

UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ
CENTRO TECNOLÓGICO DA TERRA E DO MAR
CURSO TECNÓLOGO EM GESTÃO DE EMERGÊNCIAS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**VAZAMENTO DE AMÔNIA EM SISTEMAS DE
REFRIGERAÇÃO DE INDÚSTRIAS DE PESCADO.**

DANIEL GEVAERD MULLER

São José
2008

UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ
CENTRO TECNOLÓGICO DA TERRA E DO MAR
CURSO TECNÓLOGO EM GESTÃO DE EMERGÊNCIAS

DANIEL GEVAERD MULLER

**VAZAMENTO DE AMÔNIA EM SISTEMAS DE
REFRIGERAÇÃO DE INDÚSTRIAS DE PESCADO.**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão de Emergências pela Universidade do Vale de Itajaí, Centro Tecnológico da Terra e do Mar.

Orientadora: Prof. Dra. Rachel Faverzani
Magnago

Co-orientador: Major BM Evandro Carlos
Gevaerd

São José

2008

UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ
CENTRO TECNOLÓGICO DA TERRA E DO MAR
CURSO TECNÓLOGO EM GESTÃO DE EMERGÊNCIAS

DANIEL GEVAERD MULLER

**VAZAMENTO DE AMÔNIA EM SISTEMAS DE
REFRIGERAÇÃO DE INDÚSTRIAS DE PESCADO.**

Esta Monografia foi julgada adequada para a obtenção do título de Tecnólogo em Gestão de Emergências e aprovada pelo Curso Superior de Tecnologia em Gestão de Emergências da Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Educação São José.

Área de Concentração: Tecnologia e Gestão

São José, 16 de junho de 2008.

Prof. Dra. Rachel Faverzani Magnago

UNIVALI – CE de São José

Orientadora

Major BM Carlos Evandro Gevaerd

Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina

Co-orientador

1º Ten BM Christiano Cardoso

Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina

Membro

Dedico este trabalho aos meus queridos pais, Clóvis e Márcia, pelo apoio incondicional prestado e pelo amor devotado em toda a minha caminhada.

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos aos professores da Universidade do Vale do Itajaí, do Curso Superior de Tecnologia em Gestão de Emergências, sobretudo a minha orientadora, professora Dra. Rachel Faverzani Magnago, que se mostrou paciente e extremamente solícita, colaborando sobremaneira para realização deste trabalho.

Agradecimento ao Maj BM Gevaerd, tanto pelo auxílio concedido na elaboração do trabalho, como também pela referência de caráter e postura ética que representa.

Agradecimento aos meus companheiros de turma: Alcântara, Sommer, Túlio, Grigulo, Ana Paula, Davi, Coste, Diego, Sarte, Cléber, Ivanka, Isabel, Dos Anjos, Lemos, Márcio, Eidt e Pratts, por terem compartilhado solidariamente os momentos de dificuldade e de alegria nesta jornada.

Agradecimento aos engenheiros Haiko Hense e Estevam Martins, pelas valiosas informações prestadas.

Agradecimento aos técnicos de refrigeração Moacir Correia Guilherme e José Cassiano Mafra, por terem transmitido seus preciosos conhecimentos, fundamentais para a concretização deste trabalho.

Agradeço também a todos os bombeiros militares, principalmente o Cap Alexandre, Major Biluk, Ten Cardoso, Sgt Do Walle e Sd Rene, que de alguma forma contribuíram para que este trabalho fosse concluído com êxito.

Agradecimento mais que especial aos meus pais Clóvis e Márcia, e minhas irmãs Gabriela e Patrícia, por servirem de inspiração e alento em todos os momentos da minha vida.

Que Deus abençoe a todos!

“Os pequenos acidentes que nos vexam a toda hora podem ser considerados como destinados a nos manter em atividade, a fim de que a força necessária para suportar os grandes acidentes não relaxe por inteiro durante a bonança.”

Arthur Schopenhauer

RESUMO

GEVAERD MULLER, Daniel. **Vazamento de amônia em sistemas de refrigeração de indústrias de pescado.** 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnológico) – Centro Tecnológico da Terra e do Mar, Universidade do Vale do Itajaí, São José, 2008.

Trabalho cujo objetivo precípua é propor recomendações aos bombeiros militares no tocante ao atendimento a ocorrências, na modalidade vazamento, ocorridas em sistemas de refrigeração de indústrias de pescado que empregam a amônia como agente frigorífico. Para se atingir este desiderato, leva-se em conta os riscos oferecidos pela substância e as vulnerabilidades do sistema. A área de estudo é o município de Itajaí, na medida em que detém a hegemonia do setor pesqueiro no estado de Santa Catarina, consolidando-se como um expressivo mercado no contexto nacional.

Em consonância com a finalidade primordial do trabalho, realiza-se um levantamento do número de empresas do segmento tratado sediadas em Itajaí; apresenta-se a descrição minuciosa do referido sistema de produção de frio, enfatizando-se as partes mais sujeitas à ocorrência de vazamentos, bem como suas principais causas; e, por derradeiro, recomenda-se uma seqüência de procedimentos a serem adotados pelos bombeiros militares na ocasião do sinistro.

O procedimento metodológico aplicado é do tipo descritivo, numa abordagem qualitativa. Adota-se, para tanto, duas técnicas de pesquisa, a saber: documentação indireta, por meio da consulta de livros, apostilas, manuais, teses e dissertações, documentos digitais extraídos da internet, entre outros; e observação direta, incluindo visitas às empresas objeto do trabalho e entrevistas informais com engenheiros, técnicos de refrigeração e de segurança no trabalho, e com bombeiros militares de Itajaí que já atuaram no atendimento à modalidade de ocorrência estudada.

Palavras-chave: Amônia. Produtos perigosos. Refrigeração industrial.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	17
1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	20
1.1 ITAJAÍ – DADOS GERAIS	20
1.2 HISTÓRICO DO MUNICÍPIO	21
1.3 CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS E CLIMÁTICAS DE ITAJAÍ	22
1.3.1 Relevo	22
1.3.2 Vegetação	23
1.3.3 Clima	23
1.3.4 Hidrografia	24
1.4 INDÚSTRIA PESQUEIRA CATARINENSE	24
1.4.1 A indústria de pescados em Itajaí	25
2 PRODUTOS PERIGOSOS	28
2.1 PRODUTO PERIGOSO	28
2.2 DEFINIÇÕES IMPORTANTES – ASPECTOS TOXICOLÓGICOS E DE DEFESA CIVIL	29
2.3 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS	33
2.4 CLASSIFICAÇÃO DOS PRODUTOS PERIGOSOS	35
2.4.1 Explosivos	37
2.4.2 Gases	37
2.4.3 Líquidos inflamáveis	39
2.4.4 Sólidos inflamáveis	39
2.4.5 Oxidantes e Peróxidos Orgânicos	40
2.4.6 Substâncias Tóxicas e Infectantes	41
2.4.7 Substâncias radioativas	41
2.4.8 Corrosivos	42
2.4.9 Substâncias Perigosas Diversas	42
2.5 FORMA DE IDENTIFICAÇÃO DOS PRODUTOS PERIGOSOS	42
2.7 UTILIZAÇÃO DO MANUAL DA ABIQUIM	46
2.8 NÍVEIS DE RESPOSTA	47
2.9 EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL	48
3 AMÔNIA	53

3.1 ESTRUTURA QUÍMICA	53
3.2 OBTENÇÃO	54
3.2.1 Histórico.....	54
3.2.2 Métodos industriais	55
3.3 APLICAÇÕES	56
3.4 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS.....	56
3.5 DADOS DE REATIVIDADE	58
3.6 RISCOS E EFEITOS ADVERSOS AO ORGANISMO HUMANO.....	59
3.7 A AMÔNIA NO CONTEXTO DOS PRODUTOS PERIGOSOS.....	62
4 REFRIGERAÇÃO INDUSTRIAL POR AMÔNIA.....	63
4.1 REFRIGERAÇÃO INDUSTRIAL	63
4.2 EQUIPAMENTOS BÁSICOS DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO INDUSTRIAL ...	64
4.3 TIPOS DE SISTEMAS	65
4.4 AGENTE REFRIGERANTE	66
4.4.1 Amônia como líquido refrigerante	70
5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	74
6 INDÚSTRIAS DE PESCADO DE ITAJAÍ QUE UTILIZAM AMÔNIA	76
6.1 LEVANTAMENTO DO NÚMERO DE EMPRESAS	76
6.2 DESCRIÇÃO DO SISTEMA.....	77
6.3 PONTOS VULNERÁVEIS DO SISTEMA.....	87
6.4 PRINCIPAIS CAUSAS DE VAZAMENTO	88
7 PROCEDIMENTOS DE EMERGÊNCIA EM CASO DE VAZAMENTO	89
7.1 RECEBIMENTO DA CHAMADA NO COBOM.....	90
7.2 DESLOCAMENTO PARA O LOCAL DA EMERGÊNCIA.....	90
7.3 CHEGADA AO LOCAL DA OCORRÊNCIA.....	91
7.5 ISOLAMENTO/EVACUAÇÃO DA ÁREA	92
7.6 INTERVENÇÃO DIRETA: SALVAMENTO/CONTENÇÃO.....	93
7.6.2 Vazamento no separador de líquido.....	96
7.6.3 Vazamento no compressor	97
7.6.4 Vazamento na bomba	98
7.6.5 Vazamento na torre de resfriamento	98
7.6.6 Vazamento na tubulação	99
7.6.7 Vazamento no evaporador (câmara frigorífica).....	100
7.7 MONITORAMENTO ATMOSFÉRICO	100

7.8 RECOLHA DO PRODUTO.....	100
7.9 DESCONTAMINAÇÃO.....	101
7.10 FINALIZAÇÃO DA OCORRÊNCIA.....	101
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	102
REFERÊNCIAS	105
ANEXOS	109
ANEXO A	110

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

- ABIQUIM** – Associação Brasileira da Indústria Química
- ABT** – Auto-Bomba Tanque
- ABTR** – Auto-Bomba Tanque Resgate
- AMFRI** – Associação dos Municípios da Região da Foz do Rio Itajaí
- ANSI/IIAR** – Equipment, Design., and Installation of Ammonia Refrigeration
- ANTT** – Agência Nacional de Transportes Terrestres
- APPCC** – Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle
- ASHRAE** – American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers
- ASU** – Auto-Socorro de Urgência
- BM** – Bombeiro Militar
- CBMSC** – Corpo de Bombeiro Militar de Santa Catarina
- COBOM** – Central de Operações do Bombeiro
- CODAM** – Coordenadoria de Desenvolvimento Ambiental
- CODETRAN** – Coordenadoria de Trânsito
- DSST** – Departamento de Segurança e Saúde no Trabalho
- EPI** – Equipamento de Proteção Individual
- EPR** – Equipamento de Proteção Respiratório
- FAMAI** – Fundação do Meio Ambiente de Itajaí
- FISPQ** – Ficha de informações de segurança de produtos químicos
- IBAMA** – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais
- IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- MAARA** – Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária
- NFPA** – National Fire Protection Association
- NR** – Norma Regulamentadora
- OBM** – Organização de Bombeiro Militar
- ONU** – Organização das Nações Unidas
- UNIVALI** – Universidade do Vale do Itajaí
- SAMU** – Serviço de Atendimento Móvel de Urgência
- SAT** – Serviço de Atividades Técnicas
- SEAP** – Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca
- S.I.** – Sistema Internacional
- SIF** – Serviço de Inspeção Federal

SINDIPESCA – Sindicato dos Pescadores de Santa Catarina

SINDIPI – Sindicato da Indústria Pesqueira de Itajaí

SIT – Secretaria de Inspeção no Trabalho

SPDU – Secretaria do Planejamento e Desenvolvimento Urbano

UNEP – Programa Ambiental das Nações Unidas

UNIVALI – Universidade do Vale do Itajaí

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Localização de Itajaí em Santa Catarina.....	20
FIGURA 2 – Representação de um painel de segurança.....	44
FIGURA 3 – Representação da capa da primeira edição do Manual da ABIQUIM	46
FIGURA 4 – Estrutura química da amônia (a) o par de elétrons livres e (b) a estrutura tridimensional da molécula.....	54
FIGURA 5 – Reação da amônia com água.....	58
FIGURA 6 – Ciclo do sistema de refrigeração por compressão de vapor.....	73

LISTA DE FOTOS

FOTO 1 – Imagem de satélite do estuário do rio Itajaí-Açu.....	26
FOTO 2 – Máscara facial com elemento filtrante.....	49
FOTO 3 – Equipamento autônomo de respiração com pressão positiva	50
FOTO 4 – Acessórios que compõem o nível de proteção A.....	51
FOTO 5 – Acessórios que compõem o nível de proteção B	51
FOTO 6 – Representação do nível de proteção C.....	52
FOTO 7 – Roupas de proteção nível D	52
FOTO 8 – Recipiente de líquido	78
FOTO 9 – Manômetro instalado no recipiente de líquido	78
FOTO 10 – Válvulas de controle de fluxo presentes no recipiente de líquido	79
FOTO 11 – Válvulas de segurança	79
FOTO 12 – Medidor do nível de amônia	80
FOTO 13 – Mangueira utilizada na reposição da amônia no sistema.....	80
FOTO 14 – Detalhe da conexão da mangueira à extremidade da tubulação	81
FOTO 15 – Cilindros que armazenam amônia líquida pressurizada	81
FOTO 16 – Separador de líquidos	82
FOTO 17 – Compressores de baixa	83
FOTO 18 – Resfriador intermediário	83
FOTO 19 – Compressores de alta	84
FOTO 20 – Tubulação que liga o compressor à torre de resfriamento	84
FOTO 21 – Torre de resfriamento	85
FOTO 22 – Bombas que impulsionam a amônia líquida até os evaporadores	85
FOTO 23 – Tubulações que conduzem a amônia líquida até os evaporadores	86
FOTO 24 – Evaporadores	87
FOTO 25 – Válvula a ser fechada no caso de um vazamento no recipiente de líquido.....	96
FOTO 26 – Válvula a ser fechada no caso de um vazamento no separador de líquido.....	96
FOTO 27 – Válvula a ser fechada no caso de um vazamento no separador de líquido.....	97
FOTO 28 – Vista dos fundos da sala de máquinas	97
FOTO 29 – Detalhe para a localização da chave geral	98
FOTO 30 – Condensador com destaque para as válvulas de entrada e saída	99
FOTO 31 – Válvulas de fechamento de fluxo nas tubulações	99
FOTO 32 – Válvulas de saída da bomba	100

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Informações gerais sobre a indústria da pesca em Itajaí	27
QUADRO 2 – Sistema de classificação de risco da ONU	36
QUADRO 3 – Significado do 1º algarismo do número de risco	43
QUADRO 4 – Significado do 2º e/ou 3º algarismo do número de risco.....	43
QUADRO 5 – Classe de risco principal com seus respectivos rótulos de risco	45
QUADRO 6 – Relação das propriedades da amônia.....	58
QUADRO 7 – Respostas fisiológicas a diferentes concentrações de gás amônia.....	61
QUADRO 8 – Relação das empresas pesquisadas que utilizam amônia nos sistemas de refrigeração.....	76

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A – Acidente com amônia ocorrido em Natal/RN	110
--	-----

INTRODUÇÃO

A partir da década de 80, a preocupação com os acidentes industriais ganhou grande ênfase, no tocante à prevenção destas ocorrências, principalmente após os casos de Chernobyl, Cidade do México e Bhopal, quando diferentes programas passaram a ser desenvolvidos, contemplando não só os aspectos preventivos, mas também os de intervenção nas emergências. (HADDAD *et al.*, 2002).

Os produtos perigosos têm gerado diversos riscos ao homem e ao meio ambiente, causando danos corporais, materiais e interrompendo a vida dos seres vivos. Neste sentido, o crescente número de acidentes envolvendo produtos perigosos, vem preocupando consideravelmente as autoridades e segmentos envolvidos em todo o mundo.

As ocorrências da modalidade de acidente acima tratado requerem cuidados especiais, bem como pessoal habilitado para o seu atendimento, tendo em vista os riscos de inflamabilidade, toxidez e corrosividade associados a estes produtos, quando do vazamento e derrames acidentais, gerando atmosferas contaminadas por vapores e/ou gases.

O atendimento de tais episódios gera diversos riscos a integridade física dos profissionais que desenvolvem atividades nestes cenários. Logo, é de suma importância que os envolvidos na emergência utilizem Equipamentos de Proteção Individual – EPIs, de acordo com os riscos apresentados pelos produtos envolvidos, tamanho do vazamento, locais atingidos e atividades a serem realizadas. (HADDAD *et al.*, 2002, p.68)

“O atendimento de uma emergência química requer cuidados e medidas específicas para que seja feito com sucesso o controle de emergência, razão pela qual a intervenção das pessoas devidamente capacitadas e equipadas é fundamental para o sucesso dessas operações”. (ARAÚJO, 2005, p. 684).

É relevante assinalar, tendo por base o exposto acima, que nos acidentes de origem tecnológica, particularmente os envolvendo produtos perigosos, aplica-se perfeitamente o conceito básico de gerenciamento de riscos, ou seja, um risco pode ser diminuído atuando-se tanto na probabilidade da ocorrência de um evento indesejado, como nas conseqüências geradas por este evento. Um requisito essencial ao estabelecimento de planos que visem à prevenção e eficaz intervenção em caso de um acidente com produtos perigosos é o conhecimento das peculiaridades da região de estudo, bem como de sua devida caracterização, contemplando aspectos históricos, climáticos, geomorfológicos, demográficos, econômicos, entre outros.

Uma característica singular do município de Itajaí, situado no litoral centro-norte do estado de Santa Catarina, é a sua vocação para as atividades associadas ao mar. Além de possuir o maior porto de desembarque de pescados do Brasil, o município desponta ainda como um importante centro de processamento e beneficiamento do produto, abrigando inúmeras indústrias do setor. Diversos fatores concorrem para esta exuberância do parque industrial pesqueiro instalado no município, mas o preponderante indubitavelmente é a sua localização estratégica, na medida em que se encontra no eixo rodoviário mais importante do sul do Brasil, a BR-101, sendo servido também por outras rodovias de bastante relevância. Desta forma, a produção é facilmente escoada para diversas regiões do país, contribuindo sobremaneira para aumentar a arrecadação do município com o setor.

A configuração do parque industrial do segmento acima tratado no município de Itajaí revela uma predominância de unidades de pequeno e médio porte. Existe, porém, uma quantidade significativa de empresas de grande porte, localizadas em sua maioria em áreas adjacentes ao estuário do rio Itajaí-Açu, onde a densidade populacional é elevada.

Estas últimas empresas, em regra, utilizam um sistema de refrigeração, para preservar e prolongar o tempo de vida útil do produto, lançando mão da substância amônia (NH_3) como agente refrigerante (ou fluido frigorífico). Tal fato se explica pelas propriedades termodinâmicas favoráveis da substância que, entre outras coisas, possui uma alta capacidade de absorver calor do meio e reduzida temperatura de ebulição, requisitos indispensáveis para um agente refrigerante. Além disso, apresenta uma alta eficiência no processo com um custo relativamente baixo. Contudo, o emprego da substância é indicado para grandes instalações, onde o fator energético (economia) sobrepuja o dispêndio com elevados requisitos de segurança que as instalações com amônia exigem, em virtude dos riscos que a substância oferece, como pode ser verificado no parágrafo abaixo.

A amônia é um gás à temperatura ambiente que se caracteriza por apresentar diversos riscos à saúde, no caso de um vazamento, como alta toxicidade, propriedade de tornar-se corrosiva quando em contato com a umidade e inflamável numa determinada condição de concentração e temperatura no ambiente. Outrossim, pode acarretar severos danos ao meio ambiente, atuando como um agente agressor. Por este fato, figura na relação de produtos perigosos instituída pela Organização das Nações Unidas (ONU).

Os riscos acima mencionados e a possibilidade real de vazamentos com amônia na área de estudo são corroborados pelos relatos das guarnições de bombeiros militares do município de Itajaí. Do Walle (2008) informa que já atendeu a diversos acidentes com amônia em indústrias de pescado nos últimos anos. Segundo o bombeiro, houve vítimas com queimaduras na pele, olhos e vias respiratórias, que foram encaminhadas para hospitais da região. A ocorrência típica é vazamento, não recorda de ter atendido incêndio envolvendo o gás amônia nas referidas indústrias. O levantamento das ocorrências do gênero na Central de Operações de Bombeiro (COBOM) não logrou êxito, em função da impossibilidade da pesquisa estatística no sistema, tanto pelo código da ocorrência quanto pelo endereço.

Um acidente emblemático, ocorrido numa empresa de beneficiamento de camarão em Natal/RN, ensejou a criação de uma nota técnica que trata especificamente sobre riscos, segurança e auditoria em sistemas de refrigeração por amônia. Na ocasião, duas pessoas morreram e mais de 120 ficaram feridas, o que só evidencia os riscos presente neste tipo de instalação e reforça a necessidade de se confeccionarem planos relativos à intervenção a este tipo de acidente, tanto internos (da própria empresa), para os vazamentos de menor vulto, quanto pelos órgãos responsáveis pelo atendimento aos acidentes de grande magnitude, como é o caso do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC). A descrição do acidente acima mencionado é apresentada no anexo A.

Esta necessidade premente se coaduna com o propósito principal do presente trabalho, qual seja, propor recomendações aos bombeiros militares no tocante ao atendimento a ocorrências, na modalidade vazamento, ocorridas em sistemas de refrigeração de indústrias de pescado, levando-se em conta os riscos oferecidos pela substância e as vulnerabilidades do sistema.

Os objetivos específicos, que constituem subsídios para se atender de forma plena o escopo primordial do trabalho são: (a) caracterizar a área de estudo (município de Itajaí) e dimensionar seu parque industrial pesqueiro; (b) apresentar uma descrição minuciosa da substância amônia, sobretudo no que diz respeito a seus efeitos adversos ao organismo humano; (c) realizar um levantamento do número de empresas de pescado de Itajaí que empregam amônia em seus sistemas de refrigeração; (d) descrever o sistema de refrigeração adotado neste segmento industrial, apontando inclusive os pontos vulneráveis de vazamento e suas principais causas; e (e) propor uma seqüência de procedimentos a serem adotados pelos bombeiros militares do município na ocasião de um sinistro do tipo vazamento.

Capítulo 1

1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Este capítulo pode ser dividido em duas partes distintas. A primeira destina-se a apresentar as características gerais – geográficas, históricas, geomorfológicas e climáticas – do município de Itajaí, que representa a área de estudo do trabalho. As informações constantes da seção inicial foram extraídas do plano diretor do município (2006). A segunda parte, por sua vez, abordará assuntos atinentes à indústria pesqueira de Santa Catarina e, mais especificamente, do município de Itajaí.

1.1 ITAJAÍ – DADOS GERAIS

Itajaí localiza-se no litoral centro-norte catarinense, a meio caminho entre a capital do Estado, Florianópolis (distante 91 km ao sul) e a cidade mais populosa do estado, Joinville (a 84 km ao norte). Faz limites territoriais com o Oceano Atlântico, a leste, e com seis municípios, a saber: ao norte com Navegantes, ao Sul com Balneário Camboriú e Camboriú, e a oeste com Ilhota, Gaspar e Brusque. A figura 1 ilustra a localização e os limites territoriais do município.



Figura 1 – Localização de Itajaí em Santa Catarina.

Fonte: DEPLAN/SPDU (2004).

A localização do município é estratégica, na medida em que se encontra no eixo rodoviário mais importante do Sul do Brasil, a BR-101, sendo servido também pela BR-470, na ligação com todo o oeste catarinense, a SC-486, com Brusque, e SC-470, ligação direta com Blumenau. É possível chegar a Itajaí via Balneário Camboriú ou através de três trevos: o Itajaí-Brusque, que liga a BR-101 ao centro, o da Avenida Adolfo Konder e o Itajaí-Blumenau. O Aeroporto em Navegantes fica a sete quilômetros de distância pela rodovia, ou a vinte minutos, de *ferry-boat*, embarcação que realiza a travessia do estuário do rio Itajaí-Açu, que divide os dois municípios. No que tange à localização geográfica, Itajaí encontra-se na latitude 26°54'28" sul e longitude 48°39'43" oeste.

