

ANÁLISE EXPERIMENTAL DO IMPACTO DO GURNEY FLAP NOS PERFIS DE ASA.

Mateus Naime Lorenzetti¹, Heidi Korzenowski¹

¹ Universidade do Vale do Paraíba/Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, Avenida Shishima Hifumi, 2911, Urbanova - 12244-000 - São José dos Campos-SP, Brasil, mateus.lorenzetti99@gmail.com, heidi@univap.br.

Resumo

A aerodinâmica é uma área que cada vez mais ganha visibilidade no mercado. Alinhado com o desejo de análise do Gurney Flap, inserido no bordo de fuga de um aerofólio, optou-se pela análise experimental em túnel de vento subsônico da Univap. Após um levantamento teórico, foi criado um modelo 3D utilizando um software de CAD. Foram elaboradas duas versões do modelo, uma versão com o Gurney Flap e uma sem o dispositivo, com o objetivo de termos uma base para analisar o impacto do wickerbill no perfil da asa. Foram encontradas algumas dificuldades ao longo dos testes no túnel de vento, como o desafio da fixação da asa sem criar turbulências que afetariam a leitura. Pretende-se realizar novas análises usando diferentes aquisições de parâmetros aerodinâmicos no túnel de vento e na simulação numérica via Dinâmica dos Fluido Computacional (CFD).

Palavras-chave: Gurney flap. Wickerbill. Asa. Aerodinâmica. Túnel de Vento.

Área do Conhecimento: Engenharia Aeroespacial.

Introdução

Cada vez mais se faz presente o estudo e análise da aerodinâmica na indústria automotiva, seja para veículos de produção ou protótipos de competição ou colecionadores. O que antes se limitava ao mundo das pistas hoje vai muito além disso. Atualmente, carros ou motos superesportivos, visam a performance acima da estética. Apesar disto muita importância é dispendido para o quesito estética, uma vez que são veículos caros e precisam encantar seus compradores. Pode-se citar como exemplo o Audi R8, que é comercializado como um superesportivo, e ao olharmos sua forma e seu desenho percebe-se a forte influência do departamento de aerodinâmica, como por exemplo: as entradas laterais utilizadas para resfriamento do motor; o aerofólio posicionado logo atrás da cabine, que termina com uma leve descida, gerando uma espécie de efeito coanda e conduzindo o ar para a asa, afim de gerar maior sustentação negativa; a frente extremamente baixa, não só garantido um visual agressivo, mas selando a parte inferior, diminuindo a entrada de ar e fazendo com que o carro tenha mais aderência ao solo (MILIKEN, 1995). Tais pesquisas conquistaram também as motos, que por muito tempo focavam em se assemelhar ao máximo com uma gota d'água e gerar o mínimo de arrasto possível. Hoje, além disso, objetiva-se manipular o fluxo de ar para gerar maior sustentação negativa, como por exemplo a Ducati *Panigale* V4S com suas asas dianteiras. Algumas montadoras de carros contratam engenheiros da Fórmula 1 para projetar seus carros. Pode-se citar como exemplo, o Aston Martin *Valkyrie*, que foi concebido por Adrian Newey (NEWAY, 2017), um dos maiores projetistas da história do automobilismo, com veículos campeões na WEC (*World Endurance Championship*), Fórmula Indy e Fórmula 1.

No mundo do automobilismo a aerodinâmica é uma área que é explorada e aperfeiçoada desde os anos 60 (FAGNAN, 2018). Hoje temos - não só nas categorias de fórmula (carros protótipos e monopostos) como também nas categorias de turismo (carros que são inspirados em modelos de série) - os departamentos de aerodinâmica extremamente valorizados e de extrema importância. Se houve um dia em que donos de equipes de corrida, como o Enzo Ferrari, disseram que aerodinâmica era para quem não sabia fazer motores, hoje não existe mais essa concepção. Pois as equipes de automobilismo gastam milhões de euros apenas em pesquisa e desenvolvimento dessas áreas. Estabelecendo-se uma comparação da importância que é dada à aerodinâmica, em 2016 a equipe campeão da MotoGP, maior categoria de motovelocidade do mundo, foi a Honda. Na época esta moto

