



## VI-185 - ANÁLISE DOS RISCOS DE EXPLOSÃO DE UM TANQUE DE ARMAZENAMENTO DE HIDROGÊNIO

**Carolina Niedersberg**<sup>(1)</sup>

Engenheira Ambiental pela Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC.

**Filipe Vargas Zerwes**<sup>(2)</sup>

Engenheiro Ambiental. Pesquisador do Grupo de Ciência e Tecnologia Ambiental - UNISC

**Rangel Ghisleni**<sup>(3)</sup>

Acadêmico do curso de Engenharia Ambiental da Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC.

**Ruth Marlene Campomanes Santana**<sup>(4)</sup>

Doutora em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP, 1999). Foi professora da Engenharia Ambiental da Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC, 2007) e atualmente Professora do Departamento de Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Rio Grande do Sul (UFRGS).

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Avenida Independência, 2293 – Bairro Universitário – Santa Cruz do Sul - RS – CEP: 96815-900 – Brasil – Tel.: (51)3717-7545 – e-mail: carol.engenhariaambiental@gmail.com

### RESUMO

Em virtude do crescimento da industrialização, bem como de diferentes seguimentos industriais e o surgimento de inúmeros produtos químicos, os casos de acidentes envolvendo produtos químicos, infelizmente, aumentaram comprometedoramente. Estes dados apontam déficits de planos emergenciais de trabalho, sejam eles: a população atingida e ao meio ambiente. Desta forma, este trabalho tem o objetivo de analisar a magnitude das consequências da explosão de tanques de armazenamento de hidrogênio em diferente cenários. Para tal estudo, foi utilizado o software ALOHA<sup>®</sup>, onde se pode variar desde o local onde o reservatório se encontra como as condições climáticas no momento do acidente. Foram estudados três Cenários diferentes, todos eles localizados na cidade de Santa Cruz do Sul – RS – Brasil. Onde o primeiro cenário analisado foi o Hospital Santa Cruz, e o segundo cenário a Central de Análítica da Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC). Após a análise dos dados fornecidos pelo software, pode se constatar que o cenário onde a explosão teria maiores consequências seria no Cenário 2 (Central Analítica da UNISC). Outro fator que agravaria as consequências, seria a grande quantidade de produtos químicos presentes no prédio, entre eles flúor e cloro e que segundo a literatura<sup>(1)</sup>, o hidrogênio forma um composto letal. O resultado deste estudo mostra o alto risco que apresenta uma explosão de um tanque de hidrogênio e, portanto se faz necessário alertar os estabelecimentos para que todas as precauções de segurança e treinamento de pessoal, para tais eventualidades, sejam tomadas com relação à área que contorna os locais e as pessoas presentes.

**PALAVRAS-CHAVE:** análise de riscos; acidentes com hidrogênio; software ALOHA<sup>®</sup>

### INTRODUÇÃO

Nos últimos anos com o crescimento das indústrias químicas e petroquímicas, a grande diversidade de produtos químicos utilizado no mercado e a existência de processos mais complexos fizeram com que os riscos de acidentes ocorridos nas atividades industriais aumentassem. A armazenagem e o transporte de substâncias químicas também são fatores que aumentam a percentagem nesses acidentes<sup>(1, 2)</sup>.

Segundo pesquisa realizada recentemente pela Fundação SEADE, que analisou as informações dos boletins de ocorrência de 1.622 acidentes de transporte com produtos perigosos, registrados entre 1997 e 1999. Os registros de acidentes envolvendo o transporte rodoviário de produtos perigosos nos remetem a uma realidade assustadora, pois estes incidentes podem ser catastróficos, dependendo de onde ocorrem se em centros urbanos ou não<sup>(3)</sup>.

Outros estudos nos remetem à dura realidade brasileira, uma vez que não existem em muitos Estados e Municípios que possuam planos de ação para tais ocorrências. E até mesmo as suas deficiências e os esforços por parte das autoridades competentes<sup>(4,5)</sup>.



Na década de 70, houve a primeira crise petrolífera, onde foram procuradas novas fontes de energia, sendo um delas o hidrogênio como uma possível alternativa, através da conversão eletroquímica, usando células de combustível, que até então sua aplicação era mais restringida em viagens espaciais. O hidrogênio é um combustível leve, mas com baixa densidade. Portanto o hidrogênio pode ser considerado uma fonte de energia, porém encontra-se na sua forma natural de gás, o qual se faz necessário mecanismo de armazenamento e transporte tecnologicamente eficientes, econômicas e seguras para o seu manuseio. Outra vantagem do uso do hidrogênio como combustível de utilização mais eficiente e não poluente quando comparado como os combustíveis convencionais.

