

# Coletânea de Manuais Técnicos de Bombeiros

# 25



## EMERGÊNCIAS EM VASOS PRESSURIZADOS



**MEVP**

**MANUAL DE EMERGÊNCIAS  
EM VASOS PRESSURIZADOS**

1ª Edição  
2006

Volume  
25

**Os direitos autorais da presente obra  
pertencem ao Corpo de Bombeiros da  
Polícia Militar do Estado de São Paulo.  
Permitida a reprodução parcial ou total  
desde que citada a fonte.**

**Comandante do Corpo de Bombeiros**

Cel PM Antonio dos Santos Antonio

**Subcomandante do Corpo de Bombeiros**

Cel PM Manoel Antônio da Silva Araújo

**Chefe do Departamento de Operações**

Ten Cel PM Marcos Monteiro de Farias

**Comissão coordenadora dos Manuais Técnicos de Bombeiros**

Ten Cel Res PM Silvio Bento da Silva

Ten Cel PM Marcos Monteiro de Farias

Maj PM Omar Lima Leal

Cap PM José Luiz Ferreira Borges

1º Ten PM Marco Antonio Basso

**Comissão de elaboração do Manual**

Cap PM Luiz Claudio dos Santos

Cap PM Milton Augusto dos Santos

Cap PM Ricardo Vieira Peixoto

Cap PM Marcos Abondanza Vitiello

1º Ten PM Henguel Ricardo Pereira

1º Ten PM Paulo Maurício Maculevicius Ferreira

**Comissão de Revisão de Português**

1º Ten PM Fauzi Salim Katibe

1º Sgt PM Nelson Nascimento Filho

2º Sgt PM Davi Cândido Borja e Silva

Cb PM Fábio Roberto Bueno

Cb PM Carlos Alberto Oliveira

Sd PM Vitanei Jesus dos Santos

## **PREFÁCIO - MTB**

No início do século XXI, adentrando por um novo milênio, o Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo vem confirmar sua vocação de bem servir, por meio da busca incessante do conhecimento e das técnicas mais modernas e atualizadas empregadas nos serviços de bombeiros nos vários países do mundo.

As atividades de bombeiros sempre se notabilizaram por oferecer uma diversificada gama de variáveis, tanto no que diz respeito à natureza singular de cada uma das ocorrências que desafiam diariamente a habilidade e competência dos nossos profissionais, como relativamente aos avanços dos equipamentos e materiais especializados empregados nos atendimentos.

Nosso Corpo de Bombeiros, bem por isso, jamais descuidou de contemplar a preocupação com um dos elementos básicos e fundamentais para a existência dos serviços, qual seja: o homem preparado, instruído e treinado.

Objetivando consolidar os conhecimentos técnicos de bombeiros, reunindo, dessa forma, um espectro bastante amplo de informações que se encontravam esparsas, o Comando do Corpo de Bombeiros determinou ao Departamento de Operações, a tarefa de gerenciar o desenvolvimento e a elaboração dos novos Manuais Técnicos de Bombeiros.

Assim, todos os antigos manuais foram atualizados, novos temas foram pesquisados e desenvolvidos. Mais de 400 Oficiais e Praças do Corpo de Bombeiros, distribuídos e organizados em comissões, trabalharam na elaboração dos novos Manuais Técnicos de Bombeiros - MTB e deram sua contribuição dentro das respectivas especialidades, o que resultou em 48 títulos, todos ricos em informações e com excelente qualidade de sistematização das matérias abordadas.

Na verdade, os Manuais Técnicos de Bombeiros passaram a ser contemplados na continuação de outro exaustivo mister que foi a elaboração e compilação das Normas do Sistema Operacional de Bombeiros (NORSOB), num grande esforço no sentido de evitar a perpetuação da transmissão da cultura operacional apenas pela forma verbal, registrando e consolidando esse conhecimento em compêndios atualizados, de fácil acesso e consulta, de forma a permitir e facilitar a padronização e aperfeiçoamento dos procedimentos.

O Corpo de Bombeiros continua a escrever brilhantes linhas no livro de sua história. Desta feita fica consignado mais uma vez o espírito de profissionalismo e dedicação à causa pública, manifesto no valor dos que de forma abnegada desenvolveram e contribuíram para a concretização de mais essa realização de nossa Organização.

Os novos Manuais Técnicos de Bombeiros - MTB são ferramentas importantíssimas que vêm juntar-se ao acervo de cada um dos Policiais Militares que servem no Corpo de Bombeiros.

Estudados e aplicados aos treinamentos, poderão proporcionar inestimável ganho de qualidade nos serviços prestados à população, permitindo o emprego das melhores técnicas, com menor risco para vítimas e para os próprios Bombeiros, alcançando a excelência em todas as atividades desenvolvidas e o cumprimento da nossa missão de proteção à vida, ao meio ambiente e ao patrimônio.

Parabéns ao Corpo de Bombeiros e a todos os seus integrantes pelos seus novos Manuais Técnicos e, porque não dizer, à população de São Paulo, que poderá continuar contando com seus Bombeiros cada vez mais especializados e preparados.

São Paulo, 02 de Julho de 2006.

Coronel PM ANTONIO DOS SANTOS ANTONIO

Comandante do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo

## **PREFÁCIO**

O presente manual nasceu a partir de estudos dos cilindros ou vasos e produtos mais utilizados, transportados, de maior risco e com a estatística mais desfavorável, no que tange às ocorrências atendidas pelo Corpo de Bombeiros nos últimos anos.

É relevante esclarecer que no universo de produtos perigosos e não perigosos, mas que oferecem algum tipo de risco face estarem acondicionados e pressurizados em vasos metálicos, polímeros e afins, não dotamos este compêndio com toda a gama de gases explosivos, líquidos inflamáveis e produtos inertes e oxidantes existentes, contudo ajustamos o trabalho a uma realidade mais próxima do factível e substancial para que pudesse atender e orientar o nosso homem no treinamento preventivo e na atuação corretiva dessas emergências.

Como já fora colocado, anteriormente, não nos seria possível elencar as centenas de produtos existentes e engarrafados em vasos metálicos e em cilindros à base de polímeros rígidos, porém, reforço que se procurou explorar e pautar os, estatisticamente, mais comuns e conhecidos pelo profissional de bombeiros, procurando satisfazer nosso efetivo da forma mais ampla, prática e pertinente possível.

Grupo de trabalho do MTB-25

Introdução.....	1
<b>Capítulo – 01- Emergências em Caldeiras Aquatubulares e Flamutubulares.....</b>	<b>2</b>
1.1. Introdução.....	2
1.2. Tipos e instalação de Caldeiras.....	5
1.3. Acidentes mais comuns envolvendo caldeiras.....	21
1.4. Procedimentos emergenciais.....	43
1.5. Medidas de primeiros socorros.....	48
1.6. Bibliografia.....	49
<b>Capítulo – 02- Emergências em Autoclaves.....</b>	<b>50</b>
2.1. Introdução.....	50
2.2. Tipos e instalação de Autoclave.....	52
2.3. Acidentes mais comuns envolvendo Autoclave.....	58
2.4. Procedimentos emergenciais.....	59
2.5 Medidas de primeiros socorros.....	62
2.6. Bibliografia.....	62
<b>Capítulo – 03- Emergências em cilindro de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP).....</b>	<b>63</b>
3.1. Introdução.....	63
3.2. Tipos e instalação de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP).....	65
3.3. Acidentes mais comuns envolvendo (GLP).....	68
3.4. Bibliografia.....	76
<b>Capítulo – 04- Emergências em cilindro de Gás Acetileno.....</b>	<b>77</b>
4.1. Introdução.....	77
4.2. Tipos e instalação de Gás Acetileno.....	84
4.3. Acidentes mais comuns envolvendo acetileno.....	88
4.4. Procedimentos emergenciais .....	91
4.5. Bibliografia.....	104
<b>Capítulo – 05- Emergências em cilindro de Oxigênio.....</b>	<b>105</b>
5.1. Introdução.....	105
5.2. Tipos e instalação de Oxigênio.....	105
5.3. Acidentes mais comuns envolvendo Oxigênio.....	107
5.4. Medidas de primeiros socorros.....	107
5.5. Procedimentos emergenciais .....	109
<b>Capítulo – 06</b>	
<b>Emergências em cilindro contendo Gases Inertes e Oxidantes.....</b>	<b>110</b>
1. Introdução.....	110
2. Argônio.....	112

2.1 Tipos e instalação de cilindros de Argônio.....	116
2.2. Acidentes mais comuns envolvendo cilindro de Argônio.....	117
3. Xenônio.....	123
3.1. Tipos e instalação de cilindros de Xenônio.....	123
3.2. Acidentes mais comuns envolvendo cilindro de Xenônio.....	123
4. Dióxido de Carbono.....	125
4.1. Tipos e instalação de cilindros de CO <sup>2</sup> .....	125
4.2. Acidentes mais comuns envolvendo cilindro de CO <sup>2</sup> .....	125
5. Nitrogênio.....	127
5.1. Tipos e instalação de cilindros de Nitrogênio.....	127
5.2 Acidentes mais comuns envolvendo cilindros de Nitrogênio.....	127
6. Neônio .....	129
6.1. Tipos e instalação de cilindros de Neônio.....	129
6.2. Acidentes mais comuns envolvendo cilindros de Neônio.....	129
7. Hélio .....	130
7.1. Tipos e instalação de cilindros de Hélio.....	130
7.2. Acidentes mais comuns envolvendo cilindros de Hélio.....	130
7.3. Procedimentos emergenciais .....	130
<b>Capítulo – 07- Emergências envolvendo cilindro contendo Hidrogênio.....</b>	<b>132</b>
7.1. Introdução.....	132
7.2. Tipos e instalação de Hidrogênio.....	134
7.3. Medidas de primeiros socorros.....	135
7.4. Procedimentos emergenciais .....	136
<b>Capítulo – 08- Emergências envolvendo Amônia.....</b>	<b>139</b>
8.1. Introdução.....	139
8.2. Tipos e instalação de Amônia.....	141
8.3. Acidentes mais comuns envolvendo Amônia.....	141
8.4. Medidas de primeiros socorros.....	141
8.5. Procedimentos emergenciais .....	142
<b>Capítulo – 09- Emergências envolvendo Gás Cloro .....</b>	<b>144</b>
9.1. Introdução.....	144
9.2. Tipos e instalação de Gás Cloro.....	146
9.3. Acidentes mais comuns envolvendo Gás Cloro.....	147
9.4. Medidas de primeiros socorros.....	148
9.5. Procedimentos emergenciais .....	148



## INTRODUÇÃO

O presente manual nasceu a partir de estudos dos cilindros ou vasos e produtos mais utilizados, transportados, de maior risco e com a estatística mais desfavorável, no que tange às ocorrências atendidas pelo Corpo de Bombeiros nos últimos anos.

É relevante esclarecer que no universo de produtos perigosos e não perigosos, mas que oferecem algum tipo de risco face estarem acondicionados e pressurizados em vasos metálicos, polímeros e afins, não dotamos este compêndio com toda a gama de gases explosivos, líquidos inflamáveis e produtos inertes e oxidantes existentes, contudo ajustamos o trabalho a uma realidade mais próxima do factível e substancial para que pudesse atender e orientar o nosso homem no treinamento preventivo e na atuação corretiva dessas emergências.

Como já fora colocado, anteriormente, não nos seria possível elencar as centenas de produtos existentes e engarrafados em vasos metálicos e em cilindros à base de polímeros rígidos, porém, reforço que se procurou explorar e pautar os, estatisticamente, mais comuns e conhecidos pelo profissional de bombeiros, procurando satisfazer nosso efetivo da forma mais ampla, prática e pertinente possível.

Grupo de trabalho do MTB-25

## CAPÍTULO I

### Emergência em Cadeiras Flamutubular e Aquatubular

#### 1. CALDEIRAS

##### 1.1. Introdução:

Este capítulo foi elaborado para que os componentes das guarnições do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo, envolvidos no controle de emergências em caldeiras a vapor tenham um procedimento operacional padrão. A preocupação com a integridade física da guarnição, das demais pessoas envolvidas, da preservação do meio ambiente e do patrimônio devem estar presentes em todas as fases da operação.

