

Aspectos Toxicológicos da Exposição ao Hidróxido de Amônio

Tatiana Oliveira Moneró

Química Ambiental, formada pela Universidade Estadual Paulista (UNESP), Mestranda em Saúde, Ambiente e Sustentabilidade pela Universidade de São Paulo (USP/FSP). Cursos de Controle Ambiental no setor de Petróleo e Gás pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio); curso de Interpretação e aplicação da norma ABNT NBR 14.725:2012, Classificação GHS, Rotulagem e FISPQ pela Intertox. Conhecimentos em classificação de produtos perigosos; riscos químico, toxicológico e ambiental e assuntos regulatórios. Analista de Assuntos Regulatórios da Intertox Ltda.

Email: t.monero@intertox.com.br.

Carlos E. Matos dos Santos

Farmacêutico e toxicólogo. Mestrando em Saúde Pública Universidade de São Paulo (FSP/USP). Membro da Sociedade Brasileira de Toxicologia. Autor do livro Toxicologia In Silico: fundamentos e aplicações, e, de artigos técnicos/capítulos do âmbito da Toxicologia. Ministra palestras e treinamentos sobre Segurança Química, Toxicologia Ambiental, Toxicologia de Cosméticos e Toxicologia In Silico. Gerente de Projetos nas áreas de Assuntos Regulatórios, Toxicologia Ambiental e In Silico na Intertox Ltda.

Email: c.eduardo@intertox.com.br.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo uma revisão quanto ao potencial de toxicidade do hidróxido de amônio, considerando suas características físico-químicas e seu comportamento nos cenários de exposição, como base para a definição das medidas preventivas a serem tomadas no manuseio da substância. Foi realizada busca de dados toxicológicos na literatura e em bancos de dados internacionalmente conhecidos. Evidências indicam que a amônia não ionizada é a forma mais tóxica da substância, a qual pode ser liberada a partir das soluções e quando o hidróxido de amônio encontra-se em contato com a atmosfera. A taxa de formação e liberação da forma mais tóxica depende da sua concentração em solução, do pH do meio aquoso e de variáveis ambientais. Considerando que os efeitos são concentração/tempo-dependentes, são definidos limites para exposição em diferentes faixas de tempo. Conclui-se sobre a importância do conhecimento do comportamento físico-químico e das características toxicológicas do agente, para que com as devidas precauções nos processos e proteção individual sejam mitigados os riscos de exposições efetivas, sobretudo, em processos em que haja maior liberação de aerossóis ou vapores.

Palavras-chave: hidróxido de amônio; amônia; toxicidade; proteção individual

ABSTRACT

This study aimed to review the potential toxicity of ammonia, considering its physico-chemical characteristics and their behavior in the exposure scenarios as a basis for defining the preventive measures to be taken in handling the substance. Researches of toxicological data in the literature and data banks internationally known were performed. Evidence indicates that the un-ionized ammonia is the most toxic form of the substance, which can be released from the solutions and when the ammonium hydroxide is in contact with the atmosphere. The rate of formation and release of the most

toxic form depends on its concentration in solution, of the pH of the aqueous medium and of the environmental variables. Whereas the effects depend of concentration and the time, are defined exposure limits in different time slots. Was concluded about the importance of knowledge of the physico-chemical behavior and toxicological characteristics of the agent for, with proper processes precautions and personal protective, mitigate the risks of effectives exposures, especially in cases where there is greater release of aerosols or vapors.

Keywords: ammonium hydroxide; ammonia; toxicity; individual protection

INTRODUÇÃO

Conhecido como amônia aquosa, amônia líquida ou monohidrato de amônia, o hidróxido de amônio é uma base fraca, com fórmula molecular NH_4OH . É uma solução de amônia em água com odor pungente (HSDB, 2011). O hidróxido de amônio é amplamente utilizado pela indústria química para a produção de diversos produtos, como da linha têxtil, farmacêuticos, cosméticos, polímeros, aditivos alimentares, entre outros (HSDB, 2011).

Durante o processo de síntese, formulação, processamento, transporte e uso do hidróxido de amônio, pode ocorrer exposição pela via inalatória, devido a formação de vapores de amônia e/ou potencial formação de aerossóis (ATSDR, 2004).

Este trabalho teve como objetivo uma revisão quanto ao potencial de toxicidade do hidróxido de amônio, com base no entendimento de suas características físico-químicas e comportamento, para a definição de medidas de controle.

