

Relatório Final

Título do projeto de pesquisa: Investigação Experimental das Interações das Chama Acústica em um Queimador de Bunsen.
Bolsista: Fábio Rodolfo Dias Chaves Junior
Orientador(a): Wladimir Mattos C. Dourado
Período a que se refere o relatório: Fevereiro de 2018 a Julho de 2018

Resumo

As instabilidades térmico-acústicas são reconhecidas há muito tempo como um dos problemas de combustão contínua de sistemas. Perturbações essas que ocorrem devido ao resultado do acoplamento instável entre as flutuações da liberação de calor e as perturbações acústicas. O trabalho realizado tem como objetivo investigar as interações entre a combustão, a turbulência e a acústica. Para investigar essas interações um laser foi utilizado devido ao mesmo ser uma ferramenta poderosa no auxílio ao estudo do comportamento e estrutura da chama e no auxílio também da captura de imagens da mesma.

1. Introdução

Uma das instabilidades da combustão, conhecida como instabilidade termo-acústica, é um dos principais problemas no setor de combustores de motores aeroespaciais. As ondas acústicas podem levar a flutuações na liberação de calor da chama. Que, por sua vez, pode amplificar as ondas acústicas e sucessivamente.

As instabilidades termo-acústicas na câmara de combustão podem levar a uma degradação severa do processo de combustão, assim como poluição sonora inaceitável, danos estruturais devido a pulsações de alta pressão, aumento da transferência de calor e assim por diante (Kabiraj e Sujith, 2012; Kornilov et al., 2009; Zikikout, 1988).

O objetivo principal do presente trabalho é modificar o padrão injetor da turbulência através de um alto falante que é colocado na linha de alimentação de combustível, logo antes do queimador de bunsen. Esta excitação acústica será responsável por mudar o processo de desenvolvimento da turbulência, alterando o mecanismo de instabilidade hidrodinâmica. Com

essa alteração, o desenvolvimento da turbulência passa a ser ditado pela excitação acústica e, portanto, altera todo o desenvolvimento e processo de combustão turbulenta. Com isso o processo de instabilidade de combustão cancela-se ou fica reduzido.

2. Materiais e Métodos

Durante a primeira etapa do trabalho desenvolvido, o foco foi o aprendizado do software que seria utilizado, através da leitura de diversos manuais do mesmo, aprendendo desta forma como fazer a calibração, montagem, ajuste do conjunto PIV, composto de laser pulsante, câmera CCD e PC com placas e softwares próprios (LAVISION), para esta técnica de velocimetria. Fig. 1.

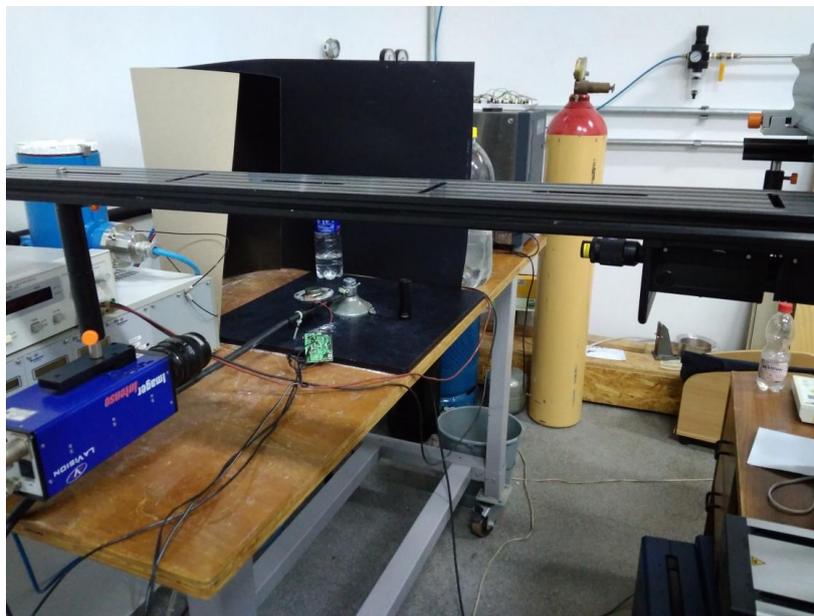


Figura 1 – Posicionamento da câmera em relação ao laser e ao queimador.