O controle de emergências em caldeiras a vapor requer um conhecimento mínimo desses aparelhos no que se refere a forma e as condições de trabalho, à diferenciação de cada tipo de aparelho, à finalidade a que se presta, quais os sinais que fornece quando fora do regime normal de trabalho e o que deve ser feito para controlar a emergência impedindo que a mesma progrida além dos limites críticos.

##### 1.1.1. Conceituação

Caldeiras a Vapor: São equipamentos destinados a produzir e acumular vapor sob pressão superior a atmosférica a partir de um fluido vaporizante ( no nosso caso a água) e energia térmica (calor); vamos tratar apenas dos geradores de vapor de água, (caldeiras) embora existam geradores para outros tipos de vapores. A energia térmica usada no processo de produção de vapor, será obtida a partir da queima de um combustível que poderá ser: sólido, líquido ou gasoso.

**Fig. 01 Caldeira a vapor**

1.1.2. Categoria da Caldeira: De acordo com a NR-13 do Manual Técnico de Bombeiros as caldeiras são classificadas em 03 (três) categorias conforme segue:

- a) Caldeiras da categoria “A” são aquelas cuja pressão de operação é igual ou superior a 1960 Kpa (19,98 Kgf/cm<sup>2</sup>);
- b) Caldeiras da categoria “C” são aquelas cuja pressão de operação é igual ou inferior a 588 Kpa (5,99 Kgf/cm<sup>2</sup>) e o volume interno é igual ou inferior a 100 litros;
- c) Caldeiras da categoria “B” são todas as caldeiras que não se enquadram nas categorias anteriores.

1.1.3. Funcionalidade da caldeira:

- a) Caldeiras manuais – São aquelas que dependem de total vigilância do operador. Essas caldeiras encontram-se em total desuso;
- b) Caldeiras semi-automáticas: Aquelas que possuem alguns dispositivos manuais e outros automáticos. Geralmente são caldeiras manuais antigas que passaram por algumas modificações, e receberam dispositivos automáticos, portanto, algumas operações são executadas manualmente pelo operador e outras automaticamente. Os dispositivos automáticos mais comumente encontrados nesse tipo de caldeira são os alimentadores de água e de óleo.
- c) Caldeiras automáticas: São aquelas cujo trabalho do operador é mínimo, cabendo a ele apenas o controle e verificação dos dispositivos. Tudo na caldeira

funciona automaticamente: alimentação de combustível e água, controle de combustão e pressão interna, acendimento, etc.

Em certos casos o automatismo total não é conveniente; é o caso de empresas que utilizam seus entulhos como combustível o que representa grande economia. Exemplo: usinas de açúcar que queimam o bagaço da cana.

#### 1.1.4. Capacidade da caldeira:

A capacidade de uma caldeira pode ser muito variada, segundo os fins a que se destina, porém essa capacidade pode ser expressada numericamente, usando-se diversos sistemas de medidas sendo que os mais comuns são:

a) Potência em HP: quando uma caldeira for capaz de vaporizar 34,5 libras de água por hora, desde que a água de entrada esteja a uma temperatura de 212° F, ela terá a potência de 1 HP.

Transformando isso para o sistema métrico teremos: 1 HP = 8430 quilocalorias por hora.

b) Fator Carga (FC): Uma caldeira apresenta um fator carga de 100% quando 10 ft<sup>2</sup> (pés ao quadrado) de superfície da caldeira, produzirem 34,5 lbs (libras) de vapor a 212° F, partindo de água a 212° F, em uma hora.

Convertendo isso para o sistema métrico, teremos: 9100 quilocalorias em uma hora, correspondendo aproximadamente a 15 kg de vapor por hora, por metro quadrado de superfície.

#### 1.1.5. Componentes principais de um gerador de vapor:

1) Tambor de vapor: É um cilindro fechado colocado na parte mais alta da caldeira, onde é feita a separação da água e do vapor. São conectados a esse tambor os tubos geradores de vapor, o nível de água e o manômetro de pressão do vapor. O nível de água nesse tambor nunca é superior a  $\frac{3}{4}$  da capacidade do mesmo, e nunca inferior a  $\frac{1}{2}$  tambor. A fim de impedir que o vapor arraste partículas sólidas é colocado dentro do tambor de vapor algumas placas chamadas de defletoras ou chicanas, que impedem também que o vapor se misture com a água.

2) Tambor de lama: É o inverso do tambor de vapor, este tambor está localizado na parte mais baixa da caldeira, trabalha sempre cheio de água e a sua finalidade é de acumular as impurezas da água tais como a lama, ferrugem e outros materiais. Periodicamente se faz a descarga dessas impurezas.

3) Feixe tubular: Como o próprio nome indica, é constituído de feixes de tubos de diversos perfis que se interligam com os tambores. Estão colocados sobre as

paredes da fornalha e em todo o percurso dos gases quentes. É através da superfície desses tubos que se efetua a troca de calor na caldeira.

4) Fornalha: Local onde é realizada a queima dos combustíveis.

5) Superaquecedor: Esse equipamento transforma o vapor saturado em vapor superaquecido. Ele eleva a temperatura do vapor.

6) Economizador: Destinado a aumentar a temperatura da água de alimentação por meio dos gases da combustão. Com isso melhoramos o rendimento da caldeira e evitamos o choque térmico.

7) Pré-aquecedor de ar: Sua finalidade é de elevar a temperatura do ar de combustão, conseguindo-se assim uma melhor queima e melhoria no rendimento da caldeira.

8) Chaminé: é um tubo destinado ao escoamento dos gases da combustão. A circulação de tais gases pode ser através de tiragem forçada ou tiragem natural; tiragem é a retirada dos gases de dentro da caldeira.

Nas caldeiras alimentadas com combustível líquido, temos ainda:

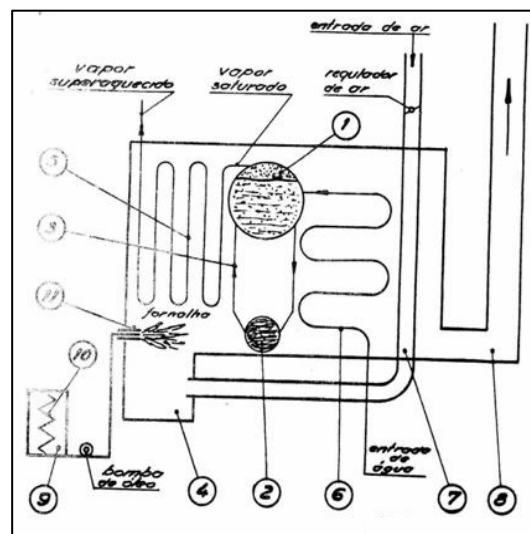
9) Reservatório para o combustível: cuja capacidade varia de acordo com as necessidades do trabalho.

10) Aquecedor de combustível: colocado dentro do reservatório, tem a finalidade de manter o combustível convenientemente aquecido, para que possa fluir melhor até os maçaricos, e conseqüentemente, produzir melhor queima.

11) Maçarico: Aparelho destinado a pulverizar o combustível, misturando-o convenientemente com o ar, a fim de se obter uma boa combustão.

Componentes principais de um gerador de vapor:

**Fig. 02**

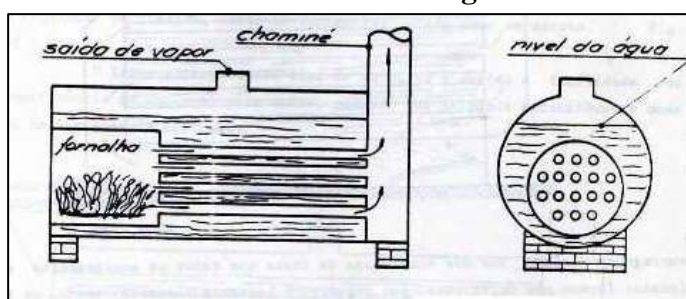


1.2. Tipo de Caldeira: As caldeiras de vapor de água são classificadas em dois grandes tipos: fogotubulares e aquatubulares.

### 1.2.1. Caldeiras fogotubulares:

Esse foi o primeiro tipo de caldeira construída, chamada de tubo de fogo ou tubo de fumaça, por causa dos gases quentes provenientes da combustão que circulam no interior dos tubos ficando a água por fora dos mesmos. É o tipo de caldeira mais simples. Muito usada em navios e locomotivas, mesmo com o aparecimento das caldeiras mais modernas, esse tipo ainda continua em uso. Posteriormente com alguns aperfeiçoamentos, passou a chamar caldeira escocesa.

**Fig. 03**  
**Caldeira tubo de fogo**



A caldeira tipo tubo de fogo não passa de um cilindro externo que comporta a água e um cilindro interno destinado a fornalha. Sua tiragem ou saída de gases é normal. A carcaça é construída de chapas que variam de espessura de acordo com o porte da caldeira a pressão pode variar entre 5 a 10 quilogramas por centímetros quadrado.

Sucessivos estudos visando o aperfeiçoamento das caldeiras revelaram que a temperatura oscilava entre 316° a 427° (graus Celsius), que era perdida na tiragem. Resolveram aproveitar essa perda, a fim de reduzir o custo do combustível que na época era o carvão mineral.

O problema foi resolvido, aumentando a superfície de aquecimento da água, colocando tubos em quantidade suficiente e forçando os gases quentes a passarem pelos tubos e depois pela tiragem. Com isso o rendimento foi aumentado, embora esse tipo de caldeira não tivesse eficiência superior a 60%.

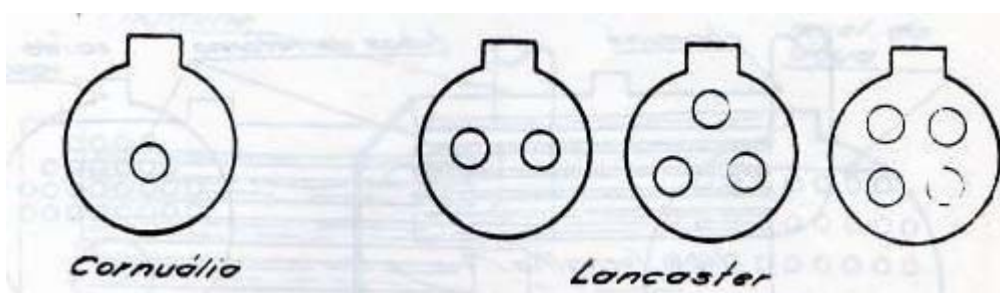
Podemos ainda classificar as caldeiras tubo-de-fogo em HORIZONTAIS E VERTICAIS.

#### 1.2.1.1. Caldeiras Horizontais

1.2.1.1.1. Caldeira Cornualia: consta de um cilindro colocado internamente no sentido horizontal, ligando a fornalha até o local de saída dos gases. Seu funcionamento é simples, apresenta baixo rendimento e sua pressão não ultrapassa 10 kg/cm<sup>2</sup>.

1.2.1.1.2. Caldeira Lancaster: sua construção é idêntica a Cornualia, podendo apresentar de dois a quatro tubos internos.

Esses dois tipos de caldeiras são chamados de tubo de fogo direto, porque os gases percorrem os tubos uma única vez.



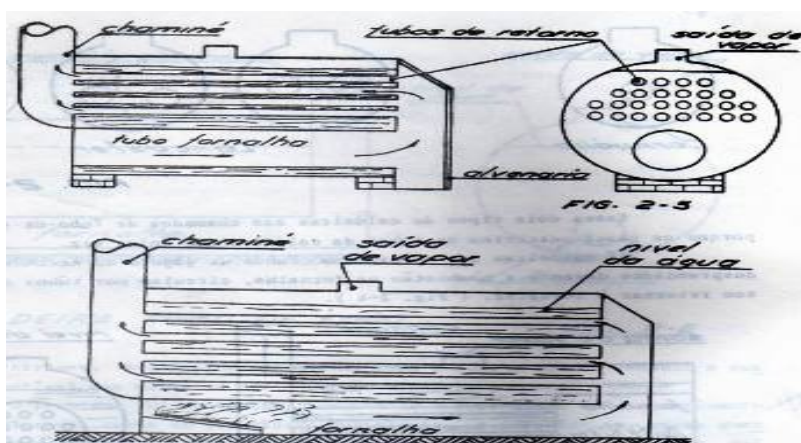
**Fig. 04**  
**Cilindros**  
**horizontais**

Há caldeiras que apresentam tubos de fogo e de retorno, os gases desprendidos durante a combustão na fornalha, circulam por tubos que os fazem retornar a fornalha.

