



ANÁLISE DE EFICIÊNCIA AERODINÂMICA UTILIZANDO FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS

Alexandre Pereira de Faria
Daniel Malanczuk dos Santos

Resumo

A engenharia aeronáutica tem sido uma área de crescimento constante desde o século passado e, provavelmente, continuará sendo durante muitos anos. Pesquisadores e entusiastas trabalham para tornar as máquinas voadoras cada vez mais eficientes. Este artigo tem como objetivo principal fazer uma análise de eficiência aerodinâmica utilizando ferramentas computacionais para simular e analisar quatro perfis tradicionalmente utilizados nas competições de Aerodesign. As atividades desenvolvidas incluíram o levantamento dos conjuntos de dados relacionadas aos perfis de asa a serem simulados, a simulação computacional por meio do programa XFRL5 e análise dos resultados obtidos. Este artigo é resultado do trabalho desenvolvido na disciplina de Estágio Obrigatório junto ao Grupo de Pesquisa em Engenharia Mecânica do Unibrasil Centro Universitário.

Palavras-chave: Aerodinâmica, Simulação Computacional, XFRL5

Abstract

Aeronautics has been an important field of study since the last century and will be for many years. Researchers and enthusiasts are working to make flying machines more and more efficient. This paper aims to discuss the computational simulation and the aerodynamic efficiency analysis of four airfoil profiles, which are used in Aerodesign competitions. The activities developed were based on similar experiments, designed by other authors, and included obtaining the wing profiles dataset, the computational simulation by XFRL5, an open source software, and the analysis of results. This work was development as part of a “Mandatory Internship” discipline in the Mechanical Engineering research Group of Centro Universitário Unibrasil.

Keywords: Aerodynamics, Computational Simulation, XFRL5

INTRODUÇÃO

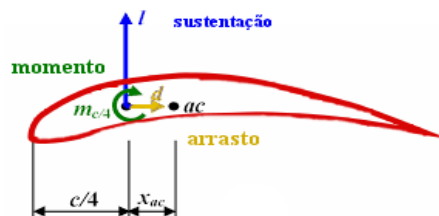
A ciência aeronáutica tem sido uma área de crescimento constante desde o século passado e permanecerá provavelmente durante muitos anos. Estudiosos e entusiastas vem trabalhando continuamente para aperfeiçoar máquinas voadoras cada vez mais eficientes (MIRANDA, 2014). Este trabalho tem como objetivo principal apresentar a análise de eficiência aerodinâmica utilizando ferramentas computacionais na área de Aerodesign, especificamente para simular e analisar quatro perfis: SELIG 1210 12%, SELIG 1223, WORTMANN FX-74-CL5-140 e EPPLER 421, (DRELA, 2012). As atividades desenvolvidas foram: levantamento dos arquivos (.dat) relacionadas aos perfis de asa a serem simulados; execução do programa XFRL5 com os respectivos arquivos (.dat) definidos; análise dos resultados obtidos. Como se trata de um estudo de caráter introdutório, neste momento optou-se por tomar como base experimentos computacionais similares já realizados sobre eficiência aerodinâmica de perfil de aerofólios para aerodelos controlados por rádio (Dantas, 2014; Souza et all, 2011). Este artigo é resultado do trabalho desenvolvido na disciplina de Estágio Obrigatório junto ao Grupo de Pesquisa em Engenharia Mecânica do Unibrasil Centro Universitário durante a realização do projeto de extensão “Aerodesign Unibrasil”.

MATERIAL E MÉTODO

Criado por Mark Drela do Massachusetts Institute Technology (MIT) em 1998, o XFLR5 é um software gratuito que simula túneis de vento em perfis aerodinâmicos, trabalhando com um número de Reynolds baixo. Este software foi criado com o objetivo de fornecer uma ferramenta computacional capaz de realizar análises de eficiência aerodinâmica de um aerofólio isoladamente, estimulando estudos para iniciantes na área da engenharia aeronáutica.

