
DESENVOLVIMENTO DE BANCADA PARA MEDIÇÕES DE FORÇA DE ARRASTO E SUSTENTAÇÃO NO CANAL AERODINÂMICO

Diógenes Welter
Roberta Neumeister
Marco Antônio Sampaio Ferraz de Souza

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI
Departamento de Engenharias e Ciências da Computação
Curso de Engenharia Industrial Mecânica
Bancada desenvolvida em Dezembro de 2018.

INTRODUÇÃO

Os túneis de vento fazem parte das ferramentas mais aplicadas no estudo aerodinâmico moderno, pois além de resultados das forças de pressão envolvidas no escoamento em torno do objeto, é possível a visualização de linhas de trajetória e corrente com a aplicação de fumaça no experimento. A medição para obtenção das forças geralmente é realizada por tomadas de pressões, porém o método peca com imprecisões na hora de converter a pressão e velocidade do escoamento pela área superficial em força aerodinâmica, pois é esta que determina, por exemplo, a capacidade de carga que um avião pode transportar ou a força de arrasto que um pilar sofre quando exposto a uma ventania.

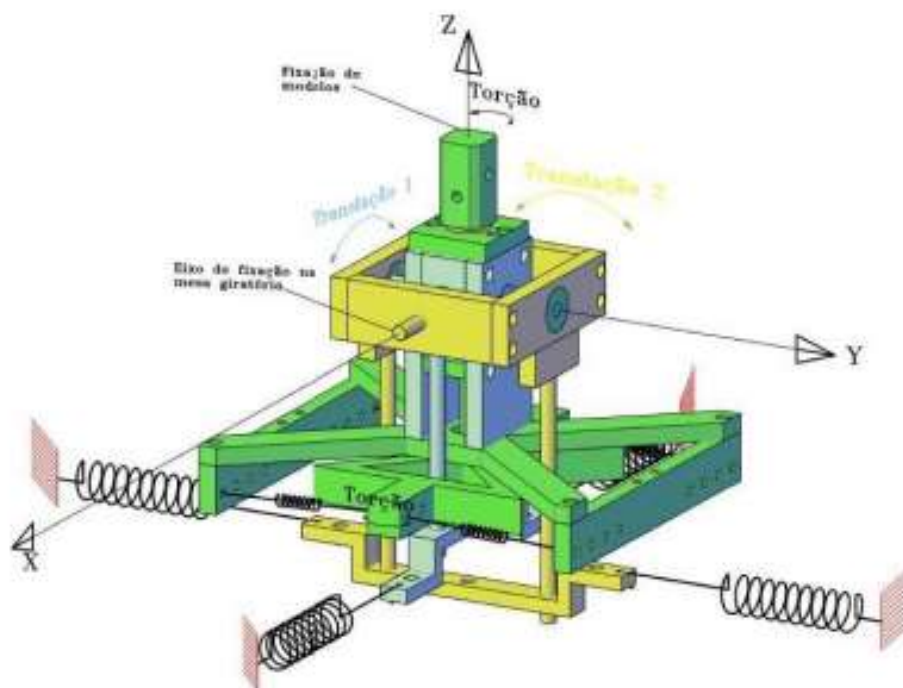
A maior força que o medidor poderá sofrer é com o túnel de vento em máxima velocidade aplicado a uma superfície com toda a área do escoamento, através da Eq. (1) podemos definir esta força:

$$F_D = C_D * \frac{1}{2} \cdot \rho V^2 A \quad (1)$$

onde C_D é a coeficiente de arrasto, ρ é a massa específica do ar em $[\text{kg}/\text{m}^3]$, V é a velocidade do escoamento dada em $[\text{m}/\text{s}]$ e A é a área da placa em $[\text{m}^2]$. Utilizando um C_D para a placa perpendicular de 2,05 e com as seguintes medidas: Altura 352mm e Largura 282mm. Para uma velocidade máxima de 18m/s, a maior força de arrasto obtida é de 32,96N ou 3,36kg. Ou seja, as células de carga deverão suportar esta massa.