Outras caldeiras apresentam os dois tubos conjugados, e o de aquecimento direto e o de retorno, sendo que os gases circulam pelos tubos diretos, e voltam pelos tubos de retorno.

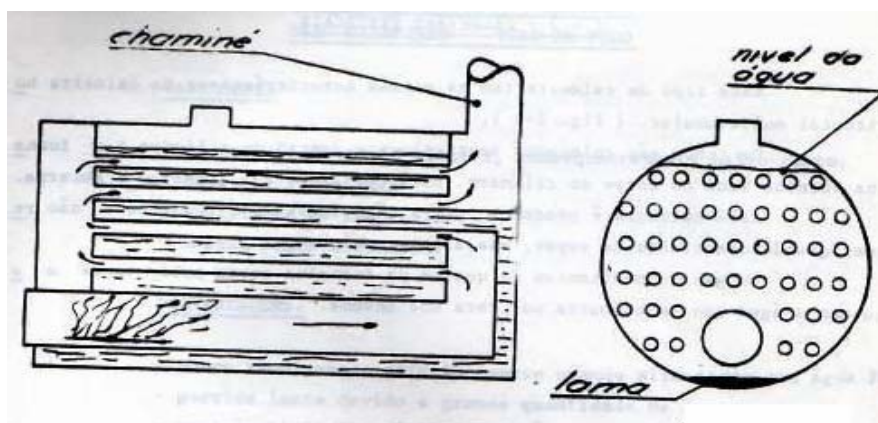
1.2.1.1.3. Caldeiras Multitubulares de fornalha externa: o aquecimento é feito diretamente na base do cilindro e os gases retornam pelos tubos de fogo. A fornalha pode ser construída em alvenaria e ocupa quase toda extensão do cilindro.

**Fig. 05** esquema de caldeira com tubos de retorno



1.2.1.1.4. Caldeiras Escocesas ou Compactas: este tipo de caldeira teve largo emprego na Marinha, por ser construída de forma que todos os equipamentos formam uma única peça. Seu diâmetro é bastante reduzido, sendo de fácil transporte e pode ser operada de imediato. Os gases produzidos pela fornalha circulam várias vezes pela tubulação, sendo impulsionados por ventiladores. O combustível usado é unicamente óleo ou gás, podendo seu rendimento atingir 83%.

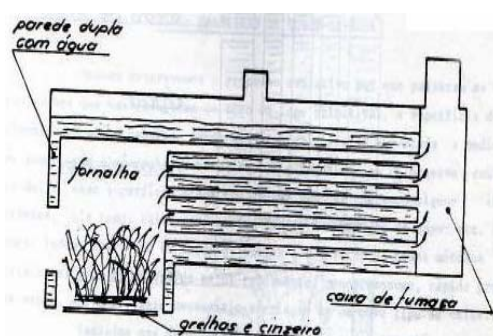
**Fig. 06 caldeira Escocesa ou compacta.**



1.2.1.1.5. Caldeiras Locomotivas ou Locomóveis: Também é do tipo multitubular. Sua onde circula a água. Quando o combustível é lenha ou carvão, possui na parte inferior um conjunto de grelhas, que servem para manter a lenha em posição de queima e dar escoamento às cinzas. Estas são captadas em uma caixa colocada logo abaixo das grelhas, chamada de cinzeiro. Quando se trata de locomotivas, o cinzeiro, além de ser um dispositivo de segurança, é também um regulador de tiragem, tanto na locomotiva parada como em marcha.

O largo emprego dessa caldeira é devido a facilidade de transferência de um local para outro, podendo ser acionada mecanicamente onde não houver energia elétrica.

**Fig. 07 Caldeira locomotiva ou locomóvel**





### 1.2.1.2. CALDEIRAS VERTICAIS

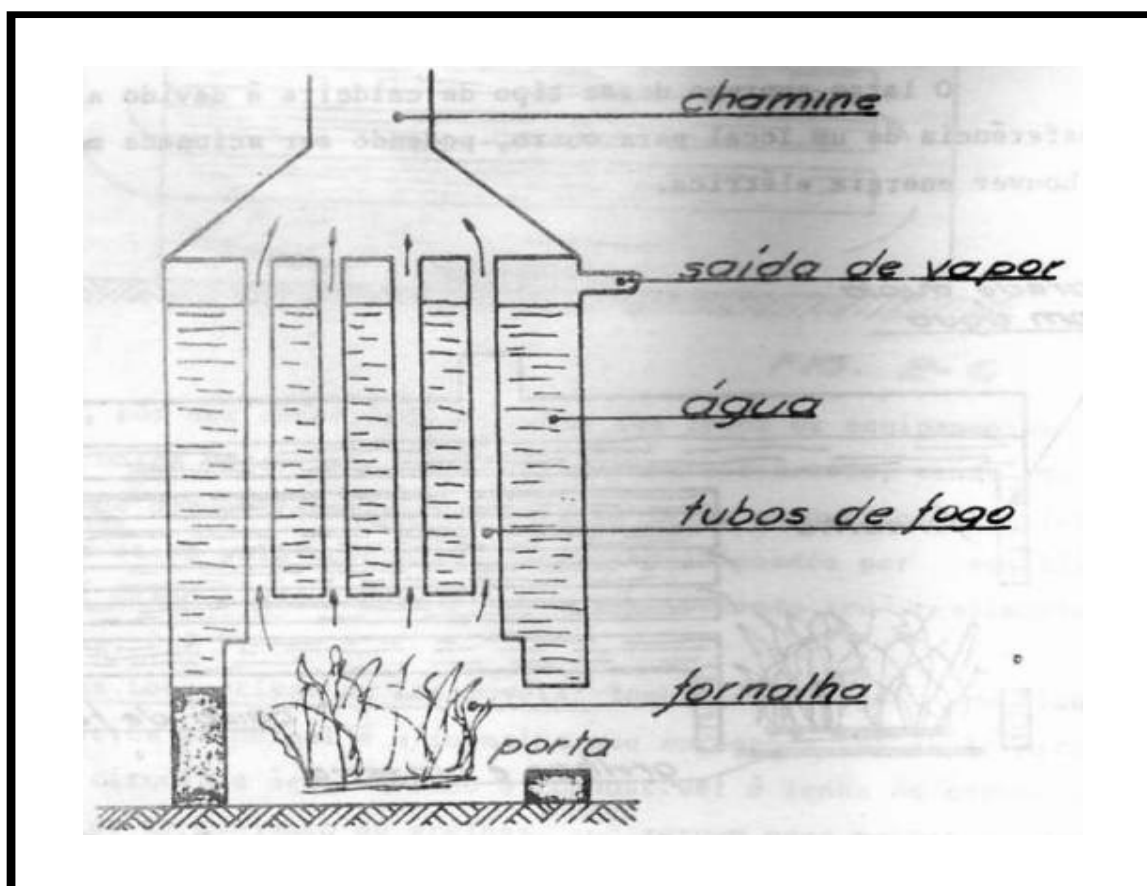
Este tipo de caldeira tem as mesmas características da caldeira horizontal multitubular.

Os tubos são colocados verticalmente dentro do cilindro e a fornalha interna fica no corpo do cilindro. Existem tipos cuja a fornalha é externa.

Esta caldeira é usada em locais onde o espaço é reduzido e não requer grande quantidade de vapor, mas alta pressão.

Os gases resultantes da queima sobem pelos tubos e aquecem a água que se encontram fora dos mesmos.

Fig. 08 Esquema de uma caldeira vertical.



### 1.2.1.2.1.VANTAGENS E DESVANTAGENS DAS CALDEIRAS TUBO-DE-FOGO

Vantagens:

- Construção bastante simples, conseqüentemente baixo custo;
- Bastante reforçadas;
- Facilidade de manutenção;
- Exigem pouca alvenaria.

Desvantagens:

- Pouco rendimento, principalmente quando alimentada com água fria;
- Partida lenta devido a grande quantidade de água;
- Pressão limitada até 15,5 kg/cm<sup>2</sup>;
- Pequena vaporização;
- O fogo e os gases têm contato direto com a chaparia provocando maior desgaste;
- Apresentam dificuldades para a instalação de economizador, superaquecedor e pré-aquecedores;
- Devido a grande quantidade de água não atendem a aumentos instantâneos na demanda de vapor.

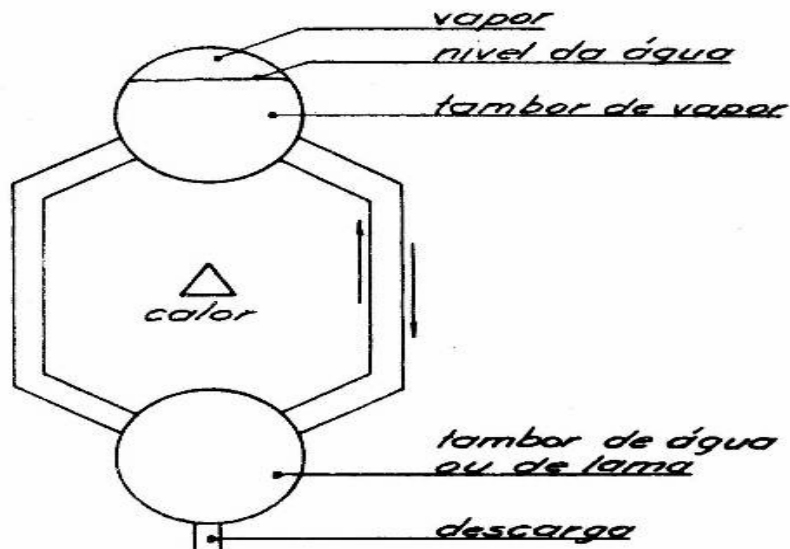
### 1.2.2. CALDEIRA AQUATUBULAR

Quando descrevemos o processo evolutivo por que passaram as caldeiras, vimos que as caldeiras de tubo de fogo primitivas, a superfície de aquecimento era muito pequena, tendo essa superfície aumentada a medida que se aumentaram o número de tubos. Por mais tubo que se colocassem dentro da caldeira, essa superfície ainda continuava pequena, causando alguns inconvenientes, tais como: baixo rendimento, demora na produção de vapor etc. A crescente industrialização em todos os países e a criação de novos métodos industriais exigiam caldeiras de maior rendimento, menor consumo, rápida produção de vapor, enfim se fazia necessário a criação de um novo tipo de caldeira.

Baseados nos princípios de tecnologia e nas experiências com os tipos de caldeiras existentes na época, resolveram inverter aquilo que era feito; trocaram os tubos de fogo pelos tubos de água, tendo assim aumentado em muito a superfície de aquecimento. A caldeira tubo-de-água é baseada no fato de que: “quando um líquido é aquecido, as primeiras partículas ficam mais leves e sobem, enquanto as partículas frias que são mais pesadas descem, recebendo calor elas tornam a subir, formando assim um movimento contínuo, até que a água entre em ebulição”. Podemos ver nitidamente isso quando colocamos água para ferver.

No esquema apresentado na figura nº 09 podemos notar que a água é vaporizada nos tubos que constituem a parede mais interna, recebendo calor primeiro, vaporiza e sobe até o tambor superior dando lugar a nova quantidade de água fria que será vaporizada e assim sucessivamente.

Fig. 09 Esquema caldeira tubo de água.

