

## ANÁLISE DA TRANSIÇÃO DE CAMADA LIMITE INDUZIDA POR IRREGULARIDADES SUPERFICIAIS

Luyara Santiago Ferreira

Marcelo Augusto Faraco de Medeiros

Escola de Engenharia de São Carlos - USP

[luyarasantiago@usp.br](mailto:luyarasantiago@usp.br)

### Objetivos

O objetivo deste trabalho foi estudar experimentalmente como a profundidade de uma cavidade impacta nos modos de Rossiter. Para isso, foram realizados experimentos em túnel de vento de baixa intensidade turbulenta com um modelo contendo uma cavidade de profundidade variável, acionada remotamente. As medições envolveram o uso de microfones acoplados diretamente na superfície do modelo para medir as flutuações de pressão na parede. Com isso, objetivou-se também, compreender melhor a física deste fenômeno e o fomento de futuras ideias para controlá-lo, a fim de obter alguma vantagem do ponto de vista aerodinâmico.

### Métodos e Procedimentos

Foram realizados experimentos no túnel de vento de baixo ruído acústico e intensidade turbulenta (LANT), capaz de gerar um escoamento livre com baixo índice de perturbações turbulentas. O modelo é composto por uma placa plana feita em alumínio, contendo uma abertura por onde se acopla um dispositivo que forma uma irregularidade superficial móvel. Esta pode ser uma cavidade ou uma rugosidade isolada com profundidade/altura de 20 mm, cobrindo uma envergadura de 600 mm.

A placa também possui diversos alojamentos com tomadas de pressão para o emprego de microfones que medem as flutuações de pressão sobre a parede. Para cobrir os microfones e o dispositivo da cavidade/rugosidade, uma carenagem é instalada no dorso oposto do modelo. As medições de velocidade na camada limite, tanto média como flutuação, são realizadas através de anemometria por fio quente.

### Resultados

A figura a seguir, representa o sinal obtido pela transformada rápida de Fourier do sinal original. Para sua obtenção, foi realizada uma suavização através do método de Welch. Em cada segmento é aplicada uma janela Hanning para suavizar as extremidades, e evitar o fenômeno de "aliasing". E assim, realiza médias de espectro de potências a fim de suavizar os ruídos e tornar o espectro mais suave. Foi utilizada uma sobreposição de 80% para aumentar a quantidade de médias, a taxa de aquisição utilizada foi de 5000 amostras por segundo, portanto, a frequência de Nyquist (máxima frequência que pode ser visualizada) é de 2500 Hz. Já o comprimento dos segmentos foram 1 s (logo, a quantidade de amostras foi 5000) e, conseqüentemente, a resolução de frequência do gráfico é 1Hz.

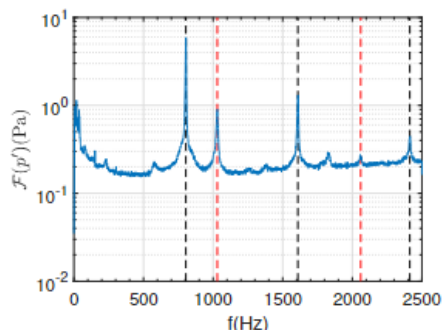


Figura 1: Sinal da transformada rápida de Fourier do sinal

O gráfico do espectro mostra picos bem definidos, que são atribuídos ao Rossiter. Dois modos com frequências diferentes foram observados: 804 e 1030 Hz, que são atribuídos ao fenômeno de Rossiter. Também são visíveis os harmônicos destes modos, que estão indicados pelas linhas tracejadas preta e vermelha, provavelmente por fenômenos não lineares, já que os modos de Rossiter apresentam oscilações de grande amplitude.

Esse procedimento de análise do sinal foi repetido para as demais profundidades, de forma que foi feita a comparação entre maiores e menores profundidades das cavidades. E além dele, foram gerados espectrogramas para verificar as amplitudes de cada frequência ao longo do tempo.

Observou-se que maiores profundidades tendem a gerar mais instabilidades que podem antecipar a transição da camada limite. E que modos instáveis de Rossiter podem alternar sua dominância em algumas situações.

## Conclusões

A presença de maiores profundidades na superfície do modelo ocasionou mais instabilidades no escoamento. Além disso, como apresentado por Kegerise Eric F. Spina e Cattafesta (2004), observou-se a alternância de domínio entre modos de Rossiter dominantes em determinadas circunstâncias.

## Referências

- AMARAL J.C. SERRANO RICO, C. B. M. B. V. V. E. G. F.; MEDEIROS, M. Three-dimensional instabilities in compressible flow over open cavities. *The Aeronautical Journal*, p. 1–33, 2021.
- BEGUET J. PERRAUD, M. F. S.; BRAZIER, J.-P. Modeling of transverse gaps effects on boundary-layer transition. *JOURNAL OF AIRCRAFT*, v. 54, p. 794–801, 2017.
- BRÉS, G. A.; COLONIUS, T. Three-dimensional instabilities in compressible flow over open cavities. *J. Fluid Mech.*, v. 599, p. 309–339, 2008.
- CROUCH V. S. KOSORYGIN, M. I. S. J. D.; MILLER, G. D. Characterizing surface-gap effects on boundary-layer transition dominated by tollmien–schlichting instability. *Flow*, p. 1–14, 2022.
- KEGERISE ERIC F. SPINA, S. G. M. A.; CATTAFESTA, L. N. Mode-switching and nonlinear effects in compressible flow over a cavity. *Physics of Fluids*, p. 1–11, 2004.
- MATHIAS, M. S.; MEDEIROS, M. A. F. de. The effect of incoming boundary layer thickness and mach number on linear and nonlinear rossiter modes in open cavity flows. *Theor. Comput. Fluid Dyn.*, p. 1–24, 2021.
- ROSSITER, J. E. Wind-tunnel experiments on the flow over rectangular cavities at subsonic and transonic speeds. *MINISTRY OF AVIATION*, v. 6, p. 1–36, 1966.
- VICTORINO, V. B.; AGUIRRE, M. A. F. d. M. F. O. Gap induced boundary layer transition. *AIAA AVIATION Forum*, 2023.