

## PROJETO CONCEITUAL DE UMA ASA PARA UMA AERONAVE LEVE ESPORTIVA (ALE)

Kaline Ventura Batista, [kalineufcg@gmail.com](mailto:kalineufcg@gmail.com)<sup>1</sup>

Saulo Lucena Vidal de Negreiros, [saulolvn@gmail.com](mailto:saulolvn@gmail.com)<sup>1</sup>

Daniel Sarmiento dos Santos, [danielsarmiento2@hotmail.com](mailto:danielsarmiento2@hotmail.com)<sup>1</sup>

Wanderley Ferreira de Amorim Júnior, [engenhariabrasileira@gmail.com](mailto:engenhariabrasileira@gmail.com)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Campina Grande, R. Aprígio Veloso, 882 - Universitário, Campina Grande - PB, 58429-900,

**Resumo:** Com a expansão e crescimento do setor aeronáutico no Brasil a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) adicionou uma nova categoria de aeronaves, as Aeronaves Leves Esportivas (ALE). O mercado desse tipo de aeronave está em expansão nos últimos anos por se tratar de modelos com baixo custo de operação e manutenção, bem como a disseminação do conhecimento necessário para o projeto dessas aeronaves. Deste modo, este artigo se propõe a desenvolver o projeto conceitual de uma asa para uma Aeronave Leve Esportiva. Para atingir este objetivo adotou-se a metodologia para projetos aeronáuticos, o qual consiste em quatro fases, sendo assim, inicialmente foi realizado o projeto conceitual o qual possibilitou determinar o perfil aerodinâmico, a realização de simulações fluido dinâmicas e determinação da geometria alar. Conclui-se que a partir do estudo desenvolvido foi possível obter uma asa para uma aeronave da categoria ALE que atendeu a todos os critérios impostos pela ANAC e que também respeitou a norma aeronáutica emitida pela American Society for Testing and Materials (ASTM).

**Palavras-chave:** Aeronaves Leves Esportivas; ALE; Projeto Conceitual.

### 1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento do setor aeronáutico no Brasil está em crescente ascensão devido ao incentivo do mercado mundial através da necessidade de projetos aeronáuticos inovadores e eficientes. Na aviação as aeronaves consideradas “experimentais” são aviões utilizados para lazer, recreação ou transporte pessoal, ainda nesta categoria estão incluídos as aeronaves históricas, réplicas, de exibição, competição, de construção amadora e mais recentemente as Aeronaves Leves Esportivas (ALE), termo definido pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC).

Um avião ALE é considerado uma aeronave fácil de voar, simples de operar e manter. A ANAC exige características construtivas e de performance específicas para essa categoria de aviões, as principais exigências estão apresentadas na Fig. 1.

Esta nova categoria de aeronaves (ALE), promoveu a viabilidade econômica de novos projetos, pois são aeronaves de no máximo dois ocupantes e peso máximo de decolagem de 600 kg. O projeto de um avião ALE necessita da certificação da ANAC para ser legalizado e poder operar, devido essa necessidade este mercado específico de aviões aumentou a segurança de voo e permitiu o desenvolvimento de novas tecnologias embarcadas.

Para ser certificada como ALE, a aeronave deve ter sido projetada, ensaiada e aprovada de acordo com as normas American Society for Testing and Materials (ASTM). A base da certificação das aeronaves ALE são as normas consensuais específicas emitidas pela ASTM. Embora não sejam elaboradas especificamente por uma autoridade aeronáutica, tais normas são aceitas em praticamente todo o mundo, fornecendo uma base legal para a produção e comercialização seriada desse tipo de aeronave.