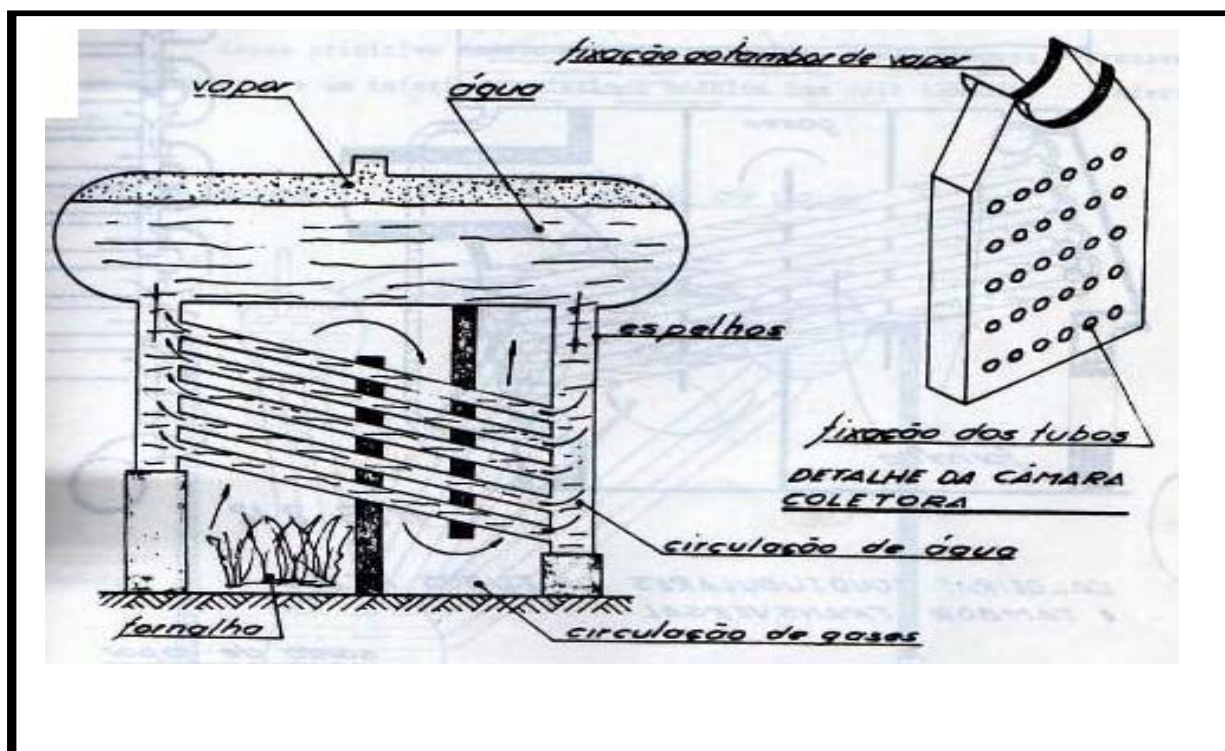


Aparecem diferentes tipos de caldeiras tubo-de-água, a saber:

#### 1.2.2.1. CALDEIRAS AQUATUBULARES DE TUBOS RETOS

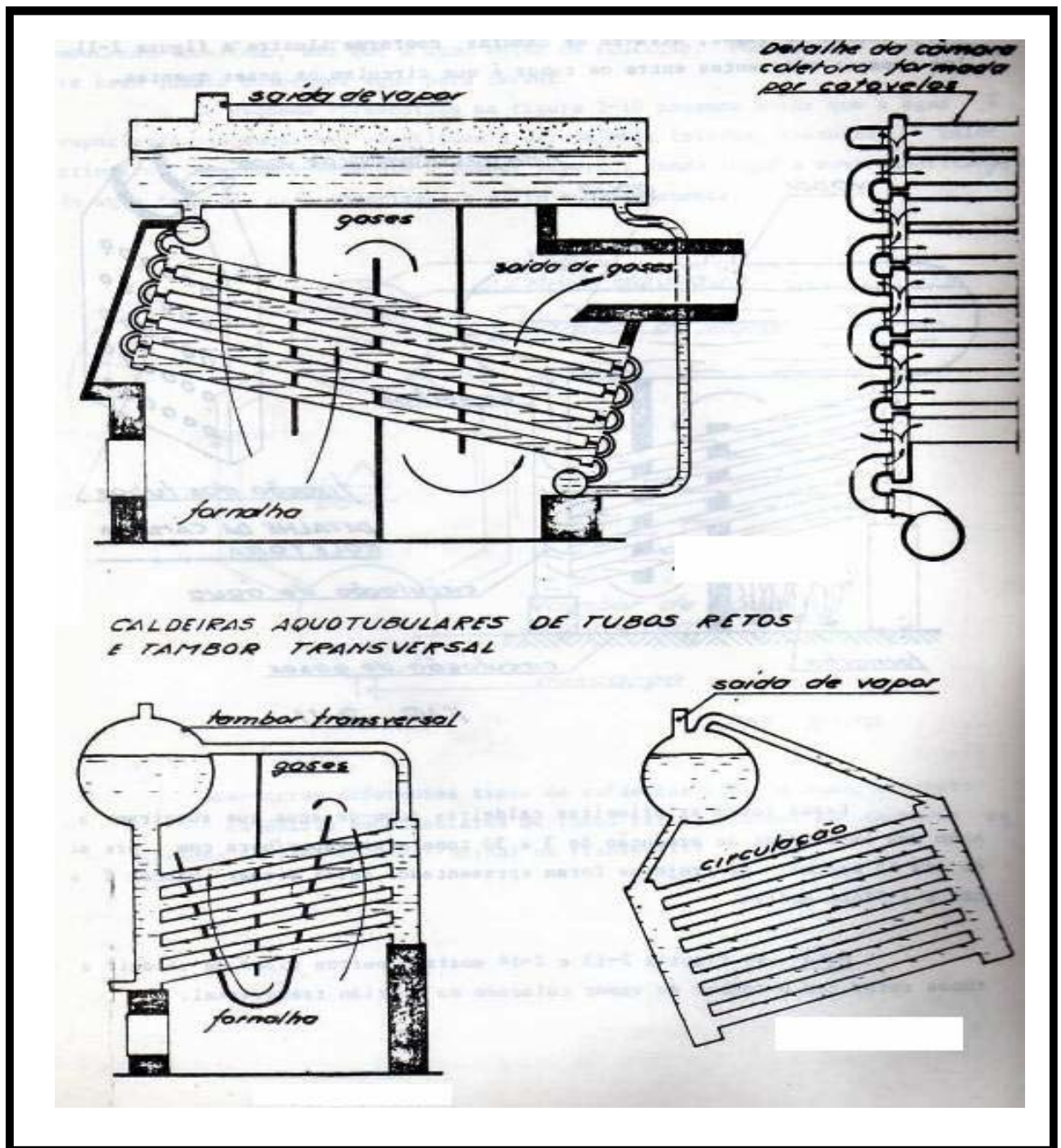
Consiste em um feixe de tubos retos e paralelos que se interligam com o tambor de vapor, através de câmaras, conforme ilustra a figura 10. Pelos espaços existentes entre os tubos é que circulam os gases quentes.

Essas as primeiras caldeiras tubo-de-água que surgiram, tinham uma capacidade de produção de 3 a 30 toneladas de vapor/hora com pressões de até 45 kg/cm<sup>2</sup>. Os projetos foram apresentados pelas firmas Babcock & Wilcox e Stein Muller.

**Fig. 10 Caldeira aquotubular de tubo**

A figura 11 mostra outros tipos de caldeiras de tubos retos com o tambor colocado no sentido longitudinal e no sentido transversal.

Fig 11 Esquema caldeira aquotubular tubo reto sentido longitudinal e transversal



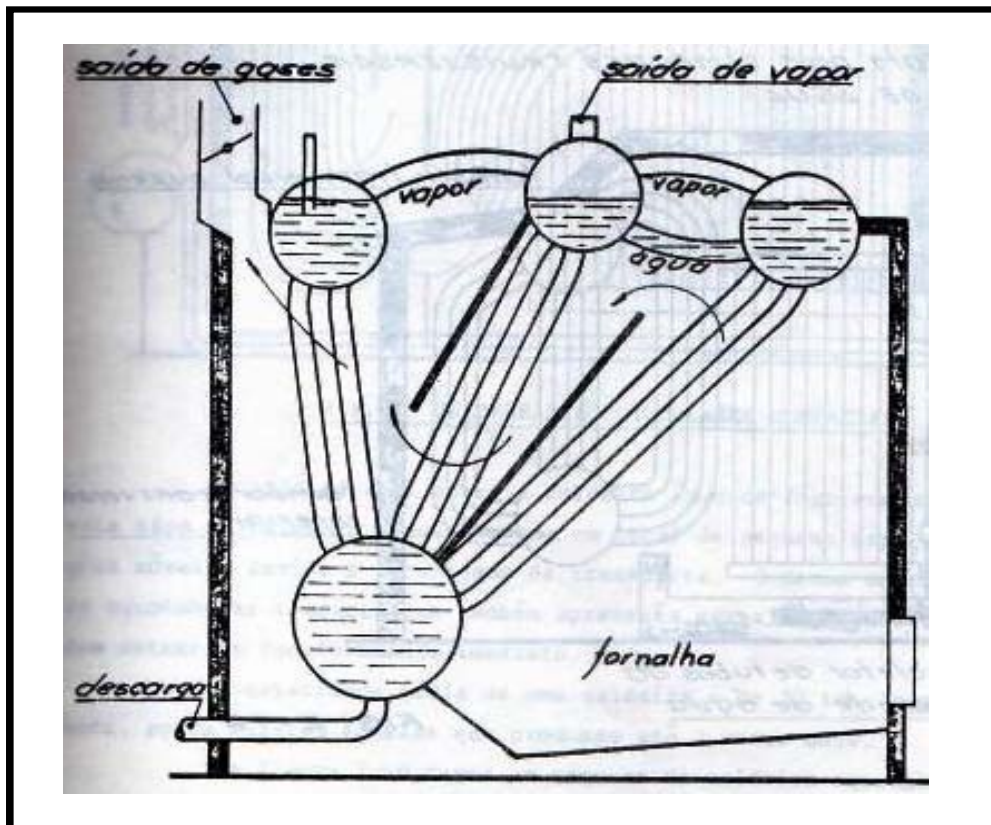
#### 1.2.2.2. CALDEIRAS AQUOTUBULARES DE TUBOS CURVOS

A principal característica desse tipo, são os tubos curvos que se unem aos tambores por solda ou mandrilagem, o que representa grande economia na fabricação e facilidade na manutenção. Além de serem bastante práticas para limpar, possibilitam a produção de grande quantidade de vapor.

As primeiras caldeiras desse tipo foram idealizadas por Stirling. Apresentavam um número de tambores variados, e um grande volume de água. Partindo desse modelo, foram projetadas novas caldeiras. Com o objetivo de se aproveitar melhor

o calor irradiado na fornalha, o número e o diâmetro dos tubos, e acrescentou uma parede de água em volta da fornalha o que serviu como meio de proteção ao refratário da mesma.

**Fig. 12 Esquema caldeira aquotubular modelo Stirling**



#### 1.2.2.3. Caldeiras aquotubulares compactas

Quando falamos sobre caldeiras tubo-de-fogo compacta vimos, que este tipo de caldeira é muito usada em local de pequeno espaço, e em instalações móveis, devido a facilidade de transporte. O mesmo ocorre com a caldeira aquotubular compacta que também apresenta essas vantagens e mais, a de poderem entrar em funcionamento imediato.

A capacidade média de uma caldeira é de 30 toneladas de vapor por hora, porém produzem até 3 vezes mais.

