

## Atendimento de Ocorrências Envolvendo Gás Refrigerado Amônia no Estado de Goiás: uma Padronização para a Sequência dos Atendimentos

Licurgo B. Winck, Aldo N. Cardoso & Wanderley V. Oliveira

O crescimento dos acidentes relacionados a produtos perigosos, no estado de Goiás, tem estreita relação com o aumento da produção industrial, o transporte e a utilização desses produtos. A amônia é amplamente utilizada em sistemas de refrigeração industrial local, nos quais ocorre o maior número de acidentes. Assim, o presente trabalho tem por objetivo propor um protocolo reunindo procedimentos e ações a serem aplicados no atendimento a ocorrências, envolvendo gás tóxico amônia no estado de Goiás. No levantamento dos procedimentos e ações propostos para utilização no atendimento a acidentes com amônia, foram pesquisados manuais de produtos perigosos, legislações, normas, relatórios, revistas, infometria, estatísticas e procedimentos relacionados ao manuseio e atendimento de ocorrências envolvendo amônia. Tais procedimentos norteiam as condutas dos bombeiros militares envolvidos nos cenários dessas emergências químicas, levando-se em conta e correlacionando os riscos oferecidos pela substância com o ambiente do acidente. O que possibilita aos militares respostas mais eficientes, mitigando a probabilidade de erros e proporcionando qualidade na atuação da instituição Bombeiro Militar.

**Palavras-chave:** *gás tóxico; amônia; procedimento de emergência.*

The growth of accidents related to hazardous products in the Goiás' state is closely related to the increase in industrial production, transportation and use of these products. Ammonia is widely used in local industrial refrigeration systems where the greatest number of accidents occur. Therefore, the present work aims to propose a protocol gathering procedures and actions to be applied in the attendance to occurrences involving ammonia toxic gas in Goiás' state. In the survey of procedures and actions proposed for use in the ammonia accident service it was searched manuals of dangerous products, legislation, standards, reports, magazines, infometrics, statistics and procedures related to the handling and attendance of occurrences involving ammonia. Such procedures guide the conduct of military firefighters involved in the scenarios of these chemical emergencies, taking into account and correlating the risks offered by the substance with the accident environment. This allows the military to respond more efficiently, mitigating the probability of errors and providing quality in the performance of the Military Firefighter institution.

**Keywords:** *ammonia; toxic gas; emergency procedure.*

## Introdução

Os acidentes envolvendo produtos perigosos são eventos que representam alta periculosidade, ocasionados por uma grande quantidade de substâncias químicas, cada uma com riscos específicos. A produção de conhecimento nessa área é fundamental no aumento da capacitação e qualificação dos respondedores dos cenários de emergências químicas, mitigando a preocupação que assola a segurança pública como um todo e o meio ambiente (ARAÚJO, 2005; OLIVEIRA, 2011)<sup>1,2</sup>.

O crescimento dos acidentes no estado de Goiás relacionados a produtos perigosos apresenta estreita relação com o aumento da produção industrial, da utilização e transporte desses produtos. A posição estratégica é determinante para o aumento do número de indústrias e consequentemente de acidentes, destaque feito ao Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), Gasolina, Etanol, Óleo Diesel e Amônia principais substâncias que apresentam maior número de acidentes com produtos perigosos no estado (OLIVEIRA, 2011)<sup>2</sup>.

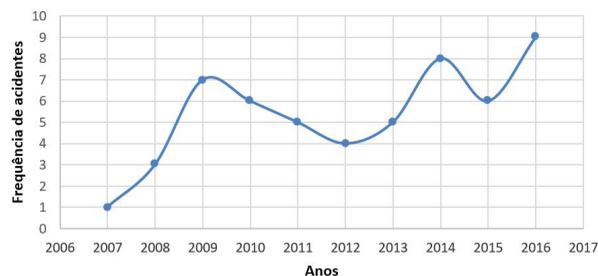
A padronização das ações a serem seguidas em ocorrências com alto nível de estresse, tem a finalidade de fornecer aos profissionais a instrumentalização necessária para a atuação com segurança, autonomia e compromisso ético. É essencial para o gerenciamento de riscos, que envolve tomada de decisões, para garantir legitimidade e segurança nas ações a serem executadas envolvendo ocorrências complexas (MAGALHÃES, 2014)<sup>3</sup>.

A amônia possui uma grande variedade de aplicações devido às propriedades, como: gás refrigerante em sistemas industriais, na produção de fertilizantes, a exemplo do sulfato de amônio, fosfato de amônio, nitrato de amônio e ureia, além de produtos químicos como ácido nítrico, plástico, aminas, amido, produtos de limpeza como detergentes, amaciantes e entre outros (ARAÚJO, 2005)<sup>1</sup>.

No Brasil, em relação a acidentes ambientais envolvendo produtos perigosos no período de 2006 a 2010, a classe de risco 2, na qual é classificada a amônia, apresentou o segundo maior número de ocorrências, representando na região Centro-Oeste do país 14,2% dos acidentes. Nesse

aspecto, destaca-se também que 11% desses acidentes ocorrem nas Indústrias (IBAMA, 2010)<sup>4</sup>. Sendo 59,26% das ocorrências registradas em Goiás relacionadas ao armazenamento como principal circunstância de acidentes com produtos perigosos (OLIVEIRA, 2011)<sup>2</sup>.

Em Goiás, dados mostram crescimento significativo no número de atendimento a ocorrências com produtos perigosos no período de 2007 a 2016, atingindo 1591 casos. Observa-se o mesmo crescimento no número de ocorrências para o composto químico amônia (Gráfico 1).



**Gráfico 1:** Evolução de ocorrências envolvendo gás amônia no estado de Goiás. Fonte: Organizada a partir de dados do SIAE/COB, 2017<sup>5</sup>.

No referido Gráfico 1, é possível observar um número total de 54 acidentes. No período mencionado, foram registradas ocorrências todos os anos, sendo o ano de 2016 o que apresentou o maior número de acidentes, 9 registros. Dessa forma, ocupa a quinta colocação em número de ocorrências, ficando atrás somente do GLP, gasolina, etanol e óleo diesel (SIAE/COB, 2017)<sup>5</sup>, o qual dentre esses, não possui procedimentos descritos dentro do manual de procedimentos para atendimentos de emergências com produtos perigosos do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás (CBMGO).

Ainda com relação ao relatório do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA(2010)<sup>4</sup>, o Corpo de Bombeiros Militar aparece como segunda instituição mais atuante, frente às instituições ligadas a acidentes com produtos perigosos, haja vista sua missão institucional. O CBMGO em seu manual de procedimentos para atendimento de emergências com

produtos perigosos é responsável por atuar na identificação, isolamento, salvamento, contenção e descontaminação listadas como fases do atendimento a ocorrências envolvendo produtos perigosos (MOB N° 04, 2016)<sup>6</sup>.