A balança deve contar com um sistema que meça arrasto e sustentação simultaneamente, com base literária em alguns estudos encontrados na literatura, como o realizado por OLIVEIRA (2009), que criou um projeto para medir em 3 direções distintas, mostrado na Figura 1:

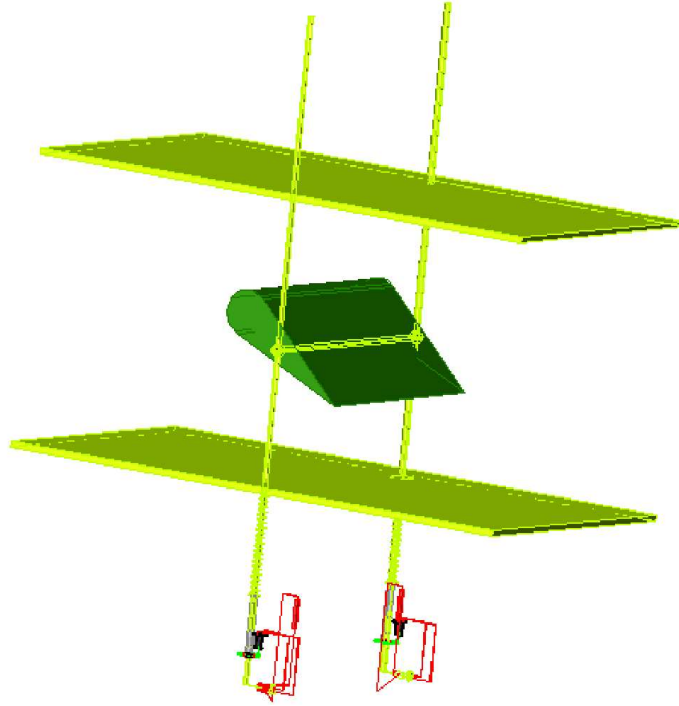
Figura 1 - Modelo de balança BD3GDL.



Fonte: OLIVEIRA (2009).

Neste modelo, Oliveira (2009) utilizou um modelo com 3 graus de liberdade onde são mensuradas as forças que um protótipo de edifício pode sofrer pela ação do vento. Outros modelos da balança aerodinâmica foram encontrados na literatura como, por exemplo, de Ribeiro et al. (2010), mostrada na Figura 2.

Figura 2 - Modelo de balança proposta por Ribeiro (2010).



Fonte: Ribeiro et al. (2010).

Com base nos modelos encontrados é nítido que a balança para edificações se abstém de maior precisão e o modelo de Ribeiro et al. (2010) simplicidade de projeto. O modelo para as edificações pode ser simplificado considerando que para o caso proposto neste estudo só existe a necessidade de medição de forças em duas direções distintas (arrasto e sustentação).

DESENVOLVIMENTO DA BANCADA

O princípio proposto conta com um sistema de torção que a asa sofre dentro do canal aerodinâmico, como pode ser mostrado pela Figura 3. A Figura 3 utiliza como modelo uma asa, mas poderia ser qualquer outro objeto para estudos aerodinâmicos. Para o sistema, o ideal é que o ponto de apoio conte com um rolamento para diminuir o atrito sofrido na rotação do eixo de suporte da asa, este eixo irá transmitir a força sofrida pela asa nos experimentos realizados no canal aerodinâmico para uma balança na parte inferior. Há ainda a necessidade de se medir duas forças distintas com direções de 90° de diferença uma da outra. Sendo assim o eixo deverá se movimentar somente nas direções em que os aerofólios sofram a força de sustentação e de arrasto, como mostrado na Figura 4.