Além dos manuais, tomou-se como referência o trabalho anterior realizado por Trevisan e Dourado, utilizado para obter um aprofundamento melhor sobre o assunto apresentado. O referido trabalho utilizou a técnica PLIF para visualização do radical OH, que define a localização da frente de chama. Entretanto a investigação realizada por Trevisan e Dourado não dispunha naquele momento meios para medir a vazão do combustível devido à falta de um controlador de vazão para a utilização do gás. Os resultados apresentados por Trevisan e Dourado podem ser vistos na Fig. 2.

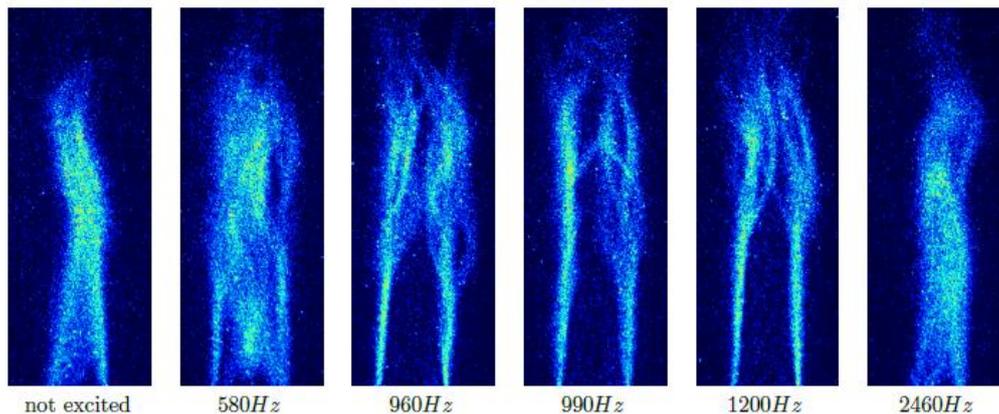


Figura 2 – Comportamento da chama quando submetida a diferentes frequências visto no artigo de Trevisan e Dourado.

Na etapa seguinte do presente trabalho, o primeiro passo no laboratório foi se capacitarmos nos dispositivos, desde o acionamento do gás propano, utilizando o medidor de vazão que foi adquirido pelo Instituto como mostra a Fig. 3, até a captura e tratamento das imagens PIV através do programa Davi's com o auxílio dos manuais fornecidos pela LaVision. Porém nesse primeiro teste foi observado que havia um vazamento de gás localizado no alto falante, fato esse que se dava devido a um pequeno espaçamento entre o alto falante e o bocal onde estava colocado. Para resolver este problema, foi feito um anel de metal para pressionar o contorno do alto falante contra o bocal de modo uniforme como se vê na figura 4. Após novo teste realizado, desta vez com o anel, foi observado que não havia mais vazamento e poderia se dar continuidade ao projeto.



Figura 3 – Controlador de vazão BronkHorst

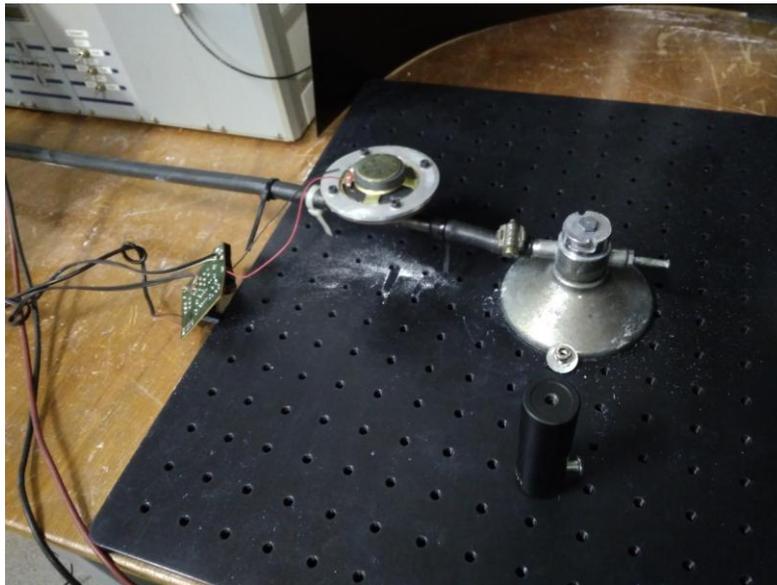


Figura 4 – Queimador com alto falante como excitador acústico

Após a resolução desse problema, foi feita uma ligação do tubo que transporta o gás com um pote de pó de titânio, para serem traçados na captura de imagens pelo PIV na presença de combustão. Porém após ligação ser feita, foi notado que o propano não exercia pressão suficiente para conduzir o pó, sendo assim foi decidido que os testes deveriam ser feitos utilizando ar comprimido.