Desta forma, ao avaliar as ocorrências envolvendo o gás refrigerado amônia, sua problemática e a missão institucional do CBMGO, observa-se a necessidade de uma análise mais detalhada inerente ao seu atendimento, bem como a elaboração de material instrutivo relativo aos procedimentos de atendimento operacional a ocorrência envolvendo esse gás tóxico.

Assim a presente pesquisa teve como objetivos sugerir procedimentos a serem adotados pelo CBMGO na ocasião de um acidente envolvendo o gás refrigerado amônia, utilizando, para tanto, análise documental das ocorrências reais atendidas pela corporação, a fim de auxiliar na adoção dos melhores procedimentos, bem como propor um protocolo reunindo tais procedimentos e ações.

## Revisão Bibliográfica

### PRODUTOS PERIGOSOS

De acordo com Manual de Produtos Perigosos do estado de Goiás, produto perigoso é toda substância de natureza química, nuclear ou biológica, que é encontrada em seus estados físicos, como: sólido, líquido ou gasoso, que pode afetar direta ou indiretamente de forma nociva o patrimônio, os seres vivos ou o meio ambiente (MOB N° 04, 2016)<sup>6</sup>.

No Brasil, a regulamentação para classificação de produtos perigosos deu-se por meio do Decreto n. 96.044, de 18 de maio de 1988, como sendo toda substância capaz de causar danos a pessoas, bens e meio ambiente. A Resolução da Agência Nacional de Transporte Terrestre (ANTT) n. 420 de 12 de fevereiro de 2004, alterada pela Resolução n. 701 de 25 de agosto de 2004, por meio de suas instruções complementares, classifica os riscos físicos e químicos predominantes desses produtos (ANTT, 2004; DAVID, 2006; OLIVEIRA, 2011)<sup>7,8,2</sup>.

Vale ressaltar que, segundo Resolução n. 420/2004 da ANTT, são nove classes, divididas em subclasses de produtos, agrupadas de acordo com as características físico-químicas, sendo elas:

**Tabela 1:** Sistema de Classificação de Risco da ONU. Fonte: SIAE/COB, 2010; OLIVEIRA, 2011<sup>5,2</sup>.

Classe	Subclasse	Exemplos
1 Explosivos	<p>1.1 Substâncias e artefatos com risco de explosão em massa.</p> <p>1.2 Substâncias e artigos com risco de projeção, mas sem risco de explosão em massa.</p> <p>1.3 Substâncias e artigos com risco de fogo e com pequeno risco de explosão ou de projeção, ou ambos, mas sem risco de explosão em massa.</p> <p>1.4 Substâncias e artigos que não apresentam risco significativo.</p> <p>1.5 Substâncias muito insensíveis, com risco de explosão em massa.</p> <p>1.6 Artigos extremamente insensíveis, sem risco de explosão em massa.</p>	Foguete, Dinamite e Pólvora
2 Gases	<p>2.1 Gases inflamáveis.</p> <p>2.2 Gases não-inflamáveis, não tóxico.</p> <p>2.3 Gases tóxicos por inalação</p>	GLP, Oxigênio e Amônia
3 Líquidos inflamáveis	Líquidos inflamáveis	Óleo Diesel

**Tabela 1:** Sistema de Classificação de Risco da ONU. Fonte: SIAE/COB, 2010; OLIVEIRA, 2011<sup>5,2</sup> - continuação.

4. Sólidos inflamáveis, substâncias autorreagentes e explosivos sólidos insensibilizados	4.1 Sólidos inflamáveis, substâncias autorreagentes e explosivos sólidos insensibilizados. 4.2 Substâncias sujeitas à combustão espontânea. 4.3 Substâncias que em contato com a água emitem gases inflamáveis.	Trinitrotolueno, Sódio metálico, Alumínio pó e Carbeto de cálcio
5. Substâncias oxidantes; peróxidos orgânicos	5.1 Substâncias oxidantes. 5.2 Peróxidos orgânicos.	Nitrato de amônio e uréia
6. Substâncias tóxicas e substâncias infectantes	6.1 Substâncias tóxicas. 6.2 Substâncias infectantes.	Agrotóxicos Vírus
7. Materiais radioativos	Materiais radioativos	Césio – 137
8. Substâncias corrosivas	Substâncias corrosivas	Soda cáustica
9. Substâncias e artigos perigosos diversos	Substâncias e artigos perigosos diversos	Amianto Ascarel

Devido ao foco da pesquisa em questão, será apresentado um panorama geral das propriedades dos produtos perigosos classificados na segunda classe de risco e suas subclasses, bem como dos critérios adotados para agrupá-los.

## CLASSE DE RISCO 2 - GASES

Gás é um dos estados da matéria, em que uma substância se apresenta normalmente a 20°C e 101,3Kpa ou com pressão de vapor maior que 300Kpa a 50°C (MAEPP/AEPP, 2006)<sup>9</sup>. A força de repulsão é maior que a de coesão entre as moléculas caracterizando a baixa densidade, possuindo forma e volume variáveis, com capacidade de se moverem livremente e apresentando resfriamento durante processo de expansão livre (RUSSELL, 1994)<sup>10</sup>.

De acordo com Araújo (2005)<sup>1</sup>, gases podem ser classificados em Permanentes, os quais não podem ser liquefeitos à temperatura ambiente, possuindo baixas temperaturas de ebulição. Gases Liquefeitos, aqueles que podem se tornar líquidos sob pressão, porém caso expostos a uma temperatura acima da temperatura crítica há o risco de explosão, dando como exemplo o GLP, cloro e amônia. Gases Dissolvidos, aqueles que se encontram dissolvidos sob pressão em um solvente, como é o caso do acetileno. Gases Altamente Refrigerados, os quais se tornam líquidos ao ser diminuída sua temperatura, também conhecidos como líquidos criogênicos.

No entanto, a classificação adotada no Brasil é a embasada na Resolução 420/2004 da ANTT a classe de risco 2, oferece três divisões:

- Subclasse 2.1 - Gases inflamáveis, os quais segundo o Departamento de Transporte dos Estados Unidos (DOT) classifica gás inflamável como aquele que possui limite inferior de inflamabilidade (LII) menor ou igual a 13% e faixa de inflamabilidade maior que 12% (ARAÚJO, 2005)<sup>1</sup>.
- Subclasse 2.2 - Gases não inflamáveis e não tóxicos, aqueles que podem agir diluindo ou substituindo o oxigênio presente no ambiente, denominados asfixiantes, ou aqueles oxidantes que atuam fornecendo oxigênio para a combustão de outros materiais (MAEPP/AEPP, 2006)<sup>9</sup>.
- Subclasse 2.3 - Gases tóxicos, os quais podem apresentar risco subsidiário corrosivo, sendo incluídos nesta divisão por apresentarem um valor de Concentração Letal (CL50) para toxicidade aguda por inalação igual ou inferior a 5.000ml/m<sup>3</sup>, oferecendo assim risco a saúde (ANTT, 2004)<sup>7</sup>.