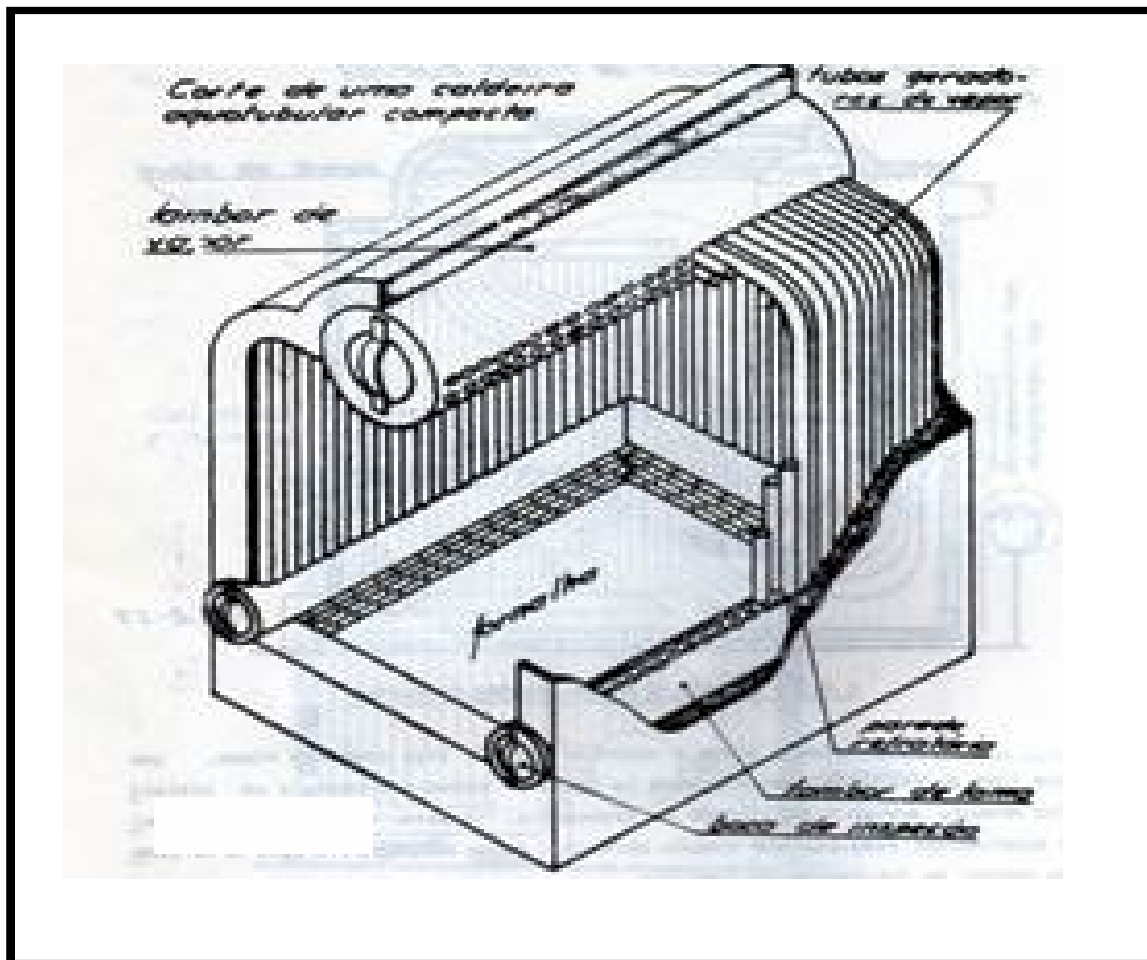


Fig. 13 Corte de uma caldeira aquotubular compacta.

#### 1.2.2.4. CALDEIRAS DE CIRCULAÇÃO POSITIVA

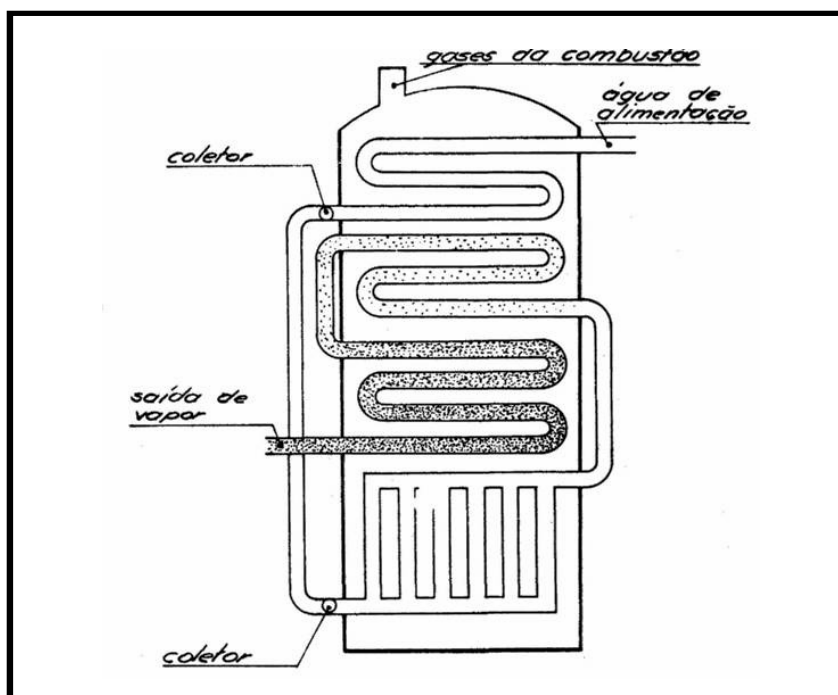
A circulação nas caldeiras aquotubulares ocorre por diferenças de densidade. Se a circulação for deficiente, poderá ocorrer um superaquecimento e conseqüentemente uma ruptura nos tubos.

As caldeiras de circulação positiva podem apresentar bombas externas, para forçar a circulação de água ou vapor, independente da circulação natural.

A primeira caldeira desse tipo foi a de Fluxo Unidirecional ou Caldeira de Benson. Essa caldeira não possui tambor de vapor, nem bomba de recirculação. Sua grande vantagem é a de ser a sua pressão ilimitada, assim como sua capacidade, porém, exige muita perícia na operação.

Existe também a caldeira de Belser que é a mesma caldeira Benson acrescida de um tambor de vapor, o qual coleta uma pequena parte da água evaporada para o aquecimento da água de entrada.

A Caldeira Lê Mont, segue as mesmas características acrescidas porém, de um separador e de uma bomba de recirculação, a qual funciona com uma pressão superior a da caldeira.



**Fig. 14** Esquema caldeira de Benson.

#### 1.2.2.2. CALDEIRAS AQUATUBULARES vantagens e desvantagens

a- Caldeira de tubo reto:

Vantagens:

- Os tubos retos são de fácil substituição;
- A limpeza e inspeção são facilitadas;
- Não necessita de tiragem forçada nem de grandes chaminés.

Desvantagens :

- Precisa de dupla tampa para os tubos(espelhos);
- A vaporização específica é muito pequena.

b- Caldeiras de tubos curvos:

Esse tipo de caldeira apresenta inúmeras vantagens:

- Economia na construção, conseqüentemente menor custo;
- É de fácil limpeza e manutenção;
- Alta produção de vapor;
- Dimensões reduzidas;



- Redução de temperatura na câmara de combustão com maior aproveitamento de calor;
- Não necessita de refratários de alta qualidade;
- Vaporização muito rápida;
- Fácil inspeção em todos os seus componentes.

c- Caldeira compacta:

Por ser uma versão da caldeira acima descrita, esta caldeira apresenta todas aquelas vantagens além da grande redução do tamanho e ser fornecida em condições de entrar em funcionamento imediato.

d- Caldeira de circulação positiva

Vantagens:

- Seu tamanho é bem reduzido;
- Não necessita de grandes tambores;
- O vapor é instantâneo;
- A circulação forçada impede a incrustação.

Desvantagens:

- É muito sensível, ocasionando sucessivas paradas;
- A bomba de recirculação oferece problemas, quando operada em alta pressão.

### 1.2.3. Tratamento de água de caldeiras

As principais grandezas de qualidade da água são:

1- Dureza Total. Representa a soma das concentrações de cálcio e magnésio na água. Esses sais possuem a tendência de formar incrustações sobre as superfícies de aquecimento. A água, em relação à dureza, pode ser classificada como:

- Até 50 ppm de  $\text{CaCO}_3$ .....mole
- 50 a 100 ppm de  $\text{CaCO}_3$ .....meio dura
- ACIMA DE 100 PPM DE  $\text{CaCO}_3$ .....dura

– ph. É um meio de se medir a concentração de ácido ou soda em uma água. Em outras palavras é a maneira de se medir a acidez ou a alcalinidade de uma amostra. Para a determinação do ph usa-se uma escala que varia de 1 a 14, sendo que de 1 a 6 a água é ácida e de 8 a 14, a água é alcalina. Com ph igual a 7 a água é neutra. Quanto mais ácida é uma água, mais corrosiva ela é.

#### 1.2.3.1 Método de tratamento de água

Os métodos de tratamento podem ser divididos em dois grandes grupos:

a) Externos:

- Clarificação
- Abrandamento
- Desmineralização
- Desgaseificação
- Remoção de sílica

b) Internos:

- A base de fosfato
- A base de quelatos
- Sulfito de sódio
- Hidrazina
- Soda

#### 1.2.3.1.1. Métodos externos

- Clarificação. O processo consiste na prévia floculação, decantação e filtração da água com vistas a reduzir a presença de sólidos em suspensão.
- Abrandamento. Consiste na remoção total ou parcial dos sais de cálcio e magnésio presentes na água, ou seja, consiste na redução de sua dureza.
- Desmineralização ou troca iônica. Nesse processo são utilizadas certas substâncias sólidas e insolúveis, das mais variadas origens e natureza química, que possuem a propriedade de, quando em contato com soluções de íons, trocar esses íons por outros de sua própria estrutura sem que haja alterações de suas características estruturais. Existem dois tipos de trocadores: de cátions e de ânions.
- Desgaseificação. São empregados equipamentos especiais que aquecem a água e desta forma, são eliminados os gases dissolvidos. Pode ser utilizado vapor direto para o aquecimento da água a ser desgaseificada.
- Remoção de sílica. Como já foi abordado, a sílica produz uma incrustação muito dura e muito perigosa. Os tratamentos normalmente empregados no interior da caldeira não eliminam a sílica. Os métodos mais usados para a remoção da sílica são a troca iônica e o tratamento com óxidos de magnésio calcinado.

#### 1.2.3.1.1.2. Métodos internos

Os tratamentos internos de baseiam na eliminação da dureza, ao controle do pH e da sua alcalinidade, na eliminação do oxigênio dissolvido e no controle dos cloretos e do teor total de sólidos.

Eliminação da dureza. Os sais de cálcio e de magnésio precipitam como carbonatos e sulfatos, formando os depósitos duros e isolante do calor que são as incrustações. Existem dois métodos diferentes de eliminar a dureza:

Precipitação com fosfato – Esses reagem com sais de cálcio e de magnésio formando um produto insolúvel que não adere as partes metálicas da caldeira. O precipitado forma um lodo que se acumula no fundo da caldeira, sendo eliminado regularmente por meio de purgas.

Tratamento com quelatos – Nesse tratamento não há precipitação do cálcio, nem do magnésio. Forma, porém, produtos solúveis não em forma de lama. Os quelantes mais utilizados são o EDTA e o NTA.

Controle do pH e da alcalinidade. Os produtos empregados no controle do pH e da alcalinidade são a soda a 50% e a soda (hidróxido de sódio) em lentilhas. Via de regra não é necessário a adição de ácidos para o controle do pH e da alcalinidade porque as águas de alimentação são geralmente bastante ácidas.

Eliminação do oxigênio dissolvido. Isso é de vital importância para o controle da corrosão. A eliminação é feita pela reação entre certos agentes redutores e o O<sub>2</sub>. Os dois produtos mais usados são o sulfito de sódio e a hidrazina.

Controle do teor de cloretos e sólidos totais. Quando a concentração de cloretos se torna muito alta, podem aparecer problemas de corrosão. Quando o teor de sólidos é alto, podem aparecer problemas de arraste. A forma de controlar esses teores é através de purgas sempre que se fizer necessário.

#### 1.2.4. Manutenção das caldeiras

Todo tratamento para ter bons resultados depende de um controle eficiente e sistemático, quer dos parâmetros químicos e físicos, como de certas operações e procedimentos.

#### 1.2.5. Controle químico

Deve ser estabelecido um programa de coleta e execução de análises que leve em conta, principalmente, a pressão de trabalho da caldeira, a produção de vapor e as exigências de qualidade do vapor. Em geral, para caldeiras de baixa pressão, é recomendado uma análise química pelo menos semanal e que inclua os seguintes itens:

- ph;
- alcalinidade;
- dureza;
- fosfato;

- sulfito ou hidrazina;
- cloretos;
- sólidos totais.

É comum a realização de análises mais regulares para itens como o ph, dureza e cloretos, pela facilidade de execução. Para caldeiras de alta pressão, utiliza-se pelo menos, uma análise diária de água da caldeira, sendo analisados todos os itens acima mencionados.

Cuidado especial deve ser tomado com a coleta da amostra para análise. Antes da coleta deve ser feita uma purga para que seja eliminado qualquer depósito nos tubos e no fundo da caldeira. Deve ser previsto também o resfriamento da amostra de água coletada para melhorar sua concentração. Caso a análise não seja feita imediatamente, é necessário evitar o contato com o ar.