Para melhorar a qualidade das imagens obtidas, foi feita uma espécie de cabine em volta do local conforme mostra a Fig. 5.



Figura 5 – Montagem do experimento

Após a realização de alguns testes foi notado que poderíamos utilizar o gás propano, porém a pressão utilizada deveria ser aumentada para 0,980 ln/min. Contudo mesmo com a pressão estipulada, o arrasto das partículas do pó de titânio era muito baixo, então realizando alguns estudos, foi decidido que para aumentar o arrasto do pó de titânio, era necessário aumentar o diâmetro do bico do queimador de bunsen. O diâmetro foi aumentado de 1,1mm para 1,5mm. Realizando esse procedimento, o problema com o arrasto do pó foi corrigido e os testes com o gás propano foram realizados.

3. Resultados

A princípio foram estudados escoamentos inertes usando ar comprimido conduzindo o pó de titânio, como se pode ver na Fig. 6. Porém os resultados obtidos não foram muito animadores, pois existiam muitos vetores aleatórios aparecendo na imagem após o tratamento com vetores como mostra a Fig. 7.

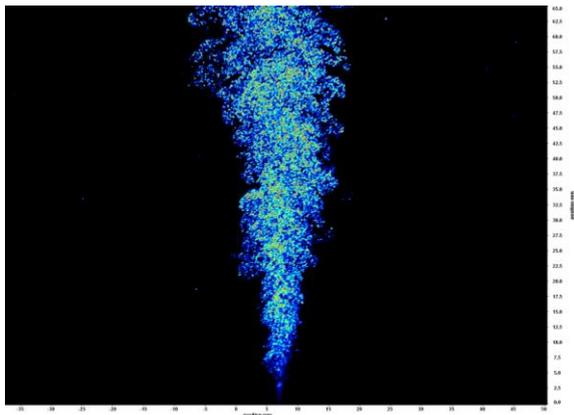


Figura 6 – Imagem escoamento inerte utilizando ar comprimido

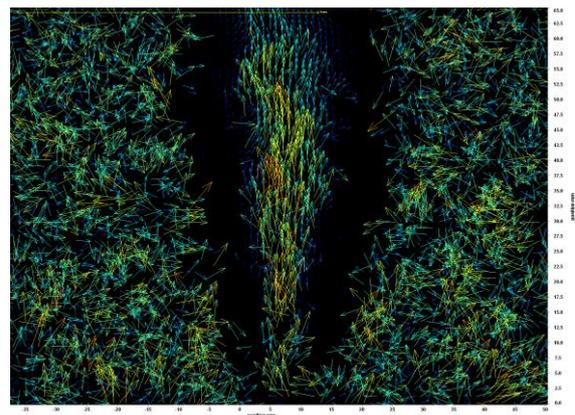


Figura 7 – Tratamento da imagem com vetores

Porém, após ler novamente o manual, foi visto que além de poder utilizar um máscara, vetores também poderiam ser removidos, assim como a janela de interrogação poderia ser alterada, formas estas citadas que ajudaram na remoção dos vetores aleatórios através de um pós-processamento, como pode ser visto na figura 8. E na figura 9, essa mesma imagem pode ser vista na forma escalar.