O município ocupa uma área de 304 km². Deste total, 78 km² constituem a área urbana, que abriga, aproximadamente, 96% de sua população total, estimada em 164.950 habitantes (IBGE, 2005). É constituído por oito bairros localizados na região urbana, quais sejam: Fazenda, São Vicente, Vila Operário, Cordeiros, Nossa Senhora das Graças (Matadouro), São Judas, Dom Bosco e São João, além de cerca de dez bairros na zona rural, a saber: Itaipava, Brilhante, Canhanduba, Murta, Arraial dos Cunha, Limoeiro, Paciência, Espinheiro, Salseiros e Campeche. Em sua área costeira, abarca as praias Brava, de Cabeçudas, Geremias e Atalaia.

1.2 HISTÓRICO DO MUNICÍPIO

Há divergências quanto à etimologia do nome Itajaí, originado da língua tupi-guarani. Tal como se escreve, o nome significaria “rio pedregoso”, mas é mais provável que os indígenas denominaram a região de Tajaí, que quer dizer “rio dos taiás”, vegetal comum na região, parecida com a couve e com as folhas igualmente comestíveis.

Os primeiros registros de Itajaí remontam ao ano de 1658, quando João Dias de Arzão se estabeleceu em frente à foz do rio Itajaí-Mirim, onde hoje está situada a cidade de Navegantes. A partir de 1777 a região começou a ser ocupada por agricultores açorianos, vindos de Florianópolis, que na época havia sido invadida por uma esquadra espanhola. Em seguida, chegaram colonos da região de São Francisco do Sul.

No começo do século XIX já eram encontrados pequenos lavradores e pescadores vindos de Paranaguá, São Francisco do Sul, Armação do Itapocorói, Porto Belo e Desterro. Em 1820,

Antônio Menezes Vasconcelos Drumond recebeu ordens do ministro do rei D. João VI, Tomás Antonio de Villanova, para estabelecer uma colônia em terras da região.

O fundador da cidade, Agostinho Alves Ramos, chegou por aqui em 1823 e já fundou o curato do Santíssimo Sacramento; providenciou a vinda do Frei Antonio Agote; construiu a capela e o cemitério, transformando o curato em freguesia. Itajaí apresenta casas antigas no estilo açoriano, pertencente às famílias mais tradicionais. O município de Itajaí foi criado somente em 1859 pela resolução Providencial nº 464 de abril daquele ano.

1.3 CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS E CLIMÁTICAS DE ITAJAÍ

1.3.1 Relevo

O relevo é caracterizado por duas regiões bem distintas, a saber: a região de topografia acidentada e a região de planície.

A primeira região está situada na parte sul do município, onde se destacam a serra de Camboriú, na divisa Itajaí/Camboriú e a serra do Brilhante, na divisa Itajaí/Brusque. Dentro da área do município, na faixa compreendida entre a divisa de Itajaí/Camboriú, até atingir o rio Itajaí-Mirim, aparece uma série de elevações que recebem as denominações de Morro do Gavião, Morro da Canhanduba e Morro de Cabeçadas. Na faixa compreendida entre o Rio Itajaí-Mirim e a divisa com o município de Ilhota, aparecem duas elevações denominadas Morro da Onça e Morro da Espinheira.

Já a segunda região, de planície, é encontrada nas partes baixas e colinas marginais e na região nordeste do município. Destacam-se as planícies costeiras, que evidenciam ações e processos marinhos e eólicos, ocorrendo no litoral de Piçarras e Navegantes e nos Vales dos rios Itajaí-Açu e Itajaí-Mirim, e as planícies fluviais, presentes no médio vale do rio Itajaí-Mirim, no baixo vale do rio Luis Alves e no vale do rio Camboriú.

1.3.2 Vegetação

O município de Itajaí apresenta em toda sua extensão uma cobertura vegetal pouco densa, remanescente da Mata Atlântica, constituída principalmente de arbustos, associada diretamente ao relevo. Nas serras e encostas sobressaem árvores entre 25 e 30 metros, enquanto que nas planícies, as árvores variam de 10 a 15 metros de altura, sendo comum, junto aos rios, os manguezais e junto às praias vegetação de dunas e restingas.

1.3.3 Clima

O clima da região em estudo é do tipo mesotérmico úmido, com verões quentes e inexistência de estação seca. Os parâmetros meteorológicos usualmente utilizados numa caracterização climática são temperatura, precipitação hídrica, umidade, evaporação, insolação e radiação solar.

A estação meteorológica encontra-se situada no município de Itajaí (SC) aos 26° 54' de latitude sul e 48° 39' de longitude oeste e a uma altitude de cinco metros. A análise procedeu-se com dados meteorológicos coletados a partir do ano de 1981 até 1996.

A análise realizada no período supracitado possibilitou a caracterização efetiva do clima na região de Itajaí, porquanto se respaldou em dados concretos. Os principais registros, extraídos do Plano Diretor do município (2006), são apresentados abaixo:

- A temperatura média anual foi de 20,4° C;
- A temperatura máxima absoluta registrada no período foi de 38,4° C em dezembro de 1994;
- A temperatura mínima absoluta registrada foi de -0,5° C em agosto de 1991;
- A média anual de precipitação foi de 1.710,2 mm e a média mensal foi de 142,5mm;
- O trimestre de maior índice pluviométrico foi o de janeiro, fevereiro e março. O trimestre de menor índice pluviométrico foi o de junho, julho e agosto;
- A umidade relativa do ar média anual foi de 85,3%.

1.3.4 Hidrografia

A hidrografia do Estado de Santa Catarina é representada por dois sistemas independentes de drenagem: a vertente do interior e a vertente do Atlântico. Esta última tem como principal bacia hidrográfica a do Rio Itajaí, que abrange 47 municípios em uma área de 15.500 km², subdividida, em função das suas características geológicas e geomorfológicas, em três grandes compartimentos naturais - o alto, médio e baixo vale, onde se situa o município de Itajaí.

Dentro da malha urbana do Município, o Rio Itajaí-Açu tem como contribuintes os ribeirões Murta, Caetana e do Schneider, além do Rio Itajaí-Mirim (a 8 km de sua foz), seu principal contribuinte no baixo vale. O Itajaí-Mirim sofreu um processo de retificação em parte do seu curso dentro do município, sendo a parte retificada chamada pela alcunha de “Rio Novo” e o leito natural “Braço Morto”, em alusão ao grave processo de degradação que vem sofrendo. O Itajaí-Mirim tem como afluentes principais dentro do município o rio Canhanduba e os ribeirões do Capim, do Brilhante e do Limoeiro.

1.4 INDÚSTRIA PESQUEIRA CATARINENSE

Dos 7.637 quilômetros da costa brasileira, os mais reluzentes para a pesca são os 561,4 quilômetros do Litoral de Santa Catarina. O Estado, que consolidou-se como o pólo do setor no país, é apontado pela Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca (Seap) como o dono da maior cadeia de industrialização de pescados e de construção naval. De acordo com Brito (2006), a indústria pesqueira de Santa Catarina é responsável pela produção de 50% do pescado consumido no Brasil. Numa perspectiva auspiciosa, e que reforça a posição hegemônica de Santa Catarina no cenário da indústria pesqueira nacional, o ministro da Pesca, Altemir Gregolin (2006), afirma que há espaço para um maior crescimento nos próximos anos.

Dados da diretoria de fauna e recursos pesqueiros do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais (Ibama) apontam evolução anual média de 61% - com pico de até 73% - na produção total de SC, entre 1995 e 2004. Para o Sindicato da Indústria Pesqueira de Itajaí (Sindipi), a mais forte do país, em 2006 o Estado já estava na casa das 220 mil toneladas/ano, com faturamento de R\$ 2 bilhões. (PLANO DIRETOR DE ITAJAÍ, 2006).

Conforme o presidente do Sindicato dos Pescadores de Santa Catarina (Sindipesca), Osvani Gonçalves (2006), o setor emprega - formal e informalmente - 47 mil catarinenses. Deste montante, apenas 37% trabalham na área industrial, que é justamente o que puxa o setor em Santa Catarina.

O Estado já tem a maior frota pesqueira do Brasil, com cerca de 750 embarcações oceânicas e costeiras. Os principais pólos, Itajaí, Navegantes e Laguna, respondem por 40% do peixe consumido no país (GREGOLIN, 2006).

Hoinkis (2007) atribui o bom desempenho catarinense na atividade pesqueira em âmbito nacional sobretudo ao seguinte fator:

[...] localização geográfica, posicionada dentro de uma grande área de correntes oceanográficas distintas, colocando à disposição das frotas várias espécies de pescado em decorrência da maior produtividade marinha da região sul, se comparado ao restante do país.

1.4.1 A indústria de pescados em Itajaí

De acordo com o Plano Diretor do Município (2006), Itajaí tem duas fortes bases econômicas, quais sejam: a atividade portuária e a indústria pesqueira. É o maior porto de desembarque de pescados do Brasil e um dos mais eficientes portos mercantes. Ainda, consoante o documento, o município abriga uma complexa rede de captura, desembarque, processamento e enlatamento de frutos-do-mar, com destaque para a sardinha e o atum, além de agências marítimas, despachantes aduaneiros e outras empresas ligadas aos serviços marítimos.

Segundo a Associação dos Municípios da Região da Foz do Rio Itajaí – AMFRI (1999), “Itajaí é uma das cidades portuárias mais importantes do país, e foi em torno do porto que a cidade cresceu e desenvolveu o seu parque industrial, junto com o comércio [...].”

A indústria do pescado representa 30% do total do parque industrial do município de Itajaí, empregando mão-de-obra na pesca, na construção naval e indústria alimentícia (AMFRI, 1999 *apud* PESSATTI; STORI; BONILHA 2003). É o quarto maior centro de captura de pescados da América Latina, juntamente ao município de Navegantes, com destaque para várias

fábricas de pescado consumidos internacionalmente (AMFRI, 1999). Estes municípios recebem mais de 95% do pescado capturado e desembarcado em Santa Catarina, Estado responsável por cerca de 25% da captura nacional entre 1980 e 1994. (HOINKIS, 2007).

As indústrias de processamento e beneficiamento de pescado de Itajaí estão distribuídas ao longo das margens do estuário do rio Itajaí-Açu. A foto 1 permite vislumbrar a área de maior concentração das empresas de pesca em Itajaí (ao sul). Em sua maioria são empresas de pequeno e médio porte, embora haja uma quantidade significativa de empresas de grande porte, todas de iniciativa privada, como é o caso da GDC Pescados, Kowalsky, David Gregório, Vitalmar, entre outras. As indústrias do setor, somadas, possuem capacidade máxima de produção diária de 569,5 toneladas de pescados, o que poderia corresponder a uma capacidade máxima de produção anual total de cerca de 181.000 t/ano. Esta capacidade extrapola em mais de três vezes a quantidade média anual de 58.925 toneladas de pescado processado. (HOINKIS, 2007).



Foto 1 – Imagem de satélite do estuário do rio Itajaí-Açu

Fonte: google maps.

No tocante à mão-de-obra empregada no setor pesqueiro do município de Itajaí, os números são superlativos, quando comparados aos outros ramos da economia local. Somente a pesca mantém 7.600 empregos diretos, com uma frota industrial de 300 embarcações. Do mar, os pescadores trazem a matéria-prima para o parque de conservas e para os frigoríficos que abastecem os mercados nacional e estrangeiro. (PLANO DIRETOR DE ITAJAÍ, 2006).

No quadro 1, são reunidos os dados acerca da indústria pesqueira de Itajaí. As informações ali contidas, não obstante datarem do ano de 2005, dão uma dimensão da importância que o setor industrial pesqueiro representa para o município.

INFORMAÇÕES GERAIS – dados de 2005	
Embarcações registradas	300
Empregos gerados a bordo	3.600
Número de empresas	190
Empregos diretos gerados	7.600
Empregos indiretos gerados	23.700
Produção de pescados	61.400 ton.

Quadro 1 – Informações gerais sobre a indústria de pesca em Itajaí.

Fonte: Secretaria Municipal de Aquicultura e Pesca (2005).

Segue abaixo uma transcrição dos principais fatores considerados responsáveis pela exuberância do parque industrial pesqueiro de Itajaí no cenário nacional, segundo o Plano Diretor do Município (2006):

- Presença de estaleiros para construção e reparos das embarcações, com uma mão-de-obra bem atuante e diversificada;
- Trapiches para desembarque de matéria-prima, todos amparados pelo Serviço de Inspeção Federal (SIF). Para o monitoramento constante deste Serviço, o município apresenta a Unidade Regional da Pesca, posto avançado da Delegacia Federal do MAARA em Santa Catarina;
- Em termos de indústria de processamento de pescado, há várias unidades que se dedicam ao enlatamento do pescado, congelamento inteiro e/ou descabeçado e eviscerado, filetagem, postagem e é óbvio, exercem a distribuição de pescado fresco para os mais diversos pontos do país e exterior;
- Frota de caminhões, com baús frigoríficos ou térmicos, para o transporte de pescado em qualquer condição e a qualquer ponto do país; e
- Boa capacidade de armazenamento de pescado, em câmaras apenas refrigeradas ou para estoque de congelados.

Capítulo 2

2 PRODUTOS PERIGOSOS

Neste capítulo explanar-se-á acerca de produtos perigosos. Será feita uma abordagem abrangente, incluindo conceituação, classificação, formas de identificação e atendimento a emergências envolvendo produtos perigosos. O escopo é apresentar uma visão panorâmica dos produtos perigosos e dos assuntos a ele pertinentes, de forma a que nos próximos capítulos seja possível contextualizar a substância amônia nesta seara.

2.1 PRODUTO PERIGOSO

O termo “produto perigoso”, originário do inglês *dangerous goods*, possui um significado bastante amplo. A princípio, poderíamos estar falando de qualquer substância química, o que também não esclarece a questão, pois tudo na natureza é química, até a água potável estaria incluída neste conceito. Seriam somente as substâncias consideradas nocivas aos seres humanos? E quanto aos produtos impactantes ao meio ambiente? Afinal, quais os aspectos que nos levam a definir um produto como perigoso? (ARAÚJO, 2005, p. 17).

As indagações que o autor enuncia no excerto acima trazem a lume a miríade de variáveis subjacentes ao conceito de produto perigoso. Ponderando acerca das questões por ele propostas, Araújo (2005), sob um prisma direcionado aos profissionais especializados no atendimento de emergências químicas, sustenta que é imperioso ser objetivo na análise e entender as propriedades físico-químicas de cada produto químico, incluindo os aspectos relacionados ao transporte, acondicionamento e manuseio. Conclui afirmando que sob a perspectiva da química, um produto será perigoso quando afetar direta ou indiretamente os seres humanos e o meio ambiente.

Ainda na mesma linha, porém amparada numa definição do Departamento de Energia dos Estados Unidos (1998), Valle Real (2000, p. 31) assevera que produto perigoso é “qualquer material sólido, líquido ou gasoso que seja tóxico, radioativo, corrosivo, quimicamente reativo, ou instável durante estocagem prolongada em quantidade que representa uma ameaça à vida, à propriedade ou ao meio ambiente”.

Uma terceira definição, estabelecida pela Organização das Nações Unidas (ONU) (1997), dá ênfase ao risco decorrente do transporte e manuseio do produto. Embora a organização não

adote uma definição única para produto perigoso em suas regulamentações, a análise de sua classificação permite concluir que para fins de transporte, são considerados perigosos aqueles produtos que, em função de suas características químicas ou físicas, quando expostas ao meio ambiente, podem causar danos imediatos à vida humana, aos bens materiais e/ou aos ecossistemas. Eles são basicamente produtos químicos, puros ou suas misturas, incluindo-se os radioativos, os explosivos, agentes etiológicos e os resíduos perigosos, que exigem cuidados especiais no manuseio e no transporte. Esses produtos, ainda segundo a ONU (1997), para serem comercializados, devem ser embalados adequadamente, para garantir a segurança das operações que integram seu transporte e precisam ter seus perigos identificados, a fim de evitar danos àqueles que os manuseiam, em caso de derrame ou vazamentos. (VALLE REAL, 2000).

2.2 DEFINIÇÕES IMPORTANTES – ASPECTOS TOXICOLÓGICOS E DE DEFESA CIVIL

Antes de avançar efetivamente nos assuntos pertinentes aos produtos perigosos, é forçoso que se apresentem alguns conceitos ou expressões de caráter técnico, pois permearão toda a fundamentação teórica dos tópicos e capítulos vindouros. Ademais, permitirão o nivelamento mínimo do entendimento dos termos tanto de defesa civil como de produtos perigosos. Na presente seção serão abordados termos afeitos a análise de riscos, toxicologia e defesa civil. As explicações que não forem referenciadas textualmente foram extraídas do Glossário de Defesa Civil – Estudos de Riscos e Medicina dos Desastres (1998) –, produzido pelo Ministério do Planejamento e Orçamento. Com o intuito de facilitar a pesquisa, os termos serão apresentados dentro de uma seqüência lógica.

- Acidente: evento definido ou seqüência de eventos fortuitos e não planejados, que dão origem a uma conseqüência específica e indesejada, em termos de danos humanos, materiais ou ambientais;
- Incidente: “evento provocado e de pequenas proporções”; (DUARTE da SILVA, 2004, p. 47).
- Acidente com produto perigoso: evento repentino e não desejado, onde a liberação de substâncias químicas, biológicas ou radiológicas perigosas em forma de incêndio,

explosão, derrame ou vazamento, causa dano a pessoas, a bens ou ao meio ambiente;

- Incidente com produto perigoso: evento repentino e não desejado, que foi controlado antes de afetar elementos vulneráveis – causar dano ou exposição às pessoas, bens ou ao meio ambiente. Também denominado de “quase acidente”;
- Zona contaminada ou área de risco: área do incidente ou acidente com produtos perigosos onde os contaminantes estão ou poderão surgir. É também conhecida por zona quente;
- Dano: 1. Medida que define a severidade ou intensidade da lesão resultante de um acidente ou evento adverso. 2. Perda humana, material ou ambiental, física ou funcional, resultante da falta de controle sobre o risco. 3. Intensidade de perda humana, material ou ambiental, induzida às pessoas, comunidade, instituições, instalações e/ou ao ecossistema, como consequência de um desastre. Os danos causados por desastres classificam-se em: danos humanos, materiais e ambientais;
- Ameaça: 1. risco imediato de desastre; prenúncio ou indício de um evento desastroso; evento adverso provocador de desastre, quando ainda potencial. 2. estimativa da ocorrência e magnitude de um evento adverso, expressa em termos de probabilidade estatística de concretização do evento (ou acidente) e da provável magnitude de sua manifestação;
- Vulnerabilidade: 1. condição intrínseca ao corpo ou sistema receptor que, em interação com a magnitude do evento ou acidente, caracteriza os efeitos adversos, medidos em termos de intensidade dos danos prováveis. 2. Relação existente entre a magnitude da ameaça, caso ela se concretize, e a intensidade do dano consequente. 3. Probabilidade de uma determinada comunidade ou área geográfica ser afetada por uma ameaça ou risco potencial de desastre, estabelecida a partir de estudos técnicos. 4. Corresponde ao nível de insegurança intrínseca de um cenário de desastre a um evento adverso determinado. Vulnerabilidade é o inverso da segurança.

- Risco: Conforme Valle Real (2000) representa a probabilidade de uma atividade individual, profissional ou empresarial gerar eventos de conseqüências indesejadas para si ou para terceiros. Pode também ser conceituado como a probabilidade de ocorrer um dano quando a ameaça atua sobre um elemento ou situação vulnerável. Divide-se em:
 - Risco real: é o estatisticamente medido e calculado, caso se disponha de todos os dados que conduzem à ocorrência de determinado evento indesejado. Também é denominado risco objetivo;
 - Risco individual: é o risco médio a que está sujeito cada indivíduo de uma população;
 - Risco social: é aquele a que está sujeito toda uma população;
 - Risco percebido: é o percebido pelo indivíduo, independente ou não dos valores encontrados pela análise científica.

- Análise de riscos: identificação e avaliação tanto dos tipos de ameaça como dos elementos em risco, dentro de um determinado sistema ou região geográfica definida;

- Risco aceitável: condição em que existe um risco mínimo, cujas conseqüências são limitadas, em virtude da adoção de medidas mitigadoras, baseadas em condutas, técnicas de segurança e na experiência profissional dos envolvidos na cena da emergência;

- Operação segura: toda operação em que os riscos existentes são considerados aceitáveis;

- Fonte de perigo: partindo da definição estabelecida no OXFORD (1995), “é algo que pode ser perigoso ou provocar danos, ou o que pode expor alguém ao perigo”, ou ainda, segundo REDJA (1995), uma condição que gera ou aumenta a possibilidade de riscos;

- Perigo: “expressa uma exposição relativa a uma fonte de perigo”; (GRATT, 1987, *apud* VALLE REAL, 2000, p. 51).

- Substância perigosa : tipo de substância que por sua natureza ou pelo uso que o homem faz dela, representa um risco de dano. Compreende substâncias inflamáveis, explosivas, corrosivas, tóxicas, radioativas, entre outras;
- Substância tóxica: substância que causa efeitos adversos ao organismo, como resultado de interações químicas;
- Agente tóxico: qualquer substância capaz de produzir efeito nocivo a um organismo vivo, desde danos funcionais até sua morte. Qualquer substância que seja potencialmente tóxica;
- Agente tóxico ambiental: substância que, disseminada nos ecossistemas, é potencialmente nociva aos organismos vivos existentes;
- Agente tóxico corrosivo: agente patogênico (causador de doença) que contém um ácido ou uma base potente e que pode causar queimadura grave na pele ou nas mucosas;
- Tóxico: substância nociva ao organismo. Quando absorvida pelo ser vivo animal ou vegetal, pode causar envenenamento;
- Toxicidade: propriedade de uma substância para produzir danos, uma vez que alcança o local suscetível no corpo.

Todas as substâncias, naturais ou sintéticas são tóxicas; em outras palavras, produzem efeitos adversos para a saúde em alguma condição de exposição. É incorreto denominar algumas substâncias químicas como tóxicas e outras como não tóxicas. As substâncias diferem muito na toxicidade. As condições de exposição e a dose são fatores que determinam os efeitos tóxicos. (OTTOBONI, 1991 *apud* HADDAD *et. al.*, 2002, p. 140).

- Concentração Letal 50 (CL₅₀): “é a concentração no ar de uma substância química que quando é inalada constantemente por 8 horas produz a morte de 50% dos animais expostos”. (HADDAD, 2002, p. 141).

- Dose letal 50 (DL₅₀): quantidade de uma substância química que quando é administrada em uma única dose por via oral, expressa em massa da substância por massa de animal, produz a morte de 50% dos animais expostos dentro de um período de observação de 14 dias; (Swanson, 1997 *apud* HADDAD *et. al.*, 2002).
- Limite de tolerância: limite de tolerância (LT, que muitas vezes aparece como TLV, do inglês *threshold limit values*) é um conceito fundamental para o direito trabalhista. Através de estudos exaustivos, procurou-se estabelecer o limite compatível com a salubridade do ambiente em que vive o trabalhador, para as mais diversas substâncias. A legislação vigente no Brasil usa valores para jornadas de quarenta e oito (48) horas semanais. Isso significa que em nenhum momento a concentração de uma determinada substância deve ultrapassar o seu valor de LT no ambiente em que operários atuam por 48 horas semanais. O LT pode ser expresso em ppm (uma parte de gás para um milhão de partes de ar) ou mg/m³ (mg de gás por metro cúbico de ar); (BÖHM, 2008).