De fundamental importância é a correta utilização das purgas. Em caldeiras que são regularmente apagadas deve-se fazer uma purga maior imediatamente antes de se iniciar o fogo ou durante o período de aquecimento da caldeira.

Existem diversas maneiras de se adicionar os produtos químicos em uma caldeira. Pode-se adicionar todos os produtos de uma só vez ou pode-se adicionar um cada vez. Mas, o mais correto é misturar todos os produtos e adicionar à medida que a bomba de alimentação alimenta a caldeira. Isso pode ser conseguido colocando-se uma bomba dosadora ligada junto com a bomba de alimentação.

#### 1.2.6. Limpeza química de caldeiras

As superfícies internas da caldeira, ainda que a água seja bem tratada, acumulam certa quantidade de depósitos de várias naturezas através do tempo. A experiência tem mostrado que uma limpeza química regular (a cada 5 ou 6 anos) apresenta bons resultados. Observa-se assim, o desaparecimento de certos problemas de corrosão que são notados quando não é feita a limpeza regularmente. O rendimento da caldeira também melhora, podendo chegar a uma redução do consumo de até 20%.

Existem vários agentes de limpeza, mas o mais usado é o ácido clorídrico misturado a um inibidor, para evitar a corrosão acentuada das partes internas da caldeira.

### 1.2.7. Proteção de caldeiras contra corrosão

Esta proteção baseia-se fundamentalmente em evitar a entrada de ar na caldeira. O método mais fácil de conseguir impedir esta entrada é pelo enchimento da caldeira com água (a própria água de alimentação).

Também pode ser feito um selo com nitrogênio, que é um gás inerte. Nesse caso, injeta-se N<sub>2</sub> no espaço vazio da caldeira até uma pressão de 3 a 5 Kgf/cm<sup>2</sup>.

Caso a caldeira tenha de ser drenada, a proteção contra corrosão se baseia em evitar que a umidade se deposite sobre os metais. Isso pode ser conseguido aquecendo-se a caldeira com lâmpadas ou resistências elétricas ou usando agentes dessecantes (sílica gel ou alumina ativada).

### 1.3. Acidentes mais comuns

O emprego de caldeiras implica na presença de riscos dos mais diversos: explosões, incêndios, choques elétricos, intoxicações, quedas, ferimentos diversos, etc.

#### 1.3.1. Riscos de explosão em caldeiras

Os riscos de explosões em caldeiras ocorrem pelas seguintes razões:

Por se encontrar presente durante todo o tempo de funcionamento, sendo imprescindível seu controle de forma contínua, ou seja, sem interrupções.

Em razão da violência com que as explosões acontecem. Na maioria dos casos suas conseqüências são catastróficas, em virtude de enorme quantidade de energia liberada instantaneamente.

Por envolver não só os operadores, como também as pessoas que trabalham nas redondezas.

Por que sua prevenção deve ser considerada em todas as fases: projeto, fabricação, operação, manutenção, inspeção e outras.

O risco de explosão do lado da água está presente em todas as caldeiras, pois a pressão reinante neste lado é superior a pressão atmosférica. Todo fluido compreensível tem o seu volume bastante reduzido quanto comprimido. Essa redução é tantas vezes menor quanto for o aumento de pressão. A massa comprimida de fluido procura então, ocupar um espaço maior através de fendas e rupturas. Isso é conseguido com a explosão, quando, por algum motivo, a resistência do recipiente que o contem é superada. Para evitar a explosão surge a necessidade de empregar-se espessuras adequadas em função da resistência do material e das características de operação.

No caso de caldeiras, outro fator importante a ser considerado quanto às explosões é a grande quantidade de calor transmitida no processo de vaporização, dada a grande quantidade de calor latente e calor sensível absorvida pelo vapor. Neste sentido, os danos provocados pela explosão de uma caldeira serão muito maiores que um reservatório contendo ar, por exemplo, de mesmo volume e de mesma pressão. Isso por que parte da energia será liberada na forma de calor, provocando o aquecimento do ambiente onde a explosão ocorre. O risco de explosão pode, portanto, ser originado pela combinação de três causas:

- Diminuição da resistência, que pode ser decorrente do superaquecimento ou da modificação da estrutura do material.
- Diminuição de espessura que pode ser originada da corrosão ou da erosão.
- Aumento de pressão decorrente de falhas diversas, que podem ser operacionais ou não.

#### 1.3.1.1. O superaquecimento como causa de explosões

Quando o aço com que é construída a caldeira é submetido, em alguma parte, a temperaturas maiores àquelas admissíveis, ocorre redução da resistência do aço e aumenta o risco de explosão. Entretanto, antes da ocorrência da explosão podem haver danos; empenamentos; envergamentos e abaulamentos.

Nas caldeira aquatubulares é muito freqüente a ocorrência de abaulamento com a superfície convexa voltada para o lado dos gases, decorrentes da deformação plástica do aço em temperatura da ordem de 400 a 550°C e sob a ação duradoura de pressão interna de vapor.

Fig 15 Caldeira com deformação da superfície.



Outra consequência do superaquecimento é a oxidação das superfícies expostas, se o meio for oxidante, ou é carbonetação (formação de carbetos de ferro), se o meio for redutor.

1.3.1.2. As principais causas do superaquecimento são:

a) Seleção inadequada do aço da caldeira. Em caldeiras aquatubulares, por exemplo, parte dos tubos da fornalha poderão estar submetidos a radiação mais intensa que aqueles de outras partes, devendo por isso, ser constituídos por aço de características condizentes com a solicitação. Se no projeto de caldeiras não forem consideradas as condições de não homogeneidade de temperatura de trabalho das superfícies de aquecimento, poderá haver risco de fluência e ou ruptura dessas partes submetidas a pressão, devido ao emprego de aço poucos resistentes às solicitações impostas. As faixas de temperatura em que os aços constituintes de chapas e de tubos, respectivamente, resistem as solicitações impostas pela geração de vapor.

b) Uso de aço com defeitos. O processo de laminação utilizado na obtenção de chapas e de tubos, é aquele que mais pode determinar a inclusão de defeitos. É comum na produção de chapas ocorrer a chamada dupla laminação, consistindo de vazios no interior do aço. Após sucessivas passagens pelos laminadores, esses vazios adquirem um formato longitudinal ao longo da chapa, dando a impressão de se ter chapas sobrepostas. Esses defeitos fazem com que as chapas não resistam às cargas térmicas e ou mecânicas previstas no projeto.

c) Prolongamentos excessivos dos tubos. Isso ocorre com muita frequência nas caldeiras fumotubulares, em que tubos expandidos nos espelhos são deixados com comprimento excessivo para dentro das caixas (câmaras) de reversão. Esses prolongamentos exagerados, prejudicam a reversão de fluxo dos gases quentes, determinados pontos de superaquecimento, cuja consequência certa é o aparecimento de fissuras nos tubos ou nas regiões entre furos dos espelhos.

d) Queimadores mal posicionados. Como visto, os aços das chapas e dos tubos de caldeiras admitem aquecimento até algumas centenas de graus Celsius, sem perderem totalmente suas propriedades mecânicas. As chamas de queimadores podem atingir valores de temperatura de até 1.000°C, de modo que o mal posicionamento do queimador pode determinar a incidência direta da chama sobre algumas superfícies, propiciando o superaquecimento e a fluência do material.

A consequência disso pode ser a deformação lenta e gradual da caldeira ou a explosão eminente da mesma, o que depende da ocorrência de outros fatores. O posicionamento dos queimadores é muito complicada quando esses são do tipo tangenciais, os quais produzem um turbilhonamento intenso dos gases no centro da câmara de combustão.

e) Incrustações. Esse é um problema clássico relacionado à segurança de caldeiras.

As incrustações são deposições de sólidos sobre as superfícies de aquecimento, no lado da água, devido a presença nessa de impurezas: sulfatos, carbonatos de cálcio ou magnésio, silicatos complexos (contendo Fe, Al, Ca e Na) e sólidos em suspensão. Aparecem ainda, devido à presença de precipitados que resultam de tratamento inadequados da água da caldeira (borras de fosfato de cálcio ou magnésio) e de óxido de ferro não protetores. A incrustação, se comportando como isolante térmico (a condutividade térmica é cerca de 45 vezes menor que a do aço), não permite que a água mantenha refrigerada as superfícies de aquecimento. Isso reduz a transferência de calor do aço para a água, fazendo com que o aço absorva mais calor sensível e aumentando sua temperatura de forma proporcional à quantidade de calor recebida. Nos casos de incrustações generalizadas há um agravamento da situação para se manter a água na temperatura de ebulição, pois é necessário o aumento do fornecimento de calor no lado dos gases. Com esse aumento de temperatura, podem ocorrer as seguintes consequências indesejáveis com relação à segurança do equipamento:

f) O aço, previsto para trabalhar em temperaturas da ordem de 300°C, fica exposto a temperaturas da ordem de 500°C, fora dos limites de resistência. Portanto, o risco de explosão acentua-se.

g) A camada incrustante pode romper-se e soltar-se, fazendo a água entrar em contato direto com as paredes do tubo em alta temperatura, o que pode provocar a expansão repentina da água e, em consequência, a explosão.

h) Formação de zonas propícias à corrosão, em virtude da porosidade da camada incrustante e a possibilidade da migração de agentes corrosivos para sua interface com o aço.

i) Operação em marcha forçada. Isso ocorre quando a caldeira possui potência insuficiente para atender as necessidades de vapor do usuário, que na expectativa de ver sua demanda atendida, intensifica o fornecimento de energia à fornalha. Nessas circunstâncias, dadas as limitações da caldeira, em vez de



alcançar a produção desejada, o que é conseguido é o superaquecimento das várias partes da caldeira, determinando a deformação das mesmas ou até a ruptura. Portanto, isso constitui em risco eminente de explosão do equipamento. No caso das caldeiras fumotubulares, a intensificação de energia à fornalha pode também determinar riscos de fissuras no espelho traseiro, nas regiões entre furos, de forma similar aos prolongamento excessivos mencionados.

j) Falta de água nas regiões de transmissão de calor. O contato da água com o aço é fundamental para mantê-lo refrigerado. Por isso, é essencial que o calor recebido pelas superfícies de aquecimento seja transferido para água, sem provocar aumento excessivo da temperatura do aço, pois no lado da água, o processo de vaporização acontece a pressão constante. No caso de haver falta de água em alguma parte da caldeira, o processo da temperatura constante cessará neste local, a partir do que se dará início uma transferência de calor sensível (com aumento da temperatura). Isso provocará o superaquecimento do metal e, em consequência, perda de resistência. A maior parte das explosões em caldeiras é devido a falta de água nas regiões de transferência de calor. Os principais motivos para a falta de água são a circulação deficiente de água e a falha operacional que serão discutidos a seguir:

l) Má circulação de água. Nas caldeiras aquatubulares em que a circulação da água se faz de modo natural, a diferença de densidade entre as partes mais quentes da água e as partes menos quentes, é a força motriz responsável pela movimentação da água no interior do equipamento. Essa força motriz é tanto menor, quanto mais a pressão da água se aproxima do ponto crítico (220,9 bar). Na prática, para pressões de trabalho superiores a 150 bar, é justificável o uso de bombas para forçar a circulação da água. É necessário que cada tubo seja atravessado por uma quantidade de água suficiente para refrigerá-lo, pois é preciso encontrar um bom equilíbrio da vazão de água. A rugosidade, as corrosões e os depósitos internos são fatores que reduzem a vazão de água nos tubos, podendo prejudicar a refrigeração.

Nas caldeiras fumotubulares é estabelecido em regime normal uma circulação de água. Se nos pontos A e B, em particular, os quais correspondem os pontos mais baixo e mais alto da fornalha, a velocidade da água for deficiente, pode determinar nesses pontos um aumento de temperatura. Isso tende a se agravar, se no ponto A formam-se bolhas de vapor, isolando, termicamente, a parede da fornalha da água da caldeira.

m) Falha operacional. As caldeiras industriais de última geração operantes com combustível líquido ou gasoso são totalmente automatizadas, cujos parâmetros de funcionamento são controlados por meio de malhas de instrumentação. Isso tem exigido dos operadores poucas intervenções, exigindo, porém, maior qualificação do pessoal e maior precisão nas decisões. A lógica do automatismo das caldeiras, obtido através de pressostatos e do sistema regulador de nível da água, que comandam, respectivamente, o funcionamento dos queimadores e das bombas de alimentação de água. A atuação desses dispositivos, indispensáveis à segurança das caldeiras, podem interromper, subitamente, o funcionamento das mesmas, através de válvulas solenóides que bloqueiam o suprimento de combustível, desligando totalmente os queimadores.