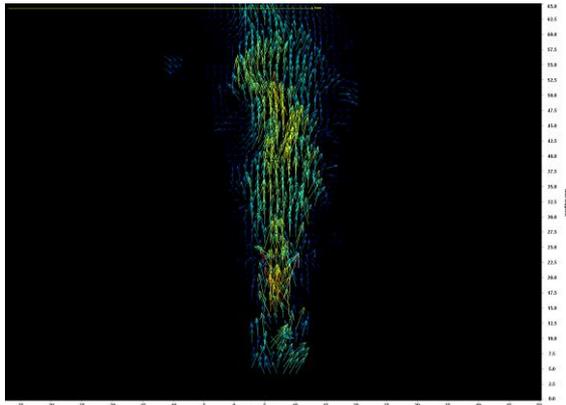


Figura 8 – Pós-processamento da imagem

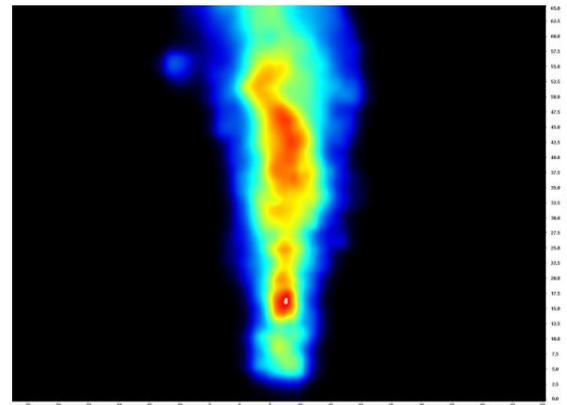


Figura 9 - Imagem em forma escalar

Após a alteração do diâmetro do bico do queimador, o intervalo entre pulsos dos lasers foi alterado para fotografar a chama a cada $34\mu\text{s}$, com a vazão do propano sendo alterada para $0,980 \text{ l/min}$, e utilizando uma potência de 14 Watts no alto falante. Foram realizados testes, onde capturaram 60 imagens para nove diferentes frequências. Uma imagem de cada pesquisa pode ser visto na Fig. 10.

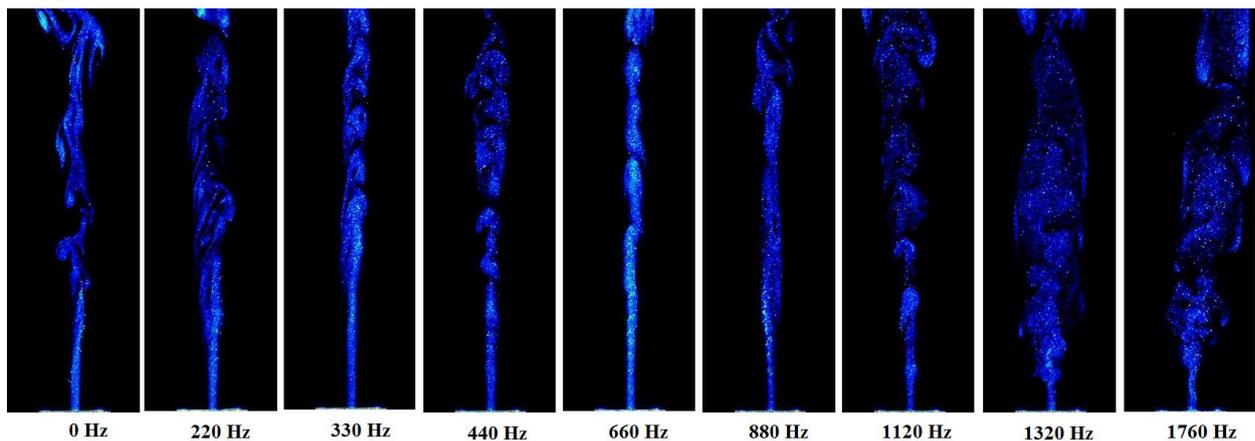


Figura 10 – Testes em diferentes frequências

Logo em seguida foi realizado o pós-processamento dos testes, onde foi utilizada uma janela de interrogação de 16×16 por 12×12 , também foi utilizada uma máscara diferente em cada teste. Os resultados podem ser vistos na Fig. 11.