Araújo (2005)<sup>1</sup>, define gases tóxicos como aqueles que mesmo em concentrações reduzidas e na presença de oxigênio são capazes de causar sérios efeitos nocivos em contato com tecidos vivos. Os gases tóxicos, normalmente, possuem um odor forte e repugnante, porém esta não é uma regra geral para todos eles, alguns são inodoros e outros podem sensibilizar o sistema olfativo.

Assim de acordo com a classificação da Organização das Nações Unidas (ONU) para os produtos perigosos, a amônia pertence à classe de risco 2.3, significando gás tóxico por inalação. Para fins de identificação, possui número da ONU 1005, e número de risco 268, cuja descrição é gás tóxico, corrosivo (USIQUIMICA, 2014)<sup>11</sup>.

## FORMAS DE IDENTIFICAÇÃO DOS PRODUTOS PERIGOSOS

A Organização das Nações Unidas, com o objetivo de facilitar a identificação no transporte dos produtos perigosos, atribuiu a cada produto um número denominado de número ONU, composto de quatro algarismos. Nos veículos obrigatoriamente devem ser afixados um painel retangular de cor laranja, denominado de painel de segurança, contendo na parte inferior o número ONU e na parte superior o número de risco formado de dois a até três algarismos, em que o primeiro número representa o risco principal (OLIVEIRA, 2000)<sup>12</sup>.

Além do painel de segurança, outra forma de identificar o produto é pelo rótulo de risco, placa em formato de losango, afixada atrás e na lateral dos veículos. O risco é representado por símbolos e ou expressões grafadas, bem como pela cor do fundo do rótulo (OLIVEIRA, 2000)<sup>12</sup>.

## EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL

O ambiente de trabalho pode apresentar riscos, em virtude disso, são utilizados os equipamentos de proteção individual destinados à proteção da saúde e integridade física dos trabalhadores. Em emergências químicas, a utilização de Equipamento de Proteção Individual – EPI, depende do risco do produto envolvido, atividade a ser realizada, dimensão e local do vazamento (HADDAD et al, 2002)<sup>13</sup>.

Ao se tratar de substâncias químicas, são duas as classes de EPI utilizadas, com o objetivo de proteção da pele e das vias respiratórias. Em relação à proteção cutânea, deve ser selecionada a roupa confeccionada de material que ofereça maior resistência ao risco presente. No entanto, a proteção respiratória é feita por equipamentos que isolam o usuário do ar contaminado, purificam ou disponibilizam suprimento de ar respirável (ARAÚJO, 2005)<sup>1</sup>.

De acordo com a NFPA 471 (2002)<sup>14</sup>, as roupas de proteção são divididas em Encapsulada Valvular - Nível A, quando o máximo de proteção cutânea e respiratória é exigido. Encapsulada não Valvular - Nível B, quando não é necessário o máximo de proteção para a pele, mas os riscos para as vias respiratórias são elevados. Nível C indicado para situações onde o risco das vias respiratórias é menor comparado ao Nível B. Por fim o Nível D, que não fornece proteção química contra os riscos dos compostos químicos.

## GÁS AMÔNIA

A amônia é um gás incolor, corrosivo, alcalino que tem um odor muito forte, detectável por seres humanos em concentrações maiores que 5 partes por milhão (ppm), conhecida também como amônia anidra e gás amoníaco. Pode ser liquefeito sobre pressão, forma como o produto é armazenado e transportado (EPA, 2007)<sup>15</sup>.

Possui fórmula química  $\text{NH}_3(\text{g})$ , geometria molecular piramidal, como consequência da repulsão entre os pares de elétrons compartilhados e o par isolado, formando uma angulação de  $107,3^\circ$  definindo assim seu caráter básico e sua polaridade (RUSSEL, 1994)<sup>10</sup>.

A amônia possui ponto de fusão e ebulição de  $-77^\circ\text{C}$  e  $-33,35^\circ\text{C}$ , respectivamente, este último indica que nesta temperatura o gás se liquefaz à pressão atmosférica. É uma substância solúvel, na qual um volume de água dissolve 1300 volumes de amônia, resultando em uma solução alcalina, o hidróxido de amônio ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ), líquido na temperatura ambiente, possuindo propriedades químicas semelhantes da soda cáustica ( $\text{NaOH}$ ) (NOTA TÉCNICA Nº 03, 2004)<sup>16</sup>.

A temperatura de autoignição é de  $651^\circ\text{C}$ , com temperatura crítica, acima da qual o gás não se mante liquefeito sob pressão, de  $133^\circ\text{C}$  e pressão crítica de 111,3 atm, apresentando sensível aquecimento quando dissolvida em água, incompatível com oxidantes fortes, cálcio, hipoclorito de sódio, ouro, prata, halogêneos e mercúrio, neste caso formando misturas explosivas (CETESB, 2009)<sup>17</sup>.

A densidade absoluta do gás é de  $0,7067 \text{ kg/m}^3$ , a  $25^\circ\text{C}$  e 1 atm, consideravelmente mais leve quando comparado com ar, de densidade aproximada de  $1 \text{ kg/m}^3$ . Já a densidade da amônia líquida na pressão de saturação à  $-33,35^\circ\text{C}$  é de

0,6828 g/cm<sup>3</sup>, um tanto inferior à da água na temperatura de 25°C, que é de 0,9977 g/cm<sup>3</sup>. Seu peso molecular é de 17g/mol, que corresponde à massa presente em 6,02 x 10<sup>23</sup> moléculas de amônia (ALMEIDA, 2006)<sup>18</sup>.

A exposição, de modo geral, pode ocorrer a partir de acidentes durante o transporte em rodovias, na transferência entre carretas de transporte e tanques de armazenagem, por descargas acidentais como choques em tubulações, válvulas em instalações industriais e na agricultura (EPA, 2007)<sup>15</sup>.

Os efeitos ocorrem rapidamente após a exposição à amônia, mas alguns sintomas podem aparecer tardiamente. Tais danos dependem da duração da exposição e da concentração do gás ou líquido, podendo resultar desde irritação leve, lesão ocular corrosiva severa, conjuntivite, cegueira temporária ou permanente, queimaduras na boca, garganta, esôfago e estômago. O contato com o gás liquefeito pode ocasionar queimaduras graves com danos localizados nos tecidos mais profundos e ulcerações (NOTA TÉCNICA Nº 03, 2004)<sup>16</sup>.