Não obstante o automatismo das caldeiras modernas, os períodos de acendimento e de desligamento das mesmas acontecem, em geral, de forma manual. Se o acendimento se realizasse em posições automática, os controles admitiriam o máximo fornecimento de energia, pois são comandados pela pressão de vapor e isso pode ser desastroso para a caldeira. Na posição de manual, o risco de falta de água está relacionado à procedimentos inadequados do operador, que, por exemplo, não aumenta a vazão de água quando o nível tende a baixar. Falhas desse tipo em geral acontecem por falsas indicações de nível ou por imperícia na operação da caldeira.

Riscos de obstruções ou acúmulo de lama na coluna de nível, geralmente acontecem, quando a limpeza ou a manutenção preventiva ou o tratamento de água são realizados de forma deficiente. Isso poderá fornecer indicações de nível incorretas para o operador ou para os instrumentos responsáveis pelo suprimento de água. De forma similar, obstruções em tubulações de água de alimentação de caldeira podem conduzir a riscos de acidentes, pois a vazão de ingresso da água será inferior a vazão de saída do vapor.

Em casos de variações no consumo ocorrer um aumento brusco na vazão de vapor, a instrumentação pode ser responsável por falta de água, pois em virtude da queda brusca de pressão, bolhas de vapor que se formam sob a superfície da água se expandem, dando origem a uma falsa indicação de nível alto, o que reduz a vazão de entrada de água. Além disso, como o pressostato sente a baixa pressão, o sinal que ele envia para os dispositivos de combustão é no sentido de fazer aumentar o fornecimento de combustível, isso tenderá a agravar a condição de risco de acidente.

### 1.3.1.3. Choque térmico

Os choques térmicos acontecem em virtude de freqüentes paradas e recolocação em marcha de queimadores. As caldeiras suscetíveis a essas condições são aquelas que possuem queimadores com potência excessiva ou queimadores que operam em on-off, ou seja, que não modulam a chama. As incrustações das superfícies também favorecem os efeitos dos choques térmicos.

Outras situações de ocorrência de choques térmicos são quando a caldeira é alimentada com água fria (<80°C) ou com entrada de água quente nas regiões frias. Os problemas com choques térmicos acontece com mais freqüência com as caldeiras fumotubulares, especialmente com aquelas com câmara de reversão traseira seca.

Falha operacional pode também contribuir para a ocorrência de choques térmicos. Isso pode acontecer quando após uma redução excessiva do nível de água, por um motivo qualquer e com parte da superfície de aquecimento sem refrigeração, o operador faz injetar água na tentativa de restabelecer o nível normal. Em situação como esta, dever-se-á adotar como medida correta a cessação imediata do abastecimento de combustível aos queimadores.

### 1.3.1.4. Defeito de mandrilagem

A mandrilagem é a operação de expansão dos tubos junto aos furos dos espelhos da caldeira. A expansão é feita, portanto, nas extremidades dos tubos por meio de um dispositivo cônico chamado mandril e que gira em torno de seu eixo axila. Através da mandrilagem os tubos ficam ancorados, com a estanqueidade devida, nos espelhos das caldeiras fumotubulares ou nas paredes do tubulão das caldeiras aquatubulares. A estanqueidade pode ficar comprometida, se no momento da mandrilagem houverem corpos estranhos na superfície externa da extremidade dos tubos ou nas paredes dos furos. Problemas podem também ocorrer se o processo de mandrilagem não for bem controlado, promovendo o aparecimento de trincas nos espelhos (entre furos) ou nos tubos.

Para melhorar as estanqueidade no processo de mandrilagem é necessário empregar chapas com espessura mínima de  $\frac{3}{4}$  de polegada e a execução de grooves, que são sulcos circulares nos furos. Esses sulcos são inteiramente ocupados pelo tubo após a mandrilagem. Em espessuras superiores a 2 polegadas são geralmente executados 2 grooves. Os sulcos devem ser executados de modo que não apresentem arestas cortantes, pois podem cisalhar as paredes do tubo, trazendo riscos adicionais.

#### 1.3.1.5. Falhas em juntas soldadas

O processo de soldagem é muito aplicado na fabricação de caldeiras; solda de tubos, solda de espelhos, solda de tubulões, de reforços, de estais, etc. Portanto, falhas em juntas soldadas aumentam os riscos de acidentes nas caldeiras, pois representam regiões de menor resistência do metal.

De modo geral, o Instituto Internacional de Solda classifica os defeitos em grupos:

- a) Grupo 1 - Fissuras ou trincas
- b) Grupo 2 - Cavidades
- c) Grupo 3 - Inclusão de escória
- d) Grupo 4 - Falta de fusão e de penetração
- e) Grupo 5 – Defeitos de forma

Hoje, a maior parte dos fabricantes de caldeiras empregam processos automatizados de soldagem, sendo o processo a arco submerso o que tem apresentado melhores resultados, especialmente na soldagem de chapas de grande espessura. Nesse processo é eliminada a necessidade de execução de vários passes, como também as descontinuidades de soldagem manual. Proporciona cordões de solda limpos, alta eficiência, menor incidência de falhas e, do ponto de vista de segurança do trabalho, é pouco nocivo ao trabalhador, pois não emite radiações e o arco elétrico fica submerso em um pó, chamado fluxo de soldagem, durante todo o tempo de execução de solda.

Sem dúvidas, qualquer que seja o processo de soldagem, esse deve ser executado por soldadores qualificados e segundo processos reconhecidos por normas técnicas específicas. Após as operações de soldagem, as caldeiras deveriam passar por tratamentos térmicos de alívio de tensões ou de normalização, para minimizar as tensões resultantes do processo de solda.

Para garantir segurança à caldeira desde sua construção, é fundamental que suas juntas soldadas sejam controladas por ensaios não destrutivos, tal como o exame radiográfico.

#### 1.3.1.6. Alterações na estrutura metalográfica do aço

Devido a alta capacidade de produção de vapor, ocorre nas caldeiras que operam a pressões elevadas, a decomposição da água, com o conseqüente desprendimento de oxigênio e de hidrogênio. O H<sub>2</sub>, difundindo-se na estrutura do aço, atua sobre a cementita (Fe<sub>3</sub>C – confere dureza e resistência ao aço carbono), produzindo CH<sub>4</sub> (gás metano), que provoca o empolamento do aço, ou seja, a formação de protuberâncias superficiais.

### 1.3.1.7. Corrosão

Um dos principais responsáveis pela degradação das caldeiras é a corrosão, que age como fator de redução da espessura das superfícies submetidas a pressão. A corrosão não é sentida pelos instrumentos de operação da caldeira, ou seja, os pressostatos e as válvulas de segurança não detectam sua evolução por que não é acompanhada por elevação de pressão de trabalho. A corrosão avançada das partes da caldeira, pode ser causa de explosões até mesmo em pressões inferiores a PMTA (Pressão Máxima de Trabalho Admissível). Portanto, o avanço da corrosão em caldeiras só pode ser detectado por meio de inspeções minuciosas do equipamento (obrigatório por lei).

A corrosão nas caldeiras podem ocorrer tanto nas partes em contato com a água (corrosão interna), como nas partes em contato com os gases (corrosão externa):

1.3.1.7.1. Corrosão Interna. Esse tipo de corrosão se processa sob várias maneiras, segundo vários mecanismos, entretanto, é sempre consequência direta da presença de água (características, impurezas presentes e comportamento), quando em contato com o ferro nas diversas faixas de temperaturas.

a) Oxidação generalizada do ferro. O aço dos tubos e chapas antes da colocação em marcha das caldeiras, apresentam uma fina camada (da ordem de 50 microns) protetora contra a corrosão, chamada magnetita ( $Fe_3O_4$ ), que apresenta uma coloração escura, densa e aderente. No funcionamento da caldeira, essa camada protetora está constantemente sendo quebrada e reconstruída e é muito resistente a alguns agentes químicos (ácido nítrico). Entretanto, quando sofre a ação de agentes físicos, tais como choques térmicos e dilatações ou a ação de agentes químicos, tal como a soda cáustica, oxigênio, quelantes de tratamentos de água, etc., a magnetita deixa de existir e inicia-se a oxidação do ferro, resultando na formação de outros óxidos não protetores do aço.

b) Corrosão galvânica. Ocorre quando dois metais diferentes estão em presença de um eletrólito, gerando uma diferença de potencial e, de consequência, um fluxo de elétrons. Nas caldeiras, o par galvânico pode ser originado quando partes metálicas de cobre ou de níquel ou outro metal se desprendem pela erosão, cavitação de tubulações ou de rotores de bombas e se alojam em ranhuras ou pequenas folgas entre as partes da caldeira. O aço, atuando como ânodo, é o elemento mais prejudicado quanto a corrosão.

c) Corrosão por aeração diferencial. Isso ocorre em geral, nas caldeiras fumotubulares em que o oxigênio dissolvido na água provoca corrosão dos tubos

superiores. Os tubos submersos estão submetidos a menores concentrações de O<sub>2</sub>, comparados a região acima da superfície da água (daí o nome aeração diferencial). Essa diferença de concentração de O<sub>2</sub> forma uma pilha em que o ânodo é formado pela parte menos aerada. Como na pilha galvânica, o ânodo, nesse caso, é também a região que apresenta corrosão mais severa, e, sendo localizada, viabilizará o aparecimento de pites (cavidade na superfície metálica com fundo angular e profundidade maior que o seu diâmetro). Nas caldeiras aquatubulares a aeração diferencial ocorre no tubulão superior e nos purificadores de vapor.

d) Corrosão salina. Acontece quando existem concentrações elevadas de cloretos que migram para ranhuras ou regiões sem proteção da magnetita. Os cloretos podem também se alojar sob camadas porosas que se formam sobre os tubos. Em particular, o cloreto de magnésio hidrolisa se formando ácido clorídrico, atacando quimicamente o ferro da caldeira. Em geral, os cloretos na presença de O<sub>2</sub> catalisam a reação da magnetita resultando o Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, que é um óxido não protetor.

e) Fragilidade cáustica. Esse é um modo de corrosão em que o hidróxido de sódio (soda cáustica), em concentração acima de 5%, migra para fendas ou outras partes em que não existia a camada protetora de magnetita e reage diretamente com o ferro.

f) Corrosão por gases dissolvidos. A água da caldeira pode se contaminar com gases, especialmente com o gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S), decorrentes da poluição atmosférica ou pelo seu tratamento com sulfito de sódio. O H<sub>2</sub>S reage com o ferro dando origem a sulfeto de ferro (FeS), que se apresenta sob a forma de manchas pretas. O gás carbônico (CO<sub>2</sub>) torna a água ligeiramente acidificada, viabilizando a formação de pites.

Outro fator que também age na redução da espessura é a erosão. Esse fenômeno pode acontecer de diversas maneiras nas caldeiras. Nas caldeiras fumotubulares pode ocorrer, por exemplo, na alimentação da água pela bomba em que o jato de entrada, podendo conter partículas pesadas (areia, partes metálicas, etc), incide sobre a parede externa da fornalha, causando seu desgaste. A erosão pelo vapor pode acontecer em sedes de vedação de válvulas de segurança. Essas válvulas são normalmente fabricadas para resistir a ação abrasiva da passagem do vapor em regime de solicitações normais, ou seja, quando a válvula é aberta apenas em situação de emergência e de testes.

Entretanto, quando outros controles de pressão não estão presentes ou não funcionam, a válvula de segurança deixa de ser um acessório de emergência e passa a funcionar com maior frequência, desgastando de modo excessivo e reduzindo muito a vida útil do disco de assentamento. Nas caldeiras aquatubulares a erosão é freqüentemente ocasionada por sopradores de fuligem desalinhados, que direcionam o jato de vapor sobre os tubos, em vez de entre eles.

g) A cavitação é também uma forma de degeneração dos materiais, podendo ser responsável pela redução de espessuras. Seu mecanismo é caracterizado pela ação dinâmica resultante da contínua formação e colapso de bolhas de gases ou vapores do meio líquido sobre uma superfície. Sua ocorrência é muito comum em bombas centrífugas (com pressão de sucção deficiente), dobras, cotovelos e derivações de tubulações, válvulas, etc.