Dissociação

O hidróxido de amônio sofre dissociação em ambientes aquosos, inclusive em fluidos biológicos, assim como outros compostos de amônia (fosfatos, tiosulfatos, sulfatos, entre outros). No processo de dissociação são formados os íons hidróxido (OH^-) e amônio (NH_4^+), havendo um equilíbrio entre o cátion amônio (NH_4^+) e a forma não ionizada amônia (NH_3). Sabe-se que a relação de equilíbrio $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ em soluções aquosas de amônia varia de acordo com o pH, a temperatura e a força iônica da solução (EMERSON, 1975; FRANCIS-FLOYD, 2009; USEPA, 1979).

A relação de equilíbrio em meio aquoso segue a típica reação ácido/base:



Em condições ambientais (pH de 5 a 8), a forma predominante é a ionizada, com o íon amônio (NH_4^+) em maior concentração. Com o aumento do pH, ocorre desvio no equilíbrio para a direita (eq. 2), e a proporção de amônia (NH_3) tende a aumentar (OECD, 2007).

Devido à necessidade de se calcular as concentrações das formas ionizada e não ionizada em meio aquoso para fins de avaliação de toxicidade, uma vez que a amônia não ionizada é mais tóxica do que a amônia aquosa, foram realizados estudos descrevendo a relação de equilíbrio entre as formas de amônia em função do pH e da temperatura (Tabela 2).

Tabela 2. Fração de amônia não ionizada em função do pH e temperatura da solução aquosa

°C	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
pH														
7	0,0013	0,0016	0,0018	0,0022	0,0025	0,0029	0,0034	0,0039	0,0046	0,0052	0,0060	0,0069	0,0080	0,0093
7,2	0,0021	0,0025	0,0029	0,0034	0,0040	0,0046	0,0054	0,0062	0,0072	0,0083	0,0096	0,0110	0,0126	0,0150
7,4	0,0034	0,0040	0,0046	0,0054	0,0063	0,0073	0,0085	0,0098	0,0114	0,0131	0,0150	0,0173	0,0198	0,0236
7,6	0,0053	0,0063	0,0073	0,0086	0,0100	0,0116	0,0134	0,0155	0,0179	0,0206	0,0236	0,0271	0,0310	0,0369
7,8	0,0084	0,0099	0,0116	0,0135	0,0157	0,0182	0,0211	0,0244	0,0281	0,0322	0,0370	0,0423	0,0482	0,0572
8	0,0183	0,0156	0,0182	0,0212	0,0247	0,0286	0,0330	0,0381	0,0438	0,0502	0,0574	0,0654	0,0743	0,0877
8,2	0,0210	0,0245	0,0286	0,0332	0,0385	0,0445	0,0514	0,0590	0,0676	0,0772	0,0880	0,0998	0,1129	0,1322
8,4	0,0328	0,0383	0,0445	0,0517	0,0597	0,0688	0,0790	0,0904	0,1031	0,1171	0,1326	0,1495	0,1678	0,1948
8,6	0,0510	0,0593	0,0688	0,0795	0,0914	0,1048	0,1197	0,1361	0,1541	0,1737	0,1950	0,2178	0,2422	0,2768
8,8	0,0785	0,0909	0,1048	0,1204	0,1376	0,1566	0,1773	0,1998	0,2241	0,2500	0,2774	0,3062	0,3362	0,3776
9	0,1190	0,1368	0,1565	0,1782	0,2018	0,2273	0,2546	0,2836	0,3140	0,3456	0,3783	0,4116	0,4116	0,4902
9,2	0,1763	0,2008	0,2273	0,2558	0,2861	0,3180	0,3512	0,3855	0,4204	0,4557	0,4909	0,5258	0,5258	0,6038
9,4	0,2533	0,2847	0,3180	0,3526	0,3884	0,4249	0,4618	0,4985	0,5348	0,5702	0,6045	0,6373	0,6373	0,7072
9,6	0,3495	0,3869	0,4249	0,4633	0,5016	0,5394	0,5762	0,6117	0,6456	0,6777	0,7078	0,7358	0,7358	0,7929
9,8	0,4600	0,5000	0,5394	0,5778	0,6147	0,6499	0,6831	0,7140	0,7428	0,7692	0,7933	0,8153	0,8153	0,8585
10	0,5795	0,6131	0,6498	0,6844	0,7166	0,7463	0,7735	0,7983	0,8207	0,8408	0,8588	0,8749	0,8892	0,9058
10,2	0,6815	0,7152	0,7463	0,7746	0,8003	0,8334	0,8441	0,8625	0,8788	0,0933	0,9060	0,9173	0,9271	0,9389

(Fontes: Adaptado de EMERSON, 1975; FRANCIS-FLOYD, 2009; USEPA,1979)

As características físico-químicas do hidróxido de amônio variam de acordo com o pH da solução, mas a amônia (NH₃) se volatiliza livremente em soluções com pH alto (ATSDR, 2004; EMERSON, 1975; FRANCIS-FLOYD, 2009; USEPA,1979). Soluções contendo de 10 a 35% de hidróxido de amônio podem liberar vapores de amônia a 20°C (NIOSH, 1995).

