Modelagem e Simulação de Dispersão de UO_2F_2/HF em liberações de UF_6 em Autoclave de Blending.

Josué C. de Medeiros [1], José A. de Castro [1].

[1] *Universidade Federal Fluminense, Av. dos Trabalhadores 420, Vila Sta. Cecília, CEP27255-125, Volta Redonda, RJ, Brasil.*

Área: Metal

Resumo

Para melhor avaliar os riscos em diversas instalações industriais, são necessárias ferramentas que possibilitem a simulação destes riscos, sem a necessidade de experimentos. Neste trabalho, a simulação computacional de liberação acidental de compostos de urânio e fluoreto de hidrogênio após ruptura catastrófica de vasos de contenção (cilindro do tipo 30B) é realizada através de estudo numérico e simulação de dispersão dos gases. Sendo assim foram comparados os resultados de dois modelos matemáticos e suas relações, levando e conta a contribuição termodinâmica e cinética.

Palavras-Chave: ***Urânio, UF_6, Modelagem, Simulação Computacional, Dispersão.***

Introdução e objetivos do trabalho

O Ciclo do Combustível Nuclear emprega as mais diversas tecnologias, com os mais variados materiais em suas formas físicas e químicas (UF_6, HF, UO_2F_2 entre outros).

A percepção do comportamento e da forma de manuseio destes produtos é de suma importância para a avaliação dos possíveis riscos em cada tipo de instalação do ciclo.

O Objetivo deste trabalho é estabelecer uma avaliação dos riscos, realizada com base em uma comparação de modelos matemáticos para dispersão de fluoreto de uranila (UO_2F_2) e fluoreto de hidrogênio (HF), que são produtos da hidrólise do hexafluoreto de urânio (UF_6), considerando como cenário postulado a ruptura catastrófica de cilindro do tipo 30B e autoclave de blending, respectivamente.

Materiais e Métodos

Para avaliar a dispersão dos produtos da hidrólise de UF_6, foram utilizados dois modelos: Modelo A (Oliveira Neto, 2009) e MPHMTP (Castro, 2000). O primeiro considera a determinação de termos fontes (a partir das quantidades iniciais de UF_6) e sua evolução em uma equação que estabelece a concentração dependente do tempo no interior do prédio, como segue:

$$\frac{dC(t)}{dt} = \frac{Q_{UF6}}{V} - \frac{Q.C(t)}{V} \qquad (1)$$

Esta equação considera uma taxa de liberação constante de UF_6.

Castro estabelece um modelo matemático bifásico (gás-sólido) tridimensional de multicomponentes, que segue a modelagem matemática da hipótese de meio contínuo e, como tal, pode ser expressa por equações de balanço de massa, quantidade de movimento, energia e espécies químicas. Tais equações de governo podem ser escritas de forma resumida da seguinte forma:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho\varphi) + div\left(\rho\,\vec{u}\varphi - \Gamma_\varphi\, grad\varphi\right) = \mathcal{S}_\varphi \qquad (2)$$

A solução das equações propostas no presente trabalho foi obtida por meio do método numérico dos Volumes Finitos. Os resultados foram obtidos usando uma grade não uniforme constituída de 50 células na direção x, 25 células na direção y e 15 células na direção z.

O código computacional escrito em linguagem Fortran 90/95 e os resultados das simulações são plotados através do software Tecplot 360, possibilitando a análise de dados visuais integrados 1D, 2D e 3D.

Resultados e Discussão

Considerando a ruptura catastrófica de um cilindro 30B (tabela 1) com 2000 kg de UF_6 (Cenário A). Este tipo de acidente pode ocorrer se o cilindro estiver cheio demais e subsequentemente aquecido. Por exemplo, a grande liberação de UF6 em Gore, Oklahoma, ocorreu por este motivo. Após a ruptura, a despressurização causará um vigoroso flash do líquido em vapor e sólido.

Tabela 1. Dados do Cilindro padrão 30B de UF6.

Diâmetro nominal (m)	Espessura Mínima da chapa (mm)	Material de construção (ANSI/ASME) (ASTM A-516)	Limite máximo de UF_6 (kg)
0,762	8	Aço carbono	2277

A Tabela 2 mostra os dados calculados, para fração inicial de vapor pela estimativa do balanço de entalpia ou de calor. Para temperaturas entre outros valores preconizados, a interpolação linear da fração de flash é aceitável.

