e da raiz da asa, visando melhor distribuição de sustentação e redução do momento fletor na raiz (SADRAEY, 2013).

As análises foram conduzidas com XFLR5 e tratamento de dados no EXCEL.

3.1 Apresentação dos perfis aerodinâmicos

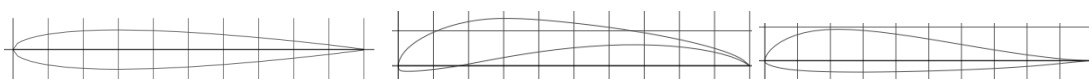


Figura 1 - Perfis NACA - 0010 , S1223 e MH80 respectivamente.

3.2 Análise e comparação de perfis aerodinâmicos

Para fins de comparação, é fundamental compreender os principais conceitos que influenciam o comportamento de um perfil aerodinâmico. Entre os mais relevantes estão a sustentação, e arrasto, o centro aerodinâmico (CA), o centro de gravidade (CG), o momento aerodinâmico.

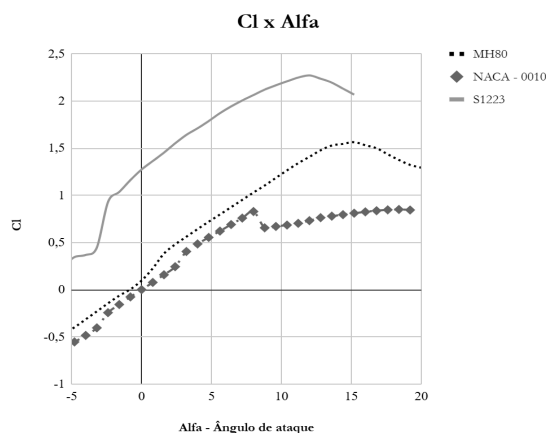


Figura 3 - Comportamento do coeficiente de sustentação em relação ao ângulo de ataque do perfil . Fonte : Autoria própria

De acordo com a figura 3, o perfil S1223 apresenta o melhor coeficiente de sustentação quando comparado aos outros dois perfis analisados o que o torna uma escolha bastante adequada para aplicações que exigem maior capacidade de carga. Contudo, essa característica isolada não é suficiente para avaliar o desempenho de uma asa voadora do ponto de vista da estabilidade.

3.3 Curvas de coeficiente de momento

Analisar o comportamento do coeficiente de momento é fundamental para compreender a resposta da aeronave a perturbações no eixo longitudinal, especificamente no que diz respeito à estabilidade estática longitudinal. Ao comparar duas aeronaves com diferentes comportamentos em um gráfico de coeficiente de momento (C_m) versus ângulo de ataque (C_l), espera-se que a curva resultante possua inclinação negativa (NELSON, 1989) .

O equivalente em uma análise para satisfazer a estabilidade longitudinal estática pela equação (1), pode ser realizada pela seguinte relação (NELSON, 1989) :

$$\frac{dC_m}{dC_l} < 0 \quad \text{e.q. (2)}$$

Essa relação é válida através da seguinte observação:

$$C_{m\alpha} = \frac{dC_m}{dC_l} \frac{dC_l}{d\alpha} \quad \text{e.q (3)}$$

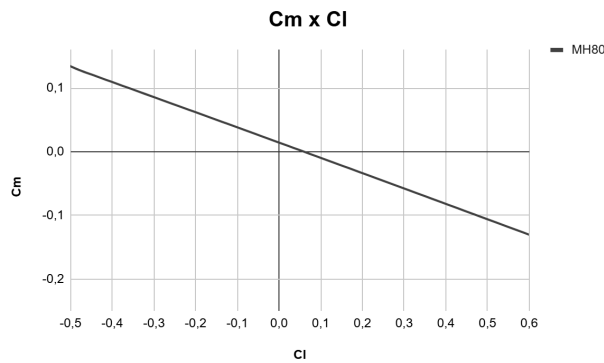


Figura 5 - Curva Cm versus Cl para o perfil MH80. Fonte : Autoria própria.

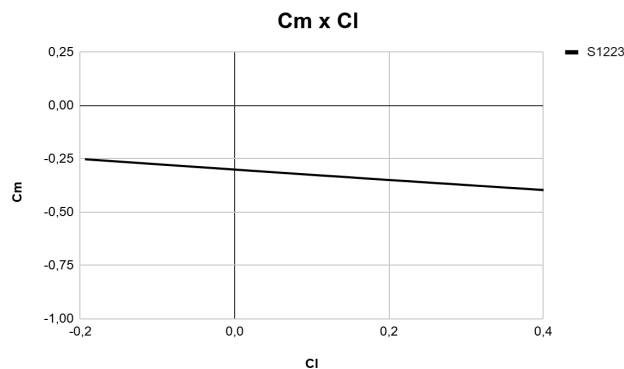


Figura 6 - Curva Cm versus Cl para o perfil S1223. Fonte : Autoria própria.