Corrosividade e reatividade

Devido ao elevado valor de pH (aproximadamente 13), o hidróxido de amônio é corrosivo e pode dissolver zinco e cobre. Em contato com bases fortes como hidróxidos de sódio e de potássio, pode provocar liberação de gás amônia. Formam-se fumos quando o hidróxido de amônio junta-se a ácidos

voláteis. Podem ocorrer reações exotérmicas entre hidróxido de amônio e ácidos fortes como ácido sulfúrico, ácido nítrico e ácido clorídrico (HSDB, 2011; NJDHSS, 2010).

USOS E FONTES DE EXPOSIÇÃO

A amônia é encontrada na natureza como parte do ciclo biogeoquímico do nitrogênio (ATSDR, 2004). Os organismos decompositores atuam sobre a matéria orgânica nitrogenada (proteína do húmus, por exemplo), liberando diversos resíduos para o meio ambiente, entre eles a amônia que, combinando-se com a água do solo, forma hidróxido de amônio (LESSA, 2007). Os compostos de amônio também são utilizados na agricultura como fertilizantes, podendo ocorrer a intoxicação dos trabalhadores expostos.

Durante o processo de síntese, formulação, processamento, transporte e uso do hidróxido de amônio, pode ocorrer exposição pela via inalatória, devido a formação de vapores de amônia e potencial formação de aerossóis (ATSDR, 2004).

AVALIAÇÃO DO RISCO TOXICOLÓGICO

Toxicocinética

Absorção, distribuição, biotransformação e eliminação

Cerca de 80% da amônia inalada se dissolve na mucosa de revestimento do trato respiratório superior e não chega aos alvéolos. A amônia é facilmente absorvida através das membranas mucosas e pelo trato gastrointestinal, mas não pela pele (ATSDR, 2004; IPCS, 1990).

Em meio biológico, os sais de amônio sofrem dissociação formando os ânions e cátions correspondentes. Tais ânions (sulfatos, tiosulfatos, fosfatos e, no caso do hidróxido de amônio, os ânions hidróxido) entram no *pool* eletrolítico normal do corpo e não se espera que tenham importância

toxicológica em baixas doses. A relação amônio (NH_4^+)/ amônia (NH_3) no pH sanguíneo é de 100 (OECD, 2007).

A amônia é rapidamente distribuída no corpo e pode reagir com íons de hidrogênio para formar o íon amônio, menos móvel que a amônia (IPCS, 1990).

Após absorção pelo intestino, os íons de amônio sofrem biotransformação e são convertidos em uréia no fígado, sendo excretados em aproximadamente 6 horas. O amônio pode também ser conjugado ao ácido glutâmico nos tecidos e, posteriormente, sofrer processos de transaminação (IPCS, 1990; OECD, 2007).

Os íons de amônio que foram convertidos em uréia no fígado são excretados pela urina (OECD, 2007). A eliminação também pode ocorrer em menor grau pela pele e em grau quase insignificante pelas fezes e pelo ar exalado (IPCS, 1990).

Toxicodinâmica

Os principais efeitos da amônia são percebidos nos locais de contato direto com a substância. Em contato com atmosferas densas de amônia, ocorrem efeitos deletérios, e espera-se que ocorram queimaduras severas na pele, olhos e trato respiratório. Tais queimaduras podem provocar cegueira permanente, doença pulmonar e morte (ATSDR, 2004).

Toxicidade aguda

Geralmente as manifestações clínicas da exposição aguda à amônia (NH_3) são imediatas e os efeitos observados são provocados pelas propriedades irritantes e corrosivas da substância (HPA, 2011). O efeito letal pode ocorrer devido ao edema pulmonar (NCR, 2011).

Considera-se que a toxicidade da forma não ionizada da amônia (NH_3) seja várias ordens de magnitude maior do que a do íon amônio, embora este último seja geralmente mais abundante. Altos níveis de amônia no sangue (hiperamonemia) causam efeitos neurológicos sérios (OECD, 2007).