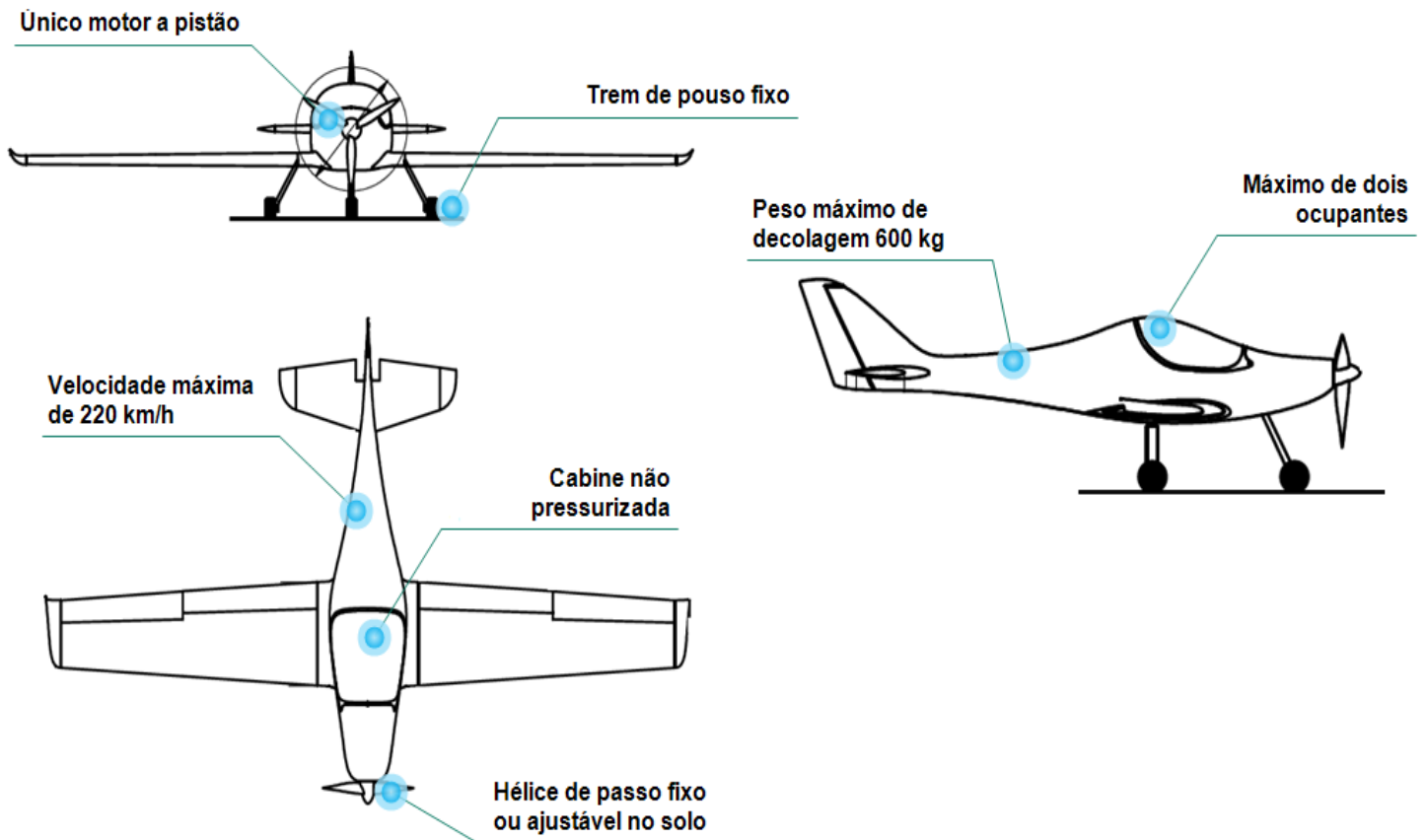


Figura 1. Características principais estabelecidas pela ANAC para uma Aeronave Leve Esportiva.

Projetar uma estrutura aeronáutica requer uma atenção especial do engenheiro ou projetista, pois este tipo de componente pode apresentar solicitações complexas e pouco comum quando comparado a outras estruturas mais simples. Por isso, são exigidas normas de segurança rígidas e extensas neste tipo de aplicação (Miranda, 2011).

Um projeto aeronáutico visa atender os requisitos impostos pela ANAC para que a aeronave seja certificada e possa operar. A partir desse objetivo desenvolveu-se o projeto conceitual de uma asa para uma Aeronave Leve Esportiva.

A asa de um avião é o principal elemento de geração de sustentação, sendo assim representa o componente fundamental que suporta o avião no voo. Os principais elementos estruturais de uma asa são as nervuras, a longarina, o bordo de ataque, bordo de fuga, flap e aileron. A Figura 2 apresenta os elementos da asa.