O gás possui odor detectável a partir de 5 ppm, podendo apresentar irritação respiratória e ocular em indivíduos sem equipamentos a partir de 50 ppm e 100 ppm, respectivamente. O gás anidro de amônia tem Valor Limite Limiar (TLV) de exposição segundo a Conferência Americana de Higienistas (ACGIH) recomendado para área de trabalho de 25 ppm, Limite de Exposição Permitido (PEL) pela OSHA a partir de avaliação em 8 horas de 50 ppm, sendo que de acordo com o Instituto Nacional de Segurança e Saúde Ocupacional (NIOSH) dos EUA, a partir de 300 ppm o nível é imediatamente perigoso à vida ou à saúde (IPVS) (SFSH, 2016)<sup>19</sup>.

Embora seja considerada não inflamável pelo Departamento de Transporte dos Estados Unidos (DOT) e pela ANTT, na condição de concentração de 15% a 28% o gás pode explodir quando inflamado (NIOSH, 2003)<sup>20</sup>.

A amônia ao entrar em contato com cursos d'água pode afetar o pH. Valores acima de 0,01 mg/L podem ser tóxicos aos peixes, sendo que algumas espécies não sobrevivem a concentrações acima de 5 mg/L. Além disso, provoca consumo do oxigênio dissolvido na água ao ser

oxidada biologicamente e a eutrofização da água, com aumento da concentração de seres vivos, podendo causar prejuízos ao seu uso devido à poluição decorrente da morte e decomposição desses organismos (CETESB, 2009)<sup>17</sup>.

## Metodologia

A abordagem metodológica aplicada foi qualitativa, sendo o presente trabalho de caráter descritivo, método este, que tem o intuito de levantar informações sobre uma determinada temática, possibilitando avaliá-las e filtrá-las, de acordo com o propósito basilar da pesquisa (MARCONI; LAKATOS, 2005)<sup>21</sup>.

O levantamento dos procedimentos e as ações propostos para utilização no atendimento a acidentes com amônia, que constituem a fase da pesquisa, fundamentada por meio de pesquisa bibliográfica, que, de acordo com Marconi e Lakatos(2005)<sup>21</sup>, é realizada com o intuito de recolher informações prévias sobre o campo de interesse.

Para tanto, foram consultados manuais de produtos perigosos, legislações, normas, relatórios, revistas, infometria, estatísticas e procedimentos relacionados ao manuseio e atendimento de ocorrências envolvendo amônia. Bem como a análise de imagens reais de ocorrências atendidas pelo CBMGO, as quais ajudaram na compreensão dos perigos e riscos desses acidentes.

## Resultados e Discussões

### ANÁLISE DOS ATENDIMENTOS E DISCUSSÃO DE PROCEDIMENTOS

A partir da apresentação das principais características do gás tóxico amônia e seus principais riscos atinentes à taxa de expansão do gás, toxicidade e seu caráter higroscópico, por meio da Figura 1, é possível observar o atendimento a uma ocorrência de incêndio com vazamento de amônia, em uma fábrica de alimentos, no município de Rio Verde, no dia 21 de maio de 2009 (Figura 1).

No atendimento à ocorrência, efetuou-se evacuação de todos os funcionários que trabalhavam na fábrica. Devido

dimensão do incêndio não foi possível a entrada das equipes para a contenção do vazamento, sendo o combate às chamas realizado a distância. Utilizaram-se jatos d'água, com a finalidade de conter e reduzir nuvem tóxica, realizando posteriormente o monitoramento até a dissipação do gás.



**Figura 1:** Atendimento à ocorrência de incêndio e vazamento de gás amônia em uma empresa de alimentos, em maio de 2009, na cidade de Rio Verde - GO. Fonte: Wanderley Valério de Oliveira por meio de guarnições do CBMGO.

Na Figura 2, observa-se a atuação dos militares do CBMGO, equipados com roupa de proteção de combate a incêndio e EPRA utilizando jato d' água para conter vazamento do sistema de refrigeração em uma empresa de bebidas, localizada no setor Bueno, na cidade de Goiânia, no ano de 2009.



**Figura 2:** Atendimento à ocorrência de vazamento de gás amônia em empresa de refrigerantes em Goiânia-GO no ano de 2009. Fonte: Wanderley Valério de Oliveira por meio de guarnições do CBMGO.

A amônia é altamente higroscópica, em que 1 volume de água dissolve 1300 volumes do gás, formando hidróxido de amônia de fórmula molecular  $NH_4OH$ , substância que, sob temperatura e pressão ambiente, é um líquido corrosivo (NOTA TÉCNICA N° 03, 2004)<sup>16</sup>.

A Figura 3 está relacionada a uma ocorrência de vazamento do gás refrigerado amônia em um frigorífico situado em Senador Canedo, no ano de 2013. A imagem permite observar a utilização de ventiladores na tática de ventilação forçada, com a finalidade diminuir a concentração do produto no ambiente confinado.



**Figura 3:** Ocorrência de vazamento de amônia em frigorífico, em Senador Canedo-GO. Fonte: Wanderley Valério de Oliveira por meio de guarnições do CBMGO.

Ainda com relação a mesma ocorrência a Figura 4 além de apresentar a utilização de ventilador como ação para diminuir a concentração do gás, demonstra um dos principais pontos de vazamento em sistemas de refrigeração industrial localizado nas válvulas como afirmado por Oliveira (2011)<sup>2</sup>.



**Figura 4:** Ocorrência de vazamento de amônia em frigorífico em Senador Canedo-GO. Fonte: Wanderley Valério de Oliveira por meio de guarnições do CBMGO.

A Figura 5 apresenta uma ocorrência atendida pelo CBMGO de vazamento de amônia em uma fábrica de alimentos, localizada no município de Goianira, em novembro de 2014. A imagem permite observar o recolhimento do produto para tambores com substância capaz de dissolver o gás.



**Figura 5:** Ocorrência de vazamento de amônia em fábrica de alimentos em Goianira - GO em 2014. Fonte: Wanderley Valério de Oliveira por meio de guarnições do CBMGO.

De acordo com a OSHA e com o Departamento de Bombeiros de Minnesota dos Estados Unidos, ao ocorrer um acidente com vazamento de amônia, a primeira providência a ser adotada no local é o estabelecimento do SCI, devido à necessidade de respostas multi-jurisdicionais (MDA, 2017)<sup>22</sup>.

O Sistema de Comando de Incidentes é uma ferramenta eficiente para o gerenciamento de resposta à emergência com produtos perigosos. Ferramentas, como o Comando Unificado, devem ser utilizadas com intuito de estabelecer o plano de resposta mais apropriado, em que os respondedores irão ser mobilizados de acordo com o plano interno de gestão de incidentes (MOB N° 04, 2014)<sup>6</sup>.