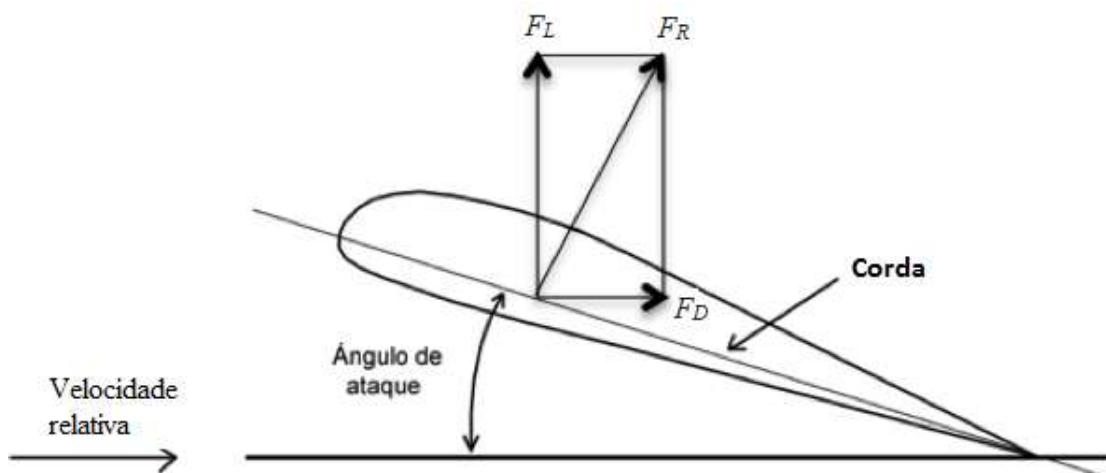
Figura 3 - Esquema de funcionamento da balança.



Fonte: Autor.

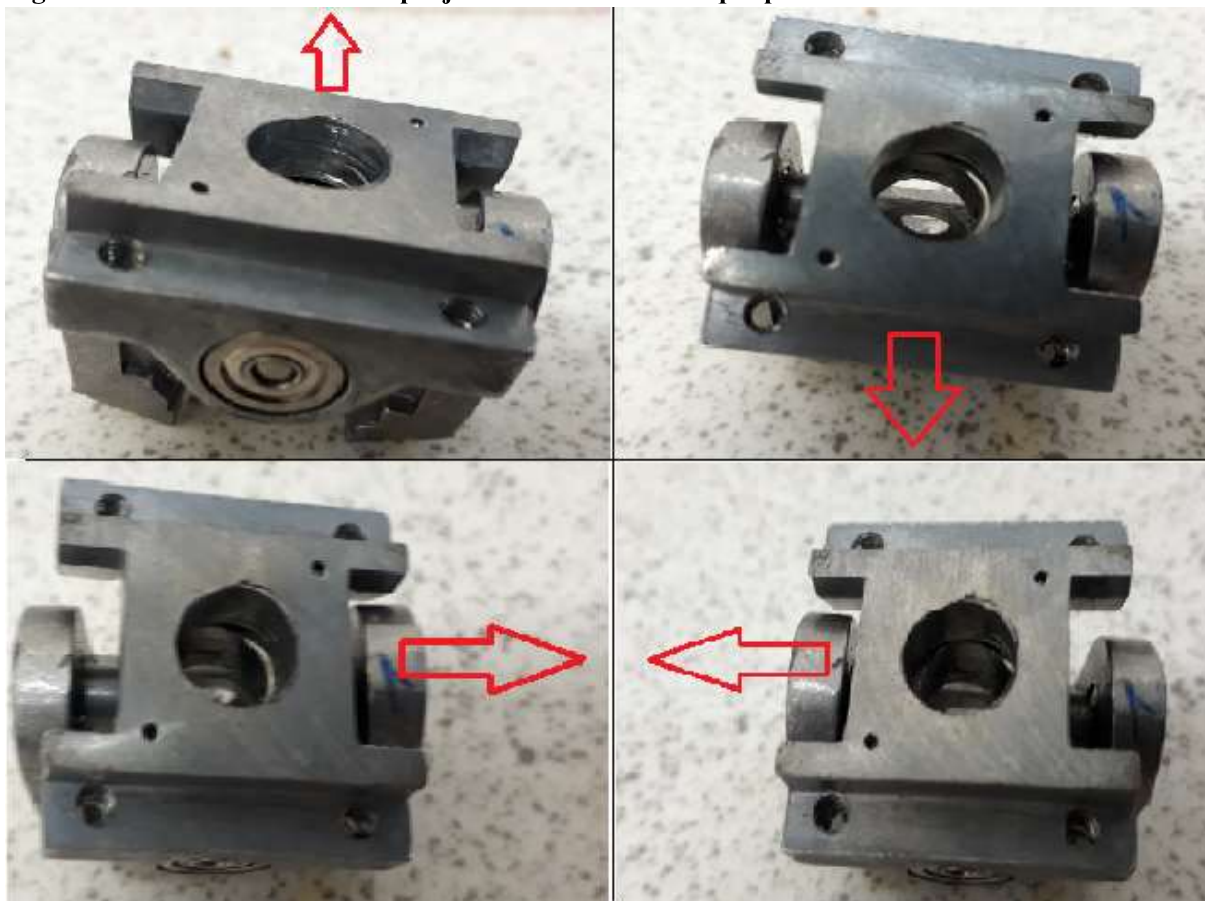
Pode-se observar na Figura 4, a geração da força de sustentação F_L , da força resultante F_R e da força de arrasto F_D , onde para o projeto são necessárias as medições de F_L e F_D . Quando aplicada ao escoamento a asa tende a rotacionar até apresentar a menor resistência aerodinâmica, para o projeto poder funcionar sem apresentar erros é necessário o isolamento do momento sofrido pela asa. Por experiência própria, foi utilizado um sistema de cruzeta de alinhamento adquirido de uma sucata de nível a laser, este sistema tem um atrito muito baixo para manter o pêndulo sempre nivelado e aplumado, no caso do estudo irá efetuar o alinhamento nas direções paralela e perpendicular ao escoamento.