Exposição pela via inalatória

Exposições a baixas concentrações de vapores de amônia podem causar irritação, tosse e sensação dolorosa na garganta. Em concentrações de 50 mg/m³ de amônia é observada leve irritação no trato respiratório (HPA, 2011; OECD, 2007). Um resumo dos efeitos provocados pela exposição inalatória aguda a diferentes concentrações de amônia é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Efeitos tóxicos em humanos decorrentes da exposição inalatória aguda à amônia pura (vapor de amônia)

mg/m³	ppm	Efeitos
35	50	Irritação dos olhos, nariz e garganta (2 horas de exposição).
70	100	Irritação rápida dos olhos e do trato respiratório.
488	700	Irritação imediata dos olhos e garganta.
>1045	>1500	Edema pulmonar, laringoespasmos e tosse.
1740- 3134	2500 - 4500	Fatal (30 minutos).
3480	6965 - 10000	Fatal devido à obstrução das vias aéreas.

(Fonte: Adaptado de ATSDR, 2004; HPA, 2011)

Exposição ocupacional a baixos níveis de amônia no ar (<25 ppm) provocam efeitos discretos sobre a função pulmonar e a percepção de odor (ATSDR, 2004).

MONERÓ, Tatiana Oliveira; DOS SANTOS, Carlos E. Matos. Aspectos Toxicológicos da Exposição ao Hidróxido de Amônio. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 7, n. 1, p. 62-84, fev. 2014.

Em estudos com exposições repetidas à amônia e ao hidróxido de amônio realizados com ratos, coelhos, porcos e cachorros, em concentrações iguais ou maiores que 105 mg/m³, os principais efeitos observados foram irritação e inflamação do trato respiratório (OECD, 2007).

Concentrações de amônia entre 348 e 6953 mg/m³ podem causar a morte de humanos (OECD, 2007). Exposições a altas concentrações de vapor de amônia podem gerar o risco de edema pulmonar tardio (IPCS, 1990).

Foram encontrados dados para o potencial de toxicidade inalatória aguda, como no caso da LC_{Lo} (*Lowest Letal Concentration* ou Menor Concentração Letal) e CL₅₀ (Concentração Letal para 50% da população exposta). A Tabela 5 apresenta dados de toxicidade aguda de vapores de amônia.

Tabela 5. Dados de toxicidade inalatória aguda da amônia*

Espécie	CL _{mínima} (ppm)	CL ₅₀ (ppm)	Tempo	Referência
Humanos*	5000	-	5 minutos	Tab Biol Per (1933)
Ratos	-	40300	10 minutos	Alarie (1981)
Ratos	-	28595	20 minutos	Alarie (1981)
Ratos	-	20300	40 minutos	Alarie (1981)
Ratos	-	11590	1 hora	Alarie (1981)
Ratos	-	7338	1 hora	Back et al. (1972)
Camundongos	-	4837	1 hora	Back et al. (1972)
Coelhos	-	9859	1 hora	Boyd et al. (1944)
Gatos	-	9859	1 hora	Boyd et al. (1944)
Ratos	-	2000	4 horas	Deichmann e Gerarde (1969)
Camundongos	-	4230	1 hora	Kapeghian et al. (1982)

(Fonte: NIOSH 2011)

Exposição pela via oral

As informações disponíveis sobre a toxicidade pela via oral em humanos são provenientes de relatos de caso de pessoas que ingeriram hidróxido de amônio em ambiente doméstico.

MONERÓ, Tatiana Oliveira; DOS SANTOS, Carlos E. Matos. Aspectos Toxicológicos da Exposição ao Hidróxido de Amônio. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 7, n. 1, p. 62-84, fev. 2014.

Os dados obtidos com animais geralmente tratam de exposições aos sais de amônio e hidróxido de amônio, sendo as doses frequentemente expressas em mg de NH_4^+ /kg/dia (ATSDR, 2004).

Entre os compostos de amônia, a amônia aquosa possui o maior grau de toxicidade pela via oral (DL_{50} de 350 mg/kg em ratos), com sinais clínicos de sedação, escalonamento, postura anormal, convulsões, ataxia, prostração, opacidade ocular unilateral, salivação, respiração irregular e dificultada e diarreia (OECD, 2007). A Tabela 6 apresenta dados quantitativos de toxicidade do hidróxido de amônio em exposições pela via oral.

Tabela 6. Dados de relação dose-efeito/resposta referentes à exposição oral aguda ao hidróxido de amônio

Dose	Caracterização da dose	Via de exposição/administração	Efeito/resposta	Espécie	Referência
0,35 g/kg	DL_{50}	oral	Morte dos animais	Ratos Wistar	Smyth, H.F.[et al] (1941)
750 mg/kg	TDL_0	oral	-	Gatos	IUCLID - Comissão Européia (2000)
43 mg/kg	TDL_0	oral	-	Humano	IUCLID - Comissão Européia (2000)
Dose não indicada (solução 1 – 3 %)	-	intragástrica	Lesões hemorrágicas severas	Ratos	ATSDR (2004)

(Fontes: ATSDR, 2004; IUCLID, 2000, OECD, 2007)

Segundo relato de caso, um homem de 57 anos foi encontrado morto com um copo contendo hidróxido de amônio diluído (2,4% do íon amônio). Na autópsia foram observadas manifestações hemorrágicas no esôfago, estômago e duodeno. Outros relatos descrevem a ocorrência de ulcerações no trato gastrointestinal, além de um caso com desfecho no sistema respiratório (obstrução respiratória aguda). Tais efeitos foram provavelmente causados pela natureza alcalina do hidróxido de amônio (ATSDR, 2004).