Levando em consideração as principais forças atuantes num aerofólio em situação de voo reto com velocidade mínima constante, a sustentação, o arrasto e momento, restringiremos nossa análise aos os principais parâmetros usados no estudo da eficiência aerodinâmica de um perfil alar: o coeficiente de arrasto mínimo ($C_{d,min}$); o coeficiente de momento (C_m) com menor valor de forma a obter uma maior estabilidade; o coeficiente de sustentação (C_l) com o maior valor possível.

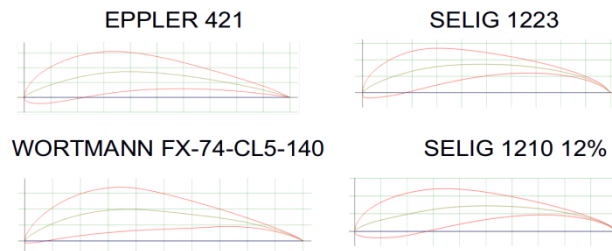
Figura 1: Forças atuantes em um aerofólio



Fonte: o autor, baseado em Rodrigues (2016)

Este estudo é feito com relação a uma variação do ângulo de ataque α onde a sustentação é máxima e com um estol que só deve acontecer a partir de um ângulo $\alpha > 6^\circ$. Por tanto, para esta análise foram escolhidos perfis de alta sustentação, já citados, Figura 2, os quais se adéquam melhor aos parâmetros citados.