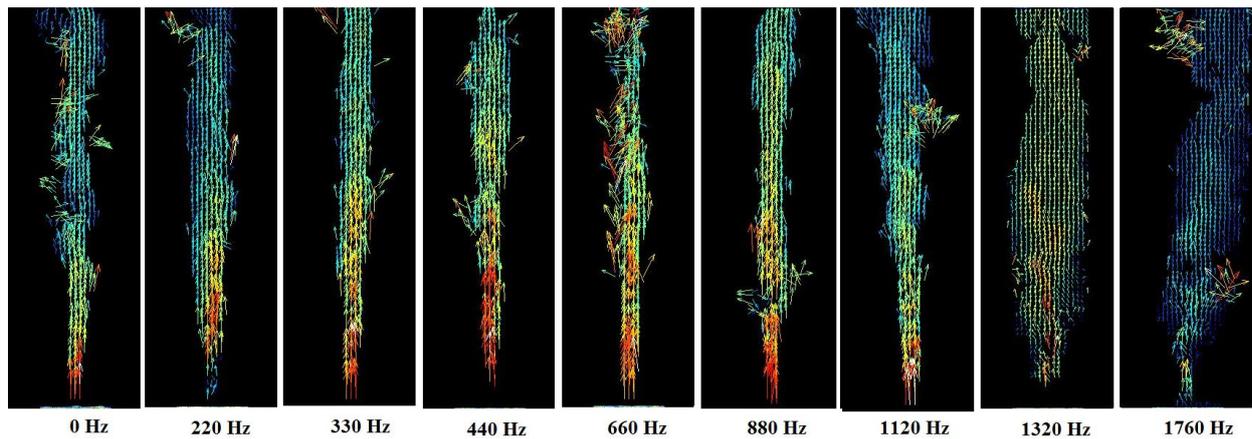


Figura 11 – Pós-processamento dos testes

Sendo todo o pós-processamento realizado, foi realizado um tratamento estatístico onde cada uma das 60 imagens obtidas em cada um dos testes como pode ser visto na Fig. 12.

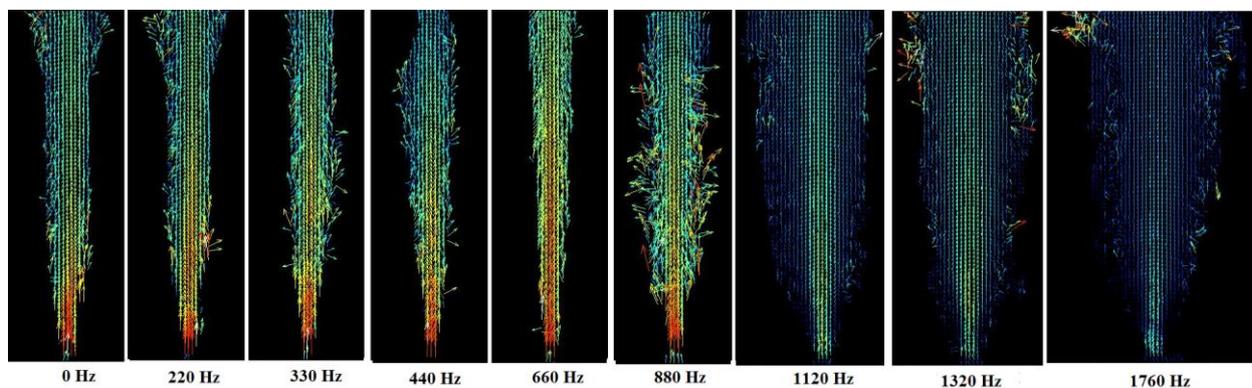


Figura 12 – Média dos pós-processamentos para cada frequência

4. Próximas Etapas

As próximas etapas do projeto consistem em comparar o comportamento da chama com e sem excitação utilizando o PIV e fazer medição simultânea com PIV e PLIF.

5. Conclusões

Após a realização do trabalho até esse momento pode-se concluir que a excitação acústica pode influenciar fortemente a chama de forma que ela assume formas diferentes a cada determinada frequência, e no processamento da mesma podemos observar como cada partícula se movimenta e em que direção esta indo.

6. Divulgação dos Resultados

Após a conclusão da pesquisa os materiais serão divulgados em artigos e demais meios acadêmicos e científicos.

Referências

Kabiraj,L. and Sujith,R. I.,2012, Nonlinear self-excited thermoacoustic oscillations: intermittency and flame blowout, Journal of Fluid Mechanics, Vol. 713, pp 376-397.

Kornilov, V.N.; Rook, R.; ten Thije Boonkkamp, J.H.M.; de Goey, L.P.H., 2009, Experimental and numerical investigation of the acoustic response of multi-slit Bunsen burners, Combustion and Flame, Vol. 156, No. 10, pp. 1957-1970.

Zikikout, S.,1988, M'ecanismes d'Instabilit'e de Combustion dans un Foyer `a Flammes non Pr'em'elang'ees Simulant l'Injection dans un Moteur Fus'ee Cryog'enique, Universite de Paris-Sud - Centre d'Orsay.