Tabela a.2 - Dependência da fração, f, na temperatura inicial de armazenamento.

Temperatura Inicial (ºC)	Fração Mássica (f)
93	0,544

Assim, do original 2000 kg de UF6, 54% em massa (1088 kg) de UF_6 inicialmente é transformado em vapor, e 46% por cento em massa (912 kg) são sublimados para sólido.

Os resultados do cenário A são indicados nas Figuras 1 e 2. Supondo que um acidente ocorre aproximadamente por 30 minutos, tempo este considerado levando em conta o critério sugerido pela NUREG-1391 que usa uma relação baseada no IPVS (Imediatamente Perigoso à Vida e Saúde). E além do tempo de duração é considerado o tempo de liberação (1 minuto), na seguinte temperatura (93ºC).

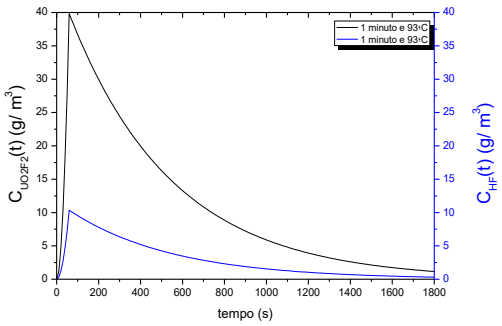

Figura 1. Concentração de Urânio e HF(g/m^3), 1 minuto e 93ºC (Modelo A).

As Figuras 1 e 2, tratam dos resultados obtidos a partir do Modelo A e do MPHMTP, no qual é observado os valores das concentrações de Urânio e HF, que possuem relativa diferença, devido ao Modelo 1 ser extremamente conservador em seu modelamento não levando em conta as propriedades termodinâmicas de reação e a cinética de reação do UF6. Desta forma os valores são superestimados, 10000ppm de HF (Modelo A) enquanto no modelo MPHMTP o valor aproximado é de 25ppm.

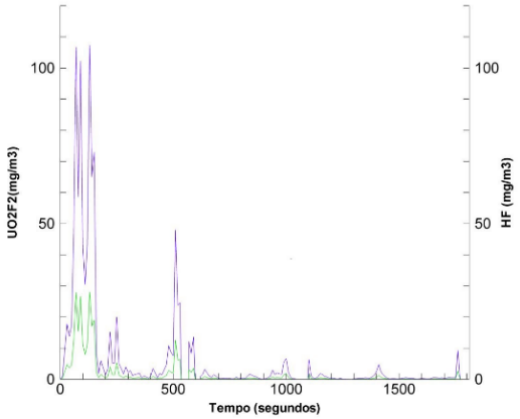

Figura 2. Concentração de Urânio e HF (mg/m3), 1 minuto e 93ºC (Modelo MPHMTP).

Tal diferença de resultado é crucial na avaliação dos riscos inerentes as ações mitigadoras necessárias em casos de dispersão dos particulados formados.

Conclusões ou Considerações finais

Quando o cilindro 30B se rompe o conteúdo inicialmente se equilibra no ponto de sublimação do UF_6 à pressão atmosférica. A estimativa da quantidade que pode depositar é incerta e depende de vários fatores entre eles, o fluxo do material liberado e a presença ou ausência de obstáculos. O Modelo proposto neste trabalho visa contribuir para o melhor entendimento da dispersão dos produtos da hidrólise de UF_6, originado deste rompimento. Tal código pode ser utilizado em simulações de outras condições operacionais e propor plano de ações nestes casos.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior- Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 e também foi realizado com apoio da FINEP, FAPERJ e INB.

U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC) **Chemical Toxicity of Uranium Hexafluoride Compared to Acute Effects of Radiation**, NUREG-1391, Final Report, Washington, DC. (1991)

Castro, J. A. **A multi-dimensional transient mathematical model of blast-furnace based on mult-fluid model**. Phd.

Thesis. Institute for Advanced Material Processing - Tohuku University, Japan, 2000.

Oliveira Neto J. M., Nunes B. G. e Dias C. **Analyses of Postulated Accidental Releases of UF6 Inside Process Buildings**. In: International Nuclear Atlantic Conference (INAC), 2009, Rio de Janeiro.