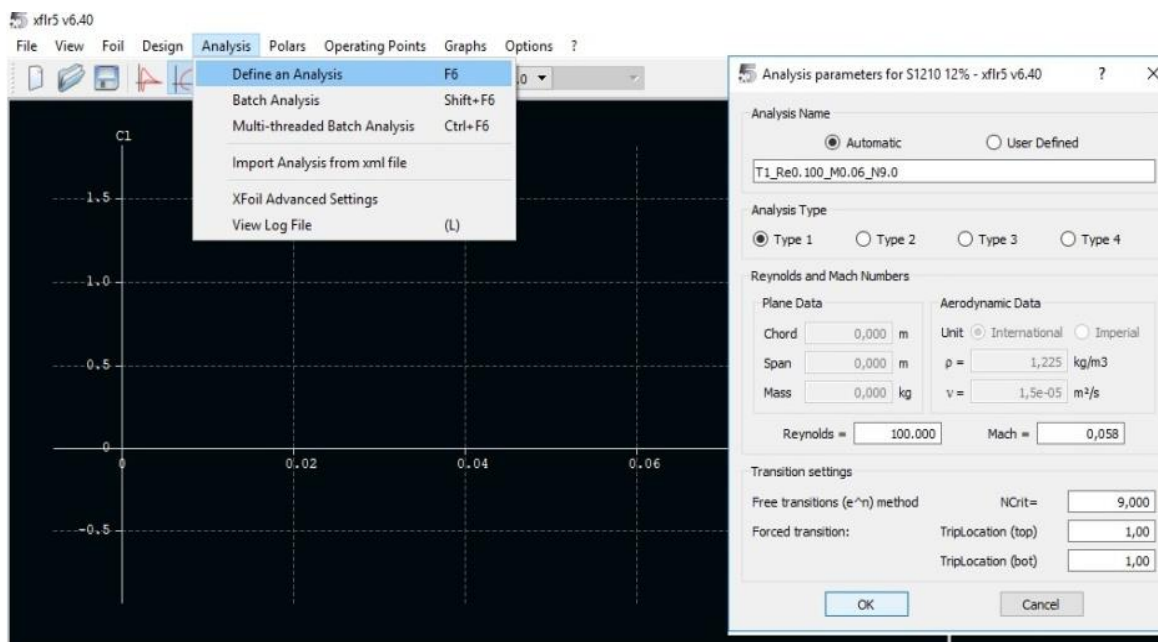
Figura 2: Aerofólios



Fonte: <http://airfoiltools.com>

Segundo Miranda (2014), a velocidade mínima e máxima encontrada em um VANT é de 6 m/s a 20 m/s. As análises foram realizadas considerando os seguintes dados: a aeronave estava voando em sua velocidade mínima, ou seja, 6 m/s; foi adotado a corda média como 221 mm, valor este encontrado pelo autor ao medir uma asa retangular do aeromodelo JR-Falcon, feito no Projeto de Extensão “Aerodesign Unibrasil”; o número de Reynolds é de 100.000 e o número de Mach é de 0,058 (Figura 3).

Figura 3: Especificação de escolher o tipo de análises e inserir os dados



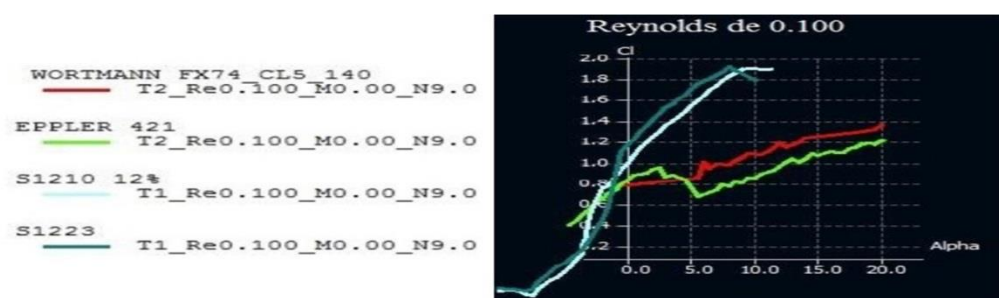
Fonte: O autor

Análise do coeficiente de sustentação

O Gráfico 1 mostra as polares do coeficiente de sustentação em função do ângulo de ataque α . Conforme visto no gráfico 1, os dois perfis que tem o maior coeficiente de sustentação são SELIG 1210 12% e SELIG 1223. Também apresentam o ângulo de estol menor que 10° para o $C_{l_{max}}$. Isto é

importante saber, pois o ângulo de estol deve ser o maior possível, para garantir uma maior segurança durante um voo. Segundo Rosa (2006) o estol em um aerofólio só deve acontecer para um ângulo α maior que 6° , portanto o perfil EPPLER 421 deve ser descartado.

Gráfico 1: Coeficiente de sustentação em função da inclinação (α)

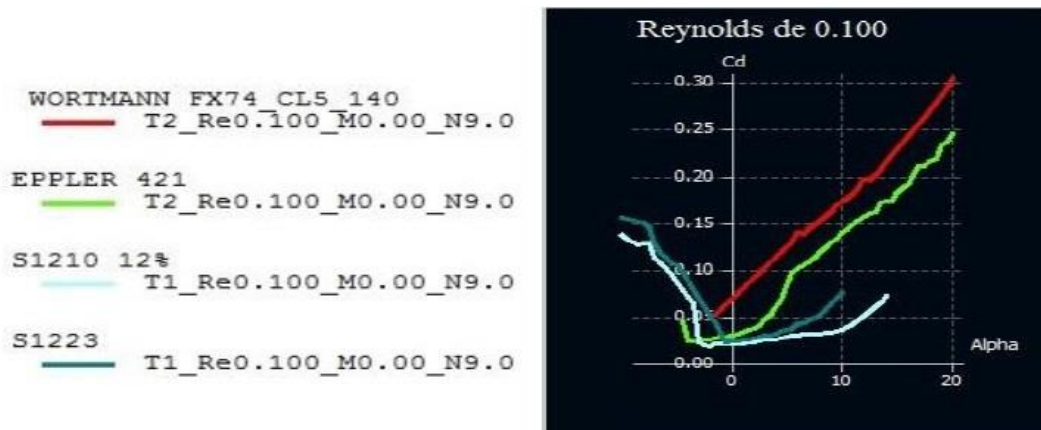


Fonte: Autoria própria.