Insuficiência renal também foi identificada como causa de morte de humanos após ingestão de hidróxido de amônio (ATSDR, 2004).

MONERÓ, Tatiana Oliveira; DOS SANTOS, Carlos E. Matos. Aspectos Toxicológicos da Exposição ao Hidróxido de Amônio. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 7, n. 1, p. 62-84, fev. 2014.

Exposição pela via dérmica

A pele é extremamente sensível à amônia gasosa ou dissolvida em água e em contato com a pele, o hidróxido de amônio provoca saponificação de lipídios da membrana celular, resultando em disfunção e morte celular (ATSDR, 2004).

Com base em estudos realizados com animais e humanos, a amônia aquosa é corrosiva para olhos e pele, devido ao seu pH elevado. Em estudos com coelhos expostos pela via dérmica a 0,5 mL de solução de amônia aquosa em concentrações de 20%, verificou-se efeito corrosivo (IUCLID, 2000).

A exposição dérmica à amônia aquosa, soluções concentradas ou gás de amônia, provoca queimaduras, bolhas e lesões com grau de severidade variável (ATSDR, 2004).

Em estudos realizados com coelhos expostos pela via ocular à solução de hidróxido de amônia (28,5 %) por curtos períodos (2 segundos), observou-se opacidade da córnea. O volume administrado não foi relatado (ATSDR, 2004).

Toxicidade crônica

Efeitos locais e sistêmicos

A toxicidade relacionada à exposição oral crônica à amônia não foi avaliada em humanos.

Apesar de serem limitados os dados toxicológicos de exposição inalatória crônica, estudos mostram que em exposições crônicas pode ocorrer formação de muco, tosse, dispnéia e asma, paralelamente à redução da função pulmonar. Exposição ocupacional a baixos níveis de amônia no ar (< 25 ppm) provocam efeitos discretos sobre a função pulmonar e efeitos na percepção de odor (ATSDR, 2004; HPA, 2011).

Dados limitados obtidos com animais têm mostrado que pode ocorrer osteoporose como efeito secundário à acidose metabólica crônica (HPA, 2011).

Carcinogenicidade

Não há evidências concretas de que a amônia e seus compostos apresentem potencial carcinogênico e não foram realizadas avaliações quanto à carcinogenicidade pelas agências IARC (*International Agency for Research on Cancer*) e USEPA (*United States Environmental Protection Agency*), porém, em estudo feito com camundongos expostos pela via oral a aproximadamente 193 mg de amônio/kg/dia, na forma de hidróxido de amônio em água, pelo período de 2 anos, o agente não provocou efeitos carcinogênicos e nem afetou o desenvolvimento espontâneo de câncer de mama (manifestação comum em camundongos C3H fêmeas) (OECD, 2007). A Tabela 7 apresenta estudos de carcinogenicidade feitos com roedores.

Tabela 7. Dados de testes de carcinogenicidade pela exposição ao hidróxido de amônio

Espécie/cepa	Gênero	Dose 1 (mg/kg)	Dose 2 (mg/kg)	Dose 3 (mg/kg)	Via de exposição	Duração da exposição	Resultado
Camundongos C3H	Fêmeas	200	-	-	Oral (em água)	24 meses	Negativo
Camundongos Swiss	Fêmeas	200	400	600	Oral (em água)	28 meses	Negativo
Camundongos Swiss	Machos	167	333	500	Oral (em água)	28 meses	Negativo
Ratos	Não relatado	-	-	-	Oral	2 anos	Negativo

*As doses apresentadas correspondem à dose média diária.

(Fontes): CPDB, 2007; HPA, 2011)

Toxicidade para a reprodução/desenvolvimento

São escassas as informações em relação ao potencial de toxicidade do hidróxido de amônio para a reprodução. Dados mostram que a toxicidade fetal e a embriofetotoxicidade da amônia podem ocorrer como efeito secundário à toxicidade para a progenitora após exposições a altas doses (HPA, 2011).