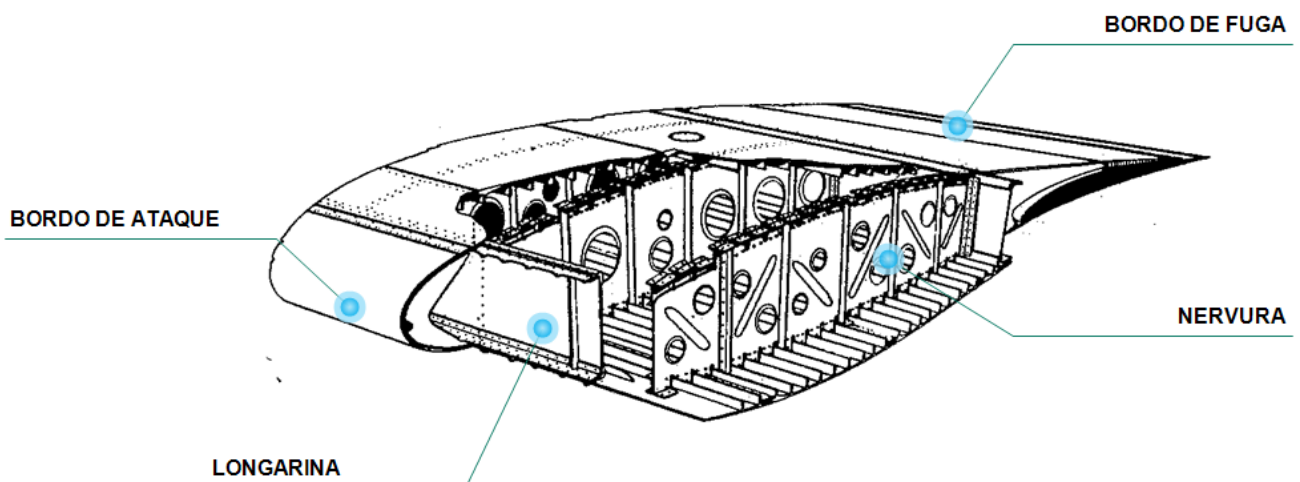


Figura 2. Elementos estruturais de uma asa.

## 2. METODOLOGIA

Para o projeto alar foi utilizada a metodologia proposta por Raymer (1999) para desenvolvimento de projetos aeronáuticos. A metodologia consiste em quatro fases, Projeto Conceitual, Projeto Preliminar, Projeto Detalhado e por fim, construção, testes e avaliação. A Figura 3 mostra a sequência das fases do projeto.



**Figura 3. Fases do projeto aeronáutico.**

Foram seguidas as normas FAR-23 (Federal Aviation Regulations - Part 23) aplicada mundialmente para projeto de aviões e as normas ASTM (American Society for Testing and Materials).

Segundo Raymer (1999), o projeto conceitual aeronáutico consiste na primeira fase do projeto, no qual são definidas as características externas básicas da aeronave. Sendo assim, inicialmente definiu-se a configuração externa e considerações quanto à forma em planta da asa e características de Estol.

Para determinação da área alar para produzir sustentação necessária para sustentar a aeronave em voo utilizou-se a Eq. (1) e para determinação da envergadura alar utilizou-se a Eq. (2).

$$S = \frac{W}{w/s} \quad (1)$$

$$b = \sqrt{A \cdot S} \quad (2)$$

Onde S= área alar; W= peso máximo de decolagem; W/S= relação entre peso e área alar de aeronaves semelhantes; b= envergadura alar e A= alongamento.

Após obtida a configuração inicial do protótipo se deu início a análise aerodinâmica. No estudo aerodinâmico da asa determinou-se os requisitos que atendessem aos critérios da categoria, tendo como principal objetivo ser capaz de gerar a sustentação máxima necessária para aeronave em sua velocidade de estol.

Com área de vista superior e a massa desejada a ser carregada pela asa da aeronave, foi possível definir qual seria o coeficiente de sustentação necessário da asa para tal situação a partir das Eq. (3) e (4):

$$L = 0,5 \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S \cdot C_L \quad (3)$$

$$C_L = 2 \cdot L / \rho \cdot V^2 \cdot S \quad (4)$$

Onde L= sustentação;  $\rho$ = densidade específica do ar; V= velocidade; S= área alar;  $C_L$ = coeficiente de sustentação.

Após definir o coeficiente de sustentação necessário, analisou-se perfis aerodinâmicos mais utilizados pela literatura aeronáutica. Utilizou-se o método proposto por Anderson (2016) para a categoria de aeronaves subsônicas com valores de Mach abaixo de 0,4, que consiste na conversão de perfis em três dimensões, a asa, para duas dimensões.

A partir do requisito de que aeronaves da categoria ALE devem apresentar velocidade máxima de cruzeiro 220km/h, o perfil selecionado deve ser capaz de gerar a sustentação de 600kgf na velocidade de estol e gerar o menor arrasto possível na velocidade de cruzeiro determinada. Após a seleção do perfil desenvolveu-se simulações em CFD (Computacional Fluid Dynamics) para ratificar os valores obtidos na teoria.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos requisitos estabelecidos pela ANAC definiu-se a configuração inicial do protótipo, vide Fig. 4 e 5. As principais características definidas da asa foram:

- Quanto a posição, selecionou-se configuração de asa baixa pois proporciona maior manobrabilidade quando comparado com asa alta, por ter menor altura de cabine obterá menor arrasto, melhor visibilidade do aeroporto nas curvas de aproximação, e maior facilidade construtiva.
- Quanto à forma em planta da asa, selecionou-se a configuração de asa trapezoidal, proporcionando vantagens estruturais como maior caixa de torção da asa, menor inércia lateral e menor arrasto.
- Quanto ao enflechamento da asa, optou-se por enflechamento nulo com vantagem construtiva e estrutural proporcionando uma longarina principal retilínea e boas características de Estol.
- Quanto ao Diedro, optou-se por diedro positivo de  $2,5^\circ$  para proporcionar maior estabilidade estática lateral facilitando a pilotagem em cruzeiro e em pouso.
- Considerações quanto à forma em planta da asa, optou-se por uma configuração alar em forma trapezoidal a qual é uma asa de ótima eficiência aerodinâmica, pois com a redução gradativa da corda entre a raiz e a ponta da asa consegue-se uma significativa redução do arrasto induzido e quanto as características de estol optou-se por uma configuração de asa que obedecesse um afilamento de 0,5 pois sabe-se que as melhores características de estol são para asas com afilamento entre 1 e 0,5.
- A área alar obtida foi de  $13,9\text{m}^2$  com 10m de envergadura, sendo 1,55m de corda na raiz e aproximadamente 1,00m de corda na ponta.

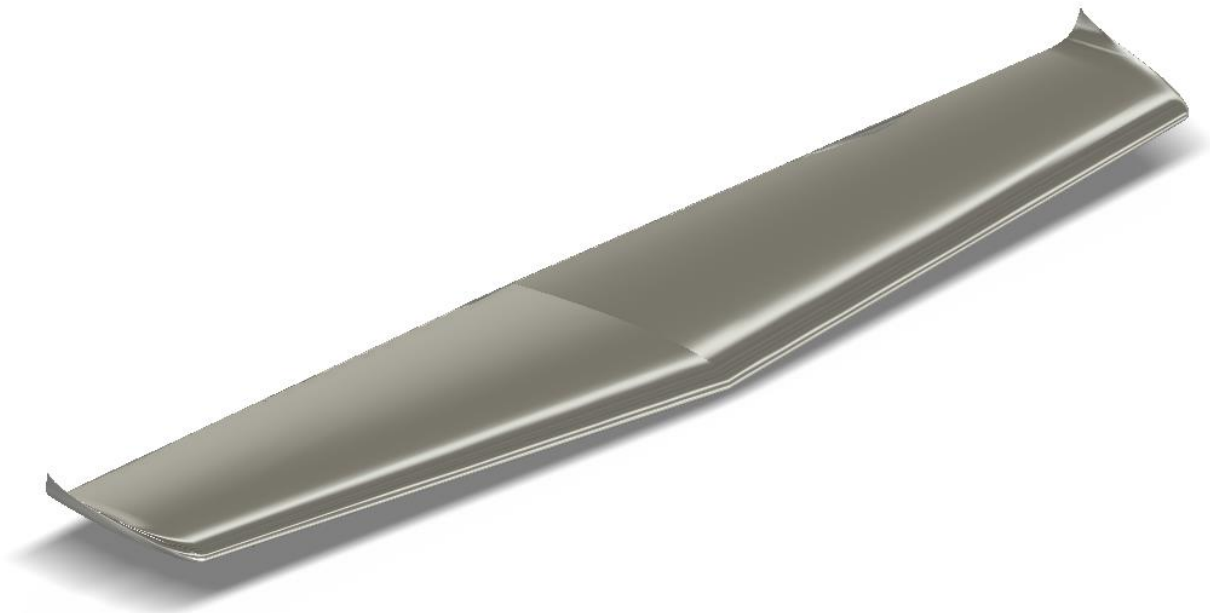


Figure 4. Configuração alar.

