

VALIDAÇÃO DE MEDIDAS DE VELOCIDADE EM QUEIMADOR TIPO CO-CORRENTE

C.A.M. Andraus^a, P.G., A.P. Pimenta^a, P.Q., J.A. Carvalho Jr.^b, P.Q., M.A. Ferreira^d, P.Q., M. Assato^a, P.Q.

^aDepartamento de Propulsão, Instituto Tecnológico de Aeronáutica
Centro Técnico Aeroespacial, São José dos Campos, CEP 12228-210, SP, Brazil

^bDepartamento de Energia, Universidade Estadual Paulista
Av. Ariberto Pereira da Cunha, 333, Guaratinguetá, CEP 12516-410, SP, Brazil

^dLaboratório Associado de Combustão e Propulsão, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Rod. Presidente Dutra, km. 40, Cachoeira Paulista, CEP 12630-000, SP, Brazil

RESUMO

O objetivo deste trabalho é caracterizar o escoamento em um jato com fluxos paralelos de ar, utilizando-se anemometria de fio quente. O jato frio apresenta similaridades com o jato quente produzido por chamas difusivas turbulentas em um queimador de gás natural, ancoradas por um conjunto de pequenas chamas piloto de H₂/C₂H₂/ar. Os resultados obtidos são comparados a medidas experimentais do campo de escoamento realizadas em queimadores similares da Universidade de Delft, Holanda.

Abstract

The purpose of this work is to characterize the velocity field of a coflow jet of air, using hot wire anemometry. The cold jet obtained is similar to the hot jet produced by the turbulent diffusive flames in a natural gas burner with pilot flames of H₂/C₂H₂/air. The results are compared to flow field measurements in similar burners made at Delft University, Netherlands.

1. INTRODUÇÃO

A combustão turbulenta é um dos mais complicados objetos de estudo da física macroscópica moderna (Pope, 1990). Neste contexto encontram-se as chamas sem pré-mistura turbulentas, as quais possuem grande aplicabilidade industrial e caracterizam-se basicamente pelo fato de que combustível e oxidante encontram-se inicialmente separados. Alguns processos que usam ou podem usar chamas de difusão de jatos gasosos são: "flares" de maneira geral, em especial os de plataformas marítimas de extração de petróleo, incineradores de resíduos industriais e de hospitais, caldeiras, fornos de sinterização, calcinação, de vidro, etc.

Tendo como foco aprofundar o conhecimento de chamas sem pré-mistura encontra-se em operação no Laboratório Associado de Combustão e Propulsão do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, localizado na cidade de Cachoeira Paulista uma instalação experimental apropriada. A montagem construída apresenta não somente um projeto de queimador extensivamente testado, com a chama ancorada à superfície de descarga, mas também condições de contorno bem definidas permitindo a uma modelagem matemática mais simples. De modo que este estudo segue a sugestão de Masri et al. (1996), de que a geometria de um queimador para estudos de chamas turbulentas sem pré-mistura deve apresentar condições de contorno simplificadas para permitir a minimização das características

complexas destes escoamentos – turbulência, cinética química, radiação térmica, formação de poluentes.

Neste trabalho empregam-se jatos em co-correntes, os quais pertencem a uma classe de escoamentos de maior complexidade, caracterizada na Universidade Técnica de Delft – TUDelft e nos laboratórios SANDIA. (De Vries, 1994, Nooren, 1998, Van den Bercken, 1998), os quais tem como base o queimador utilizado por Starner e Bilger (1985). O queimador é definido como do tipo jato com chama piloto, e seus modelos físicos são caracterizados por produzirem um escoamento parabólico de uma única corrente gasosa. Em tais casos, as condições de contorno são simplificadas, e caso não seja possível medir as condições iniciais, pode-se assumir um escoamento laminar à saída do queimador para a chama piloto, e um escoamento turbulento em tubo, totalmente desenvolvido, para a corrente de combustível principal. A principal função da chama piloto é a de transferir a energia necessária à ignição do combustível principal, estabelecendo uma solução de continuidade na corrente gasosa principal, não permitindo que o ar seja difundido para o seu interior na região próxima a descarga, o que caracterizaria uma zona de pré-mistura. Esta chama piloto pode ser facilmente contabilizada, podendo ser negligenciada sua influência na composição da chama na região onde os principais fenômenos de extinção de chama ocorrem. (Masri et al., 1996). Sem a chama piloto ter-se-ia uma situação de chama levantada, apresentando uma região inicial de pré-mistura, de difícil modelagem.