Segundo Yang (2006) <sup>(6)</sup>, a forma de transporte mais econômica do hidrogênio depende da quantidade transportada e da distância. Para pequenas distâncias e pequenas quantidades, os caminhões que transportam hidrogênio comprimido são os mais convenientes. Os principais fatores no custo do transporte de hidrogênio comprimido em caminhões são os custos de capital dos caminhões e dos trailers, O&M (incluindo mão-de-obra) e os custos de combustíveis. Os caminhões de hidrogênio comprimido possuem baixo investimento de capital para pequenas quantidades de hidrogênio, mas não apresentam economia de escala conforme a quantidade de hidrogênio aumenta. O custo do transporte aumenta linearmente com a distância.

Os cientistas que sonham com uma "economia do hidrogênio", um mundo no qual o petróleo será substituído pelo ecologicamente correto gás hidrogênio, há muito já sabem que não poderão se basear em tanques para armazenar o gás. Um automóvel alimentado por hidrogênio, por exemplo, para ser viável e prático, teria que levar um tanque de gás quase do tamanho de um caminhão. É por isso que virtualmente todas as pesquisas na área estão voltadas para o desenvolvimento de métodos sólidos de armazenamento de hidrogênio, ou seja, compostos químicos sólidos que contenham hidrogênio em sua fórmula. Para utilizar o hidrogênio, as ligações químicas seriam quebradas e o combustível liberado. Além de levar muito mais hidrogênio por unidade de peso, o sistema é muito mais seguro do que tanques pressurizados <sup>(7)</sup>.

Por isso as condições de armazenamento de hidrogênio requerem de condições específicas, sendo o caso do armazenamento do hidrogênio no estado líquido. A vantagem do hidrogênio líquido é de estar a uma temperatura muito baixa, pois se evapora a -253°C, de forma que quando está debaixo de pressão, precisa de muita energia para se liquefazer e manter frio, o que torna o processo bastante caro, e menos eficiente energeticamente <sup>(8)</sup>.

Os perigos do hidrogênio liquefeito são menores que o comprimido, pois se existir uma fuga o combustível vai ter de aquecer de forma a ir evaporando-se e vai libertando-se sobre a forma gasosa mais lentamente para a atmosfera. O uso, manipulação e conhecimentos do hidrogênio líquido estão muito avançados e mesmo com aplicações práticas,

Em vista desses problemas, o objetivo de este trabalho foi analisar a magnitude das consequências da explosão de um tanque de armazenamento de hidrogênio em diferentes locais da cidade de Santa Cruz do Sul, RS, Brasil.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho foi necessário o uso do software ALOHA<sup>®</sup>, para avaliar o risco pela explosão de um tanque de armazenamento de hidrogênio de aço de dimensões: diâmetro de 1,5m, comprimento de 3m, volume de 5,3 m<sup>3</sup> e pressão interna de 2 atm. Foram propostos dois cenários diferentes na cidade de Santa Cruz do Sul, RS, Brasil, com condições climáticas semelhantes como podem ser visualizados na tabela 1.

**Tabela 1: Cenários propostos e analisados no software ALOHA.**

<b>CENÁRIO 1 - HOSPITAL SANTA CRUZ</b>	<b>CENÁRIO 2 - CENTRAL ANALÍTICA UNISC</b>
Zona urbana	Zona urbana
Local fechado	Local aberto
Velocidade do vento: 20m/s	Velocidade do vento: 20m/s
Temperatura do ar: 20°C	Temperatura do ar: 30°C
Estabilidade do ar: D	Estabilidade do ar: D
Umidade relativa do ar: 50%	Umidade relativa do ar: 50%
Cilindro vertical de hidrogênio.	Cilindro vertical de hidrogênio.

A hipótese da causa do acidente nos dois cenários foi: a presença de uma rachadura de 2 cm de comprimento por 0,5 cm de largura no tanque contendo gás hidrogênio (falta de manutenção do tanque). A rachadura levaria ao vazamento do gás e, pela diferença de pressão, levaria à explosão.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após serem colocados todos os dados de cada cenário no software ALOHA, foram obtidos os resultados em relação fluxo do vazamento do produto assim como a magnitude das consequências da explosão. A magnitude das consequências em relação ao raio de ação da explosão é representada no software pelo uso de três cores: vermelho, laranja e amarelo que representa o grau da intensidade da consequência a saúde humana. Os riscos são todos dados em 60 segundos de exposição.