Figura 4 - Decomposição das forças aerodinâmicas sofridas pela asa.



Fonte: Adaptado de RODRIGUES (2014).

Figura 5 - Cruzeta utilizada no projeto e os movimentos que podem ser realizados com a mesma.



Fonte: Autor.

Pela Figura 5 é possível visualizar os movimentos que a cruzeta pode desenvolver, contudo, para o projeto será necessário apenas dois movimentos, sendo eles 90° de inclinação um do outro. A cruzeta deve ser presa na tampa de MDF do canal aerodinâmico, por haver uma área muito pequena de suporte da cruzeta, a mesma foi acoplada a uma placa de metal para poder ser presa ao MDF, aumentando assim a superfície de fixação, a placa criada pode ser visualizada pela Figura 6.

Figura 6 - Placa metálica para prender a cruzeta no MDF.



Fonte: Autor.

O sistema pode ser preso ao eixo de sustentação da asa, e também à tampa do canal aerodinâmico.

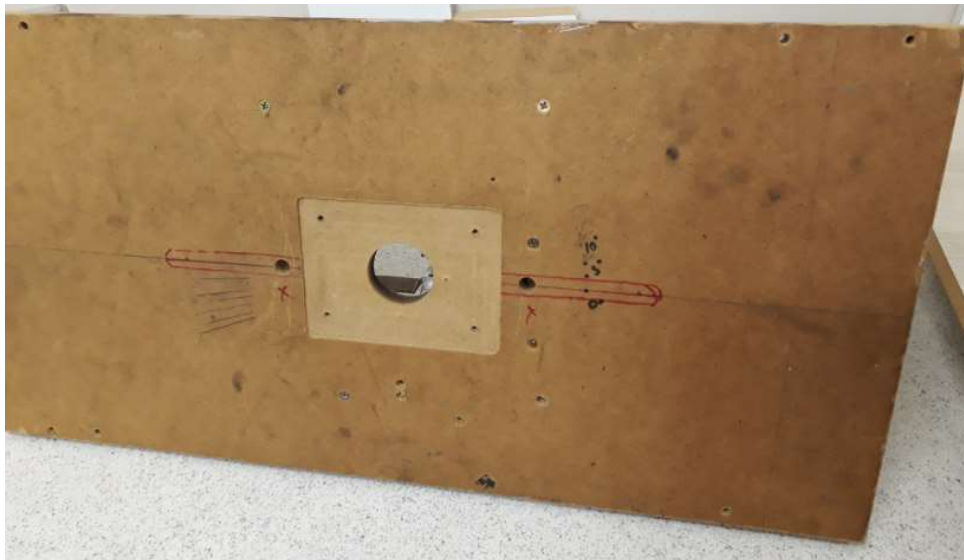
Figura 7 - Cruzeta presa ao eixo de transferência e chapa metálica.