Análise do coeficiente de arrasto

O Gráfico 2 mostra que o coeficiente de arrasto aumenta conforme o aumento do ângulo de ataque α . Conseqüentemente isto provoca uma perda drástica na sustentação, o que é indesejado para o projeto do aerofólio. Nota-se que no gráfico os perfis WORTMANN e EPPLER têm um arrasto maior que nos perfis da família SELIG.

Gráfico 2: Coeficiente de arrasto em função da inclinação (α)

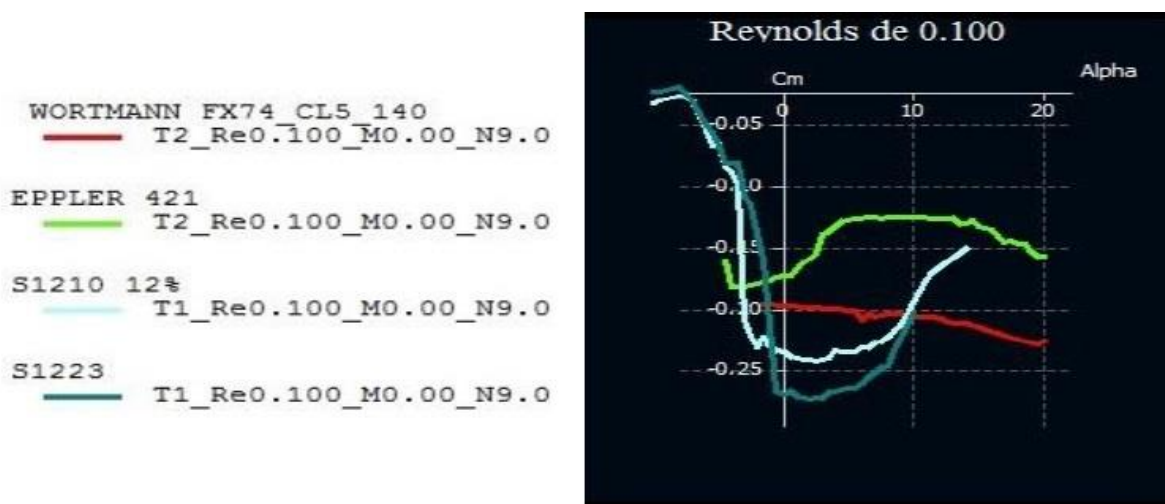


Fonte: Autoria própria.

Análise do coeficiente de momento

Conforme ilustrado no Gráfico 3, as curvas com menor C_m pertencem aos dois perfis que não tiveram bons resultados nas duas primeiras análises. De modo simples, um perfil com C_m baixo melhora o desempenho da estabilidade. Isto só é importante saber para aeronaves tipo asa-voadora, pois estas devem ter um coeficiente de momento o menor possível devido ao fato de serem inerentemente instáveis, o que não é o caso dos perfis adotados. Por conta disto, este não é um critério tão rigoroso como a relação de sustentação e arrasto na escolha de um perfil.

Gráfico 3: Coeficiente de momento no perfil em função da inclinação (*alpha*)