### *Cenário 1 – Hospital Santa Cruz*

Resultados do cenário 1 mostraram que o tanque de armazenagem de hidrogênio levaria cerca de 1,8 minutos para esvaziar totalmente antes da explosão. A imagem de satélite da localização do hospital, juntamente com os raios de ação de explosão pode ser vista na figura 1. A magnitude das consequências é mostrada na tabela 2, onde observa-se que as pessoas que estivessem até uns 10 m da fonte da explosão receberiam uma radiação térmica em 60 s muito alta que levaria a letalidade.

**Figura 1 – Imagem de satélite do Hospital Santa Cruz.**

Tabela 2 – Zonas de risco para o Cenário 1 – Hospital Santa Cruz.

Zona Vermelha	Zona Laranja	Zona Amarela
Raio de 10 m do ponto de explosão	Raio de 20 m do ponto de explosão	Raio de 30 m do ponto de explosão
Radiação térmica: 10 kW/m <sup>2</sup>	Radiação térmica: 5 kW/m <sup>2</sup>	Radiação térmica: 2 kW/m <sup>2</sup>
Potencialmente letal em 60s de exposição	Queimaduras de segundo grau em 60s de exposição	Dores no corpo em 60s de exposição

### Cenário 2 – Central Analítica Universidade de Santa Cruz do Sul

Resultados do cenário 2 mostraram que o tanque de armazenagem de hidrogênio levaria cerca de 1,55 minutos para esvaziar totalmente antes da explosão. A imagem de satélite da localização da Central Analítica, juntamente com os raios de explosão pode ser vista na figura 2.

A magnitude das conseqüências é mostrada na tabela 3, onde observa-se a radiação térmica na qual estariam expostas as pessoas é superior ao cenário 1 devido a ser um dia de alta temperatura (30 °C), 10 °C a mais, assim como a fonte se encontrar em um lugar aberto (com menos barreiras ao redor dela).



Figura 2 - Imagem de satélite da Central Analítica da Universidade de Santa Cruz do Sul, RS, Brasil.

Tabela 3 - Zonas de risco para o Cenário 2 – Central Analítica da Universidade de Santa Cruz do Sul.

Zona Vermelha	Zona Laranja	Zona Amarela
Raio de 11m do ponto de explosão	Raio de 21 m do ponto de explosão	Raio de 48 m do ponto de explosão
Radiação térmica: 24 kW/m <sup>2</sup>	Radiação térmica: 12 kW/m <sup>2</sup>	Radiação térmica: 4 kW/m <sup>2</sup>
Potencialmente letal em 60s de exposição	Queimaduras de segundo grau em 60s de exposição	Dores no corpo em 60s de exposição



## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Dos cenários avaliados concluiu-se que o cenário 2, na Central Analítica da UNISC foi o que apresentou maior risco no caso de uma explosão de um tanque de hidrogênio. Outro fator que somaria as consequências, seria a grande quantidade de produtos químicos armazenados, neste local, entre eles flúor e cloro e que segundo a literatura<sup>(1)</sup>, o hidrogênio forma um composto letal.

Resultado deste estudo mostra o alto risco que apresenta uma explosão de um tanque de hidrogênio e, portanto se faz necessário alertar os estabelecimentos para que todas as precauções sejam tomadas, com relação à área que contorna os locais e as pessoas presentes.

É importante que todos os locais de armazenagem de produtos químicos sejam monitorados diariamente, pois, um acidente pode ocorrer a qualquer momento no caso de uma rachadura ou algum tipo de vazamento no local.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. FONTANIVE, S; KASKANTZIZ, N.G. Estudo de Análise de Riscos de Cloro em Estações de Tratamento de Água, UFPR, Curitiba,PR, 2005.
2. <http://www.geocities.com.br>. Acessado em outubro de 2008.
3. FERREIRA, C. C. Acidentes com Motoristas no Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos. São Paulo em Perspectiva. p. 68-80. 2003.
4. São Paulo. Secretaria de Segurança Pública. *O que você deve saber sobre produtos perigosos*. Disponível em: < [www.polmil.gov.br/unidades/cprv](http://www.polmil.gov.br/unidades/cprv) >. Acesso em: maio 2009. Site da Polícia Militar Rodoviária do Estado de São Paulo.
5. ABIQUIM, Departamento Técnico. Comissão de Transportes. *Manual para atendimento de emergências com produtos perigosos*. 3. ed. São Paulo, 1999. 234p.
6. YANG; C. et al, Determining the Lowest-cost Hydrogen Delivery, *International Journal of Hydrogen Energy* 32 (2007), páginas 268-286, 7 de julho de 2006.
7. <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=020115050831>. Acessado em 22/10/08, às 17h.
8. DOS SANTOS F. M. S. M., DOS SANTOS F. A. C. M., *O Combustível “Hidrogênio”*, educação, ciência e tecnologia, pág.252