

Desenvolvimento Analítico e Numérico dos Fatores de Correção para um Túnel de Vento do Laboratório Didático de Aeronáutica

Aluno: Danilo Beli (danilo_beli@yahoo.com.br)

Orientador: Kamal Abdel Radi Ismal (kamal@fem.unicamp.br)



DTF – FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
CNPQ



Palavras-Chave: 1- Túnel de Vento, 2 - Correções, 3 – Bloqueio Aerodinâmico

Introdução:

As correções dos dados obtidos por experimentos em Túneis de Vento são necessárias devido a diferença de escoamento do fluido em torno do corpo submerso num fluxo uniforme de corrente livre e o mesmo num fluxo confinado / modificado pelas paredes do túnel, que provocam alterações no campo de velocidade e pressão, e conseqüentemente nas forças atuando sobre o objeto. As paredes laterais próximas do corpo produzem efeitos geralmente dependentes, mas que na abordagem tradicional podem ser analisados separados e então os efeitos totais são obtidos pela superposição dos efeitos individuais. Os efeitos de contorno são: curvatura das linhas de corrente, bloqueio sólido, bloqueio de esteira e flutuação horizontal. Utiliza-se o Método das Imagens para avaliação dos efeitos.

Metodologia:

O escoamento em torno do aerofólio pode ser simulado matematicamente pela substituição deste pelas similaridades elementares: um vórtice (sustentação) + um doublet (volume) + fonte (esteira). Os contornos sólidos são representados por um sistema de imagens que produz uma linha de corrente zero que casa com o contorno sólido, assim este produz o mesmo efeito sobre o modelo que as paredes que ele representa.

Levando em conta o sistema de imagens podemos calcular as propriedades aerodinâmicas do aerofólio e comparar com as propriedades sem o sistema de imagens, ou seja, sem as paredes, e assim avaliar as correções para cada propriedade devido a cada similaridade. Em seguida, os efeitos de cada propriedade são somados, obtendo-se as correções totais necessárias:

- Velocidade $Q_\infty = Q_\infty^* (1 + \varepsilon)$
- Ângulo de Ataque $\alpha = \alpha^* + \frac{57,3\sigma}{2\pi} \left(c_L^* + 4c_{m\frac{1}{4}}^* \right)$
- Coeficiente de Sustentação $c_L = c_L^* (1 - \sigma - 2\varepsilon)$
- Coeficiente de Momento em $\frac{1}{4}$ da corda $c_{m\frac{1}{4}} = c_{m\frac{1}{4}}^* (1 - 2\varepsilon) + \frac{\sigma \cdot c_L}{4}$
- Coeficiente de Arrasto $c_D = c_D^* (1 - 3\varepsilon_s - 2\varepsilon_w)$

Sendo:

- Bloqueio Total $\varepsilon = \varepsilon_s + \varepsilon_w$
- Bloqueio Sólido $\varepsilon_s = \Lambda \sigma$
- Bloqueio de Esteira $\varepsilon_w = \tau \cdot C_D$

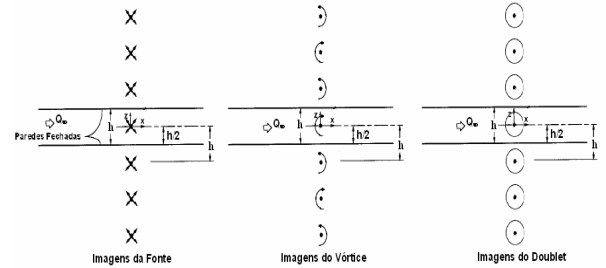


Figura 1 – Sistema de Imagens para singularidades no centro do Túnel de Vento Bidimensional

• Parâmetros

$$\sigma = \frac{\pi^2 c^2}{48 h^2} \quad \Lambda = \frac{4\lambda \cdot t^2}{c^2} \quad \tau = \frac{c}{4h}$$

Resultados:

Os resultados numéricos foram obtidos com o auxílio do software MATLAB. Os dados sem correções foram retirados de Abbott e neles foram aplicadas as correções para obter os dados corrigidos. Para visualizar como as curvas padrão dos coeficientes aerodinâmicos são modificadas pela presença das paredes do túnel, foram gerados alguns gráficos para perfis de aerofólio NACA 4 Dígitos, 5 Dígitos e das Séries 6X-0XX. Utilizando-se aerofólio com corda 0,25m, altura do túnel 0,50m e número de Reynolds 6000000, sendo que o ângulo de ataque ficou em média entre -8° e 8°. Também foram traçadas estas curvas para o perfil NACA0006 variando-se a distância entre as paredes, e curvas de erros percentuais para analisar a influência da espessura do aerofólio e do número de Reynolds sobre as correções.

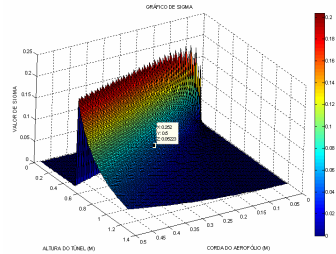


Figura 2 – Parâmetro Sigma

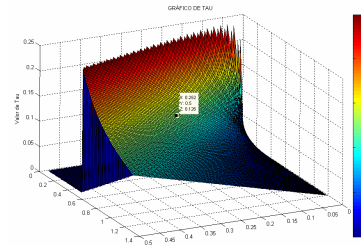


Figura 3 – Parâmetro Lambda

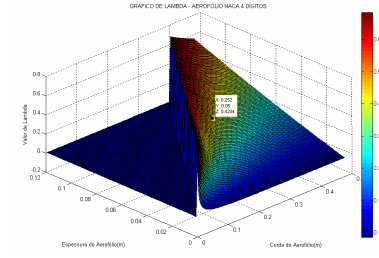


Figura 4 – Parâmetro Tau

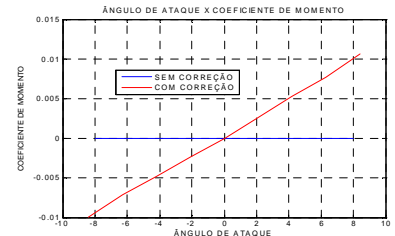
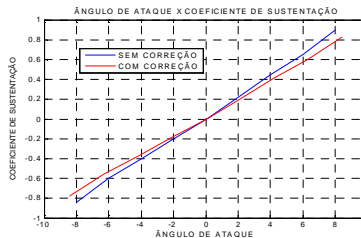
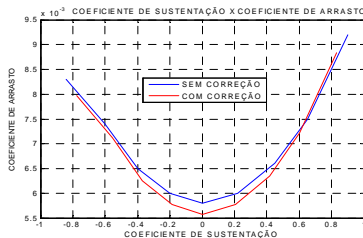


Figura 5 – Curvas Padrão Aerofólio NACA0012 – Re = 6000000

Conclusões:

As correções dos coeficientes aerodinâmicos dependem das relações entre o parâmetros dimensionais e estes são fortemente influenciados pelo distanciamento das paredes, deste modo, as correções são muito afetadas pelo distanciamento das paredes do túnel.

Pelas correções das curvas padrões dos aerofólios NACA 4 Dígitos e NACA 5 Dígitos: o modelo em fluxo confinado possui maiores: coeficiente de sustentação, coeficiente de arrasto e ângulo de ataque, porém o coeficiente de momento é maior em corrente livre.

Na análise da espessura do aerofólio verificou-se que: o ângulo de ataque e o coeficiente de momento independem da espessura, os coeficientes de sustentação e arrasto necessitam de maiores correções quanto maior for a espessura. Já na análise do número de Reynolds: o ângulo de ataque e os coeficientes de arrasto e momento independem do número de Reynolds, para o coeficiente de sustentação quanto maior o Reynolds maior a correção necessária.