2.3 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

- Ponto de fulgor: temperatura na qual, mediante aquecimento, a substância começa a liberar vapores, que se incendiam se houver uma fonte externa de calor. Neste ponto, as chamas se extinguem se for retirada a fonte de calor, devido à pequena quantidade de vapores; (OLIVEIRA, 2005).
- Ponto de combustão: prosseguindo no aquecimento, atinge-se uma temperatura em que os gases desprendidos do material, ao entrarem em contato com uma fonte de calor externa, iniciam a combustão e continuam a queimar sem o auxílio daquela fonte. Tal temperatura é denominada ponto de combustão; (OLIVEIRA, 2005).
- Ponto de ignição: após atingir o ponto de combustão, “continuando o aquecimento, atinge-se um ponto no qual o combustível exposto ao ar entra em combustão sem que haja fonte externa de calor. Esse ponto é chamado de ponto de ignição”. (OLIVEIRA, 2005, p. 37-38).

- Limite inferior de inflamabilidade (ou explosividade) (LII): consiste no número mínimo de moléculas de um combustível, ou seja, a mínima concentração de vapores despreendidos por uma substância ou de gás necessária para que se forme uma mistura inflamável com o ar. (OLIVEIRA, 2005). Concentrações de gás abaixo do LII não são combustíveis pois, nesta condição, tem-se excesso de oxigênio e pequena quantidade do produto para a queima. Esta condição é chamada de "mistura pobre". (HADDAD *et. al.*, 2002).
- Limite superior de inflamabilidade (ou explosibilidade) (LSI): concentração tal de um vapor ou gás num ambiente acima da qual a mistura com o ar não se configura inflamável, posto que não é possível que exista a combustão. Concentrações de gás acima do LSI não são combustíveis pois, nesta condição, tem-se excesso de produto e pequena quantidade de oxigênio para que a combustão ocorra, é a chamada "mistura rica"; (HADDAD *et. al.*, 2002).
- Faixas ou limites de inflamabilidade ou explosibilidade: faixa (concentração) compreendida entre o LII e o LSI. É especificada para cada substância inflamável e, ademais, é usada para definir e/ou identificar um gás inflamável. O Departamento de Transporte dos Estados Unidos (DOT) classifica gás inflamável como aquele que tiver LII menor ou igual a 13% e faixa de inflamabilidade maior que 12%. (ARAÚJO, 2005).
- Pressão de vapor: é a pressão exercida por um vapor quando este está em equilíbrio com o líquido que lhe deu origem. A pressão de vapor é uma medida da tendência de evaporação de um líquido. Quanto maior a sua pressão de vapor maior é essa tendência e mais volátil é o líquido;
- Conversão de unidades de pressão: 1 atm (atmosfera padrão) = 1,0132501 bar = 1,0332276 kg/cm² = 760 mmHg (milímetros de mercúrio) = 1,01x10⁵ N/m² (Newton por metro quadrado) = 1,01x10⁵ Pa (Pascal). (HALLIDAY; RESNICK, WALKER, 2002).

- Ponto de ebulição: O ponto de ebulição é a temperatura à qual a aplicação de mais calor a um líquido não provoca qualquer aumento de temperatura e o líquido se converte em vapor. No ponto de ebulição, a pressão do vapor saturado de um líquido é igual à pressão atmosférica (760 mmHg) e, assim, o ponto de ebulição varia com a altitude e a pressão. Quanto mais baixa for a pressão, tanto mais baixo é o ponto de ebulição e vice-versa. O ponto de ebulição da água em condições normais é de 100°C.
- Liquefação: Liquefação (ou condensação) é a passagem de uma substância do estado gasoso para o estado líquido, seja pelo resfriamento seja pelo aumento da pressão.

2.4 CLASSIFICAÇÃO DOS PRODUTOS PERIGOSOS

Segundo Valle Real (2000), a ONU, através do Programa Ambiental das Nações Unidas (UNEP, 1995), constatou que um dos grandes problemas dos países em desenvolvimento é a falta de infra-estrutura para a condução de emergências, no caso de incidentes (vazamentos) com produtos perigosos, para garantir a segurança do público e do meio ambiente.

Diante deste cenário, a organização estabeleceu critérios utilizados para a classificação dos produtos perigosos. Entre outros aspectos, as recomendações da ONU (1997) instituíram:

- princípios e critérios para classificação de produtos perigosos;
- definição de classes de risco;
- a relação dos produtos perigosos mais comercializados no mundo;
- exigências e especificações gerais quanto às embalagens;
- seus procedimentos de teste, marcação, rotulagem, e os documentos de porte obrigatório para as operações de transporte. (VALLE REAL, 2000, p. 31).

Tais critérios determinaram a criação de nove (09) classes básicas, que podem ou não ser subdivididas, conforme a característica dos produtos. As referidas classes constam do Manual para Atendimento de Emergências com Produtos perigosos elaborado pela Associação Brasileira da Indústria Química (ABIQUIM). Apresenta-se no quadro 2 as classes, subclasses e definições das substâncias perigosas segundo a classificação da ONU. Cabe ressaltar que a ordem numérica das classes não implica graduação de perigo.

Classificação	Subclasse	Definições
Classe 1 Explosivos	1.1	Substâncias e artefatos com risco de explosão em massa.
	1.2	Substâncias e artefatos com risco de projeção.
	1.3	Substâncias e artefatos com risco predominante de fogo.
	1.4	Substância e artefatos que não apresentam risco significativo.
	1.5	Substâncias pouco sensíveis.
	1.6	Substâncias extremamente insensíveis, sem risco de explosão em massa.
Classe 2 Gases	2.1	Gases inflamáveis.
	2.2	Gases comprimidos não tóxicos e não inflamáveis.
	2.3	Gases tóxicos por inalação.
Classe 3 Líquidos Inflamáveis	-	Líquidos inflamáveis.
Classe 4 Sólidos Inflamáveis; Substâncias sujeitas à combustão espontânea; substâncias que, em contato com água, emitem gases inflamáveis	4.1	Sólidos inflamáveis.
	4.2	Substâncias passíveis de combustão espontânea.
	4.3	Substâncias que, em contato com água, emitem gases inflamáveis.
Classe 5 Substâncias Oxidantes e Peróxidos Orgânicos	5.1	Substâncias oxidantes.
	5.2	Peróxidos orgânicos.
Classe 6 Substâncias Tóxicas e Substâncias Infectantes	6.1	Substâncias tóxicas.
	6.2	Substâncias infectantes.
Classe 7 Substâncias Radioativas	-	Substâncias radioativas.
Classe 8 Substâncias Corrosivas	-	Substâncias corrosivas.
Classe 9 Substâncias Perigosas Diversas	-	Substâncias Perigosas Diversas.

Quadro 2 – Sistema de Classificação de Risco da ONU

Fonte: Manual para Atendimento de Emergências com Produtos Perigosos da ABIQUIM

Discorrer-se-á, nos itens subsequentes, a respeito de cada classe e subclasse. Destarte, ter-se-á um panorama geral das propriedades dos produtos perigosos de cada classe, bem como dos critérios adotados para agrupar as substâncias em distintas classes.

2.4.1 Explosivos

O explosivo é uma substância que é submetida a uma transformação química extremamente rápida, produzindo simultaneamente grandes quantidades de gases e calor. Devido ao calor, os gases liberados, por exemplo, nitrogênio, oxigênio, monóxido de carbono, dióxido de carbono e vapor d'água, expandem-se a altíssimas velocidades provocando o deslocamento do ar circunvizinho, gerando um aumento de pressão acima da pressão atmosférica normal (sobre pressão). Os parâmetros para a divisão dos explosivos em seis (6) subclasses são a forma como se procede a explosão – detonação, deflagração, demolição, dispositivos iniciadores –, a sensibilidade da substância com relação à explosão e o risco inerente a cada produto. Como exemplo de artefato com risco de explosão em massa tem-se o trinitrotolueno (TNT) e como artefato com risco de projeção pode-se citar a granada. (HADDAD *et. al.*, 2002).

2.4.2 Gases

Inicialmente, é importante dirimir as dúvidas que pairam sobre a conceituação de gás e vapor. O senso comum tende a considerar as duas designações como significando a mesma coisa, ao passo que o rigor científico exige uma abordagem mais acurada. Com efeito, para a ciência, gás e vapor representam dois comportamentos físicos diferentes. Araújo (2005, p. 114) faz a seguinte distinção.

- Gás: estado físico normal de uma substância a 25°C e 760mmHg. Toda substância com pressão de vapor maior que 2,8 kgf/cm² à 37,8°C é gás. Gás é um dos estados da matéria. No estado gasoso a matéria tem forma e volume variáveis. A força de repulsão entre as moléculas é maior que a de coesão. Os gases são caracterizados por apresentarem baixa densidade e capacidade de se moverem livremente.
- Vapor: fase gasosa de uma substância que é líquida ou sólida a 25°C e 760mmHg.

Diferentemente dos líquidos e sólidos, os gases expandem-se e contraem-se facilmente quando alteradas a pressão e/ou temperatura.

Esta classe contempla os gases nas mais diversas condições. Haddad *et. al.* (2002, p. 19-20) enumera quatro (4) possibilidades, conforme segue abaixo:

- **Gases permanentes** - são aqueles que não podem ser liquefeitos à temperatura ambiente, ou seja, são produtos com temperatura de ebulição bastante baixa. Por exemplo, ar, argônio e dióxido de carbono;
- **Gases liquefeitos** - são aqueles que podem se tornar líquidos sob pressão, à temperatura ambiente. Por exemplo, GLP, cloro e amônia;

- **Gases dissolvidos** - são aqueles que se encontram dissolvidos sob pressão em um solvente, como é o caso do acetileno;
- **Gases permanentes altamente refrigerados** - São os gases permanentes que se encontram armazenados à sua temperatura de ebulição. Por exemplo, oxigênio (temperatura de estocagem de -183°C) e nitrogênio (temperatura de estocagem de -196°C).

Araújo (2005, p. 115) ainda apresenta uma nova categoria, constante do quadro 2 de classificação de risco da ONU, a saber:

Gases tóxicos – interferem no metabolismo causando sérios efeitos fisiológicos e lesões ao tecido vivo, dependendo da concentração e da duração da exposição. Ex.: cloro, sulfeto de hidrogênio, amônia e monóxido de carbono. Os gases tóxicos são capazes de reagir com os tecidos vivos causando sérios efeitos nocivos, mesmo em pequena quantidade e na presença de oxigênio. Os gases tóxicos, normalmente, possuem um odor forte e repugnante tornando um sinal e alerta em caso de vazamento, porém esta não é uma regra geral para todos eles. Alguns gases tóxicos são inodoros, isto é, não têm cheiro, como, por exemplo, o monóxido de carbono. Outros podem sensibilizar o sistema olfativo, como o sulfeto de hidrogênio.

Independentemente do risco apresentado pelo produto, seu estado físico representa por si só uma grande preocupação, uma vez que os gases se expandem indefinidamente até ocuparem todo o recipiente que os contém. Em um eventual vazamento, os gases tendem a ocupar todo o ambiente mesmo quando possuem densidades diferentes da do ar. Além do risco inerente ao estado físico, os gases podem apresentar riscos adicionais, como por exemplo inflamabilidade, toxicidade, poder de oxidação e corrosividade, entre outros. (HADDAD *et. al.*, 2002).

Soma-se ao exposto no parágrafo predecessor o fato de os gases sofrerem grande influência quando expostos a variações de pressão e/ou temperatura. A maioria dos gases pode ser liquefeito com o aumento da pressão e/ou diminuição da temperatura. (HADDAD *et. al.*, 2002).

Em decorrência desta susceptibilidade a variações de pressão e/ou temperatura, os gases mantidos liquefeitos por ação da pressão e/ou temperatura, quando liberados, tenderão a passar para seu estado natural nas condições ambientais, ou seja, estado gasoso.

Este fenômeno físico pode provocar efeitos devastadores, uma vez que durante a mudança do estado líquido para o estado gasoso, ocorre uma alta expansão do produto, gerando volumes

gasosos muito maiores do que o volume ocupado pelo líquido. Este fenômeno é denominado taxa de expansão.

2.4.3 Líquidos inflamáveis

“Líquidos inflamáveis são líquidos, mistura de líquidos ou líquidos contendo sólidos em solução ou em suspensão, que produzem vapores inflamáveis a temperaturas de até 60,5°C em teste de vaso fechado, ou até 65,6°C, em ensaio de vaso aberto, normalmente referido como ponto de fulgor.” (HADDAD *et. al.*, 2002, p.24).

Geralmente, as substâncias pertencentes a esta classe são de origem orgânica, como por exemplo, hidrocarbonetos, álcoois, aldeídos e cetonas, entre outros.

2.4.4 Sólidos inflamáveis

Esta classe abrange todas as substâncias sólidas que podem se inflamar na presença de uma fonte de ignição, em contato com o ar ou com a água, e que não estão classificadas como explosivos.

Em função da variedade das características dos produtos desta classe, os mesmos estão agrupados em três subclasses distintas, segundo Haddad *et. al.* (2002), a saber:

- Sólidos Inflamáveis: Os produtos desta subclasse podem se inflamar quando expostos ao calor, choque ou atrito, além, é claro, de chamas vivas. A facilidade de combustão será tanto maior, quanto mais "finamente" dividido o material estiver. Os conceitos de ponto de fulgor e limites de inflamabilidade, apresentados na seção 2.3, também são aplicáveis aos produtos desta classe. Como exemplo destes produtos pode-se citar o enxofre (S);
- Combustão Espontânea: Nesta subclasse estão agrupados os produtos que podem se inflamar em contato com o ar, mesmo sem a presença de uma fonte de ignição. O fósforo branco ou amarelo, e o sulfeto de sódio (Na₂S) são exemplos de produtos que entram em ignição espontaneamente, quando em contato com o ar;

- Perigoso Quando Molhado: As substâncias pertencentes a esta classe por interação com a água podem tornar-se espontaneamente inflamáveis ou produzir gases inflamáveis em quantidades perigosas. O sódio metálico (Na), por exemplo, reage de maneira vigorosa quando em contato com a água, liberando o gás hidrogênio (H₂) que é altamente inflamável.

2.4.5 Oxidantes e Peróxidos Orgânicos

Segundo Araújo (2005), um oxidante é um material que libera oxigênio rapidamente para sustentar a combustão. Alguns deles geram oxigênio à temperatura ambiente, ao passo que outros quando são aquecidos. Por conseguinte, estas substâncias são relativamente instáveis, e reagem quimicamente com uma grande variedade de produtos.

Apesar da grande maioria das substâncias oxidantes não serem inflamáveis, o simples contato delas com produtos combustíveis pode gerar um incêndio, mesmo sem a presença de fontes de ignição. Este fato deve-se à forte reatividade existente entre as duas funções químicas.

Como exemplo de produto oxidante, pode-se citar o peróxido de hidrogênio (H₂O₂), comercialmente chamada água oxigenada. Este produto é um poderoso agente oxidante e, em altas concentrações, reage com a maioria dos metais, como cobre (Cu), cobalto (Co), magnésio (Mg), ferro (Fe), chumbo (Pb), entre outros, o que acarretará sua decomposição com risco de incêndio/explosão. (HADDAD *et. al.*, 2002).

No que tange à subclasse peróxidos orgânicos, segue abaixo uma breve conceituação e concisa descrição dos produtos assim classificados.

Os peróxidos orgânicos são agentes de alto poder oxidante, sendo que destes, a maioria é irritante para os olhos, pele, mucosas e garganta. Os produtos dessa subclasse apresentam a estrutura - O - O - e podem ser considerados derivados do peróxido de hidrogênio (H₂O₂), onde um ou ambos os átomos de hidrogênio foram substituídos por radicais orgânicos. (ARAÚJO, 2005).

“Assim como os oxidantes, os peróxidos orgânicos são termicamente instáveis e podem sofrer decomposição exotérmica e auto-acelerável, criando o risco de explosão. Esses produtos são também sensíveis a choque e atrito”. (HADDAD *et. al.*, 2002, p. 30).

2.4.6 Substâncias Tóxicas e Infectantes

No tocante às substâncias tóxicas, define-se como sendo as “capazes de provocar a morte ou danos à saúde humana se ingeridas, inaladas ou por contato com a pele, mesmo em pequenas quantidades”. (ARAÚJO, 2005, p. 689). A inalação é a via mais rápida de entrada de substâncias para o interior do nosso corpo.

Tal fato é explicado pela grande superfície dos alvéolos pulmonares, que representam, num homem adulto, 80 a 90m², facilitando a absorção de gases e vapores, os quais podem passar à corrente sanguínea e serem distribuídos a outras regiões do organismo.

Os efeitos gerados a partir de contatos com substâncias tóxicas estão relacionados com o grau de toxicidade destas e o tempo de exposição ou dose.

Já substâncias infectantes, de acordo com a Resolução nº 420 da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) (2004, p. 94),

[...] são aquelas que contêm patógenos ou estejam sob suspeita razoável de tal. Patógenos são microorganismos (incluindo bactérias, vírus, parasitas, fungos) ou microorganismos recombinantes (híbridos ou mutantes) que possam - ou estejam sob suspeita razoável de poderem - provocar doenças infecciosas em seres humanos ou em animais.

Anthrax, botulismo, raiva, tétano e vírus da poliometelite são exemplos de substâncias oxidantes.

2.4.7 Substâncias radioativas

São as substâncias capazes de emitir radiação ionizante. Esta é produzida por partículas ou ondas eletromagnéticas dotadas de energia suficiente para ionizar a matéria e causar efeitos deletérios ao organismo humano. São exemplos desta classe elementos químicos como o cobalto (Co), o urânio (U) e o célio (Cs).

Não obstante os riscos que apresentam, possuem aplicações extremamente úteis aos seres humanos, como na medicina nuclear e no exame de diagnósticos.

2.4.8 Corrosivos

São substâncias que apresentam uma expressiva taxa de corrosão, mormente ao aço, ferro e outras ligas. Evidentemente, tais materiais são capazes de provocar danos severos ao tecido vivo dos humanos, plantas e animais.

Existem, basicamente, dois principais grupos de materiais que apresentam essas propriedades, e são conhecidos por ácidos e bases (álcalis). Pode-se afirmar que ácidos são substâncias que em contato com a água liberam íons H^+ , provocando alterações de pH para a faixa de zero (0) a sete (7). Por sua vez, as bases são substâncias que em contato com a água, liberam íons OH^- , provocando alterações de pH para a faixa de sete (7) a quatorze (14).

Como exemplo de produtos desta classe pode-se citar o ácido sulfúrico (H_2SO_4), ácido clorídrico (HCl), ácido nítrico (HNO_3), hidróxido de sódio (NaOH) e hidróxido de potássio (KOH), entre outros.

2.4.9 Substâncias Perigosas Diversas

Esta classe engloba os produtos que apresentam riscos não abrangidos pelas demais classes. Como exemplos podem ser citados os organismos e microorganismos geneticamente modificados que não se enquadram na definição de substância infectante.

2.5 FORMA DE IDENTIFICAÇÃO DOS PRODUTOS PERIGOSOS

Além da classificação por meio das classes de risco, a ONU, visando a facilitar a identificação dos produtos perigosos transportados nos modais rodoviário e ferroviário, atribuiu a cada um deles um número, composto por quatro algarismos, denominado número da ONU. Tal número está grafado na parte inferior do painel de segurança (placa retangular de cor laranja), afixada nas laterais, traseira e dianteira dos veículos. A parte superior do painel de segurança é destinada ao número de identificação de risco, que é composto por até três algarismos (mínimo de dois algarismos) e, se necessário, a letra X, que indica que o produto não pode ter

qualquer contato com água. A importância do risco é registrada da esquerda para a direita. (OLIVEIRA, 2000).

Os quadros 3 e 4 informam, respectivamente, o significado do primeiro algarismo (risco principal) e do segundo e/ou terceiro algarismos (risco subsidiário).

ALGARISMO	SIGNIFICADO DO ALGARISMO
2	Gás
3	Líquido inflamável
4	Sólido inflamável
5	Substância oxidante ou peróxido orgânico
6	Substância tóxica
7	Substância radioativa
8	Substância corrosiva

Quadro 3 – Significado do 1º algarismo do número de risco

Fonte: (Resolução ANTT nº 420, 2004, p. 119).

ALGARISMO	SIGNIFICADO DO ALGARISMO
0	Ausência de risco subsidiário
1	Explosivo
2	Emana gás
3	Inflamável
4	Fundido
5	Oxidante
6	Tóxico
7	Radioativo
8	Corrosivo
9	Perigo de reação violenta

Quadro 4 – Significado do 2º e/ou 3º algarismo(s) do número de risco

Fonte: (Resolução ANTT nº 420, 2004, p. 119).

Diante das informações contidas no quadro 3, percebe-se que a propriedade explosiva de determinado produto não será considerada como risco principal, uma vez que a numeração do número de risco nunca se inicia com o algarismo 1. O algarismo zero, presente no quadro 4, indica a inexistência de risco subsidiário do produto. A relação dos números de risco e seus respectivos significados figura na Resolução nº 420, de 12 de fevereiro de 2004, da Agência Nacional de Transportes Terrestres, subordinada ao Ministério dos Transportes.

Como exemplo de identificação do produto perigoso por meio do painel de segurança tome-se a ilustração abaixo (figura 2). O número da ONU denota que se trata do potássio. O número de risco indica que o produto é sólido inflamável, que reage perigosamente com água, desprendendo gases inflamáveis. (RESOLUÇÃO ANTT N° 420, 2004).



Figura 2 – Representação de um painel de segurança

Fonte: http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/aspectos/aspectos_simbologia_paineis.asp.























O risco principal associado ao produto pode ser enfatizado pela repetição dos algarismos. A duplicação do algarismo informa que aquele risco é acentuado. Nos casos em que se repete três vezes, o risco é ainda mais alto.

Uma outra forma de identificar um produto perigoso quando transportado é pelo rótulo de risco, uma placa ilustrada em formato de losango afixada nas laterais, traseira e dianteira do veículo de transporte. Tais rótulos apresentam símbolos e/ou expressões emolduradas, referentes à classe do produto perigoso. Quanto à natureza geral, a cor de fundo dos rótulos é a mais visível fonte de identificação da classe de um produto perigoso. (OLIVEIRA, 2000).

De acordo com o autor, as cores significam:

- Vermelho: inflamável/combustível;
- Verde: gás não-inflamável;
- Laranja: explosivos;
- Amarelo: oxidante/oxigênio;
- Preto/branco: corrosivos;
- Amarelo/branco: radioativos;
- Vermelho/branco listrado: sólido inflamável;
- Azul: perigoso quando molhado;
- Branco: substâncias tóxicas ou infectantes.

Com o intuito de facilitar a compreensão das simbologias e das cores de fundo, segue-se o quadro 5, que apresenta as classes de risco principais com os respectivos rótulos de risco.

CLASSE 1 – EXPLOSIVOS			
			
CLASSE 2 – GASES			
			
CLASSE 3 – LÍQUIDOS INFLAMÁVEIS			
			
CLASSE 4 - SÓLIDOS INFLAMÁVEIS			
			
CLASSE 5 – SUBSTÂNCIAS OXIDANTES E PERÓXIDOS ORGÂNICOS			
			
CLASSE 6 – SUBSTÂNCIAS TÓXICAS (VENENOSAS E SUBSTÂNCIAS INFECTANTES)			
			
CLASSE 7 – MATERIAIS RADIOATIVOS			
			
CLASSE 8 – CORROSIVOS			
			
CLASSE 9 – SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS DIVERSAS			
			

Quadro 5 – Classe de risco principal com seus respectivos rótulos de risco

Fonte: (Resolução ANTT nº 420, 2004, p. 567-569).