Conforme Departamento de Bombeiros de Minnesota, deve ser feita uma análise criteriosa da situação, para a correta avaliação e o dimensionamento da cena. A análise de risco deve considerar as ameaças presentes e os pontos vulneráveis como escolas, hospitais, período do dia e se o acidente está relacionado ao transporte ou ao armazenamento (MDA, 2017)<sup>22</sup>.

Uma vez que ocorre liberação de amônia, a preocupação se torna a direção em que irá a nuvem tóxica. Vapores de amônia anidra são mais leves do que o ar, porém nem sempre irão subir e se dissipar, o que irá depender da umidade relativa do ar, temperatura e velocidade do vento. Concentrações perigosas podem ocorrer rapidamente em locais fechados ou mal ventilados (NIOSH, 2003)<sup>19</sup>. A nuvem branca que se desenvolve com liberações mais significativas de amônia é um indicador pobre da dispersão do gás. Concentrações perigosas podem se estender muito além da nuvem branca visível, tal como uma mistura de ar-vapor pode ser incolor e também permanecer próxima ao solo (G MASSINGHAM, D LAWRENCE, 2008)<sup>23</sup>.

Assim deve-se considerar a necessidade de evacuação de empresas e residências a favor do vento, caso haja um grande vazamento do produto. Tendo como alternativa, ainda, abrigar no local aqueles que podem estar em risco de baixas concentrações. Dessa forma, devem ser orientados a ficar dentro de suas casas, desligar todos os sistemas de ventilação como ar condicionado, vedar portas e janelas com fitas e como último recurso ligar o chuveiro e usar toalhas molhadas para diminuir a concentração do gás (TRANSCAER, 2011)<sup>24</sup>.

Uma vez avaliados os riscos para a vida humana, a decisão de tomar medidas ativas para controlar o incidente depende da disponibilidade de recurso humano qualificado e equipamentos específicos como vestuário, aparelhos de monitoramento e equipamentos de proteção (G MASSINGHAM, D LAWRENCE, 2008)<sup>23</sup>.

De acordo com NIOSH (2003)<sup>19</sup>, os primeiros respondedores devem usar um aparelho de respiração autônomo de pressão positiva com roupa de proteção Encapsulada Valvular - Nível A, ao entrar em uma área com um contaminante desconhecido ou ao entrar em uma área onde a concentração do contaminante é desconhecida, devendo ser utilizada até que os resultados do monitoramento confirmem o contaminante e a concentração desse.

A utilização de roupa de proteção Nível A deve ser feita para vazamento de produtos dispersos no ar ou quando não se sabe qual a substância envolvida. É o maior nível de proteção indicado quando se quer evitar o contato do

produto com a pele, olhos e trato respiratório, devendo ser utilizada em emergências envolvendo nuvens de contaminantes e vazamento de gases e vapores (MOB N° 04, 2016)<sup>6</sup>.

Logo, em ocorrências envolvendo vazamentos de gás amônia os equipamentos de proteção Nível A que devem ser utilizados para entrada na Zona Quente, de acordo com NIOSH (2003)<sup>20</sup>, são:

- Equipamento Autônomo de Pressão Positiva (EPRA);
- Roupas de resistência química totalmente encapsulada;
- Luvas internas, com proteção química;
- Luvas externas, com proteção química;
- Botas com resistência química;
- Rádio de comunicação;
- Macacões de algodão, roupa interior comprida e um capacete usado sob o terno TECP são itens opcionais.

Porém, a equipe de intervenção deve evitar o contato com a substância na forma líquida a qual pode deixar o vestuário frágil, expondo os bombeiros a congelamento, bem como deve ser lembrado que a vestimenta de proteção química não fornece proteção térmica, nesse caso, sendo indicada a utilização de roupa de proteção contra incêndio (MAVBECK, 2006)<sup>25</sup>.

Respiradores purificadores de ar não são recomendados para resposta de emergência. Esses dispositivos filtram somente concentrações moderadas de vapor, além de não se ajustarem a roupas de proteção com o encapsulamento total, devendo em caso de emergência, ser utilizado EPRA de pressão positiva (G MASSINGHAM, D LAWRENCE, 2008)<sup>23</sup>.

As táticas de intervenção irão variar de acordo com o local do vazamento do produto, para tanto, serão apresentados procedimentos consoante o acidente ocorra em ambientes confinados ou não.

A Amônia possui elevada temperatura de autoignição, classificada como gás não inflamável devido à sua faixa de

inflamabilidade de 16% a 25%, não atendendo os critérios adotados pelo DOT dos EUA. Porém, para NIOSH a faixa varia de 15% a 28%, ressaltando que mesmo que o LII seja relativamente alto e o intervalo de inflamabilidade estreito, vazamentos em locais fechados devem ser tratados com cautela, especialmente, tratando-se de refrigeração industrial, na qual é provável que outros contaminantes como óleo aumentem sua faixa de inflamabilidade (TRANSCAER, 2011)<sup>24</sup>.

Logo se a liberação ocorrer dentro de locais confinados, a exemplo de indústrias, deve-se evitar a concentração inflamável do gás, realizando ventilação forçada. Utilizar somente ventiladores mecânicos à prova de água e explosão, sendo que a ventilação positiva não deve ser realizada com os ejetores sob o vapor, devido ao risco de explosão (MAYBECK, 2006)<sup>25</sup>.

Após a ventilação e antes que a equipe de intervenção entre no local, dispositivos de monitorização devem ser implementados para garantir que o produto não esteja dentro dos limites de inflamabilidade. Os dispositivos de monitorização incluem tubos detectores, detectores de gases tóxicos e detectores de amônia (G MASSINGHAM, D LAWRENCE, 2008)<sup>23</sup>.

A equipe de intervenção ao adentrar na zona quente, deve desligar a fonte do vazamento, como válvulas, antes de qualquer reparação. Isso pode exigir a assistência de pessoal familiarizado com o sistema da empresa, pois abrir ou fechar a válvula errada poderá agravar a situação (G MASSINGHAM, D LAWRENCE, 2008; USQUIMICA, 2014)<sup>23,26</sup>.

Em caso de incêndio com vazamento de amônia a prioridade deve ser estacar o vazamento do gás. Pode ser perigoso extinguir o fogo sem parar a liberação do produto, uma atmosfera explosiva pode ser formada, a qual pode causar maior dano se a reignição ocorrer. Se houver segurança para atuação, os recipientes contendo amônia devem ser retirados da área do incêndio, caso contrário, deve ser realizado o resfriamento até um certo tempo depois da extinção das chamas (CFRA, 2012)<sup>26</sup>.

Em incêndios de pequenas dimensões, podem ser usados pó químico seco ou dióxido de carbono para o

combate. Para grandes incêndios, é indicado o uso de água em jatos neblinados e espuma. Na hipótese de tanques de armazenamento estarem envolvidos no fogo, o combate deve ser feito a uma distância segura, usando canhões monitores não tripulados, uma vez que o aquecimento do gás contido provocará aumento de pressão e o potencial risco de ruptura ou explosão dos recipientes - BLEVE (MAVBECK,2006; NIOSH, 2003) <sup>25,20</sup>.

