

# QUEIMA DE GÁS NATURAL EM UM INCINERADOR

C. F. L. Tecles, A. O. Nieckele

Departamento de Engenharia Mecânica - PUC/Rio, 22453-900 Rio de Janeiro, RJ

**Palavras chave:** queimadores, combustível.

## RESUMO

Atualmente nas indústrias químicas e petroquímicas é cada vez mais importante se dominar a tecnologia de incineração de correntes residuais. Isto porque com a necessidade de se reduzir a poluição foram construídas diversas unidades recuperadoras de enxofre e de tratamento das águas ácidas. Com a tendência das legislações ambientais de exigirem taxas cada vez mais baixas de poluentes, torna-se necessário a utilização de incineradores. Entretanto a complexidade no processo de combustão levam a necessidade de se adquirir maior domínio desta tecnologia. Devido a dificuldade e perigo em manipular estas cargas residuais para se fazer ensaios experimentais e aos custos inerentes a estes ensaios, vislumbra-se a possibilidade de se implementar um estudo numérico como forma de se entender e prever as taxas de formação de poluentes e de conversão dos compostos residuais.

O objetivo deste trabalho consiste em prever numericamente as reações químicas no interior do incinerador, determinando o campo de velocidades, temperatura, pressão e dispersão das espécies químicas. Neste primeiro trabalho, selecionou-se investigar a queima de metano em duas etapas e em uma etapa somente. Utilizou-se o *software* comercial FLUENT, versão 6 (Fluent, 2001).

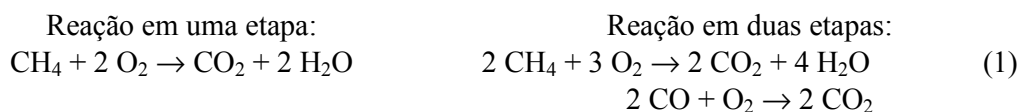
Considerando a configuração típica de um incinerador, definiram-se a geometria a ser analisada, com base nos dados fornecidos pelo CENPES/PETROBRAS. A Figura 1 ilustra o incinerador. Na região da entrada encontra-se o queimador, seguido pela zona redutora e finalmente zona oxidante. A geometria e malha foram obtidos utilizando-se o *software* comercial GAMBIT (Fluent, 2001).



Figura 1: Incinerador

O modelo matemático utilizado se baseia na solução das equações de conservação de massa, quantidade de movimento linear, energia, juntamente com o modelo de turbulência de duas equações diferenciais  $\bar{\rho}\bar{u}\bar{v}$  (Launder e Spalding, 1974) e o modelo de combustão de Arrhenius-Magnussen (Kuo, 1986). As seguintes hipóteses foram adotadas: (i) escoamento bidimensional, devido a simetria angular; (ii) regime permanente; (iii) efeitos gravitacionais desprezíveis; (iv) propriedades constantes, com exceção da massa específica, que segue a lei dos gases ideais; (v) paredes do incinerador isoladas e impermeáveis; (vi) difusão desprezível na saída. O combustível utilizado foi gás natural, o qual foi representado basicamente por metano, (90% de  $\text{CH}_4$ ), sendo os 10% restantes de Nitrogênio,  $\text{N}_2$ .

Duas situações foram consideradas: oxidação do metano em uma e duas etapas.



As dimensões do incinerador são: 8,278 m de comprimento e 0,915 m como maior raio.

O ar foi injetado no centro e o metano através de um anel adjacente. Considerou-se vazões de  $0,155 \text{ m}^3/\text{s}$  para o ar e  $0,01926 \text{ m}^3/\text{s}$  para o combustível com velocidades de  $9,26 \text{ m/s}$  e  $2,53 \text{ m/s}$  respectivamente. O combustível foi injetado a uma temperatura de  $313 \text{ K}$  e o ar a  $323 \text{ K}$ , ambos a pressão atmosférica.

A Figura 2 ilustra a distribuição de temperaturas para a reação em uma etapa, sendo a temperatura máxima é de  $2510 \text{ K}$ . Para a reação em duas etapas, o campo de temperatura é similar, sendo a temperatura máxima igual a  $2560 \text{ K}$ . Observa-se a região de gases frios (azul) de entrada. Após a mistura do combustível com o oxidante, ocorre a reação, dando origem a uma região de alta temperatura no final do queimador.