seguia uma filosofia em se assemelhar a gotas d'água, com a maior preocupação do fluxo de ar se limitar a refrigeração do motor e redução do arrasto. Atualmente a equipe campeã em 2023, a Ducati, possui uma moto com um pacote aerodinâmico tão complexo que torna difícil de se perceber todos os detalhes, com asas dianteiras, aletas traseiras, dutos para aumentar o chamado efeito solo, peças para desviar o fluxo de ar dos pneus traseiros, dispositivos que se assemelham a suspensão ativa etc.

Encontra-se na literatura diversos autores explorando o mundo da aerodinâmica, podendo-se citar os pesquisadores Rogerio Rodrigues da Silva Filho, Luiz Felipe Marcondes Tavares, Cayo Prado Fernandes Francisco (Filho *et al*, 2022), que abordam o uso de tufo de lã para a análise do escoamento sobre os perfis de asa. Segundo o artigo, os tufo de lã são posicionados no sentido longitudinal da asa e os experimentos no túnel de vento são iniciados. Caso o tufo de lã fique estável, está sinalizando um fluxo mais laminar, e, quanto mais desordenado o tufo de lã estiver, mais turbulento o escoamento naquela região. Slavica Ristic *et al* 2007, trata de diversas técnicas de observação de fluxo e escoamento em túneis de vento e água. A autora menciona técnicas, que apesar de darem resultados mais precisos não foi possível a sua utilização. Dentre os métodos comentados podemos citar as tintas sensíveis a temperatura e pressão, sua utilização e visualização é relativamente fácil. A técnica consiste na aplicação de uma camada sobre a área a ser estudada e a colocação do objeto no túnel de vento. Após um período de funcionamento no túnel de vento, a tinta sobre a superfície terá se deslocado de acordo com o escoamento tornando possível a análise. A utilização de óleos é bem similar as tintas. O ponto negativo dessas duas técnicas é que pode deixar vestígios no túnel de vento, nas pás, no motor e no próprio objeto de estudo, limitando sua aplicação. Pode-se utilizar, também, fumaças para a visualização. O estudo se torna também relativamente fácil, visto que o ar conduzirá a fumaça permitindo a visualização do escoamento. Sua aplicação já se torna um pouco mais complexa, visto que há a necessidade de equipamentos. O artigo de Ristic aborda também a utilização de técnicas mais complexas, como a de sensores de pressão, a utilização de lasers, o uso de câmeras especiais, entre outros, porém essas teriam uma utilização muito complicada e custosa para a análise que seria feita.

O objeto de estudo desse trabalho foi o *Gurney flap*, um dispositivo colocado no bordo de fuga do aerofólio com o objetivo de criar maior sustentação – que para o uso em veículos terrestres busca-se a sustentação negativa. Consiste em uma aleta perpendicular a corda da asa posicionado no bordo de fuga. Deve ser instalado do lado que deseja maior pressão aerodinâmica, no caso de veículos terrestres, no extradorso (STORMS, 1994). Este dispositivo aerodinâmico teve sua primeira utilização nos anos 60 (HOWARD, 2000), foi criado pelo ex-piloto e engenheiro Dan Gurney. O aparato surgiu de forma experimental, quando seu piloto, Bobby Unser, e sua equipe estavam insatisfeitos com o carro, que não possuía tração suficiente nas curvas, por falta de pressão aerodinâmica, fazendo com que o carro ficasse mais devagar que seus competidores. Portanto foi concedido autorização para o engenheiro alterar o projeto. Adicionado o flap nas asas traseiras e dianteiras o carro que tinha desempenho inferior ao de seus competidores, agora estava liderando o tempo das voltas com quase um segundo de vantagem de seus concorrentes. Na época, para não ter sua invenção plagiada pelas outras equipes, o engenheiro alegou que a função do dispositivo era ajudar os mecânicos a manobrar o carro na garagem, já que por segurança deve ser empurrado.