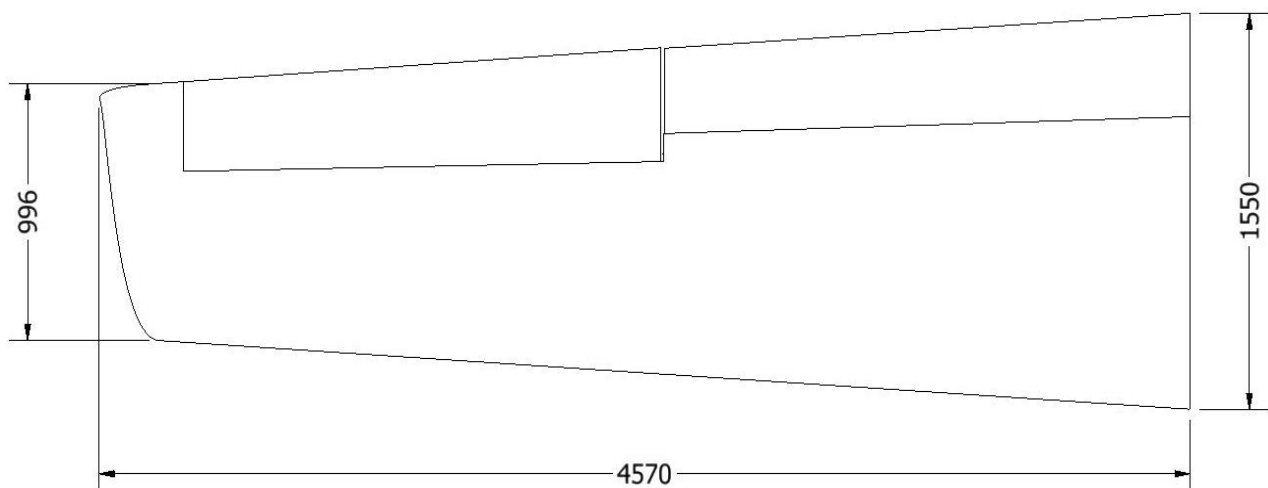
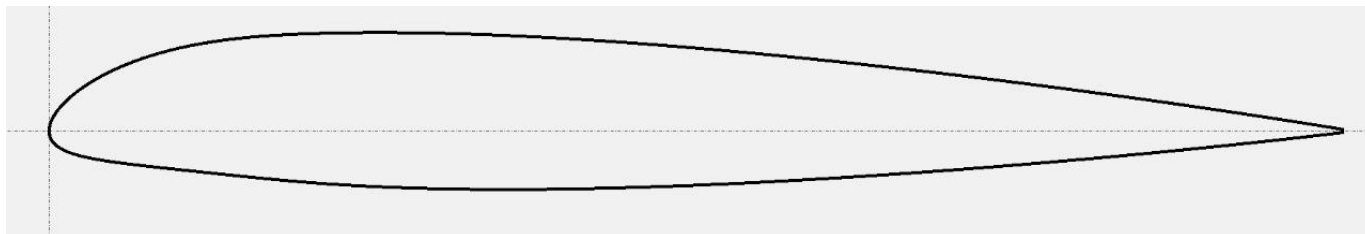


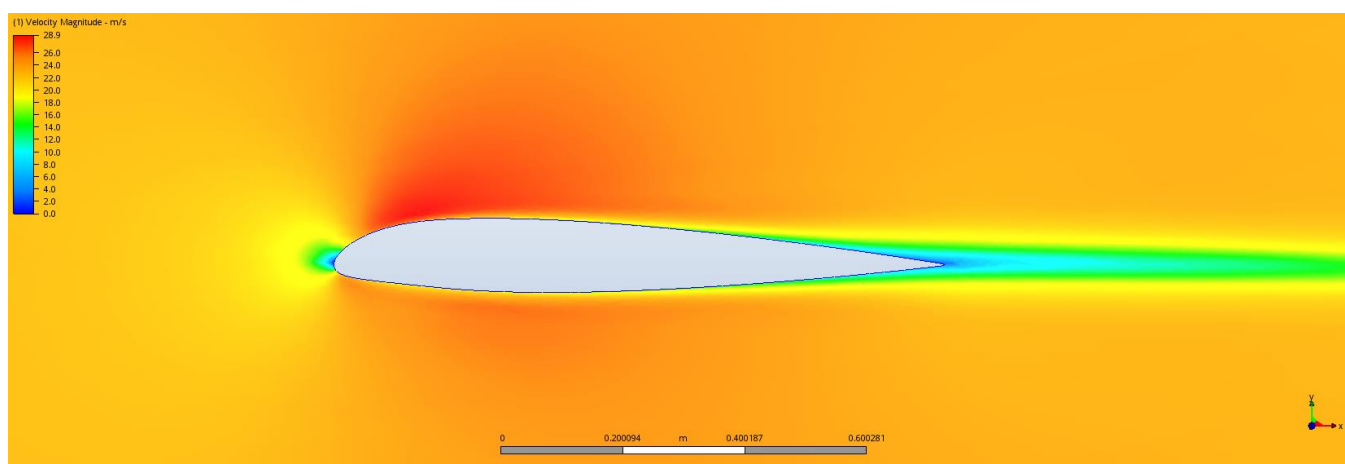
Figure 5. Vista superior da semi-asa.

O perfil aerodinâmico selecionado foi o NACA 23012 apresentado na Fig. 6, e após selecionado o perfil, realizou-se simulações tanto do perfil quanto para a asa.