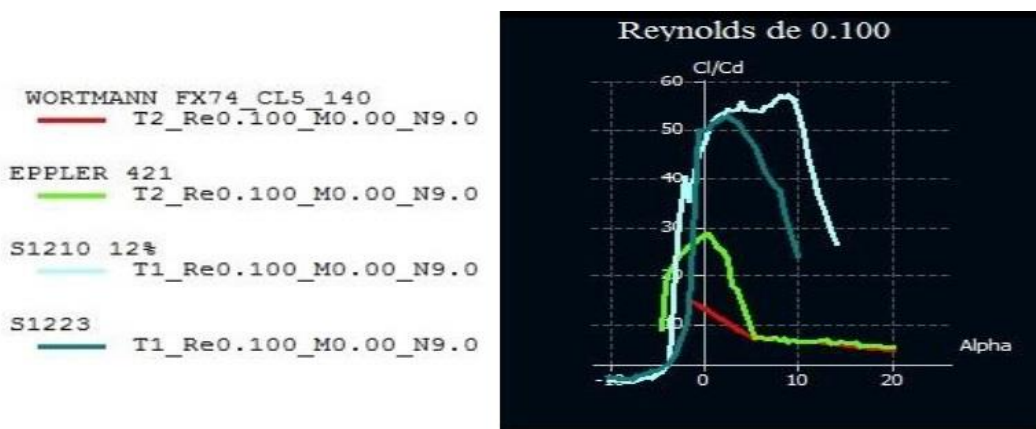


Fonte: Autoria própria.

Análise da eficiência dos perfis.

Uma das características fundamentais na escolha de um perfil é a que apresenta melhores condições de desempenho e esta informação pode ser obtida a partir do Gráfico 4. Nota-se que o perfil SELIG 1223 apresenta a maior eficiência para um ângulo α de aproximadamente $2,5^\circ$ e o SELIG 1210 12%, para um ângulo entre 9° e 10° . Portanto o perfil SELIG 1210 12% apresenta vantagem na razão sustentação por arrasto. Esta qualidade de eficiência é importante para um projetista encontrar o perfil correto da asa.

Gráfico 4: Eficiência dos perfis em função da inclinação (alpha)



Fonte: Autoria própria.

Análise da polar de arrasto dos perfis.

No Gráfico 5 consegue-se visualizar a relação existente entre o arrasto e a sustentação em forma de seus coeficientes. Percebe-se que os perfis WORTMANN como EPPLER 421 apresentam um aumento de seu C_l quase linear com o C_d , enquanto que para os outros dois perfis este fato não se repete. Para uma variação de C_d de 0.00 à 0.05, o valor de C_l varia pouco até aproximadamente 1.9. Conclui-se que os perfis da família SELIG apresentam o melhor desempenho.

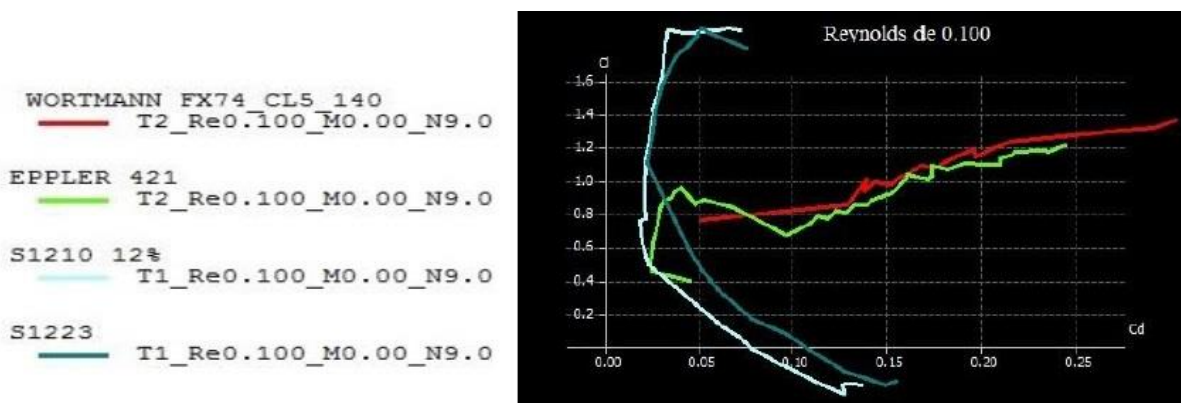


Gráfico 5: Polar de arrasto em função da inclinação (alpha)

Fonte: Autoria própria.