Fonte: Autor.

O formato da chapa metálica foi moldado no MDF, este rebaixo evita protuberâncias na superfície interna do canal aerodinâmico gerando uma uniformidade no escoamento de ar. O rebaixo foi usinado com o auxílio da fresa ferramenteira no laboratório da mecânica, o mesmo pode ser visualizado na Figura 8.

Figura 8 - Encaixe no MDF para suportar o sistema de medição.



Fonte: Autor.

A asa para testes foi gerada a partir de um perfil NACA23015, a mesma deve ser fixada na parte superior do projeto, como mostrado na Figura 9.

Figura 9 - Asa presa ao sistema de cruzeta.



Fonte: Autor.

Após presa a placa à tampa de MDF foram fixadas as balanças de medição na superfície inferior do projeto.

Figura 10 - Posicionamento das balanças no projeto.



Fonte: Autor.

Após a montagem da ferramenta pode se medir as forças de sustentação e arrasto adquiridas nos ensaios de escoamento.

Figura 11 - Sistema montado no canal aerodinâmico.



Fonte: Autor.

A medição será realizada por meio de somatórios de momentos, onde um momento é obtido através da força em que o objeto sofre no escoamento (ex.: aerofólio) e o outro é transmitido para a balança através da equação:

$$\sum_{\text{aerofólio}} M = \sum_{\text{balança}} M \quad (2)$$

Através da decomposição:

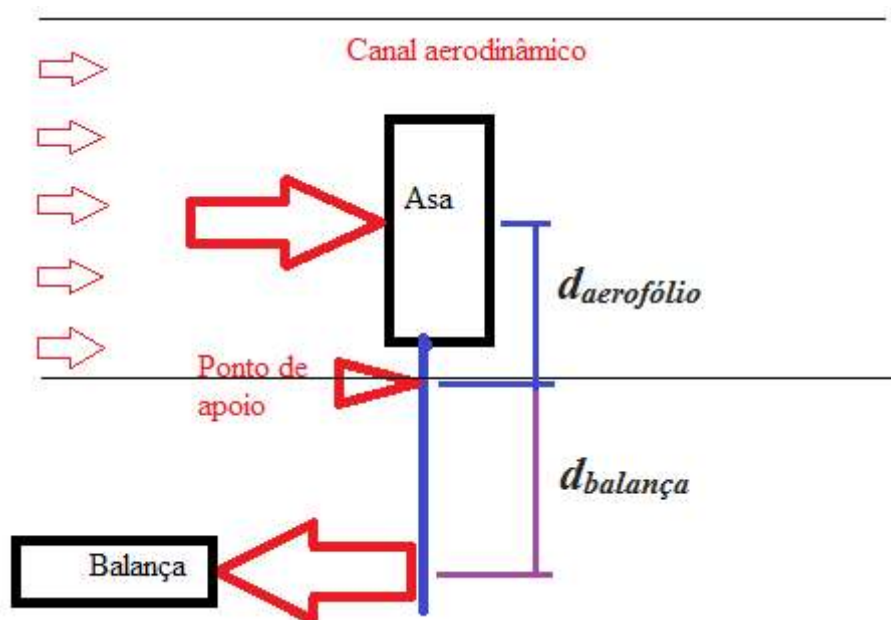
$$\sum_{\text{aerofólio}} F \cdot d = \sum_{\text{balança}} F \cdot d \quad (3)$$

onde:

$$F_{\text{aerofólio}} = \frac{F_{\text{balança}} \cdot d_{\text{balança}}}{d_{\text{aerofólio}}} \quad (4)$$

Sendo assim a $F_{\text{aerofólio}}$ é lida na balança e deve ser correlacionada entre as distancias em que ambas as forças se localizam do ponto de rotação do experimento (cruzeta biarticulada). As distâncias $d_{\text{balança}}$ e $d_{\text{aerofólio}}$ podem ser melhores interpretadas pela Figura 12.