2. O SISTEMA DE QUEIMA DELFT

O queimador de Delft consiste de dois tubos concêntricos, o central para o combustível e o anular para o ar primário. Chamas piloto pré-misturadas de hidrogênio, acetileno e ar, ancoram a chama principal ao queimador, a qual é protegida de grandes estruturas de circulação de ar por uma corrente de ar secundário de baixa velocidade. A corrente de ar primário também apresenta características de jato e dessa forma a mistura turbulenta entre o combustível e o ar é intensificada.

A Figura 1 apresenta o diagrama esquemático do queimador de Delft, com o detalhe da chama piloto.

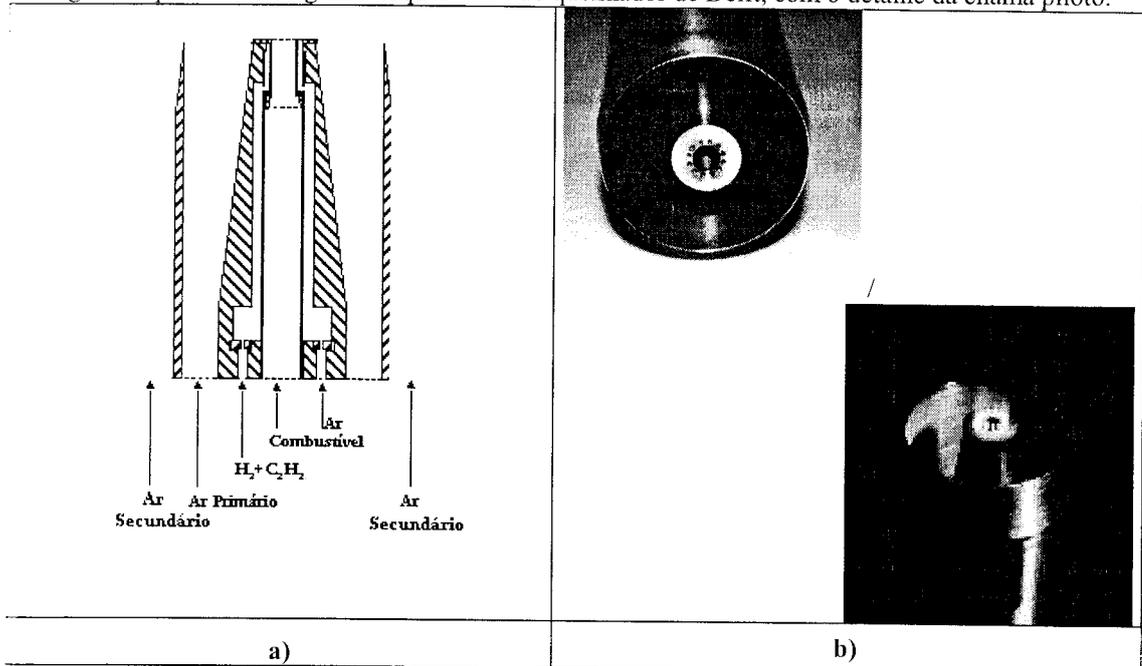


Figura 1 a) Diagrama esquemático do queimador – sistema de Delft
b) Detalhe do projeto do queimador e foto da região da chama piloto

3. MONTAGEM EXPERIMENTAL

A montagem experimental utilizada para a obtenção do campo de velocidades é mostrada na Figura 2a. As medidas foram realizadas no Laboratório Professor Feng do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) utilizando anemometria para obtenção das medidas de velocidade em diversas posições longitudinais, a saber, 50, 100, 150, 200 e 250 mm a partir da saída do queimador.

Anemometria de fio quente é uma técnica bem desenvolvida e largamente utilizada em experimentos de determinação do campo de velocidades de escoamento. É uma técnica de medida indireta, isto é, exige calibração com velocidades conhecidas antes de ser aplicada (Lange,1999). Para este fim, utilizou-se da montagem esquematizada na Figura 2b, que consiste de um manômetro Betz, que determina a velocidade do fluxo através de variação de pressão. O fluxo de velocidade conhecida, segue para a sonda com o fio de $5\mu\text{m}$ de diâmetro aquecido a 250°C . A saída do equipamento está conectada ao módulo de medida 56C01 CTA, o qual posteriormente envia valores de tensão ao sistema de aquisição de dados National Instruments SCB100.