MONERÓ, Tatiana Oliveira; DOS SANTOS, Carlos E. Matos. Aspectos Toxicológicos da Exposição ao Hidróxido de Amônio. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 7, n. 1, p. 62-84, fev. 2014.

Em avaliação feita pela OECD (2007), utilizou-se um estudo realizado com outro composto de amônia (fosfato diamônio). O estudo foi conduzido conforme o Guideline 422 da OECD, com ratos expostos subcronicamente a doses de 0, 250, 750 e 1500 mg/kg/dia. Não foram observados efeitos no tempo para a ocorrência da concepção ou na duração da gravidez. A maior dose (1500 mg/kg/dia) foi considerada o NOAEL (Nível sem Efeito Adverso Observado), considerando-se a toxicidade reprodutiva e para o desenvolvimento (OECD, 2007).

LIMITES DE EXPOSIÇÃO

São estabelecidos limites de exposição ocupacional para o hidróxido de amônio, mas que se referem à fase gasosa de amônia potencialmente liberada. A Tabela 8 apresenta limites de exposição adotados por diferentes organizações.

Tabela 8. Limites de exposição ocupacional à amônia segundo diferentes organizações

Valores adotados pela ACGIH (2011)	Valores adotados pelo NIOSH (2010)	Valores adotados pela OSHA (2010)	NR - 15 (Brasil, 1978)
25 ppm (8-hr TLV-TWA)	25 ppm (10-hr TLV-TWA)	50 ppm (8-hr TLV-TWA)	20 ppm*
35 ppm(TLV-STEL)	35 ppm (TLV-STEL)	-	-
-	300 ppm (IDLH) ¹	-	-

*Limite estabelecido para a jornada de trabalho de 48 horas semanais.(Fonte: ACGIH, 2011; NIOSH, 2011; OSHA, 2010)

Além dos limites de exposição ocupacional, são estabelecidos outros limites para exposições inalatórias agudas, usados em diferentes contextos. Como no caso dos valores de IDLH, estabelecidos pelo NIOSH, que geralmente considera exposições de até 30 minutos; e também, o AEGL (*Acute Exposure Guideline Level*), publicados pelo NRC (*National Research Council*) e USEPA.

O AEGL é um limite de exposição derivado a ser aplicado para o público em geral, para períodos de exposição de 10 minutos a 8 horas. São derivados três diferentes limites (AEGL-1¹, AEGL-2² e AEGL-3³), segundo o grau de severidade dos potenciais efeitos (NRC, 2008; USEPA, 2011). A Tabela 9 apresenta os limites de exposição inalatória aguda estabelecidos nos Estados Unidos.

¹ Por definição, o valor do IDLH (*Immediately Dangerous to Life or Health*) se refere à concentração atmosférica de determinada substância tóxica, corrosiva ou asfixiante, que representa perigo imediato à vida ou pode causar efeitos irreversíveis ou tardios à saúde, ou que interfere na capacidade do indivíduo de escapar de um ambiente com uma atmosfera perigosa. Tais limites são utilizados no processo de seleção de respiradores, considerando situações de exposições por curtos períodos em atmosferas consideradas imediatamente perigosas para a vida (NIOSH, 2011).

¹ **AEGL-1:** Concentração de uma substância no ar, expressa em partes por milhão (ppm) ou miligramas por metro cúbico (mg/m³), acima da qual se espera que o público geral, incluindo os grupos mais susceptíveis, possa sofrer notável desconforto, irritação, e certos efeitos não sensoriais assintomáticos. No entanto, efeitos que não são incapacitantes e que são transitórios/reversíveis com a cessação da exposição.

² **AEGL-2:** Concentração de uma substância no ar, expressa em partes por milhão (ppm) ou miligramas por metro cúbico (mg/m³), acima da qual se espera que o público geral, incluindo os grupos mais susceptíveis, possa sofrer sérios efeitos à saúde, considerados irreversíveis, prolongados, ou com perda da capacidade de escapar do local.

³ **AEGL-3:** Concentração de uma substância no ar, expressa em partes por milhão (ppm) ou miligramas por metro cúbico (mg/m³), acima da qual se espera que o público geral, incluindo os grupos mais susceptíveis, possa sofrer efeitos à saúde que representem risco à vida ou provoquem a morte.