Metodologia

O Túnel de Vento Subsônico da UNIVAP atinge velocidade máxima de 100 km/h, possuindo uma janela na seção de testes de 50cm x 50cm. Foi considerado o aerofólio Wortmann FX 60-126/1. Trata-se de um perfil assimétrico que possui em seu extradorso uma recurva e seu intradorso uma curvatura contínua e progressiva. Ambos culminam em um bordo de fuga que tende a zero de espessura de maneira bem suave. Foi fixado na vertical devido a infraestrutura disponível. O aerofólio foi fabricado em uma impressora 3D.

A impressora 3D realiza impressões de até 200mm x 200mm x 200mm, sendo que modelos de estudo possuem 200mm de corda com 200mm de largura.

O método de análise escolhido para visualização do escoamento é o dos tufo de lã. Não optamos por tintas ou óleos devido a possibilidade de sujar ou até mesmo danificar o túnel de vento.

O *Gurney Flap* – também chamado de *wickerbill* – é uma aleta vertical posicionada no bordo de fuga da asa. Costuma ter entre 1% até 2% do comprimento da corda da asa. Idealmente é uma peça única,

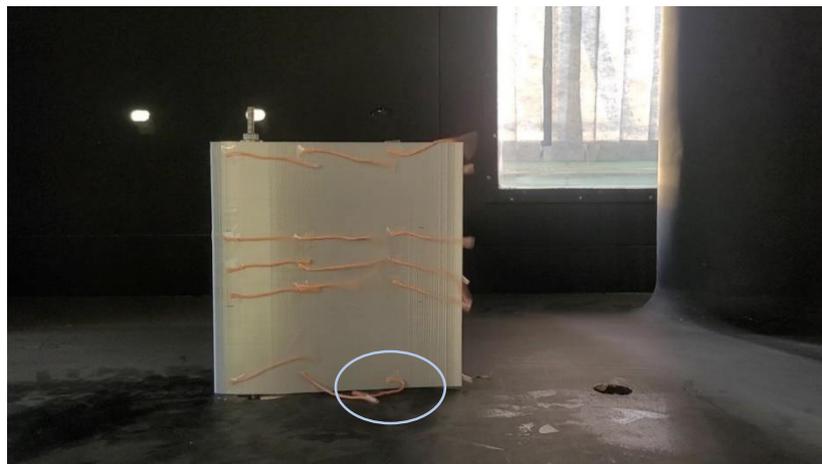
fabricada com a asa. Caso não seja possível deve-se tomar cuidado com a maneira que será acoplada para evitar que gere turbulências que não deveriam existir, o que pode gerar erros na leitura dos dados.

Resultados e Discussão

Para a construção do aerofólio, algumas dificuldades com a impressão 3D foram encontradas. Primeiramente, o projeto do Gurney Flap apresenta dimensões originais projetadas de tal forma que o tornavam muito fraco correndo o risco de romper durante os ensaios. Foi necessário, portanto, reforçar a estrutura aumentando a espessura do dispositivo.

Nos experimentos, desconsiderou-se os extremos laterais do aerofólio, pois suas leituras são comprometidas pela estrutura. A asa estava apoiada com sua lateral inferior na seção de testes do túnel de vento, o que gerava um acúmulo de ar nesta região. Inicialmente analisou-se o modelo sem o *Gurney Flap*, pois seria a base para a pesquisa. Iniciamos com o ângulo de ataque $\alpha=0^\circ$.

Figura 1 – Extradorso com $\alpha=0^\circ$



Fonte: o autor

Figura 2 – Intradorso com $\alpha=0^\circ$



Fonte: o autor.