2.7 UTILIZAÇÃO DO MANUAL DA ABIQUIM

O Manual de emergências da ABIQUIM (figura 3) reúne informações que poderão auxiliar em situações de emergência com produtos químicos. Lançado em 1994, foi desenvolvido para ser utilizado pelo Corpo de Bombeiros, Polícia Rodoviária e Equipes de Segurança e Atendimento Emergencial. Destina-se a auxiliar no enfrentamento dos primeiros 30 minutos do acidente. Logo, as recomendações prescritas no Manual servem para orientar as primeiras medidas na cena da emergência, até a chegada de uma equipe especializada, evitando riscos e a tomada de decisões incorretas. (ABIQUIM, 2004).

Foi originalmente concebido para o uso em acidentes com produtos perigosos durante o transporte (estradas, ferrovias, etc.), mas serve também, dentro de certos limites, como um instrumento valioso no contingenciamento de acidentes com produtos químicos em locais como terminais de carga, depósitos e instalações industriais. (ABIQUIM, 2004).

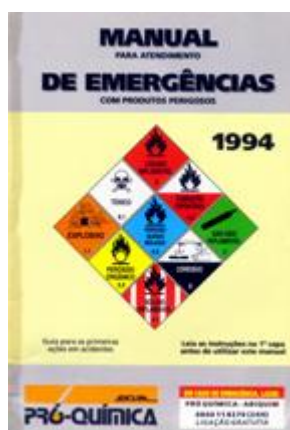


Figura 3 – Representação da capa da primeira edição do Manual da ABIQUIM

Fonte: Do autor.

Para facilitar seu manuseio, o Manual foi dividido em diversas seções, que se distinguem pelas cores das páginas. Oliveira (2000) aponta as principais informações contidas em cada seção, apresentadas na ordem em que figuram no Manual:

Seção Branca: a seção branca inicial contém informações preliminares ao uso do Manual, incluindo formas de identificação e classificação dos produtos perigosos e introdução à tabela de rótulos de risco;

Seção Amarela: apresenta a listagem dos produtos perigosos em ordem numérica crescente (de números da ONU);

Seção azul: nesta seção os produtos estão relacionados em ordem alfabética;

Seção Laranja: apresenta uma série de 61 guias de Emergência (numerados de 111 a 172). As guias trazem informações referentes aos riscos potenciais dos produtos perigosos e recomendações quanto às ações de emergência a serem tomadas na ocasião de um acidente;

Seção branca (2): seção que presta informações introdutórias à tabela de isolamento e evacuação para acidentes com produtos tóxicos quando inalados, abordando, entre outras coisas, a forma de se realizar o isolamento e evacuação da área;

Seção verde (1): apresenta a tabela de distâncias de isolamento e proteção inicial. Os produtos relacionados na tabela são aqueles que são tóxicos quando inalados. Eles são grafados com fundo verde nas seções amarela e azul;

Seção verde (2): apresenta a relação de produtos perigosos que reagem com água;

Seção branca (3): parte final do Manual. Dispõe sobre o uso dos painéis de segurança e rótulos de risco, observações complementares sobre ações de emergência, formas de controle e contenção de vazamentos/derramamentos, modos de operação, explicação de termos e expressões, entre outros assuntos.

2.8 NÍVEIS DE RESPOSTA

Consoante Gevaerd (2008), existem cinco (5) diferentes níveis de resposta para emergências com produtos químicos. São eles:

Nível de advertência: formados por indivíduos capacitados para reconhecer uma emergência com produto perigoso e iniciar uma seqüência de atendimento, acionando o socorro especializado, informando dados e providenciando as primeiras ações de emergência contidas no Manual de Emergências da ABIQUIM;

Nível de operações básicas: formado por indivíduos capacitados para responder liberações ou potenciais liberações de produtos perigosos, como parte da primeira resposta. Possuem a função de conter a liberação a uma distancia segura, confinando

a área de escape ou derrame sem se expor;

Nível de técnico em produtos perigosos: formado por indivíduos capacitados para atuar na zona quente efetuando operações de controle;

Nível de especialista em produtos perigosos: formado por profissionais especialistas em produtos perigosos específicos que apóiam e orientam os profissionais de nível técnico;

Nível de Comandante de Operações: formado por profissionais que têm a função de coordenar todas as atividades durante o acidente/incidente com produto perigoso. É o responsável por todo o atendimento.

2.9 EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL

Equipamento de Proteção Individual (EPI) é todo dispositivo de uso individual, de fabricação nacional ou estrangeira, destinado a proteger a saúde e a integridade física do trabalhador. Neste sentido, nas emergências que envolvem produtos químicos, é de suma importância que os profissionais utilizem EPIs, de acordo com os riscos apresentados pelos produtos envolvidos, tamanho do vazamento, locais atingidos e atividades a serem realizadas. Deve-se salientar que os referidos equipamentos não reduzem o risco e/ou perigo, constituindo apenas uma ferramenta para adequar o indivíduo ao meio e ao grau de exposição. (HADDAD *et. al.*, 2002).

A classificação dos EPIs, de acordo com a proteção química, se dá de duas formas, a saber, pela proteção cutânea e pela proteção respiratória.

A primeira é conferida pela utilização de roupas de proteção para substâncias químicas. Uma variedade de materiais de confecção (teflon, cloreto de polivinila (PVC), álcool polivinílico (PVA), etc.) está disponível para a fabricação das roupas de proteção. Cada um desses materiais fornece um grau de proteção à pele contra uma gama de produtos, mas nenhum material fornece a máxima proteção contra todos os produtos químicos. A roupa de proteção selecionada deve ser confeccionada em material que forneça a maior resistência contra o produto conhecido ou que possa estar presente. Existem várias formas de seleção das roupas de proteção, dentre as quais se destacam: quanto ao estilo – roupa de encapsulamento completo e roupa não encapsulada; quanto ao uso – único ou descartável; e quanto aos requisitos de desempenho – resistência química, durabilidade, flexibilidade, resistência térmica, entre outros. (HADDAD *et. al.*, 2002).

Já a proteção respiratória é viabilizada pela utilização de equipamentos destinados a proteger o usuário dos riscos representados pela presença de contaminantes no ar ambiente. O método pelo qual eliminam ou diminuem o risco respiratório baseia-se fundamentalmente na utilização de uma peça facial que isola o usuário do ar contaminado e de um sistema de purificação ou de suprimento de ar respirável.

O sistema de purificação consiste basicamente de um elemento filtrante que retém o contaminante e permite a passagem do ar purificado. São máscaras faciais ou semi-faciais que atuam com elementos filtrantes, removendo do ambiente contaminado o ar necessário para respiração. Apesar de úteis em alguns casos, existem várias restrições quanto ao seu uso, tais como: não se aplicam a ambientes com menos de 18 % de oxigênio; possuem baixa durabilidade em atmosferas saturadas de umidade e nunca devem ser utilizados em condições desconhecidas. (HADDAD *et. al.*, 2002). Um exemplo deste tipo de equipamento é mostrado na foto 2.



Foto 2 – Máscara facial com elemento filtrante

Fonte: Do autor.

Já o sistema de suprimento de ar fornece ar respirável ou oxigênio a partir de uma fonte independente da atmosfera contaminada. Normalmente, são conjuntos autônomos portáteis ou linhas que fornecem o ar necessário ao usuário, independentemente das condições do ambiente de trabalho (grau de contaminação). Propiciam o isolamento do trato respiratório do usuário da atmosfera contaminada. (HADDAD *et. al.*, 2002). A foto 3 apresenta um equipamento autônomo de pressão positiva.



Foto 3 – Equipamento autônomo de respiração com pressão positiva

Fonte: Do autor.

2.9.1 NÍVEIS DE PROTEÇÃO

As equipes de atendimento às emergências devem utilizar os equipamentos de proteção individual sempre que houver a possibilidade de contato com substâncias perigosas que possam afetar a sua saúde ou segurança. Isso inclui vapores, gases ou partículas que podem ser gerados em virtude das atividades no local do acidente promovendo, desta forma, o seu contato com os componentes da equipe. A máscara facial dos equipamentos autônomos de respiração protege as vias respiratórias, aparelho gastrintestinal e os olhos do contato com tais substâncias. A roupa de proteção protege a pele do contato com substâncias que podem destruir ou ser absorvidas pela pele. (ARAÚJO, 2005).

Os equipamentos destinados a proteger o corpo humano do contato com produtos químicos foram divididos, pelos americanos (NFPA 471), em quatro níveis, de acordo com o grau de proteção necessário. Haddad *et. al.* (2002) apresenta os fatores determinantes para o uso e os acessórios requeridos em cada nível de proteção:

- Nível de proteção A: utilizado quando for necessário o maior índice de proteção respiratória, à pele e aos olhos. É composto de aparelho autônomo de respiração com pressão positiva ou linha de ar mandado, roupa de encapsulamento completo, luvas internas, externas e botas resistentes a produtos químicos, capacete interno à roupa e rádio. A foto 4 ilustra este nível de proteção.



Foto 4 – Acessórios que compõem o Nível de proteção A

Fonte: (HADDAD *et. al.*, 2002, p. 78).

- Nível de proteção B: empregado quando for exigido o maior índice de proteção respiratória, porém a proteção para a pele encontra-se num grau inferior. É composto de aparelho autônomo de respiração com pressão positiva, roupa de proteção contra respingos químicos confeccionada em uma ou duas peças, luvas internas, externas e botas resistentes a produtos químicos, capacete e rádio. Tal vestimenta pode ser verificada na foto 5.



Foto 5 – Acessórios que compõem o Nível de proteção B

Fonte: (HADDAD *et. al.*, 2002, p. 78).

- Nível de proteção C: utilizado quando se deseja um grau de proteção respiratória inferior ao Nível B, porém com proteção para a pele nas mesmas condições. É composto de aparelho autônomo de respiração sem pressão positiva ou máscara facial com filtro químico, roupa de proteção contra respingos químicos confeccionada em uma ou duas

peças, luvas internas, externas e botas resistentes a produtos químicos, capacete e rádio. Tal conjunto é demonstrado na foto 6.



Foto 6 – Representação do nível de proteção C

Fonte: (HADDAD *et. al.*, 2002, p. 79).

- Nível de proteção D: adotado somente como uniforme ou roupa de trabalho e em locais não sujeitos a riscos ao sistema respiratório ou a pele. Este nível não prevê qualquer proteção contra riscos químicos. É composto de macacões, uniformes ou roupas de trabalho, botas ou sapatos de couro ou borracha resistentes a produtos químicos, óculos ou viseiras de segurança e capacete, conforme se observa na foto 7.



Foto 7 – Roupa de proteção nível D

Fonte: (HADDAD *et. al.*, 2002, p. 79).

Capítulo 3

3 AMÔNIA

Assim como o próprio título sugere, o presente capítulo versará exclusivamente sobre a substância amônia, contemplando assuntos que dizem respeito a sua estrutura química, formas de obtenção, aplicações, propriedades físico-químicas, reatividade, riscos que oferece, efeitos adversos que provoca no organismo humano e, por derradeiro, sua classificação como produto perigoso.

3.1 ESTRUTURA QUÍMICA

A amônia, com fórmula química NH_3 , é constituída por um átomo central de nitrogênio e três átomos periféricos de hidrogênio. A substância, que recebe ainda as denominações genéricas amônia anidra e gás amoníaco, pertence à função química amina.

Relativamente aos constituintes de sua molécula, arranjam-se da seguinte forma: o nitrogênio é um elemento químico pertencente à família 15 da tabela periódica, denominada família do Nitrogênio, e necessita de três elétrons para atender à regra do octeto e adquirir estabilidade através de ligação química. O hidrogênio, por sua vez, é um elemento que apresenta características singulares, reservando-se a uma classificação particular na tabela. Nunca obedece à regra do octeto, na medida em que sua camada de valência pode acomodar apenas dois elétrons. Nesta condição, torna-se isoeletrônico do gás nobre mais próximo, qual seja, o gás hélio, e atinge a estabilidade. (RUSSEL, 1994). Em que pese a tendência a receber elétrons que ambos os elementos apresentam, sua união intramolecular se dá por ligação covalente, que Usberco e Salvador (2003) conceituam como a ligação entre átomos que compartilham um ou mais pares de elétrons da camada de valência, sem perdê-los ou ganhá-los definitivamente.

Além do tipo de ligação entre o átomo central de nitrogênio, que compartilha três elétrons de sua camada de valência com cada um dos átomos de hidrogênio, a molécula apresenta geometria piramidal. “Os ângulos das ligações H-N-H são de $107,3^\circ$. Isto é um resultado da repulsão entre o par eletrônico isolado e os três pares compartilhados.” (RUSSEL, 1994, p.

944). A presença do par isolado acaba sendo determinante para o comportamento químico da amônia, particularmente quanto a sua polaridade e caráter básico.

A força de atração existente entre o núcleo do átomo central e o par isolado sobrepuja àquelas estabelecidas entre o núcleo e os átomos periféricos. Por conseguinte, ocorre a formação de um momento de dipolo na molécula, resultante da presença de dois pólos contrários e de intensidades diferentes. Logo, a amônia é uma molécula polar.

Pela definição de Lewis, toda espécie química capaz de doar um par de elétrons é considerada uma base. A amônia, em razão da disponibilidade do par isolado, é enquadrada neste conceito.

A figura 2 ilustra (a) o par de elétrons livres e (b) a estrutura tridimensional da molécula, evidenciando os ângulos de ligação.



Figura 4 – Estrutura química da amônia - (a) o par de elétrons livres e (b) a estrutura tridimensional da molécula.

Fonte: Programa de química *Chemoffice*.

3.2 OBTENÇÃO

3.2.1 Hitórico

A amônia já era conhecida pelos químicos antigos. Almeida (2006) relata os primeiros experimentos que culminaram na síntese da amônia em laboratório. Segue uma breve menção dos métodos empregados por cada cientista, em ordem cronológica:

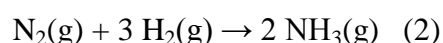
- Geber (alquimista árabe de nome *Abu Musa Jabir ibn Hayyan al Sufi* – séc. VIII d. C.): descreveu a preparação de cloreto de amônio (também chamado sal amoníaco - NH_4Cl) por aquecimento de urina com sal comum;
- J. Kunckel (1716): mencionou a formação de amônia durante a fermentação;
- S. Hales (1727): observou que, quando se aquece cal (óxido de cálcio) com sal amoníaco, numa retorta que permita recolher o desprendimento gasoso sobre água, não parecia desprender nenhum gás; pelo contrário, toda a água era aspirada para o interior da retorta;
- Joseph Priestley (1774): preparou gás-amônia, reagindo sal amoníaco com cal virgem, recolhendo gás formado sobre mercúrio como apresenta a reação 1:



- Claude Louis Berthollet (1784): decompôs o gás por meio de uma centelha elétrica, estabelecendo sua composição como sendo três volumes de hidrogênio e um volume de nitrogênio. Foi a primeira análise elementar da amônia que proporcionou o conhecimento da fórmula molecular NH_3 .

3.2.2 Métodos industriais

Conforme assevera Almeida (2006), o processo mais empregado atualmente para a obtenção da amônia é o denominado Haber-Bosch (cujo desenvolvimento valeu a Fritz Haber e a Carl Bosch o Prêmio Nobel da Química de 1918 e 1931, respectivamente). Neste processo os gases nitrogênio (obtido do ar atmosférico) e hidrogênio (a partir do gás natural) são combinados diretamente a uma pressão de 20 MPa e temperatura de 500°C, utilizando o ferro como catalisador. Reação de síntese do amoníaco (2):



Atualmente as principais indústrias que produzem amônia são: Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) em São Paulo, Fosfertil (SP-MG-GO), Gerdau-açominas (MG), Petrobrás – Fafen (BA) e Usiminas (MG). (ALMEIDA, 2006).

3.3 APLICAÇÕES

“A amônia é um dos gases inorgânicos mais utilizados pela indústria química, sendo usada na fabricação de fertilizantes, nitratos, ácido nítrico, explosivos, plásticos, aminas, amido e produtos têxteis.” (ARAÚJO, 2005. p. 857). O autor ressalta ainda as propriedades termodinâmicas da amônia, que a credenciam a ser empregada como agente refrigerante em sistemas frigoríficos e outros processos similares.

A versatilidade da substância é corroborada ainda pela nota técnica n° 03 (2004), do Ministério do Trabalho, que apresenta mais algumas de suas aplicações, a saber: na manufatura de *rayon*, farmacêuticos, loções, cosméticos, substâncias usadas na limpeza dentária, detergentes e material de limpeza; na indústria da borracha para estabilização do látex natural e sintético; na fotografia; na fabricação de cerâmicas, corantes e fitas para escrever ou imprimir; na saponificação de gorduras e óleos; como inibidor de corrosão nas refinarias de petróleo e plantas de gás natural e como preservativo do látex, dentre outras.

3.4 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

A amônia apresenta-se como gás incolor à temperatura e pressão ambientes. Possui odor definido e irritante, facilmente detectado a partir de pequeníssimas concentrações (5 partes por milhão (ppm)) no ar pelo seu cheiro *sui generis*. Sua temperatura de ebulição é de -33,35°C, o que significa que o gás liquefaz-se sob pressão atmosférica a esta temperatura. Sua temperatura de fusão (congelamento) é de -77,7°C. Nesta condição, encontra-se na forma de cristais brancos e transparentes.

Seu peso molecular é de 17g/mol, que corresponde à massa presente em $6,02 \times 10^{23}$ moléculas de amônia. A densidade absoluta do gás, a 25°C e 1 atm, é de 0,7067 kg/m³. Verifica-se, portanto, que é consideravelmente mais leve que o ar, na medida em que este possui à mesma temperatura e pressão a densidade aproximada de 1 kg/m³. Já a densidade da amônia líquida na pressão de saturação à -33,35°C é de 0,6828 g/cm³, assaz inferior a da água na temperatura ambiente (25°C), que é de 0,9977 g/cm³. (ALMEIDA, 2006).

Qualiano e Vallarino (1985) apontam que uma característica marcante da amônia reside em sua alta solubilidade em água. Quando o gás é dissolvido em água, uma certa porção das

moléculas de NH_3 hidratadas forma ligação covalente com um próton da água (H_2O), e o seguinte equilíbrio se estabelece, conforme a reação 3:



Esta afinidade da amônia por água (caráter higroscópico) pode ser expressa em números: a 0°C e 760mmHg , um volume de água dissolve cerca de 1300 volumes de gás, e a 20°C , o mesmo volume de água dissolve 710 volumes do gás. É importante salientar que a amônia é solvente em alguns solventes orgânicos também, como álcool, clorofórmio, benzeno e acetona.

O caráter básico de sua solução aquosa faz, em um ensaio laboratorial, a fenolftaleína (indicador) passar de incolor para róseo avermelhado. Além disso, tem a propriedade de neutralizar ácidos, conduzir eletricidade etc., em função da formação do hidróxido de amônio.

Apresenta temperatura mínima de auto-ignição, ou seja, a temperatura limite, a partir da qual uma mistura de um gás combustível e um comburente se inflamam espontaneamente, quer dizer, sem a presença de uma chama piloto ou centelha, de 651°C . Possui limites inferior e superior de inflabilidade de, respectivamente, 16 e 25%. A amônia não é tão inflamável quanto outros gases, entretanto, devem ser tomados cuidados para evitar incêndios. Forma misturas explosivas em contato com mercúrio. (ALMEIDA, 2006)

A amônia é normalmente armazenada, transportada e processada na forma líquida sob pressão, que varia de acordo com a temperatura. Quando a amônia líquida é despressurizada ocorre uma queda de temperatura chegando a -33°C , podendo congelar a pele humana em segundos, por isso, devem ser usados óculos com viseira e luvas cano longo no seu manuseio. Apresenta uma taxa de expansão quando passa do estado líquido para o gasoso de 254 vezes. (NOTA TÉCNICA Nº 03, 2004).

A amônia se liquefaz facilmente, sendo apenas necessário comprimi-la. À temperatura ordinária, a amônia é um gás relativamente estável; porém, começa a se decompor em seus elementos se aquecida ao rubro. (NOTA TÉCNICA Nº 03, 2004).

O quadro 6 sintetiza as propriedades da amônia, abordadas acima.

Propriedades da amônia	
Fórmula química	NH ₃
Ponto de ebulição	-33,35°C
Ponto de fusão	-77,7°C
Peso molecular	17g/mol
Densidade 25°C	0,7067 kg/m ³
Aparência e odor	Gás comprimido liquefeito, incolor, com odor característico
Ponto de fulgor	Gás na temperatura ambiente
Temperatura de auto-ignição	651°C
LIE	16%
LSE	25%
Solubilidade em água	Alta – 1 vol. de água dissolve 1300 volumes do gás.
Absorção de calor	Alta – 1,1007 cal/g.°C (H ₂ O: 1 cal/g.°C)

Quadro 6 – Relação das propriedades da amônia

Fonte: nota técnica nº 3/2004.

3.5 DADOS DE REATIVIDADE

Como já foi mencionado, a amônia é uma molécula não plana que em solução aquosa se transforma num íon amônio (NH₄⁺) (reação 3) com um átomo de hidrogênio em cada vértice do tetraedro, mostrando uma mudança da geometria molecular do tipo piramidal para tetraédrica, como mostra a figura 5.

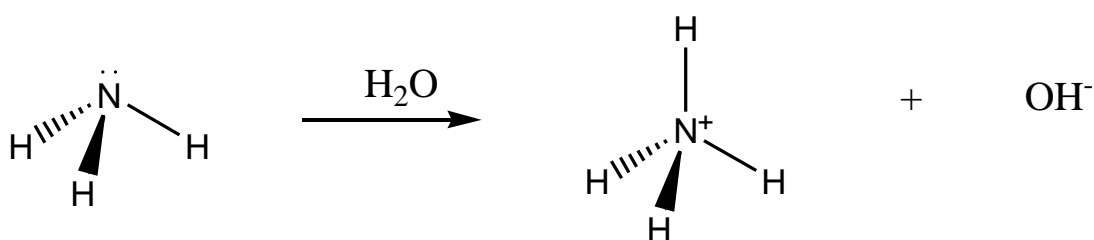


Figura 5 – Reação da amônia com água

Fonte: Programa de química *Chemoffice*.

A reação com água forma o hidróxido de amônio (NH₄OH), líquido na temperatura ambiente, que possui as mesmas propriedades químicas da soda cáustica (NaOH). Logo, a amônia em contato com água se torna corrosiva.

“É estável quando armazenada e utilizada em condições normais de estocagem e manuseio. Acima de 450°C pode decompor-se, liberando nitrogênio e hidrogênio.” (ARAÚJO, 2005, p. 857).

O emprego da amônia para fins industriais impõe uma série de restrições no tocante aos materiais e substâncias com os quais ela pode entrar em contato. Conforme preceitua a nota técnica n° 03/2004:

Em contato com halogênios, boro, 1,2 dicloroetano, óxido de etileno, platina, triclorato de nitrogênio e fortes oxidantes, pode causar reações potencialmente violentas ou explosivas. Em contato com metais pesados e seus compostos, pode formar produtos explosivos. O contato com cloro e seus compostos, pode resultar na liberação do gás cloroamina. Produz mistura explosiva quando em contato com hidrocarbonetos, sendo também incompatível com aldeído acético, acroleína, dridrazina e ferrocianeto de potássio.

Cabe ressaltar que a maioria dos metais não é corroído pela amônia anidra, entretanto quando misturado em pequena quantidade de água, vapor ou umidade o produto pode atacar o alumínio, o cobre, prata, zinco e as ligas destes materiais. A estocagem da amônia deve ser feita em tanques de aço, assim como acessórios como válvulas e conexões. (ARAÚJO, 2006).

3.6 RISCOS E EFEITOS ADVERSOS AO ORGANISMO HUMANO

A exposição direta à substância amônia acarreta diversos riscos à saúde do manipulador. Muitos são os efeitos deletérios provenientes deste contato, que pode se dar de três distintas formas, a saber: (1) inalação: quando a substância é aspirada, entrando em contato direto com as membranas da zona respiratória (nariz, garganta, traquéia e pulmões); (2) absorção: implica o contato direto da substância com a pele e/ou olhos e mucosas; (3) ingestão: consiste na deglutição da substância, a qual produz um efeito em contato com a zona digestiva (boca, garganta, esôfago, estômago e intestinos). (HADDAD *et. al.*, 2002).

