

SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS HIPOTÉTICOS DE VAZAMENTO DE GÁS AMÔNIA NO TRANSPORTE RODOVIÁRIO COM PRODUTOS PERIGOSOS UTILIZANDO O SOFTWARE ALOHA

CAROLINA PINZ MEDRONHA¹; ANA PAULA ROZADO GOMES²; MARIELA VIEIRA PEIXOTO³; GUILHERME JAHNECKE WEYMAR⁴; DANIELA BUSKE⁵

¹ Universidade Federal de Pelotas - carolinamedronha@gmail.com

² Universidade Federal de Pelotas - agro.anapaula@hotmail.com

³ Universidade Federal de Pelotas - mariela_peixoto@hotmail.com

⁴ Universidade Federal de Pelotas - guilhermejahnecke@gmail.com

⁵ Universidade Federal de Pelotas - danielabuske@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

No transporte terrestre, os produtos perigosos são considerados aqueles materiais que podem causar dano ou apresentar risco à saúde, segurança e meio ambiente. De acordo com os critérios estabelecidos na Resolução ANTT nº. 5232/16 e no Manual de Ensaio e Critérios publicado pela Organização das Nações Unidas - ONU, estes podem ser classificados em nove classes e subclasses de risco da seguinte forma: explosivos; gases; líquidos inflamáveis; sólidos inflamáveis; substâncias oxidantes; substâncias tóxicas; material radioativo; substâncias corrosivas e substâncias e artigos perigosos diversos (ANTT, 2018).

Segundo os índices de acidentes de transporte de produtos perigosos entre países de primeiro mundo e o Brasil, nosso país apresentou 215 acidentes para cada 1000 km de trecho de estrada, constamos como recordistas de acidentes em rodovias por 1000 km/trecho (CETESB, 2005).

A amônia é considerada um produto perigoso para o transporte, por ser altamente tóxica, corrosiva, inflamável e explosiva em certas condições. É um composto químico incolor, de cheiro forte e irritante. É utilizada em diversos segmentos industriais e também como gás refrigerante nos processos de resfriamento de câmaras frigoríficas e ar condicionado industrial. Conforme a classificação da ONU para os produtos perigosos, a amônia pertence à subclasse de risco 2.3, considerado um gás tóxico quando inalado. Para fins de identificação, o produto possui o número da ONU 1005 e de risco 268, cuja descrição é gás tóxico e corrosivo (ABIQUIM, 1999).

Os estudos de dispersão atmosférica consistem em avaliações dos impactos ambientais causados por fontes emissoras de gases através da modelagem matemática. Assim, pretende-se realizar um estudo de dispersão atmosférica em acidentes envolvendo gases tóxicos. Os processos de dispersão da nuvem de produtos tóxicos ocorrem por meio da difusão e da advecção (transporte pelo vento), que segundo CASAL (2008), a nuvem se move na direção do vento, enquanto, perpendicularmente a esta direção a dispersão ocorre em função da turbulência atmosférica.

Neste estudo, optou-se por utilizar uma ferramenta computacional para o estudo da dispersão atmosférica de um gás tóxico, o *software* ALOHA (*Area Location of Hazardous atmospheres*), desenvolvido pela NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*). O ALOHA é muito utilizado na literatura para estimar a distância a que uma substância pode atingir em função do cenário acidental (CARDOSO JUNIOR; SCARPEL, 2012).

O objetivo deste estudo é analisar o comportamento da dispersão atmosférica do gás amônia (NH_3) durante um vazamento hipotético no transporte rodoviário de produtos perigosos por meio de simulações com utilização de um modelo matemático Gaussiano.