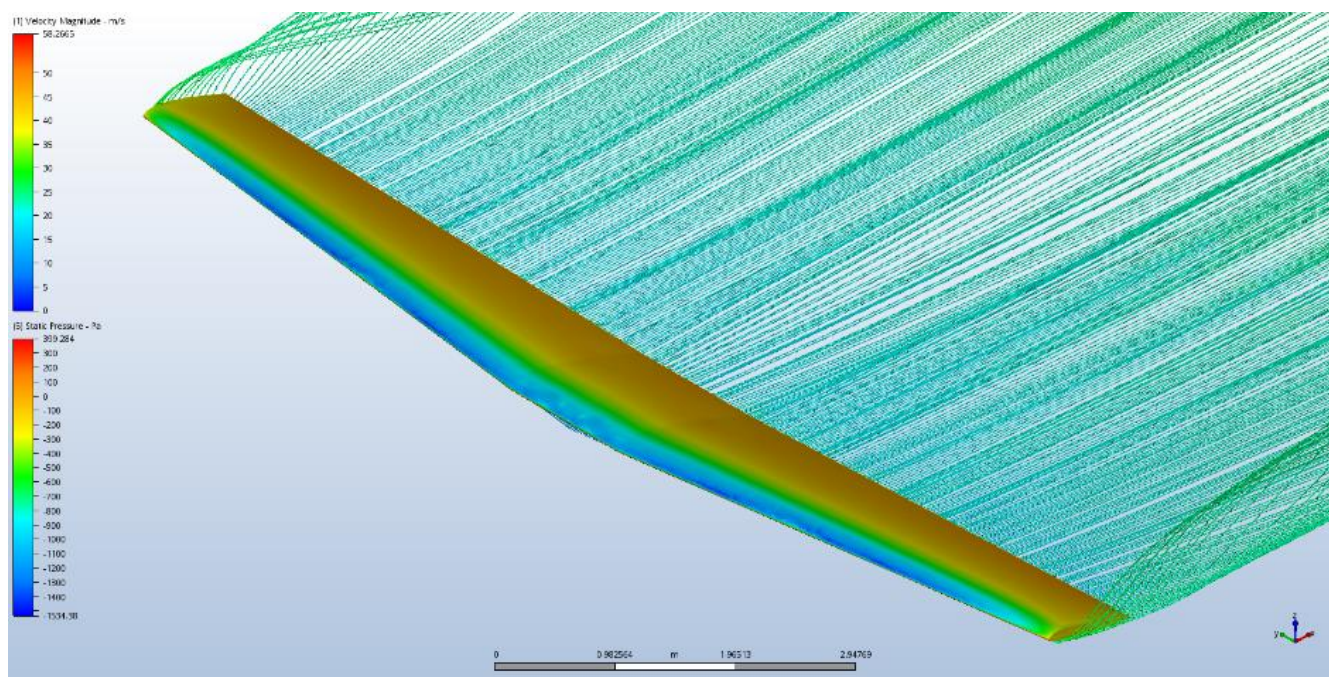
**Figure 6. Perfil aerodinâmico NACA 23012.**

A partir da simulação em duas dimensões realizada do perfil selecionado, vide Fig. 7, obteve-se os coeficientes aerodinâmicos como Coeficiente de sustentação ( $C_L$ ), Coeficiente de arrasto ( $C_D$ ) e Coeficiente de momento ( $C_M$ ).



**Figure 7. Simulação do perfil NACA 23012.**

Através da simulação realizada para o modelo em três dimensões da asa (Vide Fig. 8), calculou-se os coeficientes aerodinâmicos possibilitando confirmar os cálculos teóricos obtidos anteriormente.



**Figure 8. Simulação da asa.**



Nas Figuras 9 e 10, apresentam a simulação realizada para determinar a interferência do escoamento entre asa e fuselagem. Também se analisou a formação dos vórtices de ponta de asa e como diminuir a influência dos mesmos na sustentação da asa.

