



Relatório Final

Título do projeto de pesquisa: Estudo experimental de interação turbulência,
combustão e acústica aplicada a motores aeroespaciais
Bolsista: Alexandre Mauricio Silvano
Orientador(a): Wladimir Mattos da Costa Dourado
Período a que se refere o relatório: outubro de 2013 a julho de 2014

Resumo

Duas atividades foram realizadas pelo aluno bolsista. Na parte experimental onde se estudou o método de medição de velocidade por meio do laser LDV/PDI (Velocimetria Laser de Efeito Doppler), participando do alinhamento feito. Observou-se a importância de um alinhamento preciso para uma boa leitura da velocidade e a obtenção de uma taxa de amostragem adequada para o escoamento turbulento em questão. Outra atividade realizada foi relacionada com simulação numérica. Tratou-se da reconstrução dos domínios de cálculo de diversos resultados obtidos para a simulação de combustão efetuados no cluster SGI da APE/IAE. Esta reconstrução é necessária para consistência dos dados para pós-processamento e para a redução do espaço de armazenamento de dados.

1. Introdução

A instabilidade de combustão pode causar vibrações, degradação significativa do desempenho de combustão, redução da vida de componentes, aumento de transferência de calor localizada, diminuição do desempenho, entre outros problemas. Em casos especialmente graves, o motor, a estrutura ou sistema propulsor pode ser danificado ou destruído (GIANNI et al., 2003; HABIBALLAH et al., 1998).

No Brasil, o estudo da instabilidade de combustão é pouco difundido devido ao baixo nível de demanda para desenvolvimento de tais equipamentos no país. Em vista disso existe uma

preocupação em todos os projetos de câmaras com os problemas relacionados com as instabilidades de combustão (CORÁ, 2010).

Em vista disso, o projeto de pesquisa existente na Divisão de Propulsão Espacial (APE) visa estudar experimentalmente o acoplamento entre combustão, acústica e turbulência no banco de estudos de instabilidade de combustão presente no APE/IAE utilizando as técnicas de diagnósticos ópticos de Velocimetria por Imagem de Partículas (PIV), Velocimetria Laser de Efeito Doppler (LDV) para caracterização do campo de velocidade e Fluorescência Induzida por Plano Laser (PLIF) para caracterização da frente da chama.

2. Material e métodos

2.1 Atividade Relacionado a Experimento

Fez-se o estudo da técnica PIV (Velocimetria por Imagem de Partículas) que consiste em fazer a medição de velocidade das partículas de toda uma região, obtida a partir de duas fotos tiradas sequencialmente e calculando a distância individual entre as partículas viajadas dentro desta região. (Particle Image Velocimetry (PIV). <<http://lavisoin.com/en/techniques/piv.php>> Acesso em: 05 junho 2014). Este cálculo é feito através de correlação matemática. O software DaVIS da LaVision tem diversos parâmetros para ajustar a correlação mais adequada para fornecer os resultados com a melhor qualidade possível.

Na Fig.1 está o conceito básico da Velocimetria por Imagem de Partículas (PIV).