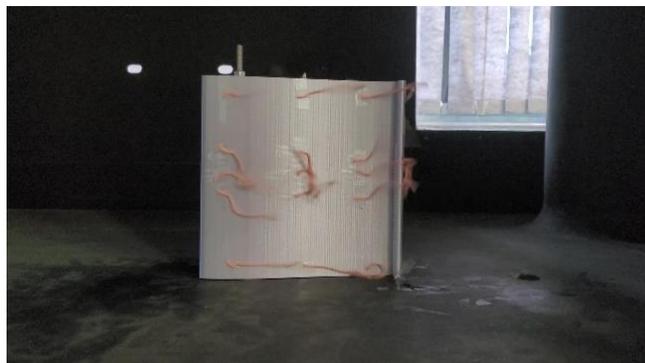
Nas Figuras 1 e 2 apresenta-se a visualização dos tufos de lã no túnel de vento. Pode-se observar que, mesmo com ângulo nulo, o modelo *Wortmann FX 60-126/1* já apresenta uma diferença de pressão aerodinâmica e um pouco de turbulência no extradorso, conforme ilustra a Figura 1. Ao analisarmos a primeira coluna de linhas (da esquerda para a direita), percebemos que o escoamento ainda está laminar, visto que os tufos de lã estão em contato com o perfil. Ao observar a segunda coluna de tufos, percebe-se que há um início de turbulência devido à alta mudança de direção dos tufos de lã na superfície. Na terceira coluna, por estar próxima ao bordo de fuga, há uma turbulência no escoamento provocado pelo encontro do ar que vem do intradorso, com velocidade superior, com o ar do extradorso

que possui velocidade inferior. No extradorso há uma região em que o tufo de lã é influenciado pela superfície do túnel de vento, região destacada na Figura 1.

No intradorso, apresentado na Figura 2, o fluxo de ar é laminar devido a curvatura contínua do perfil da asa, que gera um efeito coanda.

Ao adicionarmos o dispositivo *Gurney Flap* no modelo, pode-se observar através da simulação no Túnel de Vento que há um aumento da turbulência no extradorso. Este fato ocorre devido ao maior acúmulo de ar próximo do *wickerbill*. Porém, ao analisar a primeira coluna de tufos de lã, apresentado na Figura 3, observa-se que o fluxo inicia laminar. Entretanto, a medida que observamos a região mais próxima ao bordo de fuga, o escoamento torna-se turbulento. Importante destacar que há uma separação da camada limite no bordo de fuga, percebido pelos tufos de lã orientados de maneira descontrolada. Este fato ocorre devido ao acúmulo de ar provocado pela aleta. No intradorso não há grandes alterações no campo de escoamento sobre o modelo, conforme apresentado na Figura 4. O escoamento nesta região é laminar por toda a sua extensão, o que contribui para o aumento da pressão aerodinâmica.

Figura 3 – Extradorso com Gurneys Flap, $\alpha=0^\circ$



Fonte: o autor.

Figura 4 – Intradorso com Gurneys Flap, $\alpha=0^\circ$



Fonte: o autor

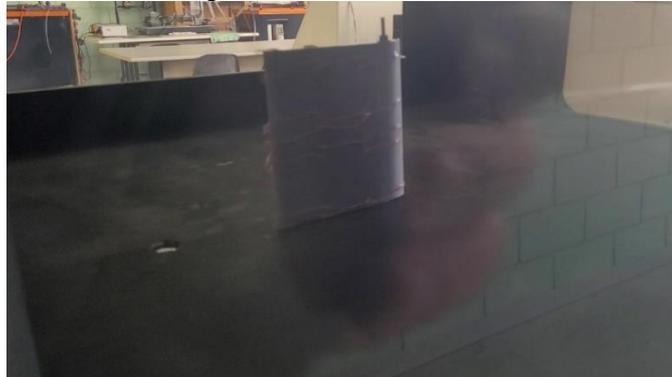
Ao adicionarmos um ângulo de ataque $\alpha=+5^\circ$, pode-se perceber uma mudança considerável. No extradorso, Figura 5, os tufos de lã apresentam muitas variações sobre a superfície do modelo, indicando escoamento turbulento. No bordo de fuga os tufos de lã estão se comportando de maneira desordenada, justificável pela adição do ângulo de ataque. No intradorso do modelo, apresentado na Figura 6, o ar continua laminar, visto que o escoamento sobre o modelo a um ângulo negativo faz com que o escoamento permaneça aderido à superfície, permitindo um fluxo laminar para o bordo de fuga.