2. METODOLOGIA

O método de cálculo utilizado pelo *software* ALOHA é o modelo Gaussiano. Para a análise do comportamento da dispersão atmosférica formada durante o vazamento foram consideradas as seguintes condições atmosféricas na hora do acidente: velocidade do vento, umidade e temperatura. As simulações apresentadas tratam de dois cenários hipotéticos, sendo o cenário A1 - diurno (Classe de estabilidade C) e o cenário A2 - noturno (Classe de estabilidade F), classes que representam a classificação de Pasquill (1961). Nos dois cenários considera-se que ocorra um acidente na BR-116 (principal via de acesso ao sul do Estado - Porto de Rio Grande), cuja a localização é $31^\circ 43' 51,51''$ latitude e $52^\circ 23' 21,87''$ longitude (o ponto fictício do acidente pode ser visto na Figura 1). A escolha desta rodovia se deu pelo fato de ser um importante corredor de escoamento de produção entre o Brasil e o Mercosul. Na Tabela 1 estão os principais dados de entrada no *software* ALOHA.

Tabela 1: Dados utilizados para simulação no *software* ALOHA.

Dados de Entrada	Cenários	
	A1	A2
Período	Dia	Noite
Temperatura (°C)	25	25
Velocidade (m/s)	2.5	2.5
Direção Vento	NE	NE
Altura medição (m)	10	10
Rugosidade do Solo	Urbano ou floresta	Urbano ou floresta
Cobertura nuvens	5	10
Umidade do ar (%)	75%	75%

Fonte: Autores.

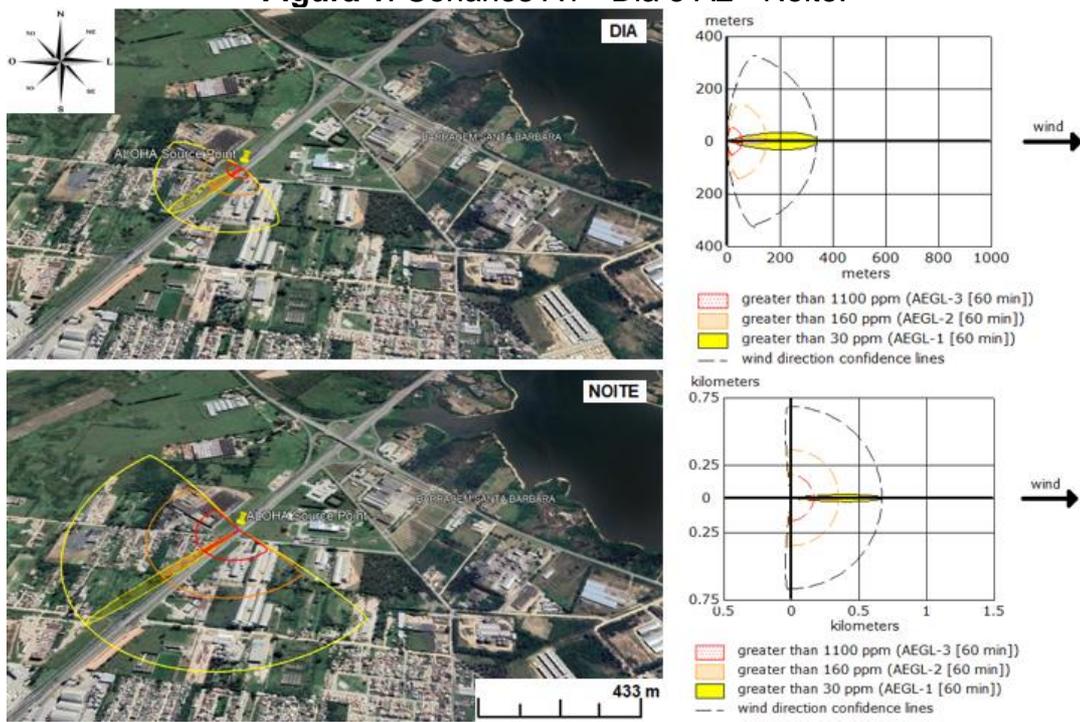
Além das condições meteorológicas no momento do vazamento, a dispersão também depende das dimensões da cisterna do caminhão e da dimensão da ruptura no momento do acidente. Foi considerado que a amônia está armazenada em um tanque de alta pressão, em torno de 6 atm. O tanque possui 4m de comprimento e 1,2m de altura, com um volume de $4,52\text{m}^3$. O vazamento do gás ocorre através de um rasgo de $0,40 \times 0,10$ cm localizado na lateral do tanque que contém um volume de $25,8\text{m}^3$ do produto.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando os dois cenários hipotéticos, verifica-se que a área representada pela linha amarela indica que o valor de referência para o gás com tempo de exposição de 60 minutos para AEG1-1 é de 30 ppm, concentração acima da qual prevê que a população em geral, incluindo indivíduos susceptíveis, pode experimentar irritação, sem que haja efeitos sérios ou irreversíveis a longo prazo. A área delimitada pela linha laranja indica que o valor de referência para o gás com