Perfis com inclinação negativa da curva $C_m \times \alpha$ são estáveis. O S1223 apresentou C_m negativo em $\alpha=0^\circ$, exigindo empenagem. O MH80 mostrou C_m positivo, retornando ao equilíbrio, adequado a asas voadoras.

3.4 Conicidade de asa

O afunilamento reduz o arrasto induzido e distribui melhor a sustentação. Asas mais afuniladas apresentaram menor arrasto e esforço estrutural, permitindo redução de peso. Porém, excesso de conicidade pode causar estol prematuro nas pontas, comprometendo o controle em rolagem. A conicidade é definida pela relação entre a corda da ponta da asa e a corda da raiz, conforme a equação a seguir:

$$\lambda = \frac{C_t}{C_r} \quad e. q. (8)$$

- C_t : Corda da ponta de asa.
- C_r : Corda da raiz da asa.

Para efetuar uma análise do comportamento da asa em relação ao arrasto induzido, serão formuladas três asas.

TABELA 1 - PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS DAS ASAS PARA O PERFIL MH80 COM 2,5 METROS DE ENVERGADURA				
	Asa 1	Asa 2	Asa 3	Unidade
Corda raiz	0,4	0,4	0,4	m
Corda da ponta	0,4	0,2	0,1	m
Fator de conicidade (λ)	1	0,5	0,25	
Área de asa	1	0,75	0,625	m ²

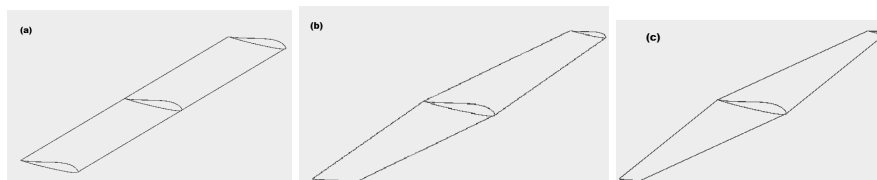


Figura 7 : Representação visual das três asas analisadas : (a) Asa 1 ($\lambda = 1$); (b) Asa 2 ($\lambda = 0,5$); (c) Asa 3 ($\lambda = 0,25$). Fonte : Autoria própria.

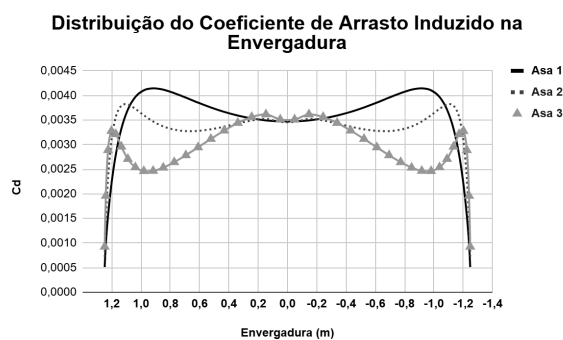


Figura 8 - Comportamento da distribuição do arrasto induzido ao longo da envergadura.

Fonte : Autoria própria

Através do gráfico da figura 8, observa-se uma redução significativa do arrasto induzido conforme o fator de conicidade da asa varia, sob as mesmas condições de voo.

4 RESULTADOS

O perfil S1223 destacou-se pela sustentação, mas instável em Cm. O MH80 mostrou maior estabilidade intrínseca, ideal para asas sem empenagem. A conicidade moderada reduziu arrasto, momento fletor e massa estrutural, além de melhorar a manobrabilidade. Entretanto, ângulos de ataque elevados podem favorecer o estol nas pontas, reduzindo a eficácia dos ailerons.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O perfil S1223 é indicado para maior sustentação, mas requer empenagem para estabilidade. O MH80 mostrou características mais adequadas para as asas voadoras. Em termos geométricos, a conicidade moderada apresentou melhor equilíbrio entre desempenho aerodinâmico e esforço estrutural, embora demande atenção ao estol nas pontas. Conclui-se que o projeto de asas voadoras depende do equilíbrio entre perfil e geometria para otimizar desempenho, estabilidade e segurança operacional.

6 AGRADECIMENTOS

Agradeço a UTFPR pelo apoio financeiro a equipe.

7 REFERÊNCIAS

COSTA, A. J. et al. Design and Construction of a Remote Piloted Flying Wing. [s.l.] Worcester Polytechnic Institute, 1994.

NELSON, Robert C. Flight Stability and Automatic Control. [s.l.] McGraw-Hill Book Company, 1989.

SADRAEY, M. H. Aircraft Design: A Systems Engineering Approach. New Hampshire, USA: John Wiley & Sons, Ltd, 2013.