As equipes de resposta devem efetuar o combate a uma distância segura dos recipientes sob as chamas, devendo se retirar da área no caso de descoloração ou aumento do som do dispositivo de segurança dos tanques (NIOSH,2003) <sup>20</sup>.

No caso de acidentes em ambientes abertos, o maior perigo é o vapor. Na Figura 6, é possível observar a nuvem de amônia pairando próximo ao chão, a qual, mesmo possuindo densidade menor que a do ar, é capaz de apresentar tal comportamento devido à interação de suas propriedades com fatores climáticos como alta umidade, neblina, chuva e baixas temperaturas (TRANSCAER, 2011)<sup>24</sup>.



**Figura 6:** Comportamento da nuvem tóxica após uma liberação de amônia. Fonte: Resposta de emergência de amônia TRANSCAER-2011<sup>24</sup>.

Em emergências de vazamento em ambientes externos, de acordo com o Departamento de Bombeiros de Minnesota, deve-se avaliar se a melhor opção é efetuar um ataque ofensivo, para controlar o vazamento e desligar a fonte de lançamento, ou apenas monitorar a área e esperar o gás dissipar. Caso seja necessária uma intervenção, a aplicação adequada de jatos de água é um método comprovado e eficaz de controle de lançamentos (MDA, 2017)<sup>22</sup>.

O quadro abaixo relaciona número de linhas e diâmetro de mangueiras, pressão e vazão para um ataque em uma nuvem de amônia, com a finalidade de aproximação tanto para contenção do vazamento como para atuação de salvamento.

**Tabela 2:** Uso de água para se aproximar e proteger de nuvem de amônia Fonte: Confeccionado a partir de informações do Departamento de Bombeiros de Mennesota - EUA.

Nº linhas	Diâmetro de Mangueira	Pressão (PSI)	Vazão (GPM)
02	1 1/2	100	95

Apesar da alta solubilidade, como já exposto, a amônia possui uma taxa de expansão de 850 vezes, sendo necessários 100 galões de água para cada galão do produto vazado, em que um ataque demorado para combate em grandes vazamentos exigirão um grande suprimento de água (MDA, 2017)<sup>22</sup>.

O uso de água, para se aproximar e se proteger de uma liberação de amônia, deve ser feito com fluxo de jato neblinado que promoverá uma cortina protetora. A equipe de intervenção deve ser composta por 5 bombeiros, um líder ao centro, responsável por direcionar e auxiliar na contenção, flanqueado por dois chefes de linha e um auxiliar em cada mangueira (MDA, 2017)<sup>22</sup>.

Deve-se regular a angulação do esguicho para obter o jato mais largo, assim como realizar rápidas e amplas rotações com o esguicho para aumentar a taxa de absorção. A equipe de intervenção deve forçar os vapores para baixo, porém evitar passar pelas poças de amoníaco. Chegando próximo à fonte, o líder da equipe de intervenção, ou o responsável da empresa deve fechar a válvula de fluxo (G MASSINGHAM, D LAWRENCE,2008; MDA, 2017) <sup>23,22</sup>.

No caso de acidente de transporte ocorrendo vazamentos, as viaturas devem se aproximar contra o vento ou lateralmente, posicionando-se a uma distância segura do ponto de liberação, isso dependerá das condições de vento e do tamanho da nuvem de vapor. A água deve ser aplicada por canhões monitores não tripulado (G MASSINGHAM, D LAWRENCE, 2008) <sup>23</sup>.

Quando não há vazamento, os tanques devem ser cuidadosamente inspecionados, procurando por sinais de danos especialmente nos pontos de solda, evitando as extremidades dos tanques e as aberturas de emergência. O produto deve ser descarregado antes do destombamento para reduzir a pressão do tanque e a possibilidade de uma falha na estrutura do mesmo. Sempre consulte os especialistas em contêineres e engenheiros antes de mover um tanque danificado (G MASSINGHAM, D LAWRENCE, 2008) <sup>23</sup>.

Não deve ser aplicada água em vazamentos de amônia quando está se apresentar na forma líquida. A água aplicada certamente estará a uma temperatura mais elevada, gerando quantidades adicionais de vapor ao entrar em contato com o produto (NIOSH, 2003)<sup>20</sup>.

Em alguns caso de vazamentos, lonas podem ser utilizadas para cobrir os cilindros e tubulações com fugas. O ponto de liberação deve ser coberto, fazendo com que a nuvem de gás volte a condensar, voltando o produto a fase líquida o qual arrefecerá o próprio recipiente. A preocupação a favor do vento será minimizada pelo fato de a liberação ser controlada e contida no local (TRANSCAER,2011) <sup>24</sup>.

O ponto de vazamento e o recipiente será resfriado pelo proprio gás com a diminuição da temperatura e consequentemente da pressão no recipiente, contendo o vazamento no local. Lonas secundárias podem ser usadas permitindo a partir de então encontrar a fonte do vazamento, controlar o fluxo ou desligar válvulas (TRANSCAER, 2011) <sup>24</sup>.



**Figura 7:** Comportamento da nuvem toxica após uma liberação de amônia. Fonte: Resposta de emergência de amônia TRANSCAER 2011.

Um ventilador de pressão positiva na direção da nuvem, longe dos respondedores, juntamente com hastes para suporte, podem ser usados para auxiliar na colocação da lona e no trabalho da equipe durante a contenção do gás. Ressalta-se que a ventilação também é importante para fornecer ar fresco para vítimas que podem estar sob o vazamento (TRANSCAER, 2011) <sup>24</sup>.

A água de descarga é cáustica e pode ser prejudicial ao abastecimento de água e à vida aquática, sendo necessário reter a água utilizada, direcionando-a para um tanque de retenção, onde deverá ser efetuada a equalização do resíduo, sendo de responsabilidade da própria empresa em que ocorreu o acidente. Diques também podem ser feitos para conter derrames, podendo ser utilizado solo fino e areia (G MASSINGHAM, D LAWRENCE,2008; MDA, 2017) <sup>23,24</sup>.

De acordo com NIOSH (2003)<sup>20</sup>, na hipótese de serem encontradas, pela equipe de reconhecimento e salvamento, pessoas com sinais de intoxicação e queimaduras pelo corpo, deve-se atentar para função respiratória e cardiovascular. Devendo remover as vítimas para uma área descontaminada e arejada, administrando oxigênio e aplicando manobras de ressuscitação cardiopulmonar em caso de para respiratória

As roupas contaminadas devem ser retiradas, evitando a remoção de parte da pele da vítima. A área afetada deve ser lavada com água em abundância. Se o gás entrar em contato com os olhos, a remoção do produto deve-se feita com grande quantidade de água por pelo menos 15 minutos. Em caso de ingestão, deve ser certificado que as vias aéreas estão desobstruídas, não deve haver administração via oral, nem indução a vômitos, deve-se encaminhar ao médico ,informando as características do produto (NIOSH,2003; USQUIMICA, 2014) <sup>20,11</sup>.