Figura 12 - Distâncias para correlação das forças na balança.



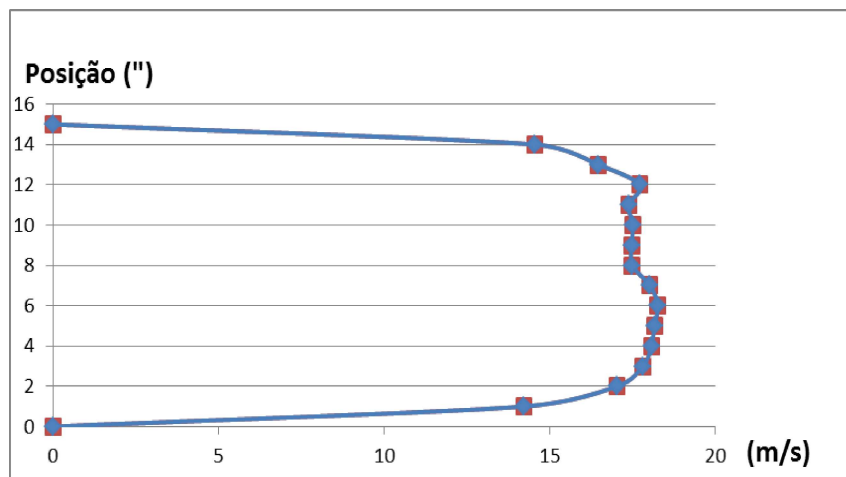
Fonte: Autor.

Com os dados da força de sustentação F_L , área projetada na vertical do objeto A , velocidade do escoamento V e utilizando a equação (4), pode se obter o coeficiente de sustentação C_L :

$$C_L = \frac{F_L}{\frac{1}{2} \cdot \rho V^2 A} \quad (4)$$

Contudo é preciso mensurar a velocidade do escoamento interno, para isso o canal foi ajustado para a velocidade máxima de escoamento, e com a utilização do tubo de pito em várias alturas a velocidade medida em média ficou próxima de 18m/s como mostrada na Figura 13.

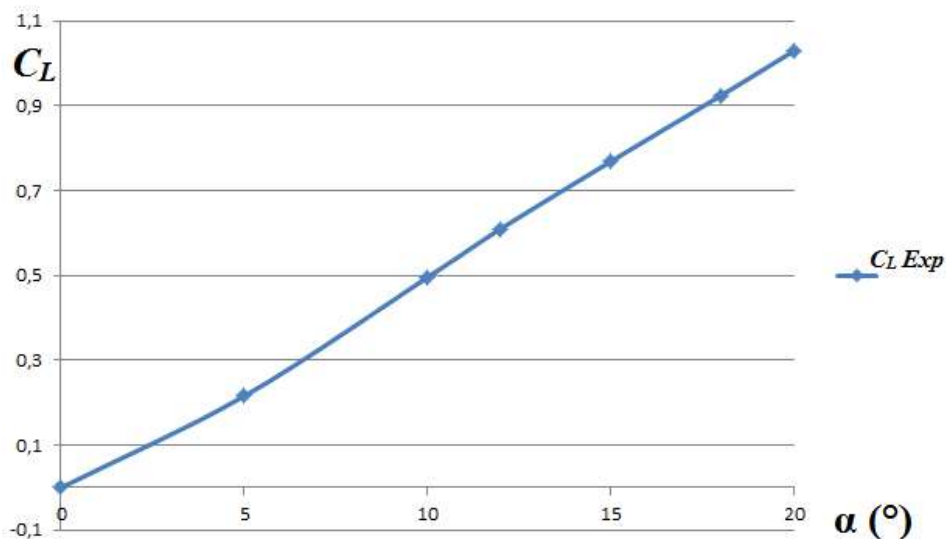
Figura 13 - Perfil de velocidade do canal.