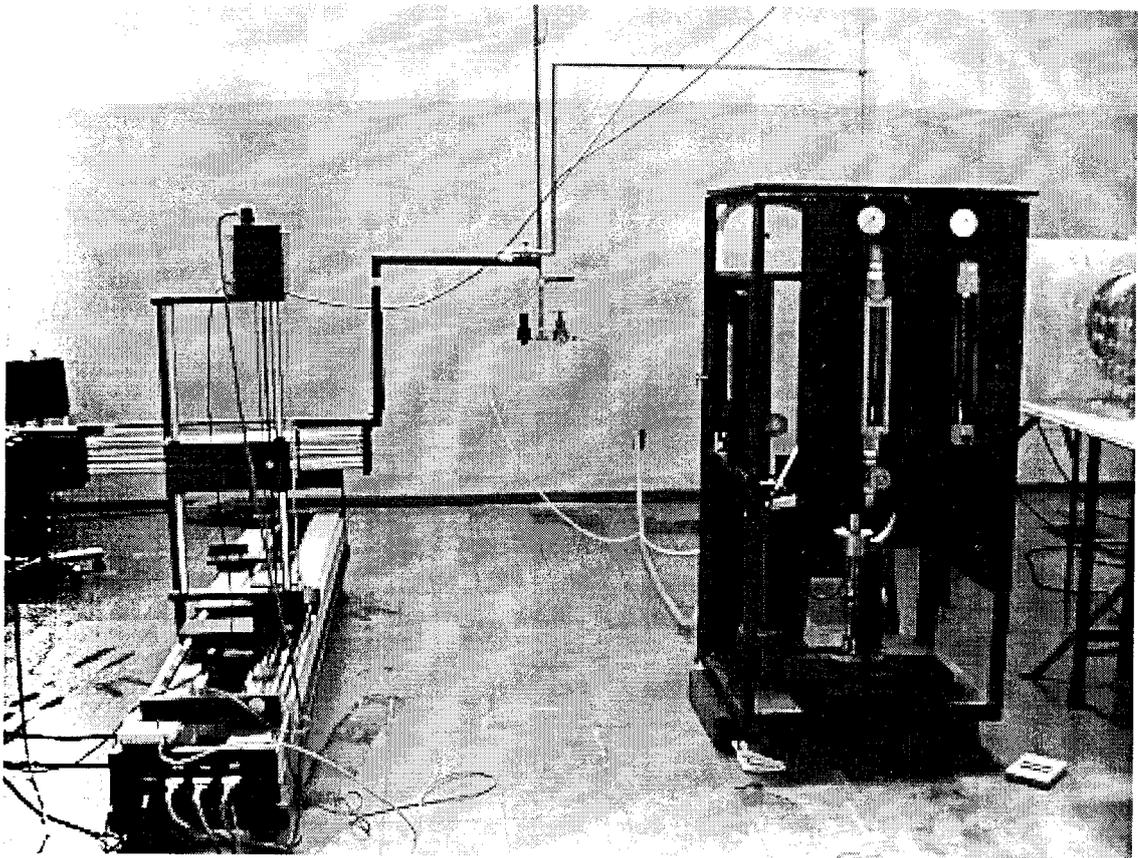


Figura 2: Montagem experimental

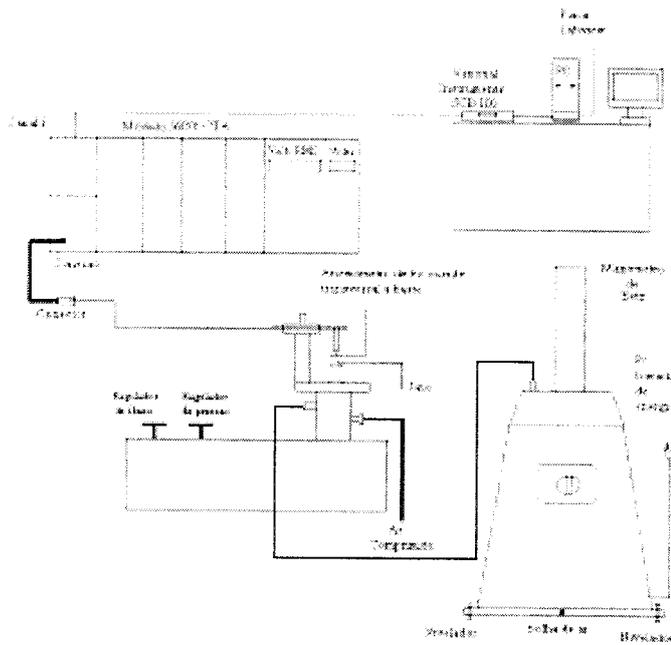


Figura 3: Montagem para calibração do anemômetro

Na Tabela 1 apresentam-se as duas condições isotérmicas de escoamentos não reativos de ar, reproduzidas neste estudo para fins comparativos.