A distribuição de dióxido de carbono, Figura 3, para as reações em uma e duas etapas também são semelhantes. Observa-se que o  $\text{CO}_2$  gerado pelas reações, é capturado pelas recirculações existentes tanto na zona redutora, como na zona oxidante. A fração em massa máxima foi de  $0,148$  para uma etapa e  $0,157$  para duas etapas.



Figura 2: Isotermas - uma etapa



Figura 3: Distribuição de  $\text{CO}_2$  - uma etapa

Os resultados obtidos para a concentração de água também se mostraram qualitativamente semelhantes para os dois casos estudados, porém para a reação em uma etapa a concentração de  $\text{H}_2\text{O}$  é maior, especialmente na região do queimador. A fração em massa máxima foi de  $0,130$  para uma etapa e  $0,119$  para duas etapas.



Uma Etapa



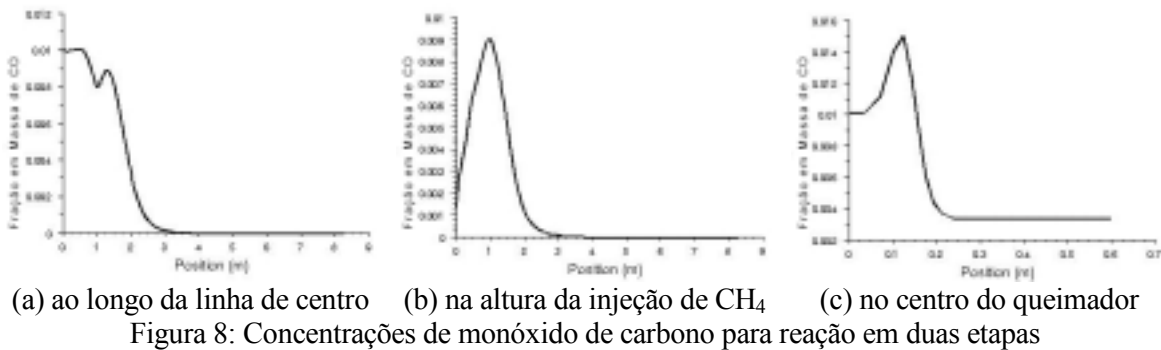
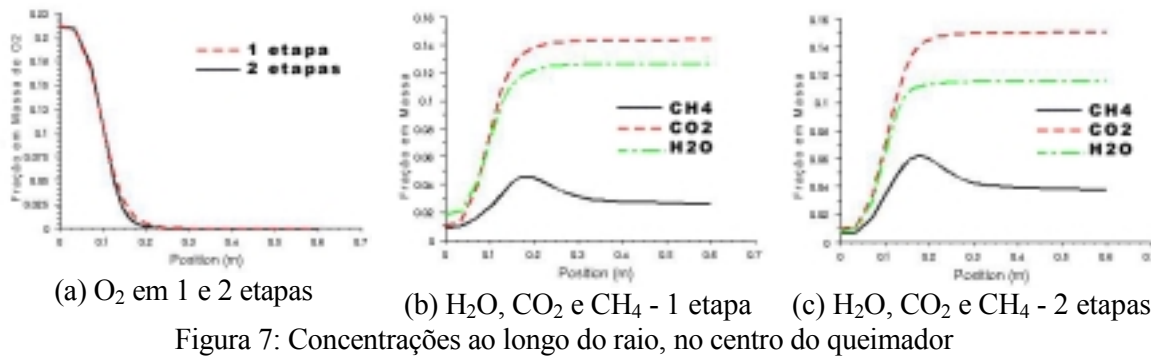
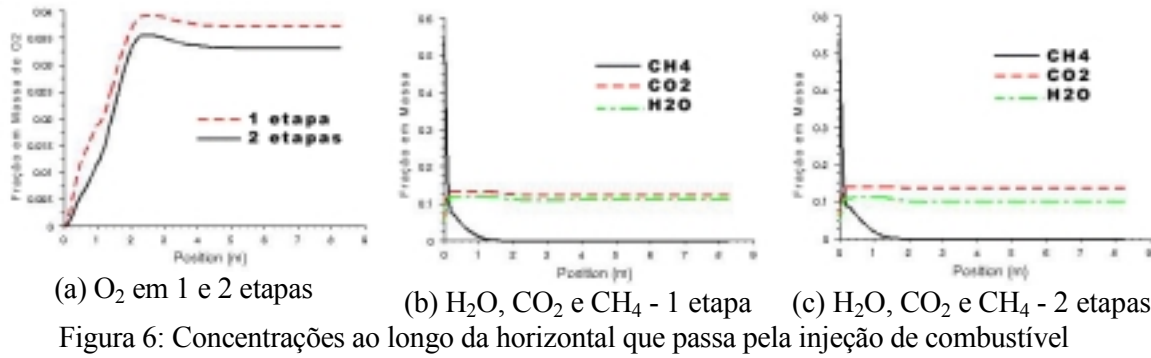
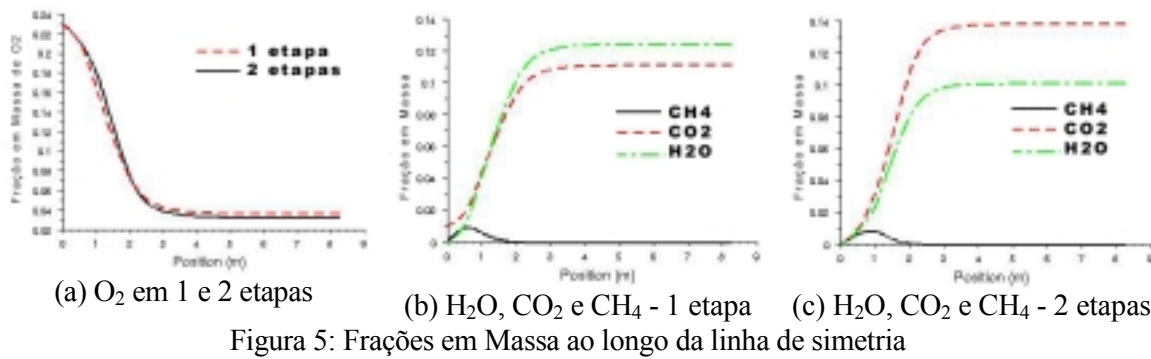
Duas Etapas