Quanto ao tipo de exposição, pode-se citar três, quais sejam: (1) aguda: que se caracteriza por sua curta duração. A exposição pode ser medida em segundos, minutos e até em horas, podendo ser considerada como aguda. Seja aplicada ou ingerida, ela supõe doses individuais; (2) subaguda: compreende uma série de exposições agudas, as quais ocorrem com um determinado período de tempo; (3) crônica: é a exposição de longa duração, ou seja,

prolongadas ou repetidas exposições que tem ocorrências de várias horas, dias, meses e em alguns casos anos. (HADDAD *et. al.*, 2002).

As principais áreas do corpo atingidas são o aparelho respiratório, a pele e os olhos. Almeida (2006) faz a seguinte menção acerca dos efeitos da exposição aguda à amônia:

A amônia se dissolve nas mucosas dos olhos devido a sua alta solubilidade em água. Devido à sua ação cáustica alcalina, causa irritação e dano celular no trato respiratório, queimaduras na pele que dependem do tempo de exposição ao gás. No caso de ingestão provoca queimaduras na boca, faringe e laringe, além de favorecer grande salivação.

A nota técnica n° 03/2004 apresenta em sua redação, referente ao tópico congêneres, uma enumeração de efeitos ainda mais contundentes, a saber:

A inalação pode causar tosse, formação de catarro, secreção de saliva, retenção de urina, dificuldades respiratórias, inflamação aguda do sistema respiratório, queimadura da mucosa nasal, faringe e laringe, constrição e dor torácica. Dependendo da concentração e do tempo de exposição, o quadro respiratório pode evoluir com edema e espasmo de glote, asfixia, cianose, edema pulmonar, parada respiratória e morte. A exposição a concentrações acima de 2.500 ppm por aproximadamente 30 minutos pode ser fatal. A ingestão causa náusea, vômitos e inchaço nos lábios, boca e laringe. Em contato com a pele, a amônia produz dor, eritema e vesiculação. Em altas concentrações, pode haver necrose dos tecidos e queimaduras profundas. O contato com os olhos em baixas concentrações (10 ppm) resulta em irritação ocular e lacrimejamento. Em concentrações mais altas, pode causar conjutivite, erosão na córnea e cegueira temporário ou permanente. Reações tardias podem acontecer, como catarata, atrofia da retina e fibrose pulmonar.

O contato da amônia na forma líquida com os olhos pode causar irritação grave, hemorragia, inchaço das pálpebras, e cegueira parcial ou total se não tratada imediatamente. Com a pele, pode provocar queimaduras e enregelamento. (USIMINAS, 2007).

No que tange aos efeitos crônicos, pode ocorrer bronquite crônica com redução respiratória, pneumonites químicas e danos aos rins. Com vistas a reduzir a possibilidade da manifestação de tais efeitos, o anexo 13 da Norma Regulamentadora número 15 (NR 15) (1983), que trata das atividades e operações insalubres, determinou que a concentração máxima para uma exposição semanal de até 48 horas à amônia é de 20 ppm (ou 14 mg/m³ de ar), valor que representa o limite de exposição ocupacional, ou limite de tolerância (LT). Na caracterização desta situação o ambiente é considerado medianamente insalubre. (USIMINAS, 2007).

Apresenta risco moderado de incêndio e explosão, quando exposta ao calor ou chama. A presença de óleo e outros materiais combustíveis aumenta o risco de incêndio. A decomposição térmica da amônia pode produzir gases nitrosos tóxicos, como o óxido de nitrogênio. (NOTA TÉCNICA N° 03, 2004).

O quadro 7 expõe os efeitos provocados pelo contato com a amônia em diferentes concentrações.

Resposta fisiológica ao vapor		
Exposição	Quantidade (ppm)	% em volume
Concentração mínima percebida pelo cheiro	5 – 20	0,0005 – 0,002
Limite de tolerância	20	0,002
Concentração máxima para exposição prolongada	100	0,001
Atmosfera imediatamente perigosa à vida e à saúde	300	0,003
Concentração máxima para ½ a 1 hora de exposição	300 – 500	0,003 – 0,005
Concentração mínima que provoca irritação na garganta	408	0,0408
Concentração mínima que provoca irritação nos olhos	698	0,0698
Concentração mínima que provoca tosse	1.720	0,172
Concentração perigosa para ½ hora de exposição	2.500 – 4.500	0,25 – 0,45
Concentração fatal em curto período de exposição	5.000 – 10.000	0,5 - 1
Faixa inflamável	160.000 – 250.000	16 - 25

Quadro 7 – Resposta fisiológica a diferentes concentrações do gás amônia

Fonte: Refrigeração industrial – Stoecker e Jabardo – p. 283

3.7 A AMÔNIA NO CONTEXTO DOS PRODUTOS PERIGOSOS

De acordo com a classificação da ONU para os produtos perigosos, a amônia anidra (pura) liquefeita ou em solução aquosa 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. A consulta à seção amarela ou azul do Manual da ABIQUIM remeterá à guia 125, que contém informações acerca dos riscos potenciais, ações de segurança pública e de emergência, fundamentais para nortear as primeiras medidas quando da ocorrência de vazamentos envolvendo amônia.

Capítulo 4

4 REFRIGERAÇÃO INDUSTRIAL POR AMÔNIA

Neste capítulo será discutida a refrigeração industrial por amônia, particularmente do sistema de produção de frio mais usualmente empregado pela substância. Para se atingir este desiderato, far-se-á necessário uma explanação sobre alguns tópicos preliminares, como o conceito de refrigeração industrial, a descrição dos equipamentos básicos de refrigeração, a enumeração dos tipos de sistemas de refrigeração existentes e a caracterização de agente refrigerante. A refrigeração industrial por amônia será tratada neste capítulo de maneira indistinta, servindo para várias aplicações. O que se pretende é lançar os fundamentos para que nos capítulos seguintes se descreva pormenorizadamente o processo adotado nas indústrias de pescado de Itajaí.

4.1 REFRIGERAÇÃO INDUSTRIAL

Hense (1999, p. 21) conceitua refrigeração industrial como “o ramo da ciência que trata dos processos de redução e conservação da temperatura de um espaço ou material, abaixo da temperatura ambiente circulante.”

Stoeker e Jabardo (2002) caracterizam a refrigeração industrial pela faixa de temperatura de operação. Segundo os autores, no limite inferior, as temperaturas podem atingir valores entre -60 a -70°C, chegando a 15° C no limite superior. Outra forma de caracterizar a refrigeração industrial, segundo os autores, é por meio das aplicações. Assim, a refrigeração industrial poderia ser descrita como sendo o processo utilizado nas indústrias químicas, de alimentos e de processos, envolvendo dois terços das aplicações, e indústria manufatureira e laboratório.

O aprimoramento de processos de refrigeração possibilitou um vertiginoso desenvolvimento tecnológico e tornou-se essencial para a manutenção de uma gama de atividades industriais, entre elas a indústria alimentícia em geral, os frigoríficos, a indústria de pescado, as fábricas de gelo, os laticínios e a indústria de bebidas. (NOTA TÉCNICA Nº 3, 2004).

4.2 EQUIPAMENTOS BÁSICOS DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO INDUSTRIAL

“Os equipamentos utilizados na produção do frio são basicamente os evaporadores, os compressores, os condensadores e os controles de ciclo. A estes são acrescentados os acessórios e tubulações e, eventualmente, as torres de resfriamento.” (HENSE, 1999, p. 58). O autor apresenta, a seguir, uma breve descrição de cada equipamento mencionado.

Compressores: consiste o compressor de uma bomba que aspira o vapor formado no evaporador, de modo a manter as condições de pressão e, conseqüentemente, de temperatura no interior deste, e comprimi-lo até a pressão em que possa ser condensado, deslocando assim o fluido frigorífico.

Existe uma série de compressores no mercado que podem ser classificados em alternativos, rotativos e centrífugos. A escolha do tipo de compressor depende essencialmente da capacidade da instalação e do fluido frigorífico usado.

Condensadores: qualquer trocador de calor, com o propósito de retirar calor provocando a condensação de um fluido refrigerante. Tal trocador deverá retirar o calor absorvido pelo refrigerante no evaporador, assim como o calor equivalente à energia de compressão. O refrigerante muda de fase, ao estado líquido e à pressão de condensação, e fica disponível para nova expansão. Os condensadores podem ser agrupados em três tipos: cujo meio de condensação é ar, água, e os chamados evaporativos.

Evaporadores: Evaporador é chamado o trocador de calor que tem o propósito de retirar calor do meio ambiente isolado termicamente, provocado pela mudança de fase do fluido refrigerante. A quantidade de fluido refrigerante recebido pelo evaporador é função da taxa de evaporação. Quanto maior a carga térmica, maior será a massa de líquido que deverá circular pelo evaporador. Quanto ao sistema de alimentação do fluido refrigerante, os evaporadores podem ser classificados em secos ou inundados.

Controles de ciclo: dos controles de ciclo os mais importantes são as válvulas de expansão. Contudo, existem outros controles (secundários), tais como os termostatos, os pressostatos, os manômetros e demais aparelhos auxiliares.

As válvulas de expansão são utilizadas nos sistemas de refrigeração mecânica por meio de vapores para provocar a expansão do fluido frigorífico liquefeito, desde a pressão de condensação até a pressão de vaporização. A principal característica das válvulas de expansão é a sua capacidade, dada em kg.f/h de fluido frigorífico que pode laminar, a qual depende essencialmente do diâmetro do orifício de passagem, da diferença de pressão e do fluido frigorífico empregado. Servem, portanto, para manter um diferencial de pressão entre a alta e a baixa pressão do sistema, e, para medir o refrigerante líquido da linha de líquido dentro do evaporador a uma taxa proporcional com a taxa à qual a vaporização do líquido é exigida no evaporador.

As válvulas usualmente adotadas nas instalações podem ser classificadas em:

- 1) Manuais;
- 2) Tubos capilares;
- 3) Automáticas
 - de bóia;
 - pressostáticas;
 - termostáticas.

Como aparelhos auxiliares numa instalação são considerados as válvulas de segurança, os indicadores de líquido, os filtros secadores, os trocadores de calor (na compressão por estágios, ou, para sub-resfriamento do fluido condensado), os separadores de óleo e de líquido, etc.

O edifício ou recinto utilizado em condições controladas para estocagem de produtos, com o auxílio de refrigeração, é denominado câmara frigorífica. Consiste, pois, no meio em que se processará a produção do frio. (HENSE, 1999).

4.3 TIPOS DE SISTEMAS

“Em princípio qualquer fenômeno físico ou químico de natureza endotérmica – que absorve calor – pode ser aproveitado nos sistemas de refrigeração.” (HENSE, 1999, p. 21). Dentre os tipos de sistemas de refrigeração industrial existentes, o autor destaca seis (6), a saber: compressão de gases; compressão de vapor; refrigeração por absorção; refrigeração por adsorção; refrigeração termoelétrica e criogenia.

Como a tônica do trabalho diz respeito à refrigeração industrial na indústria de alimentos, particularmente a de pescados, será dado ênfase à modalidade de refrigeração mais usualmente empregada neste segmento industrial. Consoante Martins (2008), o sistema adotado majoritariamente pelas indústrias de pescado é o de compressão de vapor. Tal sistema fundamenta-se na capacidade de algumas substâncias, denominadas agentes refrigerantes, absorverem grande quantidade de calor quando passam do estado líquido para o gasoso. (NOTA TÉCNICA Nº 3, 2004).

Antes de descrever o sistema de refrigeração supracitado, faz-se necessário introduzir o conceito de agente refrigerante, na medida em que constitui o princípio basilar de funcionamento do sistema.

4.4 AGENTE REFRIGERANTE

“Em qualquer processo de refrigeração, a substância empregada como absorvente de calor ou agente de resfriamento é chamada de refrigerante.” (HENSE, 1999, p.31). Depreende-se desta afirmação que o refrigerante é somente um agente de transmissão de calor. Retira-o da câmara a ser resfriada e transfere-o para o meio ambiente.

Conforme preceitua Hense (1999), a rigor, qualquer substância que evapore a uma temperatura relativamente baixa pode ser denominada refrigerante, também denotado por fluido frigorífico.

Os agentes refrigerantes podem ser encontrados tanto no estado sólido como no estado líquido. Os refrigerantes sólidos mais freqüentemente usados são o gelo e o dióxido de carbono sólido (gelo seco). O gelo, naturalmente, derrete na fase líquida a 0°C, ao passo que o dióxido de carbono sublima diretamente na fase vapor a uma temperatura de -78,9°C sob pressão atmosférica padrão. (HENSE, 1999, p. 31-32).

A base do sistema moderno de refrigeração mecânica, porém, reside na utilização de refrigerantes líquidos, lançando mão de sua capacidade de absorver grandes quantidades de calor quando vaporizam (ou quando passam para o estado gasoso). Os principais representantes desta categoria são os chamados refrigerantes primários que, em face de suas propriedades endotérmicas, são utilizados como fonte de frio. Ao absorver calor do meio a ser

refrigerado, mudam de fase. A amônia e os hidrocarbonetos halogenados, tais como os clorofluorcarbonetos (CFCs) e hidroclorofluorcarbonetos (HCFCs), são exemplos de refrigerantes primários. Ainda no que se refere aos refrigerantes líquidos, existem os refrigerantes secundários, conhecidos como soluções, salmouras ou misturas de refrigerante. Estes, no entanto, não mudam de fase durante o processo de refrigeração, servindo apenas como meios transportadores do frio. (HENSE, 1999).

De acordo com Stoecker e Jabardo (2002), para ser credenciada como um refrigerante ideal, a substância deve possuir as seguintes propriedades:

- apresentar características termodinâmicas favoráveis;
- ser volátil ou capaz de se evaporar;
- apresentar calor latente de vaporização elevado, para que o resultado desejado seja obtido com um mínimo de refrigerante em circulação;
- requerer o mínimo de potência para sua compressão à pressão de condensação;
- apresentar temperatura crítica bem acima da temperatura de condensação;
- ter pressões de evaporação e condensação razoáveis;
- ser estável, sem tendência a se decompor nas condições de funcionamento;
- produzir o máximo possível de refrigeração para um dado volume de vapor movimentado pelo compressor;
- não ser tóxico;
- não ser inflamável;
- ser compatível com o óleo de lubrificação do compressor;
- apresentar um certo grau de compatibilidade com materiais utilizados nos componentes do sistema;
- ser de fácil detecção;
- não ser pernicioso às pessoas e ao meio ambiente; e
- estar disponível comercialmente a um custo razoável.

Não há nenhum refrigerante que seja ideal para todas as aplicações e condições de produção e que por causa das grandes diferenças nas condições e requisitos das várias aplicações, seja universalmente adequado para todas as aplicações.

“Há diversos fatores importantes na escolha do melhor refrigerante, tais como sua toxidez, seu custo inicial, solubilidade com óleo, o dimensionamento e o material a ser utilizado nas linhas e equipamentos, entre outros, além do problema da energia necessária à recirculação.” (HENSE, 1999, p. 34).

As pressões exercidas podem ser o fator determinante na seleção do refrigerante para dada instalação frigorífica. Com efeito, se por um lado, pressões elevadas tendem a exigir tubulações e reservatórios de espessuras superiores às normais, por outro, refrigerantes de baixa pressão podem ser inadequados a aplicações de reduzida temperatura de evaporação em virtude da possibilidade de ocorrência de pressões subatmosféricas em determinadas regiões do circuito, deixando-as expostas à penetração de ar atmosférico, o que, como regra geral, deve ser evitado. (STOECKER; JABARDO, 2002, p.276).

“As pressões exercidas pelos refrigerantes estão associadas à temperatura normal de ebulição (ou ponto de ebulição). Quanto maior esta, menos volátil é o refrigerante e, portanto, exerce menores pressões a uma dada temperatura.” (STOECKER; JABARDO, 2002, p.276).

Logo, é mister enfatizar que as temperaturas limite – de evaporação e condensação –, constituem os parâmetros que determinam o tipo de refrigerante da instalação. Refrigerantes de baixa temperatura crítica e, portanto, de reduzida temperatura de ebulição normal, devem ser utilizados em aplicações de baixa temperatura de evaporação. (STOECKER; JABARDO, 2002).

A toxicidade é um termo relativo, pois todos os fluidos, com exceção do ar, podem causar sufocação, e somente é significativo quando especificado com o grau de concentração e o tempo de exposição requeridos para produzir efeitos nocivos. Os refrigerantes são classificados pela *National Underwriters* dos EUA em seis grupos de toxicidade decrescente, sendo o último grupo considerado não-tóxico, mas passível de sofrer degradação e se tornar altamente nocivo, o caso dos fluorcarbonados. (HENSE, 1999).

Citando dispositivos da norma americana ASHRAE 34 - 1992, que trata, entre outras coisas, de requisitos de segurança para refrigeração mecânica, Stoecker e Jabardo (2002, p. 280-281), classificam os refrigerantes quanto ao seu nível de toxicidade e inflamabilidade. De acordo com a referida norma, cada refrigerante recebe uma designação constituída de dois caracteres

alfa-numéricos, sendo o primeiro uma letra maiúscula, que caracteriza seu nível de toxicidade, e o segundo um algarismo, que indica o grau de inflamabilidade. Os compostos são classificados em dois grupos, de acordo com sua toxicidade para concentrações abaixo de 400 ppm:

Classe A – compostos cuja toxicidade não foi identificada.

Classe B – foram identificadas evidências de toxicidade.

Quanto ao nível de inflamabilidade, os refrigerantes são divididos em três grupos distintos, designados pelos algarismos 1, 2 e 3, de acordo com os seguintes critérios:

Classe 1 – não se observa propagação de chama em ar a 18°C e 101,325 kPa.

Classe 2 – limite inferior de inflamabilidade (LII) superior a 0,10kg/m³ a 21°C e 101,325 kPa e poder calorífico inferior a 19000 kJ/kg.

Classe 3 – inflamabilidade elevada, caracterizando-se por LII inferior ou igual a 0,10kg/m³ a 21°C e 101,325 kPa ou poder calorífico superior a 19000 kJ/kg.

Stoecker e Jabardo (2002, p. 282), ainda citam uma outra forma de classificação, proposta pelo *Underwriters Laboratory* (UL), que separa os refrigerantes em três grupos, de acordo com os efeitos que provocam sobre a saúde:

Grupo 2 – gases ou vapores que em concentrações de ½ a 1% (5.000 a 10.000 ppm), para períodos de exposição de aproximadamente meia hora, são letais ou produzem sérios distúrbios.

Grupo 5 – gases ou vapores que em concentrações entre 2 e 20% em volume, para períodos de exposição de aproximadamente 2 horas, são letais ou produzem sérios distúrbios: R22 e dióxido de carbono.

Grupo 6 - gases ou vapores que em concentrações de 20% em volume, para períodos de exposição de aproximadamente 2 horas, não parecem produzir qualquer distúrbio.

O Brasil carece de normas legais e técnicas específicas para sistemas de refrigeração. Destacam-se as Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego, especialmente a NR-13 – Caldeiras e Vasos de Pressão – e a norma da ABNT “Vasos de pressão para refrigeração”, 1996. (NOTA TÉCNICA N° 03, 2004).

4.4.1 Amônia como líquido refrigerante

A amônia é o refrigerante universalmente mais empregado nos sistemas de refrigeração industrial, pois é relativamente barata e eficiente. Tem o efeito de refrigeração mais elevado por quilograma entre qualquer refrigerante, o que, apesar de seu volume específico bastante elevado no estado vapor, permite uma elevada capacidade de refrigeração com deslocamento relativamente pequeno de pistão no compressor. (HENSE, 1999, p. 35).

A substância atende à quase totalidade dos requisitos exigidos para um refrigerante ideal, abordados no item 4.4, tais como possuir alto calor latente de vaporização (327,4 cal/g), baixa temperatura de evaporação e moderada temperatura de condensação, além de possuir um odor pungente, facilmente detectável em caso de vazamento. Ademais, apresenta vantagens adicionais, como o fato de ser o único agente refrigerante natural ecologicamente correto, por não agredir a camada de ozônio, tampouco agravar o efeito estufa. (NOTA TÉCNICA N° 03, 2004). Por este fato, veio a substituir sistematicamente os refrigerantes conhecidos como CFCs, comprovadamente nocivos a camada de ozônio estratosférica. (ALMEIDA, 2006).

Não obstante as vantagens acima enunciadas, existem ressalvas quanto à utilização da substância. Em virtude da sua alta toxicidade e da propriedade de tornar-se explosiva em concentrações de 16 a 25% em volume, seu emprego como agente refrigerante é limitado a instalações de médio e grande porte, onde o fator energético é importante e em geral há procedimentos de segurança e pessoal especializado na operação dos equipamentos. Das classificações referentes à toxicidade e aos efeitos sobre a saúde, a amônia enquadra-se, respectivamente, na classe B2, e no grupo 2, o que reforça a necessidade da adoção de medidas de segurança para o seu manuseio.

A norma americana ANSI/IIAR 2 -1984, preparada especificamente para sistemas de amônia, recomenda que o agente refrigerante se apresente com 99,95% de concentração e que placas de identificação sejam afixadas nos principais componentes do sistema, contendo informações como: o nome do fabricante, o ano de fabricação, o número do modelo e a pressão nominal, atestando que o equipamento foi testado quanto a sua segurança e aplicação adequada. A norma específica, ainda, dois níveis de pressão de projeto, alto e baixo. Uma abordagem alternativa para ventilação em sala de máquinas também é proposta nesta norma. (NOTA TÉCNICA N° 03, 2004).

A opção entre a amônia e os refrigerantes halogenados pode ser imediata, dependendo da aplicação. Com efeito, a amônia, pelas suas características de toxicidade, pode ser proibida ou seu uso desaconselhado. Em certos casos, a legislação municipal regulamenta o uso da amônia, limitando-a a certos tipos de instalação. Como regra geral, sua utilização é restrita a localidades afastadas de áreas densamente povoadas. Pode-se, ainda, afirmar que, mesmo quando não existe legislação regulamentando o uso da amônia, não é prudente aplicá-la, por exemplo, nas cercanias de escolas, hospitais ou edifícios públicos. A amônia deve ter o seu uso restrito a instalações industriais onde a operação seja supervisionada por pessoal técnico especializado. Uma vez vencidas as barreiras da regulamentação, a amônia é um sério concorrente para os refrigerantes halogenados. (NOTA TÉCNICA Nº 03, 2004).

Em virtude de apresentar um calor latente de vaporização superior, a vazão, para uma dada capacidade de refrigeração, de uma instalação de amônia é da ordem de 1/7 a 1/10 daquela correspondente aos refrigerantes halogenados. Essa característica é importante em sistemas com recirculação de líquidos, implicando menores potências de bombeamento para instalações de amônia. (NOTA TÉCNICA Nº 03, 2004).

São os seguintes os segmentos de mercado que predominantemente utilizam refrigeração por amônia:

- Frigoríficos (bovinos/suínos/avícolas);
- Indústria de pescados;
- Fábricas de gelo;
- Laticínios;
- Indústrias de bebidas; e
- Unidades resfriadoras de líquido e bombas de calor, com emprego de trocadores de calor a placas;

4.4 SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO POR COMPRESSÃO DE VAPOR

Os sistemas de refrigeração por amônia, na modalidade compressão de vapor, consistem de uma série de vasos e tubulações interconectados, que comprimem e bombeiam o refrigerante para um ou mais ambientes, com a finalidade de resfriá-los ou congelá-los a uma temperatura

específica. Sua complexidade varia tanto em função do tamanho dos ambientes, quanto em função das temperaturas a serem atingidas. Como se trata de sistemas fechados, a partir do carregamento inicial, o agente somente é adicionado ao sistema quando da ocorrência de vazamento ou drenagem. A quantidade de amônia nos sistemas varia de menos de 2000 kg a mais de 100.000 kg. (NOTA TÉCNICA Nº 03, 2004).