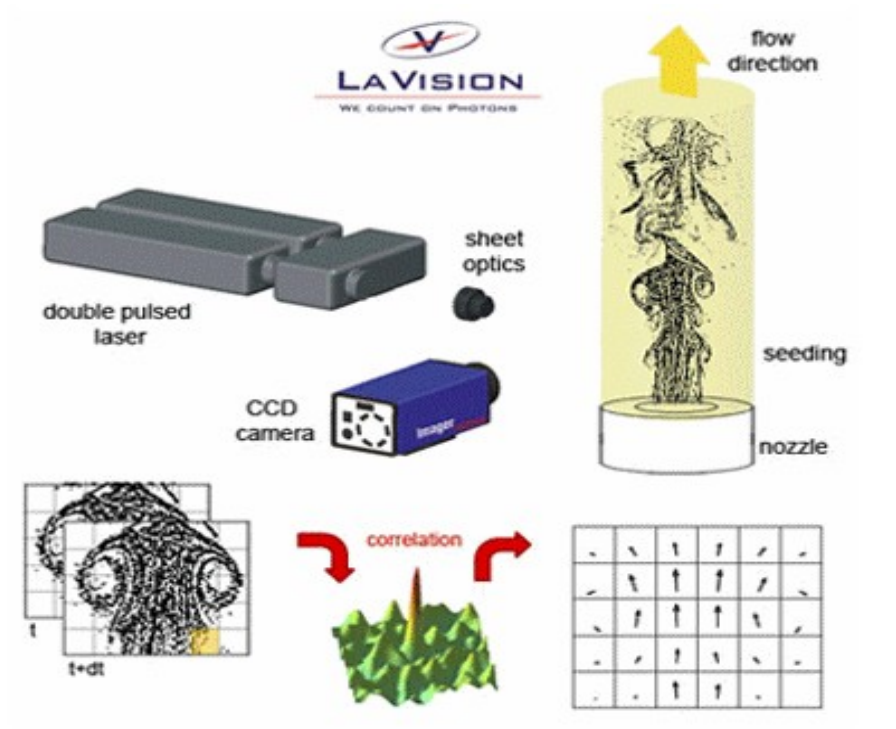


Figura 1: Velocimetria por Imagem de Partículas (PIV)

Estudou-se também a técnica LDV/PDI (Velocimetria Laser de Efeito Doppler) que permite a medição de velocidade num ponto em um campo de fluxo com alta resolução temporal. A base desta técnica é sempre que uma partícula microscópica líquida ou sólida no fluido passa através da franja de interferência produzida por dois feixes de laser, a luz dispersada a partir das partículas recebidas oscila em intensidade. O LDV faz uso do fato de que a frequência da oscilação é equivalente ao efeito Doppler entre a luz incidente espalhada, que é assim proporcional à componente de velocidade das partículas que se situa no plano de dois feixes de laser. (Laser Doppler Velocimetry/Phase Doppler Interferometry. <http://lavigation.com/en/techniques/ldv_pdi.php> Acesso em: 05 Junho 2014).

Na Fig.2 está o esquema básico de um sistema PDI.