Tabela 9. Limites de exposição inalatória aguda estabelecidos pela USEPA

AEGL	Limite - ppm (Exposição de 10 minutos)	Limite - ppm (Exposição de 30 minutos)	Limite - ppm (Exposição de 60 minutos)	Limite - ppm (Exposição de 4 horas)	Limite - ppm (Exposição de 8 horas)
AEGL-1	30	30	30	30	30
AEGL-2	220	220	160	110	110
AEGL-3	2700	1600	1100	550	390

(Fonte: USEPA 2011)

PRECAUÇÕES

Em atividades e situações em que pode ocorrer excesso de exposição, deve ser utilizado um aparelho de respiração auto-suficiente e roupas de proteção adequadas, incluindo a proteção facial. Se o contato com a substância ocorrer, devem ser lavados imediatamente a pele e os olhos com água corrente por pelo menos 15 minutos. Incêndios envolvendo hidróxido de amônio podem ser extintos com pó químico seco, dióxido de carbono (CO₂), neblina d'água ou espuma extintora (HSDB, 2011).

A própria substância não é combustível, mas pode se decompor por aquecimento, produzindo fumos corrosivos e/ou tóxicos. O contato do hidróxido de amônio com metais pode liberar gás hidrogênio inflamável e recipientes contendo a substância podem explodir quando aquecidos (HSDB, 2011).

Para proteger do contato com a pele, a proteção do corpo deve ser feita com materiais que impermeáveis e não degradados pelo hidróxido de amônio. Materiais recomendados para soluções contendo até 30% de hidróxido de amônio são borracha butílica, borracha nitrílica, neoprene e Viton para as luvas (NJDHSS, 2010). Devem ser utilizados óculos de proteção resistentes a impactos e a respingos.

O manuseamento do produto deve ser realizado em uma área ventilada ou com sistema geral de ventilação/exaustão local. Formação de vapores/névoas deve ser evitada, assim como o contato com materiais incompatíveis, que

podem formar uma reação perigosa. O hidróxido de amônio deve ser armazenado em local bem ventilado e em recipientes hermeticamente fechados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que o entendimento do comportamento físico-químico e das potenciais taxas de liberação de amônia a partir de soluções aquosas de hidróxido de amônio é crítico para a definição das medidas de segurança nos processos e de proteção individual.

Dependendo dos processos e com o aumento do pH da solução contendo hidróxido de amônio em água, a proporção e liberação de amônia (forma não ionizada, mais tóxica) tende a aumentar, podendo aumentar os riscos de efeitos tóxicos locais (como irritação ocular) e sistêmicos (sobretudo na exposição pela via inalatória).

Havendo exposição aguda aos vapores de amônia ou aerossóis, devido às suas características irritantes e corrosivas, são esperados efeitos imediatos de irritação/corrosão no trato respiratório e olhos. O efeito letal depende da concentração e tempo de exposição, podendo ocorrer quando em exposições inalatórias a concentrações muito altas de amônia (segundo a literatura, na faixa de 2500 a 4500 ppm por até 30 minutos). Os limites de exposição inalatória aguda estabelecidos pela agência norte-americana EPA, de prevenção à níveis críticos de risco à vida, são de 390 ppm (8 horas), 550 ppm (4 horas), 1100 ppm (60 minutos) e 2700 (10 minutos); e o nível imediatamente perigoso para a vida ou para a saúde (IDLH) é 300 ppm.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- ACGIH - AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIALS HYGIENISTS. **TLVs® E BEIs®: baseado na documentação dos limites de exposição ocupacional (TLVs®) para substâncias químicas e agentes físicos & índices biológicos de exposição (BEIs®)**. Tradução Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais. São Paulo, 2010.
- ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. **Toxicological profile for ammonia**. Division of Toxicology -Toxicology Information Branch: Atlanta, 2004. Disponível em: <<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp126.pdf>> acesso em: Dez.
- CPDB - Carcinogenicity Potency Database. **Ammonium hydroxide (CAS 1336-21-6)**. The Carcinogenic Potency Project. University of California, Berkeley Lab. Disponível em: <<http://potency.berkeley.edu/chempages/AMMONIUM%20HYDROXIDE.html>> Acesso em: fev. 2014.
- Emerson, K., R.C. Russo, R.E. Lund, and R.V. Thurston. Aqueous Ammonia Equilibrium Calculations: Effects of pH and Temperature. **Journal of the Fisheries Research Board of Canada**, Vol. 32, p. 2379-2383, 1975.
- EXPUB - EXPERT PUBLISHING. Chemical Hazard Information for Environmental Health & Safety Professionals. **ChemEXPERT™, ReproEXPERT™, ListEXPERT™, DrugEXPERT™, and MSDSonline® Chemical Safety and Regulatory Information on Chemical Hazards**. Disponível em: <<http://www.expub.com>> Acesso em: fev 2014.
- Francis-Floyd, R. [et al]. **Ammonia in Aquatic Systems**. Department of Fisheries and Aquatic Sciences, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, 2009. Disponível em: <http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/files/FA/FA03100.pdf>
- HPA - Health Protection Agency. **HPA Compendium of Chemical Hazards Ammonia**. United Kingdom: 2011. Disponível em: <http://www.hpa.org.uk/webc/HPAwebFile/HPAweb_C/1194947367219> Acesso em: fev 2014.
- HSDB - HAZARDOUS SUBSTANCES DATA BANK. **AMMONIUM SULFATE**. Disponível em: <<http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/a?dbs+hsdb:@term+@DOCNO+471>> Acesso em: fev 2014.