Tabela 1: Condições de escoamento

Situação	velocidade máxima do jato central (m/s)	velocidade máxima do jato anular (m/s)
1	21.8	4.4
2	21.9	0

As medidas obtidas são mostradas nas Figuras 6a e 7a em comparação com os resultados obtidos na instalação de Deft.

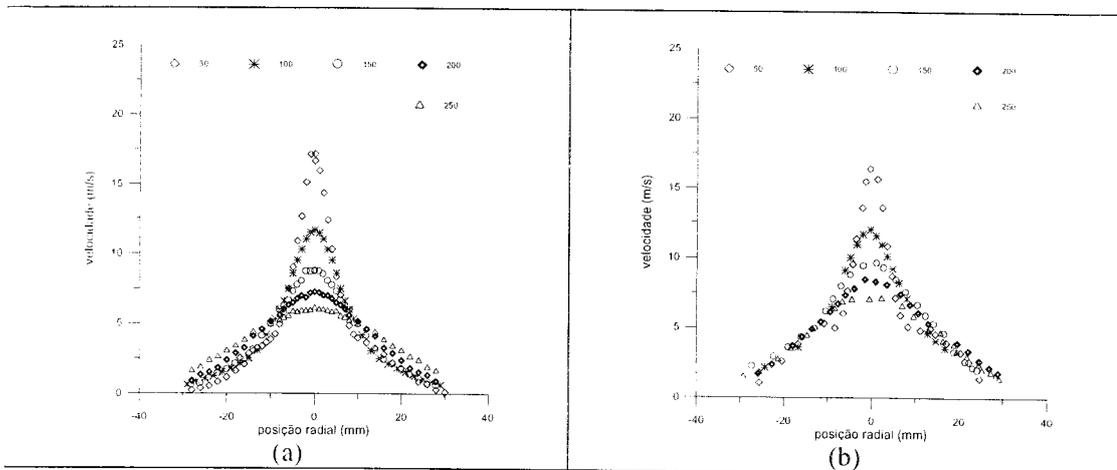


Figura 6: Medidas de velocidade Situação 1 (a) INPE e (b) Deft

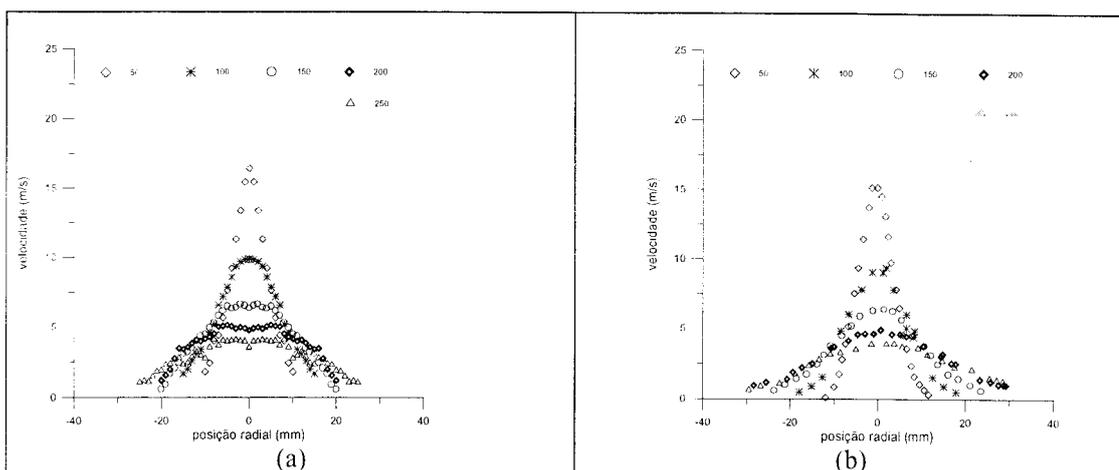


Figura 7: Medidas de velocidade Situação 2 (a) INPE e (b) Delft

Percebe-se das Figuras 6 e 7 boa concordância entre os resultados obtidos na instalação montada no INPE e a instalação utilizada em Delft o que torna a instalação montada no Brasil similar e compatível com a mesma.

4. COMENTÁRIOS E CONCLUSÃO

Conforme atestam os resultados obtidos nesta pesquisa experimental está assegurado que o campo de escoamento isotérmico do queimador instalado no INPE é equivalente ao do equipamento de Delft. Portanto, sob este ângulo, futuras experiências com chamas turbulentas difusivas têm grande possibilidade de serem comparadas com dados da literatura.