## **PADRONIZAÇÃO DE PROCEDIMENTOS E SEQUÊNCIA DE CONDUTAS**

**Identificação do Produto:** A amônia é um gás tóxico, incolor, porém em contato com umidade do ar, pode se apresentar como uma nuvem branca. É transportada e armazenada como líquido sobre pressão, corrosiva ao entrar em contato com a pele. A exposição a altas concentrações pode ser fatal.

Amônia Anidra: ONU 1005

Classe 2: Gás

Subclasse 2.3: Gás tóxico

Número de risco 268: Gás tóxico corrosivo

**Equipamentos de Proteção Individual:** Em ambientes confinados, a roupa de proteção para a entrada da equipe intervenção na zona quente/exaustão deverá ser Nível A, com ar fornecido por equipamento de proteção respiratória autônomo (EPRA), devido à concentração do gás em caso de vazamentos ser capaz de superar os limites admissíveis de exposição.

Em casos de libertações em ambientes não confinados, em ações de salvamento e contenção, desde que se tratem de ações rápidas e os respondedores não permaneçam por muito tempo na zona quente, a roupa de proteção Nível C pode ser utilizada com luvas e botas de proteção química combinadas com EPRA.

**Isolamento e Evacuação de Segurança:** A nuvem branca que se desenvolve com vazamentos mais significativas de amônia, devido à interação com a umidade do ar, é um indicador pobre da dispersão do gás. Concentrações perigosas de amônia podem se estender muito além da nuvem branca visível, tal como uma mistura de ar-vapor que pode ser incolor e permanecer próximo do solo.

O isolamento e a evacuação para ocorrências envolvendo amônia devem ser realizadas conforme as medidas fixadas na Tabela 3, correspondendo a um raio a partir do local do vazamento, levando em consideração os aspectos meteorológicos, velocidade e direção do vento, bem como a dimensão do vazamento.(Tabela 3)

**Monitoramento da Concentração de Gás:** Antes da entrada da equipe na zona quente e após as ações de contenção, a exemplo de fechamento de válvulas, é necessário o monitoramento da concentração do gás tóxico no ambiente.

A liberação da área para os reparos definitivos, nos recipientes ou equipamentos danificados, somente deverá ocorrer após a aferição de uma concentração menor que 5 partes por milhão (ppm).

**Medidas de Combate a Incêndio:** Em caso de fogo em instalações, a prioridade é parar o vazamento, fechando a válvula que controla o fluxo do gás. Utilize água em jatos neblinados, pó químico e CO<sub>2</sub> para a extinção das chamas adjacentes aos cilindros e válvulas.

Em casos de grandes incêndios, resfrie os recipientes a uma distância segura, tomando cuidado de não extinguir as chamas. Se não houver riscos, retire a fonte de ignição e cilindros da área. Caso não seja possível, os recipientes devem ser resfriados até o fim do incêndio, sendo indicado o uso de água em jatos neblinados e espuma.

Na hipótese de tanques de armazenamento estarem envolvidos, o combate deve ser feito a uma distância segura ou usando canhões monitores não tripulados, uma vez que o aquecimento do gás contido provocará aumento de pressão e o potencial risco de ruptura ou explosão dos recipientes – BLEVE.

**Utilização de Água para Combater a Nuvem de Amônia:** O uso de água para se aproximar e se proteger de uma liberação de amônia deve ser feito com fluxo de jato neblinado que promoverá uma cortinaprotetora. A equipe de intervenção, nesse caso, deve ser composta por 5 bombeiros, um líder ao centro o qual será responsável por direcionar e auxiliar na contenção, flanqueado por dois chefes de linha e um auxiliar em cada mangueira.



**Figura 11:** Utilização de lonas para reduzir uma liberação de amônia. Fonte: Do autor.

**Tabela 3:** Isolamento de segurança para casos de acidentes com amônia. Fonte: Tabela confeccionada a partir de informações (ABQUIM, FISPQ, NIOSH).

ONU	Nome do Produto	PEQUENOS DERRAMAMENTOS (até 200 l)			GRANDES DERRAMAMENTOS (mais que 200 l)		
		Isolamento Inicial (em todas as direções)	Evacuação de pessoas		Isolamento Inicial (em todas as direções)	Evacuação de pessoas	
			Dia	Noite		Dia	Noite
1005	AMÔNIA	30 m	100 m	100 m	60 m	600 m	2,2 Km

Os bombeiros devem se posicionar um em cada canto frontal da lona, usando hastes para estender a lona para a frente e sobre a liberação sem entrar na nuvem densa de amônia, e um terceiro bombeiro, na parte traseira da lona para guiar o movimento e, em seguida, fixar a lona em ponto seguro. Lonas secundárias podem ser usadas para reforçar a contenção. Podendo, assim, a partir de então, encontrar a fonte do vazamento, controlar e conter vazamento do gás.

A nuvem de gás voltará a condensar-se, voltando o produto à fase líquida, o qual arrefecerá, então, o recipiente, reduzindo a temperatura e a pressão da fonte de vazamento. A preocupação a favor do vento será minimizada pelo fato do vazamento ser controlado e contido na área de liberação. Se não houver perigo à vida e ao ambiente na direção do vento, é permitido que a amônia dissipe-se para a atmosfera. Os respondedores devem ser treinados neste procedimento antes de executá-lo.

**Descontaminação:** Descontaminação dos respondedores: Use uma solução de água e sabão e uma escova de cerdas macias lavando sempre de cima pra baixo. Em seguida, enxague até que o contaminante seja completamente removido. Posteriormente, remova a roupa e o EPRA.

**Descontaminação da vítima:** Remova toda a roupa, lave com água e sabão e enxague cuidadosamente, cubra a vítima para prevenir o choque. Coloque os materiais contaminados em sacos de polietileno.

**Recolhimento do Produto:** É de responsabilidade da própria empresa em que ocorrer o acidente. A retenção do produto vazado é uma medida que visa à redução dos impactos ambientais, sendo necessário reter a água utilizada, direcionando-a para um tanque de retenção, onde deverá ser efetuada a equalização do resíduo. Diques também podem ser feitos para conter derrames, podendo ser utilizados solo fino e areia.

**Liberação do Local:** Deve-se consultar o órgão ambiental, bem como peritos no composto químico amônia, antes que as guarnições do corpo de bombeiros deixem o local. Uma avaliação mais detalhada deve ser feita da situação, caso não haja necessidade de mais desdobramentos, deve-se encerrar a ocorrência.