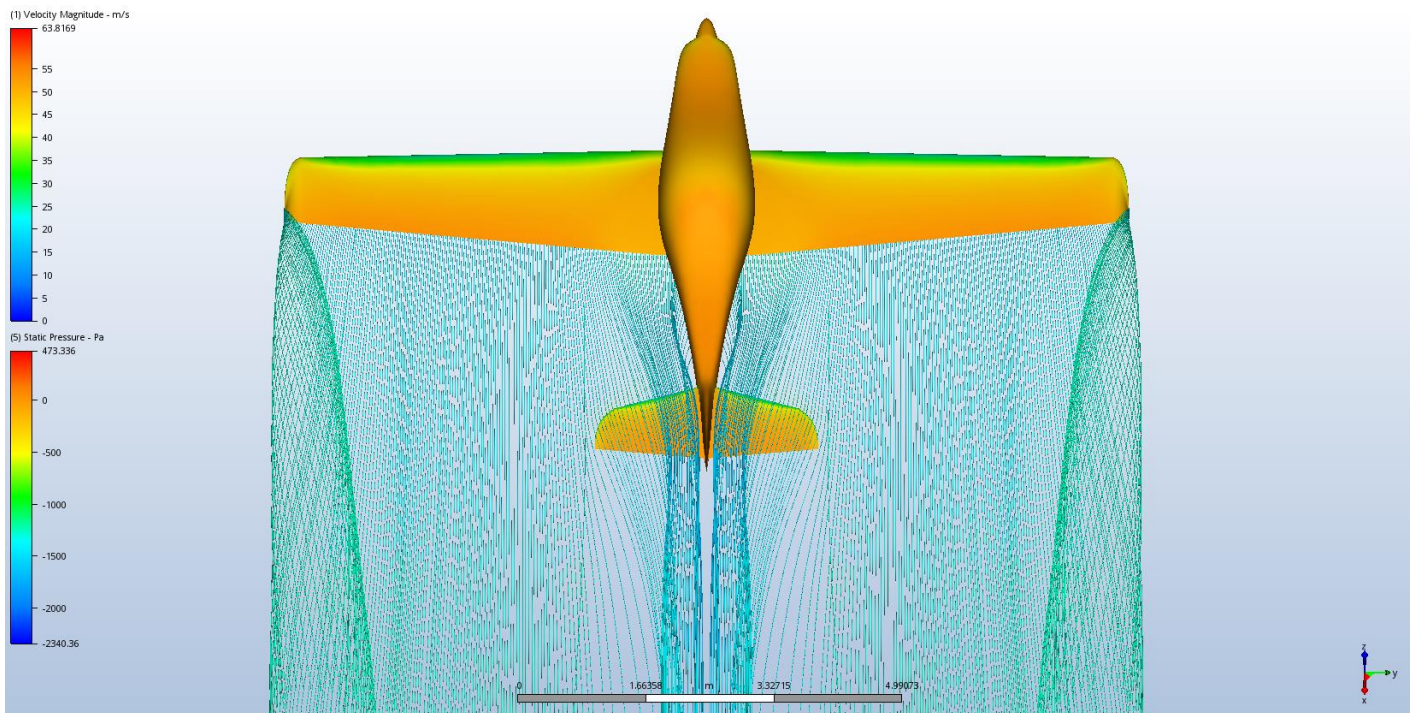


Figure 9. Vista superior da simulação da interação entre asa e fuselagem.

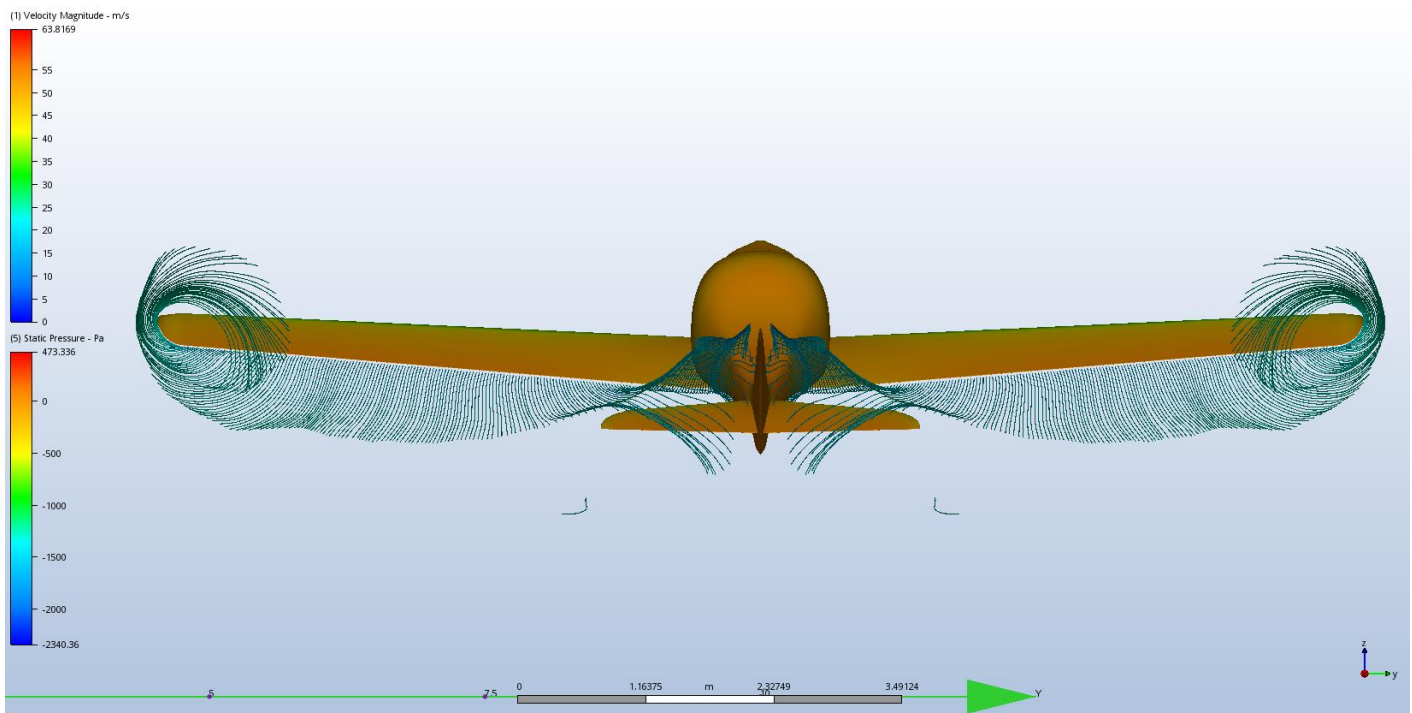


Figure 10. Vista posterior da simulação da interação entre asa e fuselagem.