Figura 5 – Extradorso com $\alpha=+5^\circ$



Fonte: o autor

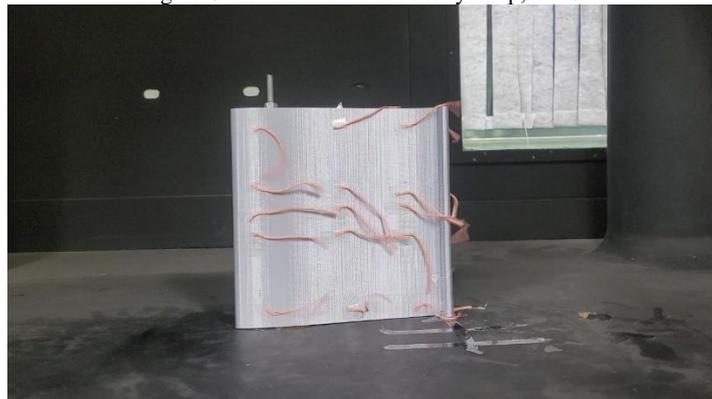
Figura 6 – Intradorso com $\alpha=+5^\circ$



Fonte: o autor.

Os modelos com o *gurney flap* em um ângulo de ataque $\alpha=+5^\circ$ apresentam um aumento na turbulência no extradorso, visto que os tufo estão se comportando de maneira imprevisível, conforme ilustra a Figura 8. Este fato pode ser devido ao acúmulo de ar próximo ao *wickerbill*, consequência do ângulo de ataque positivo, dificultando que o escoamento se mantenha aderido à superfície, causando a turbulência.

Figura 8- Extradorso com Gurneys flap, $\alpha=+5^\circ$



Fonte: o autor.

Conclusão

Apesar dos problemas encontrados ao longo da pesquisa tais como limitações das dimensões devido ao tamanho da impressora 3D e dificuldades na impressão do modelo, foi possível obter resultados satisfatórios. Como estudos futuros, pretende-se utilizar outros métodos de visualização do escoamento no túnel de vento. Além disto, pretende-se obter os coeficientes aerodinâmicos sobre o modelo, com e sem gurney flaps, assim como realizar análises usando simulação numérica via Dinâmica dos Fluidos Computacional (CFD).

Referências

FAGNAN, R. **Motorsport.com**. Disponível em: <https://us.motorsport.com/f1/news/1968-first-wings-f1-1000902/1389076/>. Acesso em: 19/04/2023

FILHO, R.R.S.; TAVARES, L.F.M.; FRANCISCO, C.P.F. Ensaio aerodinâmico de visualização por tufo de lã sobre um perfil de dispositivos hiper sustentadores. 2022. 8 f. Dissertação – XXVIII Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica (CREEM). 2022

HOWARD, K. **Gurney Flap**. Disponível em: <https://www.motorsportmagazine.com/archive/article/september-2000/75/gurney-flap/>. Acesso em: 24/04/2023.

MILIKEN, WILLIAM F. **Race Car Vehicle Dynamics**. Society of Automotive Engineers. v.14, n.1, 1995

NEWAY, A. **How to build a car**. Harper Collins Publishers. v.1 n.1, 2017.

RISTIĆ, S. **Flow visualization techniques in wind tunnels. Part I – Non optical methods**. Scientific Technical Review, V. 57, n. 1, 2007.

STORMS, B. L.; JANG, C. S. **Lift Enhancement of an Airfoil Using a Gurney Flap and Vortex Generators**. Journal of Aircraft. 1994.