A produção do frio em circuito fechado foi proposta por Oliver Evans em 1805 e sua aplicação à indústria teve início na segunda metade do século XIX. Os processos de refrigeração variam bastante, assim como os agentes refrigerantes. Porém, os princípios básicos continuam sendo a compressão, liquefação e expansão de um gás em um sistema fechado. Ao se expandir, o gás retira o calor do ambiente e dos produtos que nele estiverem contidos. De uma forma simplificada, podem-se perceber três componentes distintos nos sistemas de refrigeração: o compressor, o condensador e o evaporador. (NOTA TÉCNICA Nº 03, 2004).

O sistema de refrigeração por compressão de vapor pode ser dividido em duas partes, de acordo com a pressão exercida pelo refrigerante. A parte de baixa pressão do sistema é composta pelo controle de fluxo do refrigerante, pelo evaporador e pela linha de admissão até a sucção do compressor. A pressão nesta parte do sistema é a pressão de evaporação chamada de baixa pressão, pressão do evaporador ou pressão de admissão. O lado de alta pressão vai desde o compressor (no pistão), condensador, tanque coletor, tubulação de líquido até a válvula de controle de fluxo de refrigerantes (válvula de expansão). (HENSE, 1999).

França (2006) resume o sistema de refrigeração por compressão de vapor com amônia a quatro etapas, da seguinte forma:

- 1) **Compressão:** Através da tubulação que liga o evaporador ao compressor, este faz a aspiração dos vapores do fluido frigorífico (amônia) do evaporador, comprimindo-os para uma pressão mais elevada. Da compressão resulta, também, para o fluido, uma elevação da sua temperatura. Os compressores são usualmente instalados centralizados num recinto denominado sala de máquinas.
- 2) **Condensação:** os condensadores normalmente não se localizam centralizados. No seu permutador (trocaador) de calor é feita a transferência do calor trazido pelo fluido frigorífico para um outro meio que poderá ser o ar ambiente. À medida que os

vapores do fluido sob a forma de gás a alta pressão avançam no interior das tubulações do condensador, iniciando-se a troca térmica, vão perdendo o sobreaquecimento que trazem da compressão e arrefecendo, até que iniciam a mudança de estado e se encontram totalmente em fase líquida e a uma pressão constante. Sob a forma de líquido a alta pressão e a uma temperatura algo mais elevada que a temperatura ambiente, abandonam o condensador.

3) Expansão: Neste dispositivo faz-se, de modo controlado, a passagem do fluido refrigerante sob forma de líquido a alta pressão, para as tubulações do evaporador. O fluido que se encontrava em fase líquida e a alta pressão (à pressão de condensação), ao passar através dum orifício da válvula, fica submetido a uma pressão baixa (a pressão de evaporação) originada pela aspiração do compressor. Com esta despressurização, o ponto de ebulição do fluido baixa significativamente, pelo que este começa a vaporizar-se a uma temperatura baixa que vai originar o “frio” no interior das tubulações do seu permutador.

4) Evaporação No interior do permutador de calor do evaporador, o fluido é vaporizado. O calor proveniente do espaço condicionado pelo evaporador provoca a evaporação (ou vaporização) do fluido a uma temperatura muito baixa, originando-se vapores a baixa temperatura e baixa pressão.

A figura 6 apresenta um esquema representativo do sistema de refrigeração acima exposto.

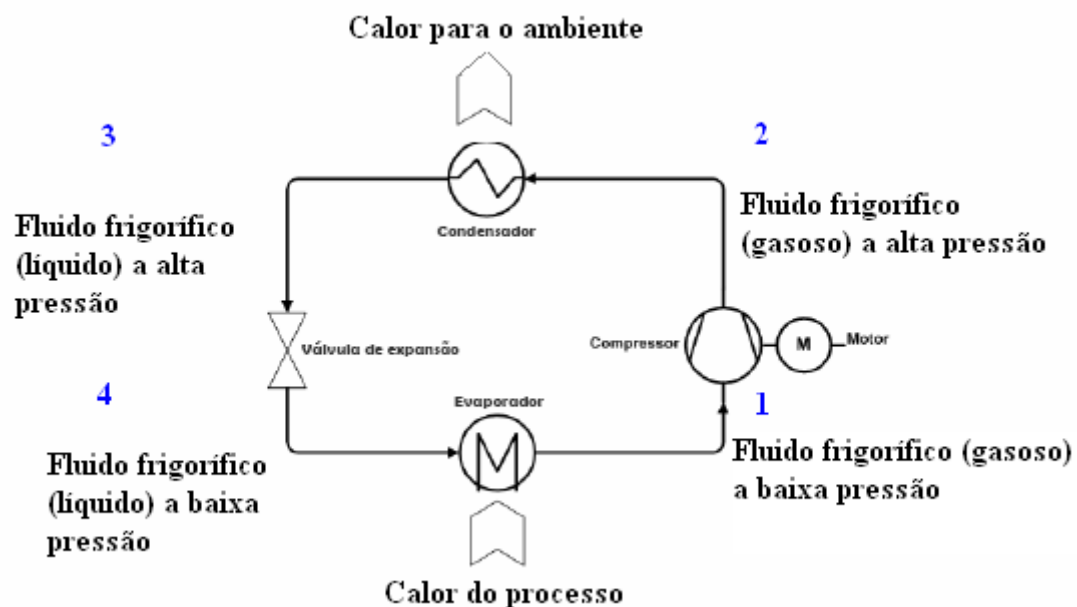


Figura 6 – Ciclo de refrigeração por compressão de vapor

Fonte: <http://pwp.net.ipl.pt/deq.isel/msup/pdf/modulo06.pdf>.

Capítulo 5

5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente trabalho possui caráter descritivo, que Marconi e Lakatos (2005) conceituam como o método de levantar informações sobre uma determinada temática, possibilitando avaliar e filtrar os dados, de acordo com o propósito basilar da pesquisa. A abordagem metodológica aplicada foi eminentemente qualitativa.

A técnica de pesquisa, definida como o conjunto de preceitos ou processos de que se serve uma ciência ou arte, adotada na primeira parte do trabalho foi do tipo documentação indireta. O levantamento dos dados, que constitui a fase da pesquisa realizada com o intuito de recolher informações prévias sobre o campo de interesse, procedeu-se por meio de pesquisa bibliográfica. Para tanto, foram consultados livros, apostilas, manuais, teses e dissertações, documentos digitais extraídos da internet, entre outros. (MARKONI; LAKATOS, 2005). O desígnio foi fornecer a fundamentação teórica necessária para se alcançar os propósitos estabelecidos nos objetivos do trabalho.

Na segunda parte, realizou-se um levantamento do número de empresas de pescado, no município de Itajaí, que fazem uso da amônia como agente frigorífico nos seus processos de refrigeração. A fim de se delimitar a população de estudo, dois critérios foram adotados, a saber: empresas cadastradas ao Sindicato das Indústrias de Pesca de Itajaí e Região (SINDIPI), e que realizam o beneficiamento e armazenamento dos produtos. As respostas foram obtidas por meio de visitas, contatos telefônicos e comunicação via internet.

Na terceira parte, lançou-se mão da documentação direta. Tal técnica de pesquisa caracteriza-se pelo levantamento de dados no próprio local onde os fenômenos ocorrem. (MARCONI; LAKATOS, 2005). Com este fito, foram realizadas diversas visitas às empresas de pesca de Itajaí que empregam a amônia como agente refrigerante nos sistemas de refrigeração. A observação direta no lócus da pesquisa, aliada às entrevistas concedidas por engenheiros e técnicos de refrigeração e de segurança do trabalho, permitiram a compreensão do processo de produção de frio lá adotados, bem como dos pontos vulneráveis dos sistemas e das principais causas de vazamento.

Foram realizadas também visitas aos quartéis de bombeiro militar de Itajaí, com o intuito de coletar, por meio de entrevistas informais, dados acerca da constância de vazamentos nas empresas foco da pesquisa, para os quais as guarnições tenham sido acionadas, e também dos procedimentos adotados pelos bombeiros na ocasião do sinistro.

Cabe ressaltar que o registro fotográfico das instalações e equipamentos foi efetuado na empresa Comércio e Indústria de Pescados Kowalsky Ltda, que figura na 23ª posição do ranking das 50 maiores empresas de Itajaí, em termos de valor adicionado. (P.M.I., 2008). Trata-se, pois, de uma descrição de caso. No entanto, dada a similaridade quanto ao tipo de sistema de refrigeração empregado, à localização dos equipamentos (casa de máquinas centralizada, torre de resfriamento em local aberto e acima da sala de máquinas, etc.) e aos requisitos de segurança exigidos para este segmento industrial, pode-se estender as explicações sobre o funcionamento dos sistemas e as recomendações quanto ao atendimento a ocorrências de vazamento apresentadas nos capítulos seguintes às demais empresas pertencentes à população estudada. As variações existentes dizem respeito tão-somente ao layout industrial, como por exemplo, a disposição das câmaras frigoríficas na planta.

Capítulo 6

6 INDÚSTRIAS DE PESCADO DE ITAJAÍ QUE UTILIZAM AMÔNIA

6.1 LEVANTAMENTO DO NÚMERO DE EMPRESAS

Como mencionado nos procedimentos metodológicos, as empresas consultadas acerca da utilização de amônia nos sistemas de refrigeração são cadastradas no SINDIPI e necessariamente processam e armazenam o produto. A população pesquisada era composta por um total de 57 empresas. Deste montante, doze (12) responderam afirmativamente ao quesito supracitado. Presume-se que sejam as maiores empresas de pesca do município. O quadro 8 apresenta a relação nominal, de endereço e de telefone de contato destas empresas.

Nome da Empresa	Endereço	Telefone de contato
Pepsico do Brasil Ltda	R: Maurício Pacheco, 840 Imaruí CEP 88305-630	(47) 3348-4099 (47) 3249-2700
Ipê Indústria e Comércio de Pescados Ltda	R: Henrique Daurer, 273 Barra do Rio CEP 88305-520	(47) 3348-0902 (47) 3348-1146
Mar Azul Pescados	R: Theodoro lino Régis, 855 Murta	(47) 3246-2055
Gomes da Costa Alimentos S/A	R: Eugênio Pezzini, 500 Murta CEP 88375-000	(47) 3341-2616 (47) 3341-2600
Vitalmar Com. Ind. De Pescados Ltda	R: David Adão Schmidt, 620 Barra do Rio	(47) 3348-1543 (47) 3346-1770
Comércio e Ind. De Pescados Kowalsky Ltda	R: César Augusto Dalcoquio, 2020 Salseiros CEP 88311-150	(47) 3341-0733 (47) 3341-0707
Mares do Sul Ind. E Com. De Pescados Ltda	R: Teodoro Lino Regis, 855 Murta CEP 88311-320	(47) 3246-4264 (47) 3246-2055
Riopesca Ind. Com. De Pescados Ltda	R: Eugênio Pezzini, 100 Murta CEP 88311-000	(47) 3346-1942
Caori Ind. Com. Imp. Exp. Pescados Ltda	R: David Adão Schimidt, 455 Barra do Rio CEP 88305-400	(47) 3346-1214
Açupesca Indústria e Comércio de Pecados	Av. Prefeito Paulo Bauer, 720 Centro	(47) 3348-5557
Brasilmar Ind. e Com. Pescados Ltda	R: Eugênio Pezzini, 560 Cordeiros CEP 8831-000	(47) 3346-2266
David Gregório Neto Ind. Pescados Ltda	R:Dr. Reinaldo Schmithausen, 888	(47) 3346-1033

Quadro 8 – Relação das empresas pesquisadas que utilizam amônia nos sistemas de refrigeração

Fonte: Do autor.

6.2 DESCRIÇÃO DO SISTEMA

De acordo com Trindade *et. al.* (2005) a gama de utilização da amônia como agente refrigerante é de -35°C a 0°C . Tal faixa de temperatura é conveniente para as indústrias de pescado, que estocam os seus produtos em duas condições de temperatura, entre 0°C e 1°C para o resfriamento e de -30°C a -18°C para o congelamento dos produtos. (APPCC, 2000).

Como ficou evidenciado no capítulo 4, os sistemas de refrigeração por amônia, nas suas diversas aplicações, possuem muitas similaridades. O princípio de funcionamento do ciclo, a disposição dos equipamentos na planta industrial, a localização centralizada da sala de máquinas, composta pelos equipamentos de alta pressão do sistema, a torre de resfriamento instalada na parte superior, e os requisitos de segurança exigidos são apenas alguns exemplos que corroboram a asserção supracitada.

Os sistemas de refrigeração por amônia utilizados nas indústrias de pescado, contudo, apresentam algumas singularidades, que os distinguem dos demais segmentos congêneres. Como são adotados preferencialmente por empresas de grande porte, devem ser constituídos por vários compressores, condensadores e evaporadores, tornando o processo mais complexo. Como regra, os sistemas de compressão são do tipo duplo estágio, cujo mecanismo será explicado adiante. Além disso, possuem uma uniformidade quanto aos tipos de equipamentos. Segundo Martins (2008) os compressores preponderantemente adotados são do tipo alternativo, subsistindo, entretanto, alguns do tipo parafuso.

O sistema apresentado a seguir refere-se ao adotado na Indústria de Pescados Kowalsky Ltda. A amônia anidra, em virtude de suas propriedades termodinâmicas favoráveis, é o agente que percorre todo o sistema e proporciona, finalisticamente, a redução da temperatura no interior da câmara frigorífica. Optou-se por iniciar a descrição do processo pelo tanque de armazenamento principal, denominado recipiente de líquido (figura 8), que possui um volume correspondente a 4000 litros. A empresa possui dois destes tanques, instalados à mesma altura, que se comunicam diretamente por meio de uma tubulação horizontal. Por uma questão prática, será considerada a participação de apenas um dos tanques no processo, haja vista os dois exercerem a mesma função.

A substância é mantida no interior do referido cilindro a uma pressão e temperatura aproximadas de, respectivamente, 13 bar e 27°C. (GUILHERME, 2008). Dada a elevada pressão a que é submetida, a amônia apresenta-se liquefeita. O controle da pressão interna é feito por um manômetro instalado na parte superior do tanque, conforme ilustra a figura 9.



Foto 8 – Recipiente de líquido

Fonte: Do autor



Foto 9 – Manômetro instalado no recipiente de líquido

Fonte: Do autor

O recipiente é dotado ainda de diversas válvulas de controle de fluxo, que podem ser visualizadas na foto 10. Como dispositivo de segurança, existe uma válvula de alívio. Seu acionamento se dá quando a pressão no interior do cilindro atinge pressões próximas a 18 bar. (MAFRA, 2008). A válvula de segurança é apresentada, em vermelho, na foto 11.



Foto 10 – Válvulas de controle de fluxo presentes no recipiente de líquido

Fonte: Do autor



Foto 11 – Válvula de segurança

Fonte: Do autor

Fugas de amônia são decorrentes de processos de drenagem, procedimentos de limpeza e eventuais vazamentos inopinados. Sua quantidade no sistema, portanto, deve ser monitorada

constantemente. Para tal desígnio adota-se um tubo delgado adjacente ao tanque (foto 12) que, por meio de um sistema de válvulas, permite o controle do nível de amônia no recipiente. A leitura visual de sua graduação indica quando o nível de amônia está abaixo do normal, exigindo a reposição imediata.



Foto 12 – Medidor do nível de amônia

Fonte: Do autor

Para o reabastecimento, conecta-se a mangueira (foto 13) que fica permanentemente acoplada à extremidade da tubulação (foto 14) aos cilindros móveis contendo amônia líquida sob pressão (foto 15).



Foto 13 – Mangueira utilizada na reposição de amônia no sistema

Fonte: Do autor



Foto 14 – Detalhe da conexão da mangueira à extremidade da tubulação

Fonte: Do autor



Foto 15 – Cilindros que armazenam amônia líquida pressurizada

Fonte: Do autor

No reabastecimento a amônia ingressa diretamente num segundo tanque, usualmente conhecido por separador de líquido. É a este mesmo tanque que o recipiente de líquido é interligado. A denominação deve-se ao fato de a amônia coexistir em duas formas físicas em seu interior. A amônia sob pressão oriunda do recipiente de líquido permanece no fundo, por ser mais densa. A parte superior, por sua vez, é ocupada por uma porção gasosa, proveniente do evaporador, que será tratado posteriormente. O referido cilindro situa-se no interior da sala de máquinas. A foto 16 apresenta a localização do separador de líquido em relação ao recipiente de líquido (a) e os detalhes do tanque na face voltada para o interior da sala de máquinas (b).



Foto 16 – Separador de líquido

Fonte: Do autor

Dois processos ocorrem simultaneamente no interior do separador de líquido, quais sejam, a sucção da porção gasosa por um compressor e a propulsão da parte líquida por uma bomba, em direção aos evaporadores. Será explicado inicialmente o que ocorre com o gás, de forma a conferir uma seqüência lógica ao processo. A amônia gasosa, oriunda do evaporador, encontra-se a uma pressão e temperatura de evaporação, de, respectivamente 2,5 bar e -30°C . (GUILHERME, 2008).

Conforme mencionado na parte inicial deste tópico, os sistemas de refrigeração por amônia são de duplo estágio, que se caracterizam pela presença de dois tipos de compressão, a saber, de alta e de baixa. Conectado à parte superior interna do separador de líquidos encontra-se um sistema de compressores de baixa. O gás é succionado do evaporador por estes equipamentos, que o descarregam a uma pressão ligeiramente superior a de evaporação e a uma temperatura de aproximadamente 50°C . (MAFRA, 2008). É neste quesito que reside a importância do estágio duplo para sistemas de refrigeração por amônia. Se existisse apenas um tipo de compressor, a temperatura de compressão adiabática a ser atingida para elevar o fluido refrigerante da pressão de evaporação à pressão de condensação seria muito alta, o que inviabilizaria o processo. Os compressores de baixa podem ser verificados ao fundo da sala de máquinas na foto 17.



Foto 17 – Compressores de baixa (últimos dois ao fundo da sala de máquinas)

Fonte: Do autor

Dos compressores de baixa o fluido, ainda no estado gasoso, segue para um equipamento chamado resfriador intermediário (RI), que serve justamente para arrefecer o gás descarregado pelos compressores de baixa. A pressão no interior do RI encontra-se num valor intermediário entre a pressão de evaporação e a pressão de condensação, e a temperatura é de cerca de 30°C. (MAFRA, 2008). A foto 18 ilustra o resfriador intermediário.



Foto 18 – Resfriador intermediário

Fonte: Do autor

Desta etapa, o gás é succionado pelos compressores de alta (foto 19), que são responsáveis por elevar a pressão do gás até valores próximos a 13 bar, conferindo-lhe as condições termodinâmicas propícias da condensação, que constitui a fase seguinte. A temperatura de

descarga adiabática é de cerca de 98°C (MAFRA, 2008). Por ser considerada alta, requer o resfriamento com água do cabeçote do compressor e dos cilindros. (HENSE, 1999, p.35).



Foto 19 – Compressores de alta

Fonte: Do autor

Mesmo com o incremento de pressão proporcionado pelos compressores de alta, a amônia é descarregada ainda gasosa. Sua condensação efetiva ocorre nas torres de resfriamento – composta pelos condensadores –, para onde o compressor impele a substância. Os condensadores localizam-se acima da casa de máquinas. A foto 20 apresenta a tubulação ascendente que conduz o refrigerante do compressor até os condensadores.



Foto 20 – Tubulação que liga o compressor à torre de resfriamento

Fonte: Do autor

O condensador é formado geralmente por uma série de tubos de diâmetro diversos, unidos em curvas, podendo ser dotados exteriormente de hélices que garantem um mais perfeito aproveitamento das superfícies de contato. É resfriado por uma corrente de água em seu exterior. (NOTA TÉCNICA N° 03, 2004).

Nos referidos equipamentos ocorre o abaixamento da temperatura do gás, por meio da circulação de água externamente às serpentinas em que circula o gás. Como está submetido a uma alta pressão, o resfriamento precipita a liquefação do gás. Ocorre uma transferência de calor do gás quente para o meio de condensação (água). Os condensadores podem ser vislumbrados na foto 21.



Foto 21 – Torre de resfriamento

Fonte: Do autor

A amônia, agora sim líquida, retorna por meio de tubulações para o recipiente de líquido, e de lá ingressa novamente no separador de líquido. Entra em cena agora a porção líquida do refrigerante. Um sistema composto por duas bombas (foto 22) conectadas à parte inferior interna do separador impele a amônia líquida, por meio de tubulações (foto 23), em direção ao evaporador, localizado no interior das câmaras frigoríficas.



Foto 22 – Bombas que impulsionam a amônia líquida até os evaporadores

Fonte: Do autor



Foto 23 – Tubulações que conduzem a amônia líquida até os evaporadores

Fonte: Do autor

Antes de ingressar efetivamente no evaporador, a amônia líquida passa por uma válvula de expansão (ou controle de fluxo do refrigerante), cuja visualização não é possível por estar a referida válvula embutida no sistema.

A presença da válvula destina-se a conferir à amônia as propriedades termodinâmicas propícias da evaporação. O processo que ocorre na válvula de expansão é adiabático irreversível. Adiabático pois não há troca de calor através da tubulação e irreversível pois não há rendimento de trabalho. Como não há trocas de calor ao expandir, o líquido vaporiza parcialmente para diminuir sua temperatura até a temperatura em equilíbrio com a pressão mais baixa reinante no evaporador (temperatura de evaporação). (HENSE, 1999).

A amônia entra líquida, portanto, no evaporador, porém à pressão de vaporização. A reduzida pressão presente no evaporador induz o abaixamento da temperatura da amônia até uma temperatura compatível com a pressão do evaporador, de cerca de 2,5 bar. A temperatura da amônia nestas condições é de aproximadamente -30°C . Ela circula nas serpentinas de que são dotados os evaporadores e absorve o calor do meio (câmara frigorífica), propiciando assim a refrigeração dos produtos (pescados) lá estocados. A foto 24 apresenta o evaporador, instalado no interior da câmara frigorífica.



Foto 24 – Evaporador (instalado no interior da câmara frigorífica)

Fonte: Do autor

Do evaporador o refrigerante à baixa pressão segue para o separador de líquido, succionado pela linha (tubo) de admissão do compressor de baixa, sem mudar suas condições. (HENSE, 1999). Neste momento o ciclo se encerra.

6.3 PONTOS VULNERÁVEIS DO SISTEMA

Segundo o que se constatou do relato dos técnicos de refrigeração da empresa, e das observações efetuadas em campo, é possível afirmar que a maior suscetibilidade a ocorrência de vazamentos se dá na zona de alta pressão do sistema, especialmente nos compressores de alta, nas bombas, no recipiente de líquido e nos condensadores.

Como a amônia se encontra no estado líquido na maior parte destes equipamentos, em virtude da elevada pressão a que fica submetida, sua liberação para a atmosfera, num eventual vazamento, acarretaria uma taxa de expansão de 254 vezes, na medida em que a mudança de fase de líquido para gás é praticamente instantânea na instauração da nova condição termodinâmica. Este incremento substancial de volume constitui um fator agravante na ocorrência do vazamento, porquanto a nuvem de gás tóxico formada pode, em tais ocasiões, ocupar grandes espaços, além dos limites da unidade industrial, atingindo áreas habitadas e colocando em risco a saúde dos moradores.

Mesmo representando uma possibilidade mais remota, a incidência de vazamento nos elementos de menor pressão do sistema, tais como os evaporadores e a tubulação de retorno

para o separador de líquidos, não pode ser descartada. As considerações para a análise pretendida devem levar em conta não apenas os fatores intrínsecos ao ciclo da amônia, como pressão e temperatura internas às tubulações e equipamentos, mas também a atuação de agentes externos, tanto ambientais como resultantes da intervenção humana, pois estes podem contribuir para precipitar um vazamento.