Com a finalização do projeto conceitual obteve-se a concepção da asa para uma aeronave da categoria ALE. A asa desenvolvida atende a todos os critérios impostos pela ANAC assim como respeita as normas aeronáuticas ASTM e FAR-23, após a configuração ser obtida iniciou-se a fabricação da geometria alar que servirá para retirar o molde da asa definitiva para linha de produção. A asa é usinada em isopor e depois é laminada por fibra de vidro e resina. A Figura 11, mostra a raiz da semi-asa laminada pronta para a retirada do molde. Na Figura 12, observa-se a localização do aileron. Na Figura 13, observa-se a geometria do perfil NACA 23012 com um metro de corda.



**Figura 11. Raiz da semi-asa esquerda laminada.**



**Figura 12. Seção da semi-asa esquerda onde será localizado o aileron.**



**Figura 13. Perfil NACA 23012 com um metro de corda.**

#### **4. CONCLUSÃO**

Foi possível obter a concepção de uma asa para uma aeronave da categoria ALE a partir da metodologia utilizada e indicada pela literatura aeronáutica. A configuração da asa assim como os cálculos, apresentaram resultados reais e seguros devido ao cumprimento das normas da ASTM e atendimento das exigências da ANAC. Com a finalização desta primeira fase do projeto aeronáutico é possível avançar e desenvolver a segunda fase que consiste no projeto preliminar.

#### **5. AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem em especial a *Stratus Indústria Aeronáutica* pela oportunidade de desenvolver este projeto para a nova aeronave da empresa na categoria ALE. Este trabalho está inserido no projeto de pesquisa “Uso de Tecnologia de Fibras PREPREGS para o Desenvolvimento de Fuselagem Leve para Aeronaves de Quatro Ocupantes” do Edital SENAI SESI de Inovação 2016.

#### **6. REFERÊNCIAS**

Anderson, J. D., 2016. “Fundamentos de engenharia aeronáutica”. Singapore: McGraw  
Raymer, D.P., 1999. “Aircraft Design: A Conceptual Approach”. 3.ed. EUA: AIAA.  
Roskam, J.,1997. “Airplane Design Part I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII”. s.l.:Lawrence, KA.1ed. DAR Corporation.  
Miranda, R.L. E.M. J.,2011. “Fundamentos da Engenharia Aeronáutica – Aplicações ao Projeto SAE-Aerodesign”. São Paulo: s.n.

#### **7. RESPONSABILIDADE AUTORAL**

“Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho”.



## CONCEPTUAL PROJECT OF A WING FOR A LIGHT SPORT AIRCRAFT (LSA)

Kaline Ventura Batista, [kalineufcg@gmail.com](mailto:kalineufcg@gmail.com)<sup>1</sup>

Saulo Lucena Vidal de Negreiros, [saulolvn@gmail.com](mailto:saulolvn@gmail.com)<sup>1</sup>

Daniel Sarmiento dos Santos, [danielsarmiento2@hotmail.com](mailto:danielsarmiento2@hotmail.com)<sup>1</sup>

Wanderley Ferreira de Amorim Júnior, [engenhariabrasileira@gmail.com](mailto:engenhariabrasileira@gmail.com)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Campina Grande, R. Aprício Veloso, 882 - Universitário, Campina Grande - PB, 58429-900,

**Abstract:** *With the expansion and growing of the aeronautical sector in Brazil, the National civil aviation agency of Brazil (ANAC) added a new category, LSA (Light Sport Aircraft). The market of this kind of aircraft in the last years is in expansion due to its low cost maintenance and operation, also because of the well spread of the knowledge necessary to design this kind of aircrafts. So, this abstract proposes the designing of the conceptual project of a wing for a Light Sport Aircraft. To achieve this target the aeronautical project methodology was adopted, consisting of four steps, starting with the conceptual project that permitted determinate the aerodynamic foil of the wing, the analysis of the computational fluid dynamics simulations helped the design of best geometry area of the wing. It was possible to conclude with the studies developed the project of a wing for a LSA category that attained the criterias imposed by ANAC and respecting the aeronautical norms emitted by the American Society for testing and materials (ASTM).*

**Keywords:** *Light Sport Aircraft; LSA; Conceptual Project.*