**Primeiros Socorros para Acidentes com Amônia:**

- Inalação: Remova a vítima para área não contaminada e arejada e administre oxigênio se disponível, sob máscara facial ou cateter nasal. Aplique manobras

de RCP em caso de parada respiratória e transporte imediatamente para o hospital.

- Contato com a pele: Rapidamente retirar as roupas contaminadas, evitando remoções de partes da pele. Lavar a parte afetada com água em abundância, em seguida, lavá-la com água e sabão.
- Contato com os olhos: Lave-os, imediatamente, com grande quantidade de água por, pelo menos, 15 minutos para permitir a máxima remoção do produto. Procure assistência médica imediata.
- Ingestão: Certifique-se de que as vias aéreas estão desobstruídas, nunca dê nada via oral, não provoque vômitos, caso necessário, administre oxigênio e encaminhe ao médico, informando as características do produto.

## Considerações Finais

A elaboração deste trabalho objetivou levantar as principais informações atinentes aos riscos relacionados com os possíveis cenários de acidentes envolvendo Gás Amônia, bem como uma sequência de ações indicadas para o atendimento a emergências de vazamento em locais confinados, não confinados e envolvendo incêndio.

O protocolo proporciona uma visão clara e objetiva dos procedimentos a serem adotados, conduzindo as condutas, garantindo respostas mais ágeis e eficazes, diminuindo erros nas decisões, as quais podem levar a estimativas equivocadas de riscos e recursos, tanto humanos como materiais, os quais podem levar a consequências mais graves.

Este protocolo engloba ações que devem ser seguidas pelo Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás, como uma ferramenta essencial na atividade de gerenciamento de riscos. Cabe ressaltar que o Sistema de Comando de Incidentes é de fundamental importância quando se trata de emergências que envolvem um conjunto de esforços interinstitucionais.

O protocolo foi elaborado, embasado e fundamentado a partir dos resultados discutidos do presente artigo,

obtidos por meio de levantamento de literatura específica, relacionada a atendimento de emergências envolvendo gás tóxico amônia. Contém sequência de itens distinta do documento que serviu de base, considerando-se como um documento separado do texto principal.

## Referências Bibliográficas

1. ARAÚJO, G. M. Segurança na Armazenagem, Manuseio e Transporte de Produtos Perigosos: Gerenciamento de Emergência Química. 2ª Ed. Rio de Janeiro, **2005**.
2. OLIVEIRA, W. V. Acidentes com produtos perigosos no estado de Goiás: evolução e causas. 2011. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduados em Ecologia e Produção Sustentável, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, **2011**.
3. MAGALHÃES, M. F. A importância de uma aplicabilidade mais efetiva do procedimento operacional padrão (POP) no Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás. Artigo Monográfico - Conclusão do Curso de Formação de Oficiais. Goiás, **2014**.
4. IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis. Relatório de acidentes ambientais, **2010**.
5. SIAE/COB. Sistema Integrado de Atendimento a Emergência/Centro Estadual de Atendimento Operacional de Bombeiros. Banco de dados de acidente/incidente de produtos perigosos atendidos pelo Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás no período de 2007 a 2016. Goiás, **2017**.
6. MOB Nº. 04. Manual Operacional de Bombeiros/Procedimentos para atendimentos de emergências com produtos perigosos. Goiás, **2016**.
7. ANTT. Agência Nacional de Transporte Terrestre. Resolução nº 420, de 12 de fevereiro de **2004**. Aprova as Instruções Complementares ao Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos. Diário Oficial da União, 2004a.
8. DAVID, R. S. O perfil do transporte rodoviário de produtos perigosos no Distrito Federal: Uma proposta metodológica. 2006. Dissertação (Mestrado) – Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, **2006**.
9. MAEPP. Manual de atendimento às emergências com produtos perigosos. Coletânea de manuais técnicos de bombeiros. 1. Ed. V. 1. São Paulo, **2006**.
10. RUSSEL, J.B. Química Geral. 2ª edição. São Paulo: Makron Books, **1994**.
11. USIQUÍMICA DO BRASIL LTDA – USIQUÍMICA. Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos: Amônia Anidra, **2014**.
12. OLIVEIRA, Marcos de. Emergências com Produtos Perigosos. Florianópolis, primeira edição, **2000**.
13. HADDAD, Edson et al. Prevenção, preparação e resposta a desastres

- com produtos químicos. Apostila da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). São Paulo, **2002**.
14. NFPA 741. National Fire Protection Association. Recommended Practice for Responding to Hazardous Materials Incidents, **2002**.
  15. EPA. United States Environmental Protection Agency. Acute Exposure Guideline Levels for Selected Airborne Chemicals, v.06, **2007**.
  16. MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO – Secretaria de Inspeção do Trabalho (SIT) – Departamento de Segurança e Saúde no Trabalho (DSST). Nota técnica nº 03/DSST/SIT: Refrigeração industrial por amônia: Riscos, Segurança e Auditoria Fiscal. Brasília, **2004**.
  17. CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Relatório de emergências químicas, **2009**.
  18. ALMEIDA, E.V. Química Inorgânica Industrial - Amônia: método Haber-Bosch. Universidade de São Paulo - Instituto de Química de São Carlos, **2006**.
  19. SFSH. Hazardous Substance Fact Sheet, Ammonia. NEW JERSEY, **2016**.
  20. NIOSH. National Institute for Occupational Safety and Health, emergency response card the ammonia, **2003**.
  21. LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. Fundamentos de Metodologia Científica. 6ª edição. São Paulo: Editora Atlas S.A, **2005**.
  22. MDA. Minnesota Department of Agriculture, Fire Department Response to Ammonia Releases, **2017**.
  23. MASSINGHAM, Gordon; LAWRENCE, Detrick. Dave Binder, Tanner Industries Mike Callan, Callan and Company Maurice Greiner, Greiner Consulting, LLC. Jerry Grey, HazTech Systems, Inc. Mike Hildebrand, Hildebrand & Noll Associates. **2008**.
  24. TRANSCAER. Anhydrous Ammonia Training Anhydrous Ammonia Properties, **2011**.
  25. MAYBECK, H. F. Firefighting and Anhydrous Ammonia, **1997**.
  26. CFRA, Chief Fire e Rescue Adviser. Fire and Rescue Service Operational Guidance – Incidents involving hazardous materials. 1ª Ed. England, **2012**.

---

## Licurgo B. Winck\*, Aldo N. Cardoso & Wanderley V. Oliveira

Faculdade Senai Roberto Mange – Rua Professor Roberto Mange,  
nº 239, Bairro Jundiáí – Anápolis/GO

\*E-mail: licurgo2006@gmail.com