6.4 PRINCIPAIS CAUSAS DE VAZAMENTO

Mafra (2008), em concordância com o que prescreve a Nota Técnica nº03 (2004), assevera que as principais causas de vazamentos são falhas no projeto do sistema e danos aos equipamentos provocados pelo calor, corrosão ou vibração, assim como por manutenção inadequada ou ausência de manutenção de seus componentes, como válvulas de alívio de pressão, compressores, condensadores, vasos de pressão, equipamento de purga, evaporadores, tubulações, bombas e instrumentos em geral. Observa ainda que mesmo os sistemas mais bem projetados podem apresentar vazamentos de amônia, se operados e mantidos de forma precária.

De acordo com o supracitado documento, são freqüentes os vazamentos causados por:

- abastecimento inadequado dos vasos;
- falhas nas válvulas de alívio, tanto mecânicas quanto por ajuste inadequado da pressão;
- danos provocados por impacto externo por equipamentos móveis, como empilhadeiras;
- corrosão externa, mais rápida em condições de grande calor e umidade, especialmente nas porções de baixa pressão do sistema;
- rachaduras internas de vasos nos (ou próximos aos) pontos de solda;
- aprisionamento de líquido nas tubulações, entre válvulas de fechamento;
- excesso de líquido no compressor;
- excesso de vibração no sistema, que pode levar à sua falência prematura.

Capítulo 7

7 PROCEDIMENTOS DE EMERGÊNCIA EM CASO DE VAZAMENTO

Por uma questão estratégica, grande parte das empresas de pesca de Itajaí estão instaladas às margens do rio Itajaí-Açu. Com as maiores, que utilizam amônia nos seus sistemas de refrigeração, não é diferente. Por estarem localizadas em áreas muitas vezes densamente povoadas, os riscos oriundos de um eventual vazamento são potencializados.

Pretende-se, neste capítulo, estabelecer uma seqüência de procedimentos a serem adotados na hipótese da ocorrência acima descrita. As recomendações são de cunho geral, e se propõem a nortear as ações dos bombeiros militares tanto durante o acionamento à emergência como também na cena do acidente.

O embasamento reunido para as ações preconizadas neste capítulo constitui-se de todo referencial teórico exposto nos capítulos anteriores, da consulta aos manuais e fichas referentes ao atendimento a emergências com produtos perigosos, do reconhecimento *in lócus* do funcionamento e das vulnerabilidades do sistema, das informações prestadas pelos engenheiros, técnicos de refrigeração e de segurança das empresas, dos relatos das guarnições que atenderam ocorrências de vazamento com amônia e da percepção do autor diante de todo o processo.

Guilherme e Mafra (2008) são enfáticos ao afirmar que as empresas que manipulam amônia nos sistemas de refrigeração possuem planos de ação e mecanismos de segurança que as permitem controlar vazamentos de pequeno vulto. Tais eventos constituem incidentes com produtos perigosos. Admitem, porém, a ocorrência de vazamentos que extrapolam a capacidade da empresa de contornar os efeitos do sinistro, sendo imperativo o acionamento imediato dos órgãos de emergência. É neste momento que se efetua a chamada para a Central de Operações do Bombeiro Militar (COBOM) do município de Itajaí.

De forma a conferir maior praticidade às recomendações, adotar-se-á uma seqüência de procedimentos, estabelecidos segundo uma ordem lógica, pautada no que prescrevem os Manuais e fichas atinentes ao atendimento a emergências com produtos perigosos. Toma-se

como referência os supracitados documentos em virtude da maior facilidade de acesso a eles por parte das corporações de bombeiro militar, uma vez que protocolos específicos para o atendimento à modalidade de ocorrência estudada muitas vezes não são disponibilizados ou constituem planos exclusivos das empresas.

7.1 RECEBIMENTO DA CHAMADA NO COBOM

O despachante que receber a ligação, após tomar ciência do evento de que se trata, deverá, primeiramente, recomendar calma ao solicitante e, em seguida, tentar coletar o maior número de informações possível, tais como: (a) o local exato da ocorrência e as formas de acesso; (b) a magnitude do evento (extensão do vazamento); (c) a existência de vítimas (pessoas contaminadas) no local.

O próprio operador, diante da situação repassada pelo informante, poderá recomendar algumas medidas preliminares de proteção, como o isolamento de áreas atingidas, a serem implementadas pelo próprio pessoal responsável pela segurança da empresa. Ato contínuo, acionará os recursos necessários disponíveis primeiramente nas unidades do município. Partindo-se do pressuposto de que o acidente é de grandes proporções, necessariamente deverão ser mobilizados o caminhão de resgate (ABTR), o caminhão tanque (ABT) e ambulâncias de emergência (ASU).

7.2 DESLOCAMENTO PARA O LOCAL DA EMERGÊNCIA

Já durante o deslocamento deve-se ponderar acerca de alguns fatores determinantes na forma de abordagem ao acidente, como condições climáticas e horário da ocorrência, bem como da possibilidade de agravamento da situação. Ademais, manter comunicação constante com a Central de Operações. Em consonância com as deliberações do comandante das equipes de emergência, poderão ser acionados recursos adicionais, tanto corporativos quanto de outros órgãos também. Como já se terá conhecimento prévio sobre o tipo de produto envolvido, é conveniente a leitura da guia correspondente à substância no Manual da ABIQUIM, pois as informações ali contidas poderão ser fundamentais para orientar os primeiros procedimentos no local da ocorrência, mesmo que se destinem apenas ao nível de advertência.

7.3 CHEGADA AO LOCAL DA OCORRÊNCIA

A aproximação da área industrial atingida pelo vazamento deve ser realizada com toda a cautela. Recomenda-se o estacionamento das viaturas a uma distância mínima de 100m do local do vazamento. Tal medida visa à segurança dos bombeiros empregados na operação. Caso seja possível, em função da localização das instalações industriais de refrigeração, deve-se contatar o pessoal especializado da empresa, como engenheiros e técnicos de refrigeração e segurança, para que se tenha um panorama fidedigno da situação. É nesta etapa que se realiza a identificação do problema.

7.4 AVALIAÇÃO E DIMENSIONAMENTO REAL DA CENA

Esta etapa deve ser precedida pela consulta ao pessoal especializado da empresa. Diante do quadro apresentado por estes profissionais e da criteriosa análise da situação efetuada pelo comandante da operação, pode-se proceder à correta avaliação e dimensionamento da cena. É nesta etapa que se realiza a análise de riscos, levando-se em conta tanto os tipos de ameaça presentes no local quanto os elementos vulneráveis. Assim, dependendo da gravidade da situação constatada, poderá ser premente o acionamento de órgãos de apoio, bem como a consulta a instituições de química e de transporte do produto. Do Walle (2008), aponta os principais órgãos do município de Itajaí que poderão ser acionados ou consultados, em função da extensão do vazamento.

- (a) Coordenadoria de Trânsito (CODETRAN) - fone: 153;
- (b) Polícia Militar (PM) - fone: 190;
- (c) Defesa Civil - fone: 199;
- (d) Imprensa local, para informar a população e auxiliar nos serviços de evacuação;
- (e) Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU) - fone: 192;
- (f) Hospitais locais: Hospital Marieta K. Bornhausen (fone: (47) 3348-3811), Hospital Onere. Pequeno Anjo (fone: (47) 3249-5300);
- (g) Órgãos ambientais – Fundação do Meio Ambiente de Itajaí (FAMAI) (fone: (47) 3348-8031); Coordenadoria de Desenvolvimento Ambiental (CODAM) (fone: 3246-1904); Escritório Regional do IBAMA em Itajaí (fone: (47) 3348-1204).
- (h) Empresas transportadoras do produto, tais como a Dalçoquio;
- (i) Institutos/Associações de Química, como é o caso da ABIQUIM - fone: 0800 11 8270.

Deve-se frisar que os órgãos ambientais invariavelmente devem ser contatados, pois lhes compete a função primordial de avaliar as implicações decorrentes do vazamento e realizar ações que visem a diminuir os impactos negativos ao meio ambiente.

7.5 ISOLAMENTO/EVACUAÇÃO DA ÁREA

Qualquer operação envolvendo produtos perigosos requer cuidados redobrados no que diz respeito à segurança, seja dos populares e pessoas que se encontram nas proximidades do acidente, seja dos próprios profissionais de emergência. Dentre os aspectos relativos à segurança encontra-se o isolamento da área, que em outras palavras significa delimitar o acesso a pessoas que não estarão participando da operação.

Este isolamento é proporcional aos riscos oferecidos pelo evento, sendo que o tipo de produto envolvido e a magnitude dos efeitos advindos do sinistro constituem fatores preponderantes na decisão do comandante da operação.

Segundo Do Walle (2008), para o isolamento da área podem ser utilizados cones, fitas zebreadas e as próprias viaturas. Os órgãos que devem preferencialmente realizar estas ações são a Polícia Militar e a Guarda Municipal.

Para a hipótese de grandes vazamentos com amônia, o Manual da ABIQUIM recomenda um isolamento mínimo, em todas as direções, de 95 metros. A área interna à delimitação deste raio representa, em tese, a zona contaminada (ou área de risco). O acesso à área pré-estabelecida deve ser restrito aos profissionais de emergência, sendo vedado às demais pessoas presentes na cena. Ainda segundo o que consta do Manual da ABIQUIM, deve-se realizar uma evacuação de 300 metros e 800 metros para os vazamentos que ocorram, respectivamente, de dia e de noite. É importante salientar que esta distância é contada a partir do local do vazamento, e na direção predominante do vento. Deve-se levar em conta também a velocidade do vento. É uma forma de resguardar a saúde das pessoas que residem nas imediações da indústria.

7.6 INTERVENÇÃO DIRETA: SALVAMENTO/CONTENÇÃO

Após realizadas todas as medidas anteriores, necessárias para controlar os riscos presentes na cena e garantir a segurança das pessoas envolvidas (funcionários, moradores da região e equipes de emergência), deve-se passar para o passo seguinte, qual seja, a intervenção direta.

Tal procedimento só será implementado se as condições do evento e os equipamentos de segurança disponíveis permitirem a configuração de uma operação segura, na qual todos os riscos sejam aceitáveis. Esta etapa destina-se à busca e salvamento de pessoas que porventura se encontram na área de risco (capazes ou impossibilitadas de locomoção) e ações de contenção de vazamentos, ou seja, o fechamento de válvulas e outras ações efetivas.

Se forem adequadamente supervisionados pelo pessoal especializado na segurança e refrigeração da empresa, os bombeiros militares poderão adotar medidas relativas ao nível de técnico em produtos perigosos, condição em que ingressam na área contaminada (zona de risco).

Antes de se iniciar o atendimento na área contaminada, deve-se garantir a segurança do efetivo bombeiro que irá atuar. Tendo em vista os efeitos nocivos provocados pelo contato direto com a substância amônia, seja por qualquer via, tratados no capítulo específico sobre a substância, é imprescindível que os profissionais bombeiros militares que vão executar as tarefas de resposta estejam devidamente equipados.

Para proteção à pele e às mucosas recomenda-se a utilização de uma vestimenta de proteção completamente encapsulada, de PVC, que não permita o contato direto da substância com o corpo humano. Para a proteção respiratória, faz-se necessário a utilização de um equipamento autônomo de respiração positiva ou com ar mandado. Máscaras com filtros mecânicos, uma vez que não se ajustam a roupas de proteção com encapsulamento total, seriam ineficazes neste caso. Indica-se, portanto, a utilização dos acessórios que compõem o nível de proteção A para a intervenção a esta modalidade de ocorrência.

Há um princípio em atendimento a ocorrências com produtos perigosos que preconiza que nunca se deve trabalhar sozinho em acidentes desta natureza. Seria no mínimo temerário assim proceder, uma vez que existe a possibilidade de o agente perder o contato visual com os

demais membros da equipe, e, se acometido de algum mal-súbito ou de qualquer outra lesão em razão dos riscos, não terá a quem recorrer. Logo, a equipe mínima deverá ser composta por dois (2) profissionais, devidamente equipados.

Caso sejam encontradas, nas diligências de busca e salvamento, pessoas com suspeita de intoxicação ou queimaduras pelo corpo, devem ser imediatamente conduzidas para as equipes de emergência médica. O Manual da ABIQUIM, na guia 125, estabelece as seguintes providências a serem tomadas para o socorro das vítimas por parte das equipes de emergência:

- remover a vítima para o ar fresco. Solicitar assistência médica de emergência;
- se a vítima não estiver respirando, aplicar respiração artificial. Não realizar respiração boca-a-boca caso a vítima tenha inalado ou ingerido o produto. Para estes casos, utilizar máscara ou outro sistema de respiração adequado. Se a respiração estiver difícil, administrar o oxigênio;
- em caso de contato, lavar a pele com água corrente por, pelo menos, 20 minutos;
- remover e isolar roupas e calçados contaminados;
- manter a vítima aquecida, imóvel e sob observação. Os efeitos podem não ser imediatos;
- em caso de contato com o gás liquefeito, aquecer a área afetada com água morna;
- certificar-se de que a equipe médica está ciente dos riscos do produto e que tomaram as medidas adequadas para sua proteção.
- no caso de os olhos serem atingidos, lavar abundantemente com água pelo menos durante 15 minutos e procurar imediatamente os serviços médicos de urgência. O atendimento imediato é fundamental. Os primeiros 10 segundos são críticos para prevenir cegueira; não permitir que a vítima feche ou mantenha os olhos fechados. Levantar suavemente as pálpebras e lave imediatamente com água, continuando a enxaguar com grande quantidade de água para permitir a máxima remoção do produto. Após esses cuidados encaminhar imediatamente ao médico oftalmologista.

Após a verificação de que não há mais vítimas na área contaminada, deve-se dirigir os esforços para a contenção do vazamento. Duas medidas podem ser tomadas concomitantemente às ações de contenção, quais sejam, a montagem de uma linha de combate a incêndio a uma distância segura da área de concentração perigosa de gás e a aplicação de ventilação direcionada à área do vazamento. A ventilação favoreceria a dispersão do gás, e a aplicação de jato neblinado, em face da alta solubilidade da amônia em água, diminuiria consideravelmente a concentração da substância no ambiente. É prudente assinalar que são medidas de caráter técnico, devendo ser avaliadas por pessoal especializado.

Como já foi discutido no capítulo anterior, a maior vulnerabilidade a ocorrências de vazamento ocorre na zona de alta pressão do sistema, como no compressor, condensador, etc.

Contudo, será apresentado um mecanismo de fechamento de válvulas para o vazamento em qualquer parte do sistema, mesmo que seja remota a possibilidade de vazamento naquele ponto.

O mecanismo proposto fundamenta-se na compreensão do sistema da forma como ele é, ou seja, um ciclo, tendo por base a interrupção do fluxo de entrada e o favorecimento do fluxo de saída de determinado equipamento ou tubulação em que esteja ocorrendo o vazamento, de modo a se obter uma redução gradual da quantidade de gás (ou líquido) no ponto de fuga. Salienta-se que na maioria dos casos haverá a presença de um técnico especializado orientando as ações dos bombeiros, indicando, por exemplo, a válvula a ser fechada, ou o procedimento a ser tomado. É forçoso mencionar, contudo, que em algumas situações, seja pela magnitude do evento, seja pela falta de equipamentos apropriados para o técnico, sua aproximação não será possível, caso em que o conhecimento do mecanismo do sistema é fundamental para a atuação do bombeiro militar.

7.6.1 Vazamento no recipiente de líquido

Nesta hipótese de vazamento, é importante que se mantenha o sistema funcionando no sentido do fluxo de saída do tanque. Caso haja alguma câmara parada, recomenda-se sua reativação (por meio da abertura de válvulas nas tubulações que se direcionam às câmaras desativadas), pois isto incrementaria a vazão de saída do equipamento. Concomitantemente, deve-se efetuar o fechamento das válvulas das tubulações de retorno para o tanque, como a válvula da tubulação que liga a torre de resfriamento ao recipiente de líquido, mostrada na foto 25. Tais medidas redundariam no abaixamento do nível de amônia no recipiente.



Foto 25 – Válvula a ser fechada no caso de um vazamento no recipiente de líquido

Fonte: Do autor

7.6.2 Vazamento no separador de líquido

Neste caso, o mais correto é fechar as válvulas dos equipamentos e tubulações que dirigem a amônia para o tanque, como a apresentada na foto 26. Esta é uma das válvulas presentes na interligação entre o recipiente e o separador de líquido. A outra, com a mesma função, pode ser verificada na foto 27. A válvula presente na tubulação que conduz a amônia gasosa dos evaporadores para o separador de líquido também deve ser fechada. O fluxo de saída do tanque, por meio do compressor e das bombas, deve ser mantido aberto, de forma a promover uma diminuição gradual da quantidade de amônia no cilindro. Expedientes como a reativação de câmaras ociosas também são indicados para vazamentos nesta parte do sistema.



Foto 26 – Válvula a ser fechada no caso de um vazamento no separador de líquido

Fonte: Do autor



Foto 27 – Válvula a ser fechada no caso de um vazamento no separador de líquido

Fonte: Do autor

7.6.3 Vazamento no compressor

O vazamento em qualquer dos compressores requer o seu desligamento imediato. Isto é possível apertando-se o botão da chave geral (fotos 28 e 29) localizada na própria sala de máquinas, ao fundo. A desativação na chave geral implica o desligamento de todos os equipamentos presentes no recinto, tais como compressores, bombas, etc.



Foto 28 – Vista dos fundos da sala de máquinas

Fonte: Do autor



Foto 29 – Detalhe para a localização da chave geral

Fonte: Do autor

7.6.4 Vazamento na bomba

O procedimento é similar ao adotado no caso de vazamento nos compressores. Porém, além da opção de se desligar a chave geral, pode-se fechar a válvula intermediária entre o separador de líquido e a bomba, pois também surtiria efeito no que diz respeito à interrupção do fluxo de líquido para o equipamento.

7.6.5 Vazamento na torre de resfriamento

Deve-se também desligar o compressor (na chave geral), pois o compressor impele a amônia para os condensadores. Desta forma, interrompe-se a vazão de entrada na torre de resfriamento. O mesmo propósito pode ser atingido fechando-se a válvula de entrada localizada no próprio equipamento (condensador). Ato contínuo, fecha-se a válvula de saída para o recipiente de líquido. Assim, vai vazar apenas o conteúdo remanescente do condensador que, pelo fato de encontrar-se num local alto e aberto, vai permitir que o gás vazado se disperse no ar. A foto 30 mostra a válvula de entrada (acima) e a válvula de saída do condensador.



Foto 30 – Condensador com destaque para as válvulas de entrada e de saída
 Fonte: Do autor

7.6.6 Vazamento na tubulação

Recomenda-se, nesses casos, o fechamento da válvula anterior mais próxima, como exemplificado na foto 31. Restaria vazando apenas o conteúdo presente no trecho da tubulação compreendido entre a válvula e o ponto de vazamento. Outra maneira de conter o vazamento nesta parte do sistema seria pelo fechamento das válvulas localizadas na saída da bomba, mostradas na foto 32, o que interromperia o fluxo para as tubulações que se dirigem para os evaporadores.



(a)



(b)

Foto 31 – Válvulas de fechamento de fluxo localizadas em diferentes pontos (a) e (b) da tubulação

Fonte: Do autor



Foto 32 – Válvulas de saída da bomba

Fonte: Do autor

7.6.7 Vazamento no evaporador (câmara frigorífica)

O procedimento neste caso seria semelhante ao preconizado no item anterior. Fechar válvulas presentes na tubulação imediatamente anterior à entrada do evaporador, e, ao mesmo tempo, fechar as válvulas de saída da bomba ou mesmo desligar a bomba na chave geral.

7.7 MONITORAMENTO ATMOSFÉRICO

Após realizar as operações de fechamento de válvulas ou outros meios de contenção do vazamento, deve-se deixar a quantidade remanescente do gás (ou do líquido) vazando. Neste ínterim, é importante que se mantenha um monitoramento da concentração do gás amônia no ambiente. Para tanto, é necessário que as equipes de bombeiro possuam equipamentos de detecção e monitoramento de amônia, para não depender da presença de tais equipamentos nas instalações industriais, haja vista que poucas empresas da área de estudo possuem tais dispositivos de segurança, conforme se observou em campo. A liberação da área para os reparos necessários no equipamento danificado somente deverá ocorrer após a aferição de uma concentração aceitável para o ser humano no ambiente, menor que 5 ppm.

7.8 RECOLHA DO PRODUTO

A retenção do produto vazado é uma medida que visa à redução dos impactos ambientais. É responsabilidade da própria empresa em que ocorreu o acidente.

Pequenos vazamentos teriam pequeno potencial para causar impacto ambiental, pois a própria umidade do ar se encarregaria de reduzir rapidamente a concentração do gás.

Os efeitos ambientais mais graves seriam causados por vazamentos com grandes volumes do gás, uma vez que a área de alcance da nuvem tóxica é muito maior, e, dependendo da velocidade e direção do vento, pode atingir ecossistemas e comprometer o equilíbrio ambiental.

A amônia, em virtude de suas propriedades químicas, pode ser solubilizada pela aplicação de água, em casos de vazamento; para proteger o meio ambiente nestes casos, é necessário reter a água utilizada, direcionando-a para um tanque de retenção, onde será efetuada a equalização do resíduo.

7.9 DESCONTAMINAÇÃO

Concluídas as operações de intervenção, monitoramento e recolha do produto, deve-se realizar a descontaminação dos materiais empregados na operação, molhando-se abundantemente com água os vestuários e o aparelhos de proteção respiratório, nunca esquecendo de se reter a água residual.

7.10 FINALIZAÇÃO DA OCORRÊNCIA

Antes da retirada do local e encerramento da ocorrência por parte do bombeiro militar e demais agências envolvidas, são necessárias consultar um perito na substância amônia, bem como um órgão ambiental, de modo a se ter uma avaliação mais criteriosa da situação e dos possíveis desdobramentos. O ressarcimento dos materiais utilizados e de eventuais equipamentos danificados na operação é responsabilidade da própria empresa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante de tudo o que foi exposto, algumas constatações são evidentes. O crescimento da indústria pesqueira do município de Itajaí é um fenômeno irreversível. Cada vez mais, grandes empresas do ramo irão se instalar no município, incrementando, desta forma, os riscos associados a acidentes e vazamentos. E acompanhando este processo estará a ampliação do emprego da substância amônia nos sistemas de refrigeração, pelas vantagens comerciais que apresenta.

Como a inércia e o descaso com questões relacionadas à segurança e proteção ao meio ambiente são uma constante em nosso país, o desenvolvimento do setor pode não ser acompanhado pela implementação de novos e mais sofisticados requisitos de segurança por parte das empresas, que muitas vezes negligenciam estes aspectos em prol da competitividade e da redução dos custos.