RESULTADOS E DISCUSSÕES OU REVISÃO DE LITERATURA

Conclui-se que a partir das análises feitas através do programa XFRL5, o perfil que apresentou as melhores características que satisfazem os parâmetros citados na seção da descrição detalhada da atividade, foi o SELIG 1210 12%. O perfil citado da família SELIG apresentou coeficientes altos de sustentação e de arrasto mínimo, mesmo trabalhando com uma velocidade baixa de 6 m/s e um número baixo de Reynolds. Outro fator importante na escolha do perfil com melhor desempenho aerodinâmico foi que ele apresentou valor de $C_{l_{Max}}$ para $\alpha > 6^\circ$, sendo uma ótima escolha para o aerofólio da asa de um VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado).

Por tanto, a conclusão deste relatório é resumida na Tabela 1, onde o perfil S1210 12% é o de melhor desempenho com relação aos perfis concorrentes.

Tabela 1: Parâmetros usados para escolha do perfil

	NOTAS				
	Análise do C_l	Análise do C_d	Análise do C_m	Análise da eficiência dos perfis	Análise de C_l/C_d
WORTMANN FX74	4	1,6	1,2	2	1
EPPLER 421	2	4,8	2	5	3
S1210 12%	9	8	0,8	10	10
S1223	10	7,2	0,2	8	9

	PESOS
C_l com maior valor possível	100%
C_d com menor valor possível	80%
C_m com menor valor possível	20%

Fonte: Autoria própria usando o Excel.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho apresentamos o resultado da simulação computacional e análise da eficiência aerodinâmica por meio do software livre XFRL5. Os estudos desenvolvidos para a realização desse experimento incluíram a revisão de conceitos da dinâmica dos fluídos e, em especial, da aerodinâmica de aerofólios. Adicionalmente a simulação computacional por meio do XFRL5 proporcionou a visualização de parâmetros fundamentais para garantir a eficiência aerodinâmica de aeronaves. As atividades desenvolvidas ao longo da pesquisa foram realizadas para a disciplina Estágio Obrigatório junto ao Grupo de Pesquisa em Engenharia Mecânica durante a execução do Projeto de Extensão “Aerodesign Unibrasil”. Dessa forma pode-se vivenciar um processo integrador nos três níveis que a experiência universitária pode proporcionar: ensino, pesquisa e extensão.

Referências

ANDERSON JR., J. D. **Fundamentos de Engenharia Aeronáutica**. [S.l.]: AMGH Editora, 2015.

DANSIE, J. **Model aircraft design – a teaching series for secondary students**. 2016. Disponível em: <<http://www.concept2creation.com.au/xstd>>.

DANTAS, A. F. M. **Análise aerodinâmica de perfis de asa para veículos aéreos não tripulados usando o software XFLR5**. Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Angico, RN, 2014. [Monografia]

DRELA, Mark. **Software de simulação escoamento em airfoil**. XFLR5, 2012. Disponível em: <http://www.xflr5.com/xflr5.htm>>. Acesso em: 30 abr. 2014.

MIRANDA, R. L. E. **Fundamentos da Engenharia Aeronáutica com Aplicações ao Projeto SAE-AeroDesign**. 1.ed. Salto: EngBrasil, 2014

ROSA, E.; **Introdução ao projeto aeronáutico: uma contribuição à competição SAE Aerodesign**. Santa Catarina: UFSC Centro Tecnológico, 2006.

RODRIGUES, L. E. M. J.. **Fundamentos da Engenharia aeronáutica**. São Paulo: CenageLearning, 2016

SELIG, Michael . **UIUC Applied Aerodynamics Group** : Department of Aerospace Engineering. 2018. Disponível em: <http://m-selig.ae.illinois.edu/ads/coord_database.html#S>. Acesso em: 18 maio 2018.

SOUZA, I. A.; FERREIRA, E. H. F.; MAIA, P. V. M.; VAZ, J. R. P.; SILVA, M. O.. **Estudo Experimental De Um Novo Perfil Aerodinâmico Voltado Para a Competição Sae Brasil Aerodesign**. XXXIX COBENGE: Blumenau, SC, 2011.