Fonte: Autor.

Assim um gráfico da curva do coeficiente de sustentação C_L da asa com perfil NACA23015 pode ser calculado e plotado na Figura 14.

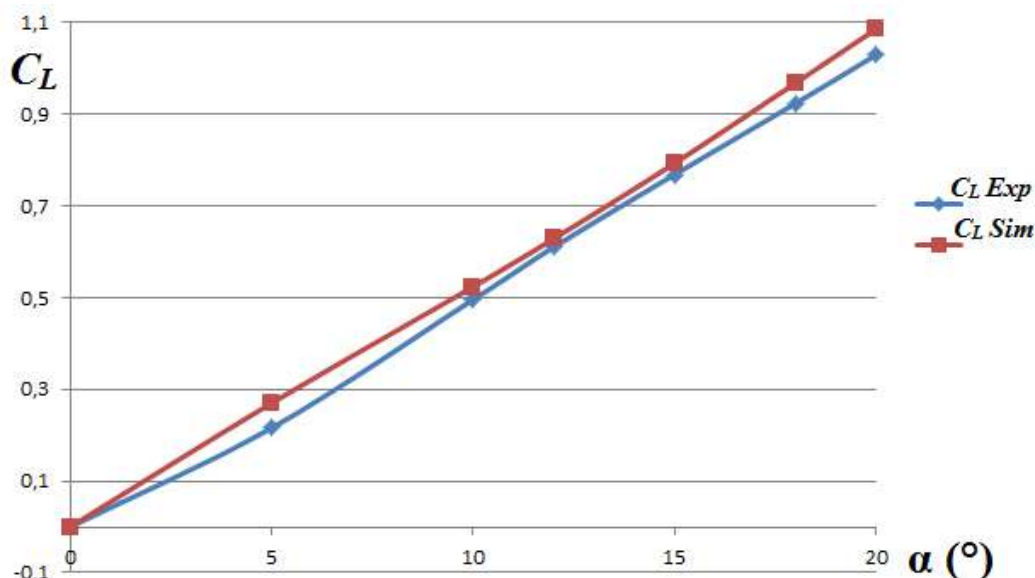
Figura 14 - Curva do coeficiente de sustentação C_L vs α .



Fonte: Autor.

O gráfico foi comparado com uma simulação numérica computacional CFD realizada no software *Fluent* fornecido pela *Ansys 16*, foram simulados os mesmos ângulos marcados no canal aerodinâmico com as mesmas dimensões e parâmetros do modelo experimental. O gráfico obtido pode ser visualizado pela Figura 15. Os valores obtidos no experimento e simulações tiveram uma divergência média de 7%.

Figura 15 - Comparação do experimental com o numérico.



Fonte: Autor.

CONCLUSÃO

Uma bancada para medição de arrasto e sustentação com obtenção das componentes separadamente foi desenvolvida. Conceitos de sistemas de medição apresentados na literatura foram utilizados como base para desenvolver um formato apropriado para o canal aerodinâmico. Medições para um perfil aerodinâmico foram executados, mas validações adicionais são necessárias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Oliveira, M. G. K. 2009. Desenvolvimento de uma balança dinâmica de três graus de liberdade para estudo dos efeitos de flexo-torção em edifícios altos submetidos à ação do vento. Tese de doutorado – UFRGS.

Ribeiro, F. A., Lima, R. D. S., Ford, E. T. L. C., & Mendes, J. U. D. L. BALANÇA AERODINÂMICA DE PRINCÍPIO ELETROMECÂNICO PARA INSTRUMENTAÇÃO EM TÚNEL DE VENTO. CONEM 2010 - V I Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, 18 a 21 de Agosto 2010 , Campina Grande – Paraíba

Rodrigues, L. E. M. J. Fundamentos da Engenharia Aeronáutica. Cengage Learning, 2014.