Diante deste cenário incerto, é imprescindível que os órgãos responsáveis pelo atendimento a emergências desta natureza, como é o caso do Corpo de Bombeiros Militar, estejam sempre preparados para atuar, tanto na prevenção quanto na intervenção dos acidentes. Para que esta realidade se estabeleça no município de Itajaí, algumas recomendações são apresentadas:

- No que tange à composição de uma estrutura operacional adequada para o atendimento a vazamentos com amônia e demais produtos perigosos recomenda-se a aquisição de roupas de proteção nível A, de forma a resguardar a saúde do bombeiro militar contra os efeitos do gás, como queimaduras, intoxicação, entre outros. É justamente neste aspecto que reside a principal queixa dos bombeiros do município, a falta de uma vestimenta adequada para as ações de aproximação à área de concentração perigosa de gás. O atendimento muitas vezes é feito na base do improvisado, em detrimento da preservação da integridade física do profissional. Preconiza-se uma configuração mínima de quatro kits completos, incluindo roupa completamente encapsulada e equipamento de proteção respiratória, para garantir uma margem de reserva quando algum deles necessitar de reparos;

- Ainda na mesma linha do item anterior recomenda-se a aquisição de equipamentos de detecção e monitoramento de amônia. O ideal é que o aparelho possibilite também a leitura da

concentração de outros gases nocivos, concorrendo para a versatilidade de seu emprego e otimização do investimento. Embora algumas normas de segurança específicas de instalações com amônia prescrevam a implantação de equipamentos nas empresas, o que se verificou nas visitas às indústrias da área de estudo é que grande parte não possui tais mecanismos de segurança, delegando esta função para o empirismo dos técnicos e funcionários quando percebem um sensível odor do produto no ambiente. Tal expediente é condenável, pois expõe desnecessariamente a saúde dos trabalhadores aos efeitos deletérios da substância;

- Uma forma de se viabilizar as aquisições supracitadas, em face dos altos custos dos equipamentos, é buscar firmar parcerias e convênios com as empresas do setor. Estas poderiam equipar adequadamente os quartéis de bombeiro militar de Itajaí no tocante a estrutura de atendimento a produtos perigosos, com a contrapartida de um atendimento eficaz, mitigando ao máximo os prejuízos decorrentes do vazamento;

- Os bombeiros militares devem se atentar para as especificidades de cada município em que atuam, pois, assim, estarão preparados para efetuar medidas corretivas. Para tanto, é fundamental que conheçam ou determinem os riscos específicos ou relevantes da região. No que diz respeito à preparação das equipes de bombeiro no atendimento a produtos perigosos, especificamente da substância amônia, no município de Itajaí, é forçoso que os bombeiros que atuam na área operacional tenham um conhecimento prévio dos sistemas de refrigeração, de modo a se familiarizarem com o ambiente e suas particularidades. Estes conhecimentos poderão auxiliá-los nas diligências quando se depararem com uma ocorrência dessa natureza;

- É indicado a elaboração de um calendário de visitas periódicas às empresas foco do trabalho. O contato freqüente com o pessoal especializado e a observação direta facilitarão a compreensão dos sistemas e permitirão que se vislumbrasse, por exemplo, a localização dos sistemas de segurança – se as empresas os possuírem –, os pontos críticos e vulneráveis das instalações, possíveis rotas de fuga, entre outros, constituindo subsídios essenciais para a formalização de planos de intervenção;

- O processo de preparação das equipes também exige uma conscientização por parte dos combatentes no que diz respeito a sua proteção. É necessário o uso correto dos EPIs, e, escusado dizer, um conhecimento sobre o manuseio seguro e os riscos que a amônia anidra

oferece. Deve-se, periodicamente, verificar se os equipamentos de trabalho estão em perfeitas condições de uso e com prazos de validade atualizados, pois falhas durante o atendimento ao vazamento podem acarretar conseqüências nefastas;

- A realização de treinamentos práticos e simulados nas empresas de pesca do município é crucial para se aperfeiçoar as técnicas de atendimento e colocar em prática os conhecimentos teóricos adquiridos. Outrossim, participar de cursos e treinamento contínuo em atendimento a produtos perigosos.
- É imprescindível que o serviço de atividades técnicas e o operacional trabalhem de forma integrada, compartilhando os conhecimentos de cada área. O suporte técnico oriundo das vistorias pode respaldar as ações das equipes de socorro, desde que os integrantes destas incorporem o princípio de funcionamento do sistema e os pontos sensíveis;

Por derradeiro, cabe salientar que o trabalho não teve a pretensão de exaurir o assunto. Constitui-se tão-somente de uma ferramenta que se propõe a servir de subsídio para a possível elaboração de uma diretriz de procedimento operacional padrão destinada ao atendimento a ocorrências de vazamento com amônia em sistemas de refrigeração de indústrias de pescado, podendo, subsidiariamente, ser aplicado a eventos adversos ocorridos nas demais instalações que empregam a amônia em alguma etapa do processo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Érika Vieira de. **Química Inorgânica Industrial** - Amônia: método Haber-Bosch. Universidade de São Paulo - Instituto de Química de São Carlos, 2006.

ARAÚJO, Giovanni Moraes de. **Segurança na Armazenagem, Manuseio e Transporte de Produtos Perigosos** – Gerenciamento de Emergência Química. 2ª edição, Rio de Janeiro: Gerenciamento Verde Editora e Livraria Virtual, 2005. 948 p.

Associação Brasileira da Indústria Química (ABIQUM). **Manual para Atendimento de Emergências com Produtos Perigosos**. 10ª edição, São Paulo: Pró-Química, 2004.

BOHM, Gyorgy Miklós. **Poluição atmosférica: Limites de Tolerância**. Artigos – Saúde Total, 2008. Disponível em: <<http://www.saudetotal.com/artigos/meioambiente/poluicao/splintol.asp>>. Acesso em: 01 mar. 2008.

Breve histórico do município de Itajaí. Disponível em: <<http://www.interuni.com.br/cidades/itajai/index.htm>>. Acesso em: 15 fev. 2008.

Brito, Agnaldo. Indústria pesqueira obtém benefício especial para compra de benefício. **Jornal Valor Econômico**, 08 set. 2006. Disponível em: <http://www.pesca.sp.gov.br/noticia.php?id_not=1037>. Acesso em: 15 fev. 2008.

CASTRO, Antônio Luiz Coimbra de *et al.* **Glossário de Defesa Civil – Estudo de riscos e medicina de desastres**. 2ª edição revista e ampliada, Brasília: Ficha catalográfica elaborada pela Divisão de Documentação e Biblioteca do INDESP, 1998.

DO WALLE, Wilson E. Informações transmitidas verbalmente pelo autor, 2008.

FARIA, Felipe. SC – Estado lidera riqueza do mar. **Diário Catarinenese**, Florianópolis, 27 ago. 2006. Disponível em: <http://www.lagunainfoco.com.br/index.php?option=com_content&task=view&id=700&Itemid=2>. Acesso em: 15 fev. 2008.

FRANÇA, Fernando. **Controle Térmico de Ambientes**. Unicamp, 2006. Disponível em: <http://www.fem.unicamp.br/~em672/Ciclo_Refrigeracao_Refrigerantes.doc>. Acesso em: 05 mar. 2008.

GEVAERD, Evandro Carlos. Informações transmitidas verbalmente pelo autor, 2008.

GUILHERME, Moacir Correia. Informações transmitidas verbalmente pelo autor, 2008.

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.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física – Gravitação, Ondas e Termodinâmica.** 6ª edição, Rio de Janeiro: LCT – Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda., 2002. 228 p.

HENSE, Haiko. **Resfriamento e Congelamento de Alimentos.** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) – Centro Tecnológico – Departamento de Engenharia Química e de Alimentos, 1999. 388 p.

HOINKIS, Ricardo Manuel da Silva. **Panorama da atividade pesqueira nos municípios de Itajaí e Navegantes.** 2007. Disponível em: <<http://www.bairromurta.com/pesca.htm>>. Acesso em: 15 fev. 2008.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de Metodologia Científica.** 6ª edição, São Paulo: Editora Atlas S.A., 2005. 315 p.

MAFRA, Cassiano José. Informações transmitidas verbalmente pelo autor, 2008.

MARTINS, Estevam. Informações transmitidas verbalmente pelo autor, 2008.

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.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **Norma Regulamentadora nº 15 – Atividades e Operações Insalubres.** Brasília/DF, 1983. Disponível em: <<http://www.mte.gov.br>>. Acesso em: 22 mar. 2008.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. Agência Nacional de transportes terrestres (ANTT), **Resolução nº 420 – Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos.** Brasília/DF, 2004. Disponível em: <http://www.antt.gov.br/resolucoes/00500/resolucao420_2004.htm>. Acesso em: 22 mar. 2008.

OLIVEIRA, Marcos de. **Emergências com Produtos Perigosos**. Florianópolis, primeira edição, 2000.

OLIVEIRA, Marcos de. **Manual de Estratégias, Táticas e Técnicas de Combate a Incêndio Estrutural – Comando e Controle em Situações de Incêndio**. Florianópolis, SC: Editora Editograf, 2005. 136p.

PESSATTI, Marcos Luiz; STORI, Fernanda Terra; BONILHA, Luiz Eduardo. **Inventário da geração de resíduos de pescados em Santa Catarina**. In: 1º Workshop brasileiro em aproveitamento de sub-produtos do pescado - Centro de Ciências da Terra e do Mar (CTTMar), Universidade Do Vale do Itajaí (UNIVALI), Itajaí, 04-05 nov. 2006. Disponível em: <http://siaiacad04.univali.br/download/pdf/spp_iwarp/pessatti_marcos.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2008.

Prefeitura Municipal de Itajaí – Secretaria Municipal de Planejamento e Desenvolvimento Urbano. **Plano Diretor de Itajaí**. 2006. Disponível em: <<http://planoadm.itajai.sc.gov.br/tmp/lt.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2008.

Prefeitura municipal de Itajaí (P.M.I.). **Relação das 50 maiores empresas**. Disponível em: <http://www.intranews.com.br/interna.php?url=geral_mostrar%7Cid=43>. Acesso em: 23 maio 2008.

QUAGLIANO, J. V.; VALLARINO L. M. **Química**. 3ª edição, Guanabara Dois, 1985.

RUSSEL, John Blair. **Química Geral**. 2ª edição, São Paulo: Makron Books, 1994.

SANTA CATARINA, Constituição (1989). **Constituição do Estado de Santa Catarina**. Ed. Atualizada com 39 Emendas Constitucionais. Florianópolis: Assembléia Legislativa, 2005.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL – SENAI. **Guia para elaboração do Plano APPCC: Pescados e Derivados**. 2ª edição. Brasília, 2000. 120 p.

SILVA, Sérgio Nogueira Duarte da. **O Português do dia-a-dia: como falar e escrever melhor**. Rio de Janeiro, RJ: Rocco, 2004.

SPILLERE, Luciana de Carvalho; BEAUMORD, Antônio Carlos. **Formulação de uma hipótese global de situação de impacto para o parque industrial pesqueiro instalado em Itajaí e Navegantes – SC**. Artigo técnico – Centro de Ciências da Terra e do Mar (CTTMar), Universidade Do Vale do Itajaí (UNIVALI), Itajaí, 2006. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522006000400011&lng>. Acesso em: 15 fev. 2008.

STOECKER, W. F.; JABARDO, J. M. Saiz. **Refrigeração Industrial**. 2ª edição, São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2002. 371 p.

TRINDADE, Teodoro *et. al.* **Compressão e frio industrial: Modelação e simulação de Unidades Processuais**. Lisboa – Portugal, 2005. Disponível em: <<http://pwp.net.ipl.pt/deq.isel/msup/pdf/modulo06.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2008.

URBESCO, João; SALVADOR, Edgard. **Química Geral**. 9ª edição, São Paulo: Saraiva, 2002. 494 p.

USINAS SIDERÚRGICAS DE MINAS GERAIS S. A. – USIMINAS. **Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos: Amônia Anidra**, 2007. Disponível em: <<http://www.higieneocupacional.com.br/download/amonia-anidra.pdf>>. Acesso em: 05 maio 2008.

VALLE REAL, Márcia. **A informação como fator de controle de riscos no transporte rodoviário de produtos perigosos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, 2000.

ANEXOS

ANEXO A

O exemplo de Natal – RN

A ocorrência de um vazamento de amônia em uma empresa de beneficiamento de camarão com 170 empregados, em 11.07.2003, analisado pela Delegacia Regional do Trabalho no Rio Grande do Norte, desencadeou algumas ações locais e nacionais do Ministério do Trabalho, entre as quais a elaboração desta Nota Técnica. Utilizando o conceito de “aprender lições com os acidentes”, trazemos aqui um breve relato do ocorrido.

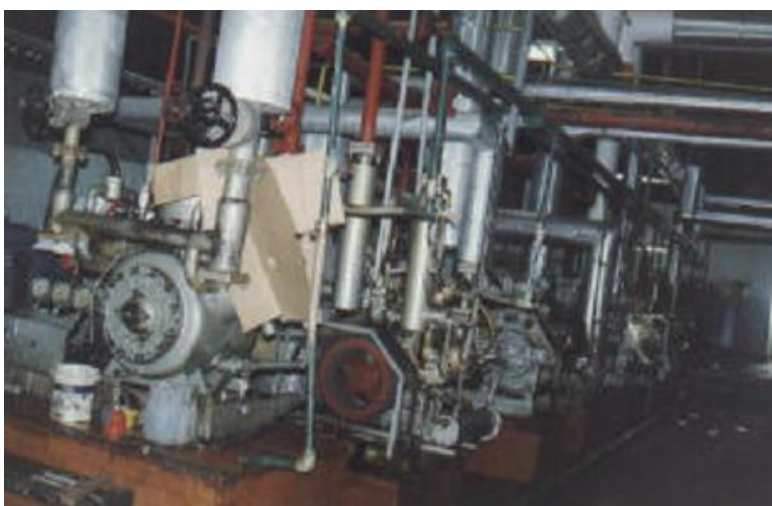
Descrição do Estabelecimento

A empresa é constituída de três setores principais: salão de beneficiamento de camarão (Figura 3), sala de máquinas (Figura 4), situada no piso superior, acima do setor anteriormente citado, e administração, também no piso superior.

O salão de produção possui duas portas. A porta para o trânsito obrigatório de empregados é estreita e dotada de lava-pés, comunicando-se com um pátio coberto, por onde entram os caminhões. Deste pátio, há duas saídas para o exterior: o portão principal, ao lado do qual há uma porta estreita para entrada dos empregados, e a saída dos fundos, mantida trancada com cadeado. A segunda porta do salão de beneficiamento é utilizada para o carregamento de caminhões com o produto pronto e era também mantida trancada. O sistema de refrigeração tem como equipamentos principais sete compressores, trocadores de calor, tubulações e acessórios. A quantidade de amônia no tanque de armazenamento é de 500 kg.



Setor de produção da empresa



Sala de Máquinas

Descrição do Acidente

O sistema de refrigeração encontrava-se em funcionamento rotineiro, quando houve o rompimento brusco da tampa de um dos compressores, ocasionando liberação da amônia liquefeita, sob pressão. Após vazamento de cerca de 40 kg. Do refrigerante, houve intervenção do operador do sistema, com fechamento da válvula principal, com a contenção do agente no interior do tanque de armazenamento principal. A amônia foi liberada sob forma aerossolizada, comportando-se como um gás denso e descendo da casa de máquinas para o

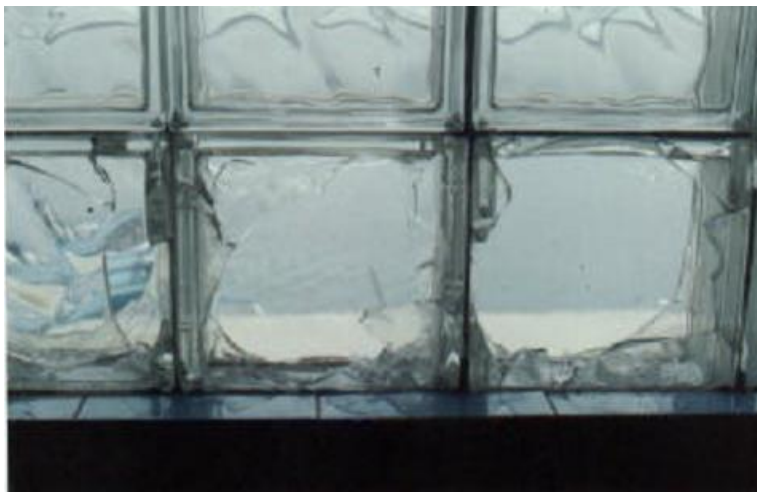
piso inferior, por meio de uma ampla abertura existente para ventilação, vindo a formar uma nuvem que ocupou o pátio de caminhões, entre as saídas do salão de beneficiamento e o portão principal. O gás invadiu todos os espaços do estabelecimento, especialmente o salão de produção, atingindo os trabalhadores, que se encontravam em suas atividades rotineiras. Os trabalhadores, em pânico, buscaram opções de fuga. Os primeiros passaram pela porta dotada de lava-pés, que acrescentou ao risco já existente o risco de acidentes por queda. Ademais, ao saírem, depararam-se com a nuvem de amônia, que impedia sua saída pelo portão principal. Outros optaram por arrombar a outra porta do salão, mantida trancada a chave, encontrando, da mesma maneira, a nuvem de amônia, que inclusive impedia a visualização do desnível existente - cerca de 80 cm. - no local, provocando queda em altura. As portas abertas permitiram a entrada da amônia para dentro do salão, agravando a situação da maioria dos trabalhadores, que ainda se encontrava no local. Diante da situação, os empregados, já em desespero, procuraram a saída dos fundos, encontrando-a igualmente fechada, desta feita a cadeado.



Porta com lava-pés

Os empregados passaram, então, com as próprias mãos, a quebrar tijolos de vidro para entrada de luz existentes no alto das paredes dos fundos da empresa e telhas de amianto, na tentativa de sair pelo teto. A saída por essas vias anômalas causou outras lesões corporais em vários empregados, além das provocadas pela amônia. Um dos primeiros trabalhadores que escapou

pelo teto, descendo por um poste de iluminação, pôde retornar à entrada principal da empresa, para auxiliar na desobstrução das demais saídas.



Tijolos de vidro quebrados com as mãos



Abertura forçada de porta de aço para fuga



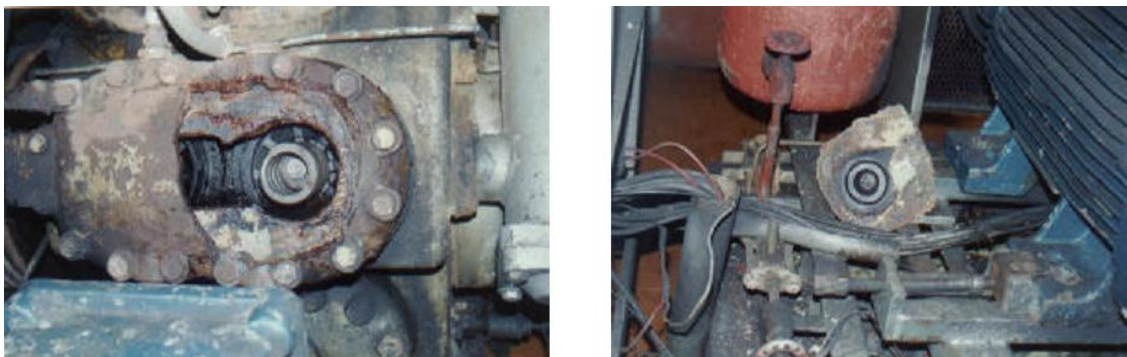
Fuga dos trabalhadores

Como consequência da exposição prolongada à amônia, assim como dos demais riscos, houve dois óbitos e 127 vítimas, 18 delas afastadas por mais de 15 dias, 67 com afastamento inferior ou igual a 15 dias e 42 sem afastamento do trabalho. Ficou evidenciada, ainda, a fragilidade e o despreparo técnico dos serviços de saúde para lidar com este tipo de acidente, apesar de haver extremo esforço dos profissionais para o atendimento às vítimas.



Atendimento Médico

O acidente foi provocado diretamente pelo rompimento da tampa do cabeçote do compressor que apresentava alto grau de corrosão interna.



Tampa do compressor rompida

No entanto, o último fato deriva da existência prévia de uma série de fatores de risco, entre os quais destacam-se:

- Inexistência de um programa de manutenção preventiva dos compressores;
- Falta de ventilação diluidora e/ou exaustora no local do vazamento;
- Falta de informação aos empregados dos riscos à saúde causados pela amônia;
- Falta de treinamento dos empregados para uma evacuação adequada dos locais de trabalho, em caso de vazamento de amônia;
- Inexistência de vias de saída emergencial dos diversos locais de trabalho, incluindo portas de emergência;
- Manutenção da porta do setor de produção, onde havia maior concentração de trabalhadores, fechada a chave, que se encontrava em poder de terceiros durante o horário de trabalho;
- Programa de Prevenção de Riscos Ambientais - PPRA que não contemplava os riscos inerentes a amônia nem alternativas para a hipótese de um vazamento da mesma.

Como consequência das observações da Inspeção do Trabalho, o estabelecimento foi imediatamente interditado, com prejuízos que podem ser estimados se observarmos o fato de que a empresa exporta 100% de sua produção. A desinterdição, ocorrida uma semana após o evento, foi condicionada à avaliação técnica do sistema de refrigeração por profissional legalmente habilitado, nos moldes da NR 13, assegurando a integridade dos compressores e

sua perfeita capacidade de operação. Autos de Infração foram lavrados em virtude de a empresa manter porta fechada a chave durante o expediente normal da empresa, por não contemplar no PPRA os riscos inerentes à amônia e pelo fato de não haver cumprimento de horário de trabalho pelo Técnico de Segurança do Trabalho do SESMT. Outros itens foram objeto de notificação, como a instalação de ventilação exaustora na casa de máquinas, o treinamento dos empregados para situações de emergência, a construção, a manutenção e a sinalização de vias de evacuação de pessoal no ambiente de trabalho; a inclusão de aspectos relacionados aos riscos da exposição a amônia no Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional - PCMSO e no Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – PPRA; a disponibilização de máscara autônoma para uso em situações de emergência; o acondicionamento de equipamentos de proteção respiratória existentes em armários adequados e devidamente sinalizados; a implantação de programa de manutenção preventiva dos compressores, com registro das ocorrências em livro próprio e a instalação de equipamento que permita monitorização quantitativa contínua dos ambientes do trabalho para detecção da amônia.

A intervenção da Delegacia Regional do Trabalho foi ampliada por meio da identificação das empresas com sistema de refrigeração por amônia da região, que foram convocadas para uma reunião sobre a matéria, ao final da qual foram coletivamente notificadas em relação ao cumprimento obrigatório dos seguintes itens legais:

- 1- Dotar a empresa de plano de alerta e evacuação para situações de vazamento de amônia e combate ao fogo, que deverá estar previsto no PPRA, realizando-se exercícios de simulação, pelo menos, semestralmente;
- 2- Prever, no PCMSO, ações de saúde relativas à prevenção e ao atendimento de vítimas de vazamento de amônia;
- 3- Dotar o local de trabalho de vias de fugas sinalizadas e desobstruídas para a rápida retirada do pessoal em serviço em vazamentos de amônia ou incêndios;
- 4- Dotar a empresa de portas de emergência sinalizadas e equipadas com dispositivo interno de abertura imediata em caso de sinistro, que deverão abrir no sentido da saída, sendo proibido o seu fechamento a chave ou cadeado durante o horário de trabalho;
- 5- Dotar a empresa de sistema de alarme, audível em todo o local de trabalho, com pontos de acionamento nas áreas comuns de acesso dos pavimentos;

- 6- Dotar a “casa de máquinas” do sistema de refrigeração industrial com máscara autônoma para utilização em caso de emergência, a qual deverá ser acondicionada em armário próprio, sinalizado e passar por inspeção mensal anotada em ficha própria, treinando-se todos os trabalhadores do setor de refrigeração para seu uso;
- 7- Dotar o sistema de compressores de amônia de dispositivo de parada de emergência, automático e/ou manual, que possa ser acionado em caso de emergência, desligando todo o sistema simultaneamente;
- 8- Realizar inspeção de segurança nos vasos sobre pressão contendo amônia e treinar operadores, de acordo com o que estabelece a NR 13 e seus anexos;
- 9- Dotar a sala de compressores de amônia de ventilação exaustora forçada, que garanta rápida troca de ar ambiente em caso de vazamento de amônia, devendo haver mais de uma botoeira de acionamento da exaustão colocadas em lugares de acesso comum.
- 10- Dotar o estabelecimento de equipamento que permita monitorização quantitativa contínua das concentrações de amônia nos ambientes do trabalho.