tempo de exposição de 60 minutos para AEGL-2 é de 160 ppm, sendo que acima dessa concentração se prevê que a população em geral, pode experimentar efeitos sérios a longo prazo ou irreversíveis com o impedimento da sua capacidade de fuga. Para a área representada pela linha vermelha indica que o valor de referência com tempo de exposição de 60 minutos para AEGL-3 é de 1100 ppm, sendo que acima dessa concentração se prevê que a população em geral, incluindo indivíduos susceptíveis pode experimentar efeitos ameaçadores para a vida. Na Figura 1 está representado a localização com os cenários para o dia e para a noite e os gráficos da dispersão radial.

Figura 1: Cenários A1 - Dia e A2 - Noite.



Fonte: Autores.

A partir dos resultados obtidos pelo *software* ALOHA, foi analisado que o cenário A2 - Noite, apresenta maior risco, por causa do alcance da nuvem tóxica em relação a simulação A1 - Dia. Na Tabela 2 está o alcance da nuvem tóxica de amônia para cada cenário, de acordo com as faixas de concentração é o nível AEGL.

Tabela 2: Alcance da nuvem tóxica.

Nível do AEGL	Cenário A1 - Dia	Cenário A2 - Noite
AEGL - 3	58 metros	169 metros
AEGL - 2	152 metros	360 metros
AEGL - 1	341 metros	678 metros

Fonte: Autores.

Na ausência de simulação, o isolamento e a evacuação para ocorrências envolvendo amônia deve ser realizado conforme os dados presentes na literatura, correspondendo a um raio a partir do local do vazamento. Para grandes derramamentos: Isolar em todas as direções 150 m, depois proteger as pessoas no

sentido do vento: 800 metros (dia) e 2 Km (noite) (ABQUIM, 2011; FISPQ, 2014; NIOSH, 2003).

4. CONCLUSÕES

Pode-se concluir que os resultados obtidos com o *software* ALOHA são úteis, pois, as questões ligadas a esse tipo de transporte interessam não só aos fabricantes desses produtos, como às transportadoras e a todas as organizações públicas e privadas, que de alguma forma estão ligadas à segurança do trânsito nas rodovias e da comunidade que se encontra próxima ao acidente, uma vez que permite identificar os riscos e estimar as consequências de possíveis cenários acidentais que podem ocorrer no transporte de amônia.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIQUIM, Departamento Técnico. Comissão de Transportes. Manual para atendimento de emergências com produtos perigosos. 3. ed. São Paulo, 1999. 234p.

ALOHA versão 5.4.7. U.S. Environmental Protection Agency e National Oceanic and Atmospheric Administration. Acessado em 3 ago. 2022. Disponível em: <http://www.epa.gov/osweroe1/content/cameo/aloha.htm>

ANTT. Manual de fiscalização do transporte rodoviário nacional e internacional de Produtos Perigosos – TRPP. Brasília, 2018. Acessado em 3 ago. 2022. Online. Disponível em: <https://antt-hml.antt.gov.br>

CARDOSO JUNIOR, M. M.; SCARPEL, R. A.; Estimativa do risco individual e social para o transporte de produtos perigosos pelo modal rodoviário utilizando um modelo simplificado. 2012.

CASAL, J. Evaluation of the effects and consequences of major acidentes in industrial plants. Hungary: Industrial Safety Series, v.8 Elsevier BV, 2008. 371p.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. 2005. Setor de Operações de Emergência. Relatório de atendimento a acidentes ambientais no transporte rodoviário de produtos perigosos 1983 a 2004. São Paulo.

PASQUILL, F. 1961. The Estimation of the Dispersion of Windborne Material. Meteorology Magazine no. 90: 33-49