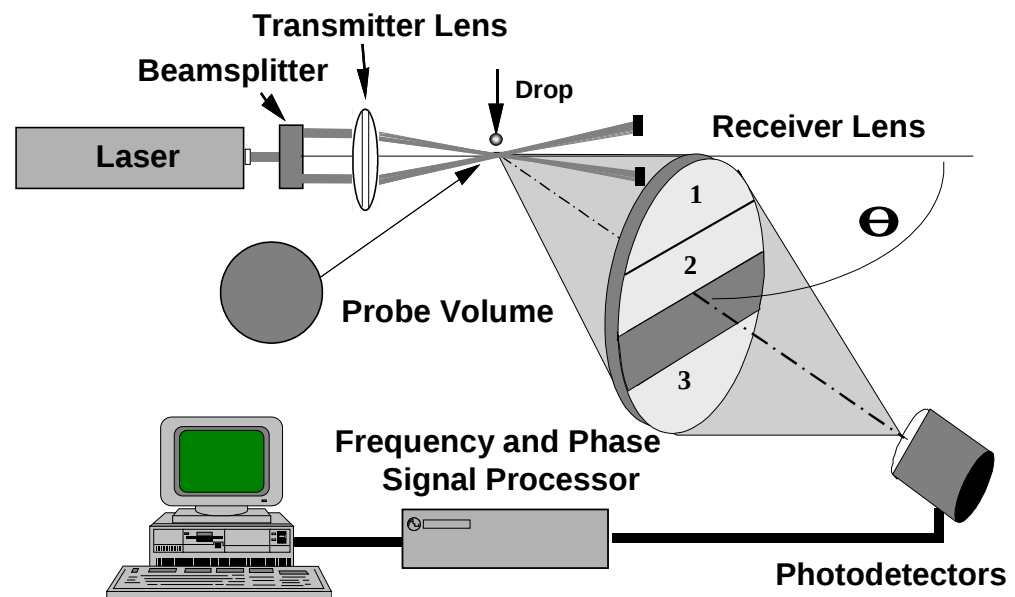


Figura 2: Esquema básico de um sistema PDI

Foi feita a concepção da nova câmara de combustão do Banco de Estudos de Instabilidade de Combustão (BEIC), onde serão realizadas as análises da interação combustão, acústica e turbulência da queima não pré-misturada de propano/ar e /ou GNV/ar. O aluno participou da desmontagem e montagem completa da câmara para identificar quaisquer possíveis erros na concepção que possa vir a prejudicar experimentos futuros. O aluno também analisou em campo o que é necessário na modificação do banco de estudo de instabilidade de combustão para a instalação da nova câmara de combustão. Na Fig.3 está uma imagem 3D obtida no CAD da nova câmara de combustão.

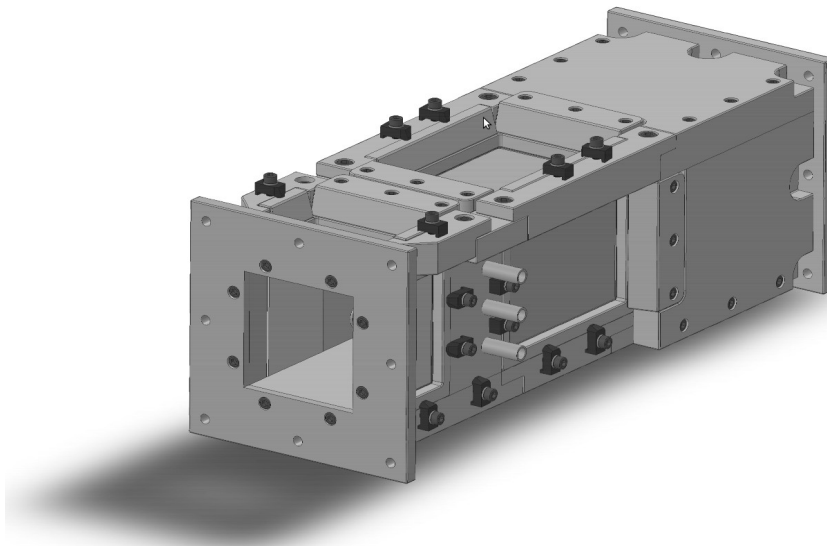


Figura 3: Nova Câmara de Combustão

2.2 Atividade Relacionada a Simulação Numérica

Reconstruir os domínios significa recuperar os dados dos cálculos que foram particionados para paralelização. Este particionamento consiste em dividir o domínio total (armazenado em uma matriz) em vários sub-domínios (sub-matrizes) para serem distribuídos para vários processadores. Cada processador fica responsável por uma parte do cálculo, assim para reagrupar o cálculo distribuído é necessário rodar um utilitário para repor a unicidade do resultado. A Fig.4 mostra o exemplo de paralelização computacional (cálculo distribuído).