Como existe um interesse acentuado no estudo de chamas turbulentas de gás natural a caracterização das instalações nacionais é importante para que os dados aqui obtidos possam integrar o banco de dados sobre chamas em queimadores do tipo Delft, servindo, inclusive, para estudos com outras finalidades.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo pelo financiamento através do projeto 98-15539-0 e ao Laboratório Professor Feng do ITA.

REFERÊNCIAS

- De Vries J.E, Study on Turbulent Fluctuations in Diffusion Flames Using Laser Induced Fluorescence *PhD Thesis*, Delft University of Technology, *PhD Thesis*, **1994**.
- Lange C.F, Durst F. e Breuer M., Wall Effects on Heat Losses from Hot_Wires, *International Journal of Heat and Fluid Flow* 20: 34-37, **1999**.
- Masri Ar, Dibble Rw, Barlow Rs, The Structure of Turbulent Nonpremixed Flames Revealed By Raman-Rayleigh-Lif Measurements. *Progress Energy Combustion Science.*, 22, 307-62, **1996**.
- Nooren P.A., Stochastic Modeling of Turbulent Natural-Gas Flames *PhD Thesis*, Delft University of Technology, **1998**.
- Pope, S.B.: Computations of Turbulent Combustion: Progress and Challenges, *Proceedings. of the Twenty Third Symposium (International) on Combustion*, pp. 591 – 612, **1990**.
- Starner S.H. e Bilger R.W., Characteristics of a Piloted Diffusion Flame Designed for Study of Combustion Turbulence Interactions, *Combustion and Flame*, 61:19-38, **1985**.
- Van Den Bercken R.E. J., IR Emission/Absorption Tomography in Flames Stochastic *PhD Thesis*, Delft University of Technology, **1998**.

VIII ENCITA

VIII ENCONTRO DE INICIAÇÃO
CIENTÍFICA E PÓS-GRADUAÇÃO DO ITA

PROGRAMAÇÃO

8/10/2002, terça-feira

Horários	Auditório B (200 lugares)	Auditório C (90 lugares)
	Sessão: Engenharias Aeronáutica e Infra-Estrutura Aeronáutica <i>Coordenador: Prof. Dr. Pedro Teixeira Lacava</i>	Sessão: Ciência da Computação <i>Coordenador: Prof. Dr. Milton Teruaki S. Sakude</i>
8:00-8:20	Acesso ao terminal de passageiros por modais de superfície: um estudo para aeroportos selecionados <i>Mariana Sá Barreto dos Santos (IC), Protógenes Pires Porto (PQ)</i>	Uma proposta de estrutura física de hardware para as redes de conexões do alojamento dos alunos do ITA – H8 <i>Álvaro Henrique Ogasawara Sigaki (IC), Gustavo Hideyuki Okamoto (IC), Adilson Marques da Cunha (PQ), Adalberto S. Santos (PQ), Milton Teruaki S. Sakude (PQ)</i>
8:20-8:40	Atualização do método das isozonas para a região amazônica <i>Simei Héber Nunes Pontes (IC), Íria Fernandes Vendrame (PQ)</i>	Construção de uma aplicação de banco de dados usando XML e ASP <i>Juliana de Melo Bezerra (IC), Celso Massaki Hirata (PQ)</i>
8:40-9:00	Análise do método de Cooper-Jacob em uma área da bacia do rio Alambari, São José dos Campos-SP <i>Mariana Affonseca Bressan (PG), Gustavo Assis Medeiros (IC), Íria Fernandes Vendrame (PQ)</i>	Projeto de gerenciamento da rede de comunicações de dados do alojamento dos alunos de graduação do ITA – H8 <i>Mario Larangeira Junior (IC), Álvaro Augusto Neto (PQ), Adalberto Sampaio Santos (PQ), Adilson Marques da Cunha (PQ)</i>
9:00-9:20	Utilização de micro termopares para identificar e caracterizar oscilações em chamas <i>Alan Gimenez Ribeiro (IC), Pedro Teixeira Lacava (PQ)</i>	Uma proposta de estrutura lógica para as redes de conexões do alojamento dos alunos de graduação do ITA – H8 <i>Mônica Mitiko Soares Matsumoto (IC), Ulisses Duarte Nehmi (IC), Adalberto Sampaio Santos (PQ), Adilson Marques da Cunha (PQ), Celso de Renna e Souza (PQ)</i>
9:20-9:40	Validação de medidas de velocidade em queimador tipo co-corrente <i>Cristiane Aparecida Martins Andraus (PG), Amílcar Porto Pimenta (PQ), João</i>	Integração de um ambiente cooperativo de simulação <i>Tony Calleri França (IC), Celso Massaki Hirata (PQ)</i>