IUPAC - INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY. IUPAC Glossary of Terms Used in Toxicology. **Pure and Applied Chemistry**, v. 79, n. 7, p. 1153-1344, 2007. Disponível em: <<http://sis.nlm.nih.gov/enviro/iupacglossary/frontmatter.html>>. Acesso em: fev 2014.

LESSA, R. N. T.. Ciclo do Nitrogênio. 2007. 13 f. Tese (Doutorado) - Curso de Química Ambiental, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2007.

NJDHSS - New Jersey. Department of Health and Senior Services. Right to Know Hazardous Substance List Search. **Ammonium hydroxide** (2010). Disponível em: <<http://web.doh.state.nj.us/rtkhsfs/chemicalsearch.aspx>> Acesso em: fev 2014.

IPCS - INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY. Health and Safety Guide No. 37. **Ammonia Health and Safety Guide**. WHO: Geneva, 1990. Disponível em: <<http://www.inchem.org/documents/hsg/hsg/hsg037.htm#SubSectionNumber:4.1.1>> Acesso em: fev 2014.

IUCLID - INTERNATIONAL UNIFORM CHEMICAL INFORMATION DATABASE. European chemical Bureau. **Ammonium aqueous**. Disponível em: <http://esis.jrc.ec.europa.eu/doc/existing-chemicals/IUCLID/data_sheets/1336216.pdf>. Acesso em: fev 2014.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora nº 15 – Atividades e operações insalubres**. Brasil, Ministério do Trabalho e Emprego - Secretaria de Inspeção do Trabalho. Diário Oficial da União, supl. 06 jul. 1978.

NRC - National Research Council. **Acute Exposure Guideline Levels for Selected Airborne Chemicals**. v.6, National Academies Library Press: Washington, 2008. 318p.

NIOSH - National Institute for Occupational Safety and Health. Documentation for Immediately Dangerous To Life or Health Concentrations (IDLHs). **Ammonia**. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/niosh/idlh/7664417.HTML>> Acesso em: fev 2014.

NIOSH - National Institute for Occupational Safety and Health. **Ammonium hydroxide (10%-35% solution)**. International Chemical Safety Cards(1995). Disponível em: <<http://www.cdc.gov/niosh/ipcsneng/neng0215.html>> Acesso em: fev 2014.

NIOSH - National Institute for Occupational Safety and Health. **NIOSH Pocket Guide to chemical hazard**. Cincinnati: NIOSH Publications, 2011. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/niosh/npg/npg.html>> Acesso em: fev 2014.

MONERÓ, Tatiana Oliveira; DOS SANTOS, Carlos E. Matos. Aspectos Toxicológicos da Exposição ao Hidróxido de Amônio. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 7, n. 1, p. 62-84, fev. 2014.

OECD - ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. SIDS INITIAL ASSESSMENT PROFILE. **Ammonia category (2007)**. Disponível em: <<http://webnet.oecd.org/Hpv/UI/handler.axd?id=9b8b939d-b224-4c16-ad9b-89083ed70a21>> Acesso em: fev 2014.

OSHA - Occupational Safety & Health Administration. **Occupational Safety and Health Standards**. Disponível em: <http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owasrch.search_form?p_doc_type=STAN_DARDS&p_toc_level=1&p_keyvalue=1910> Acesso em: fev 2014.

TOXNET - TOXICOLOGY DATA NETWORKING. **ChemIDplus Lite**. Disponível em: <<http://chem.sis.nlm.nih.gov/>>. Acesso em: fev 2014. USEPA – United States Environmental Protection Agency. **Environmental fate summary**. Disponível em: <<http://www.epa.gov/dfepubs/tools/ctsa/ch5/mod5-3.pdf>> Acesso em dez. 2011.

USEPA - United States Environmental Protection Agency. **Aqueous ammonia equilibrium - Tabulation of percent un-ionized ammonia**. Environmental research laboratory: Minnesota, 1979.

USEPA - United States Environmental Protection Agency. **Acute Exposure Guideline Levels (AEGs): Ammonia**. Disponível em: <<http://www.epa.gov/oppt/aegl/pubs/results88.htm>> Acesso em dez. 2011.