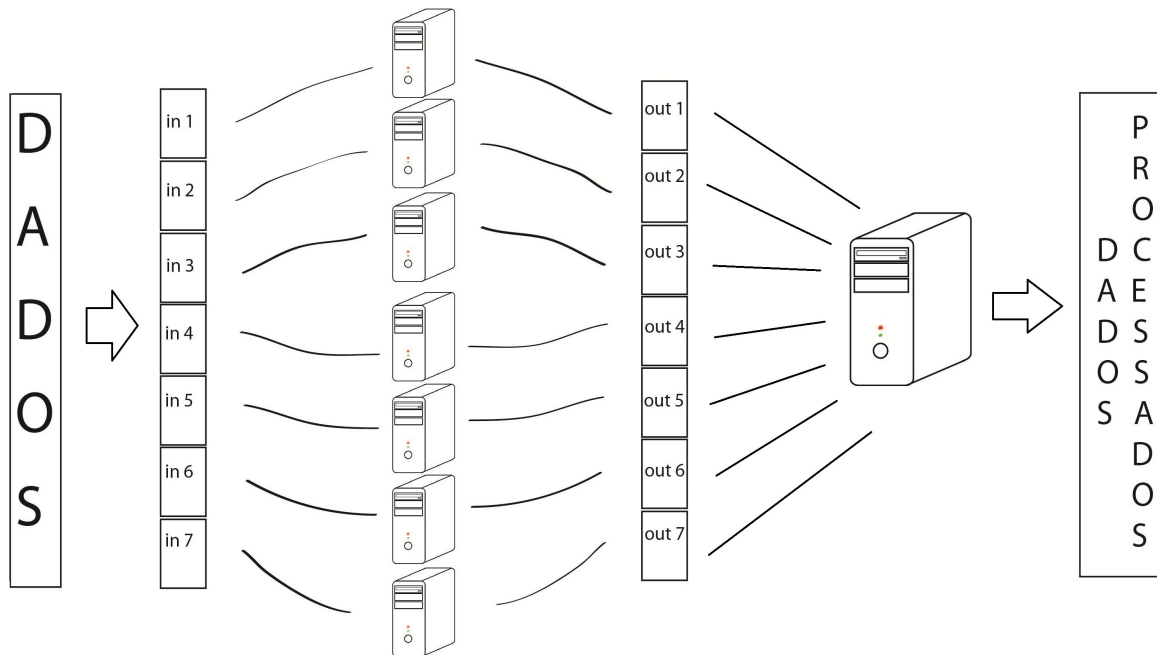


Figura 4: Exemplo Paralelismo

3. Resultados

Todos os tempos de cálculo de cada processador do cluster estão sendo reconstruídos e assim liberando espaço para outras simulações numéricas. Através das planilhas elaboradas já obtemos o quantidade necessária de gases GNV para cada dia de ensaio no PDI. A nova câmara de combustão já está construída e disponível na APE. De posse da câmara construída foi possível verificar a montagem final e realizar alguns ajustes necessários.

4. Conclusões

O alinhamento do laser PDI tem um certo grau de complexidade. Necessita de extrema precisão tanto dos canhões de laser quanto do receptor. A falta de um alinhamento preciso pode causar uma leitura com pouca taxa de amostragem e ocorrendo até mesmo a não leitura necessária para o experimento. Em decorrência aos problemas observados no software do PDI, está por hora impossibilitado a continuidade dos experimentos com laser PDI.



Como resultado obtido na parte de simulação numérica, foram liberados mais de 300GB de espaço em disco do cluster SGI até o momento. Este trabalho é necessário para o armazenamento da cópia de segurança a ser realizado e obtenção dos arquivos de dados completos (reconstruídos) para o pós-processamento correto.

Referências

CORÁ, R. **Controle Passivo da Instabilidades de Combustão Utilizando Ressonadores de Helmholtz**. Tese (Engenharia Aeronáutica e Mecânica – Área de Aerodinâmica, Propulsão e Energia) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2010.

GIANNI, G.; MARIOTTI, G.; PAGANINI, E.; SELLO, S. Characterization and diagnostics of combustion thermoacoustic instabilities using nonlinear dynamics and topological methods. **Mathematical and Physical Models**, June 2003.

HABIBALLAH, M.; VINGERT, L.; DUTHOIT, V.; VUILLERMOZ, P. Reserach as a key in the design methodology of liquid-propellant combustion devices. **Journal of Propulsion and Power**, September-October 1998.

Laser Doppler Velocimetry/Phase Doppler Interferometry,
http://lavigation.com/en/techniques/ldv_pdi.php

Particle Image Velocimetry (PIV), <http://lavigation.com/en/techniques/piv.php>