Figura 4: Distribuição de Água ( $\text{H}_2\text{O}$ )

Os perfis das concentrações das diversas espécies ao longo da linha de centro e ao longo da linha horizontal que passa pela injeção de combustível, podem ver vistas nas Figura 5 e 6. Observa-se um forte decaimento do oxigênio na região próxima a entrada, indicando que a reação ocorre nesta região. Como o metano é injetado acima da linha de centro, observa-se um aumento de sua concentração devido a difusão do jato de entrada e posterior redução devido ao seu consumo pelas reações. Observa-se que as concentrações de  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$  são superiores para a reação em duas etapas. Já a concentração do metano é menor perto da entrada, indicando uma maior queima do combustível.

A distribuição das concentrações ao longo do raio no centro do queimador, encontra-se na Figura 7. Observa-se um consumo maior de metano na reação em duas etapas. Percebemos que um ligeiro aumento na dispersão do  $\text{CH}_4$  na injeção ( $x = 0,175 \text{ m}$ ) para a reação em duas etapas.

A previsão da queima em duas etapas apresenta a vantagem de permitir a determinação do monóxido de carbono,  $\text{CO}$ . Sua distribuição encontra-se na Figura 8. Observa-se que o monóxido de carbono é formado muito próximo à entrada, chegando à concentração de  $1\%$  com pico localizado na região do jato.



Após analisar os presentes resultados, observa-se que a queima do metano pode ser igualmente representado pela reação em uma ou duas etapas. No entanto, com duas etapas é possível prever a produção de CO, que é um poluente indesejado. Como próxima etapa deste trabalho, a queima de correntes residuais ácida será investigada.

**Agradecimentos:** os autores agradecem ao CNPq, pela bolsa de Iniciação Científica.

**REFERÊNCIAS:**

**Fluent User's Guide, versão 6 - Fluent Incorporated, New Hampshire, 2001.**

**Kuo, K.K., 1986. "Principles of Combustion", John Wiley & Sons, New York.**

**Launder, B.E. and Spalding, D.B. - "The Numerical Computation of Turbulent Flows",  
Computer Methods in Applied Mechanics Engineering., vol.3, pp. 269-289, 1974.**