Logicamente, a ação combinada dos dois últimos fenômenos com a corrosão, é muito mais maléfica para as caldeiras que o efeito isolado de cada um deles.

1.3.8.2 Corrosão externa. Esse tipo de corrosão acontece nas superfícies expostas aos gases de combustão e é função do combustível utilizado e das temperaturas. Nas caldeiras aquatubulares, as superfícies de aquecimento mais quentes são aquelas do superaquecedor e do reaquecedor, podendo ocorrer corrosão tanto nas caldeiras que queimam óleo como carvão. Outro problema de corrosão ocorre nas caldeiras que operam com cinzas fundidas, que permitem o ataque do O<sub>2</sub>, destruindo a camada protetora de magnetita. A corrosão nas regiões de baixa temperatura é consequência direta da presença de enxofre nos combustíveis, na forma de sulfato, de compostos orgânicos ou na forma elementar. A decomposição dos sulfatos produz SO<sub>3</sub>, já o enxofre elementar e os compostos orgânicos produzem no processo de combustão o SO<sub>2</sub> e o SO<sub>3</sub> (em menor quantidade). O SO<sub>2</sub> por sua vez pode oxidar-se em SO<sub>3</sub> por ação direta do O<sub>2</sub> ou por oxidação direta catalítica ao contato dos depósitos existentes sobre as superfícies de aquecimento. Para os combustíveis contendo enxofre na ordem de 3%, o teor de SO<sub>3</sub> nos gases de combustão varia entre 20 a 80 ppm (partes por milhão) em massa.

Os gases de combustão, contendo vapor d'água, pode haver a condensação de gotas de ácido sulfúrico quando a temperatura reduz muito e atinge o ponto de orvalho. Esse depende das pressões parciais do H<sub>2</sub>O e do SO<sub>3</sub> nos gases de combustão, porém pode variar de 90 a 106°. A condensação das gotas de H<sub>2</sub>CO<sub>4</sub>

pode, desta forma, acontecer nas partes finais das caldeiras aquatubulares, ou seja, no economizador, no pré aquecimento de ar e chaminé.

Outro fator que contribui para corrosão externa é o ar atmosférico. Caldeiras instaladas em regiões muito úmidas, locais próximo ao mar e atmosferas fortemente poluídas, apresentam corrosão externa, de modo generalizado, em todas as suas partes (chaparias, colunas, escadas, plataformas, etc.).

#### 1.3.8.3. Explosões causadas por aumento da pressão

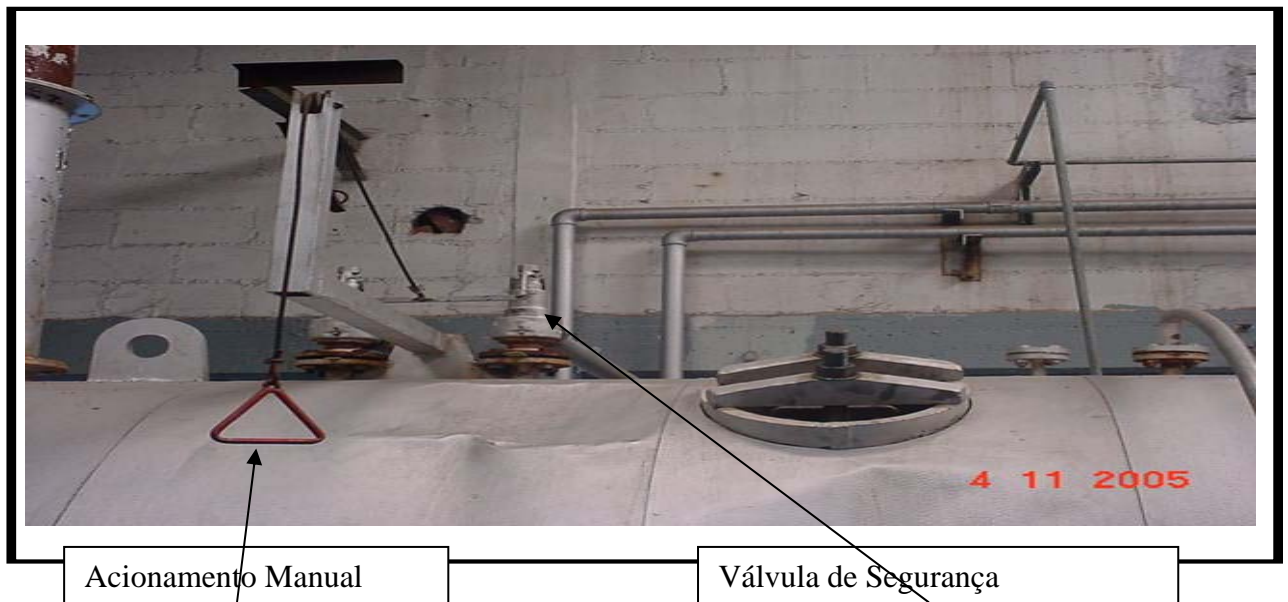
A pressão de vapor em uma caldeira é função direta da quantidade de energia disponível na fornalha pela queima do combustível e que é transmitida à água. Sendo assim, a pressão interna na caldeira depende fundamentalmente da atuação do queimador. Entretanto, o queimador não é o único responsável pelo aumento de pressão na caldeira, pois a bomba de alimentação injeta a água com pressão superior àquela de trabalho. Se a vazão com que a bomba alimenta a caldeira for maior que aquela de saída do vapor, o nível de água sobe e a pressão aumenta. Durante a operação normal da caldeira, a pressão é mantida dentro de seus limites pelos seguintes sistemas:

1.3.8.4. Sistema de modulação de chama. Sistema constituído por um pressostato modulador de chama, um servo-motor e um conjunto de registros (dampers). O pressostato possui um diafragma ou fole que se estende com o aumento da pressão e que aciona os contatos que emitem o sinal elétrico para acionamento do servo-motor. Esse transmite movimento às alavancas, que acionam os dampers, alterando a vazão de combustível e a vazão de ar. Com isso a alimentação do queimador fica modificada e obtém-se a modulação de chama, ou seja, sua redução nos momentos de pressões elevadas e sua intensificação nos momentos de pressões baixas.

1.3.8.5. Sistema de pressão máxima. Esse é composto por um pressostato e uma válvula solenóide. Quando a pressão se eleva além de um certo limite, o pressostato é acionado e corta a alimentação elétrica da válvula solenóide. Conseqüência direta disso é o corte completo de combustível ao queimador. Quando a pressão se restabelece, o pressostato faz abrir totalmente a passagem do combustível ao queimador.

1.3.8.6. Válvula de segurança. Como já comentado anteriormente, essas válvulas têm a função de deixar sair o vapor quando a pressão ultrapassa a PMTA, fazendo diminuir a pressão interna.



**Fig. 16 Válvulas e segurança automática e manual.**

1.3.8.6. Sistema manual. Conforme for a indicação de pressão no manômetro da caldeira, o operador tem condições de acionar os vários dispositivos para intervir, onde for necessário, para manter a pressão interna da caldeira: queimador, bomba de alimentação ou mesmo na válvula de segurança. Por meio dessa última, o vapor pode ser liberado à atmosfera manualmente (acionamento da alavanca da válvula, por exemplo).

Com todas essas possibilidades, conjugadas ou não, é de se esperar que as caldeiras tenham grande chance de ser operadas com segurança, porém, mesmo assim, há inúmeros casos de explosões, causadas por falhas. A possibilidade de falhas em pressostatos pode ser de natureza mecânica, como o bloqueio de sua comunicação com a caldeira ou deterioração do diafragma ou de natureza elétrica, pela colagem dos contatos. Falhas nas válvulas solenóides oferecem riscos quando impedem o bloqueio do combustível, ou seja, quando operam na posição aberta. Há possibilidades da ocorrência desse defeito por falha mecânica de fabricação ou pela instalação incorreta, fora da vertical, ou de cabeça para baixo.

As Válvulas de segurança, para funcionarem adequadamente, devem ser fabricadas em processo de rigoroso controle de qualidade, com molas testadas, dimensões calibradas, concentricidade dos elementos de vedações perfeitas, do contrário não fecham após o alívio da pressão, ou, que é mais grave, não abre no momento em que necessita sua abertura. É importante observar que,

normalmente, a válvula de segurança opta após o sistema de pressão máxima não ter funcionado. Ou seja, se a válvula de segurança não funcionar, a segurança do sistema estará bastante comprometida, restando apenas o sistema manual como possível controle da situação.

Falhas no sistema manual são decorrentes de defeitos em instrumentos de indicação de pressão (manômetros) e de nível, ou nos dispositivos de controle, ou, ainda, de procedimentos inadequados por parte do operador.

#### 1.3.8.7. Explosões no lado dos gases

As explosões no lado dos gases são originadas por uma reação química, ou seja, pelo processo de combustão. Esse processo além de ocorrer exotermicamente acontece em um tempo muito pequeno, cuja consequência é o aumento rápido e violento da pressão em um espaço restrito. As explosões dessa natureza acontecem com frequência nas caldeiras que operam com combustíveis líquidos e gasosos. As névoas de líquidos inflamáveis ou de óleos combustíveis aquecidos apresentam comportamento similar às dispersões gasosas inflamáveis quando entram em contato com o ar, formam uma mistura que entra em combustão instantânea, se a relação ar-combustível estiver dentro do limite de inflamabilidade do combustível e se houver uma pequena fonte de calor para a ignição. As caldeiras aquatubulares, em face da complexa disposição dos circuitos dos gases, favorecem a existência de zonas mortas, onde pode ocorrer acúmulo de gases não queimados.

As explosões no lado dos gases acontecem com frequência na recolocação manual em marcha da caldeira, quando é promovida a ignição com retardo, ou sem purga prévia, condição em que a fornalha se encontra inundada com a mistura combustível-comburente. Ocorre casos também de explosão durante o funcionamento da caldeira: falha de limpeza dos queimadores ou presença de água no combustível ou, ainda, carbonização do óleo no queimador podem levar a interrupção da alimentação do combustível. Essa falha, associada ou não a falhas do sistema de alimentação de ar, pode causar perda momentânea da chama. Com isso, o interior da fornalha ficará enriquecida com a mistura e a explosão ocorrerá, deflagrada pelo sistema de ignição, ou por partes incandescentes da fornalha, ou ainda, por outro queimador, no caso de a perda da chama ocorrer em um queimador, enquanto outros funcionam.

Algumas caldeiras fumotubulares possuem válvulas de alívio instaladas nos espelhos dianteiros. Essas válvulas são mantidas fechadas por ação de molas

durante o funcionamento normal da caldeira e, se abrem para fora, quando a pressão da fornalha supera a pressão exercidas pelas molas, ou seja, no momento de um explosão. Porém, o alívio da pressão nem sempre é obtida, dada a violência com que as explosões acontecem, fazendo voar até os espelhos, nos casos mais extremos. Pode haver também casos de pequenas explosões em que essas válvulas são lançadas fora, e, como se localizam próximas da altura da cabeça do operador, podem criar riscos adicionais.

#### 1.3.8.8. Outros riscos de acidentes

Outras condições determinam situações de risco de acidentes no ambiente das caldeiras, em particular, para os operadores. Uma das situações é o risco de queimaduras na sala de caldeiras por água quente, vapor, óleo aquecido, tubulações e depósitos desprotegidos, etc. Deve-se considerar ainda, o risco de queimaduras por contato com produtos cáusticos, normalmente empregados para neutralizar o ph da água da caldeira, como o hidróxido de sódio e outros produtos químicos.

Na casa de caldeira ou nas caldeiras instaladas ao tempo, há riscos consideráveis de quedas de mesmo nível, em virtude de óleo impregnado no piso ou de poças de óleo, se o local de trabalho não for convenientemente limpo. As quedas de níveis diferentes representam maiores perigos, pois existem caldeiras de diversos tamanhos, podendo atingir alturas de até dezenas de metros. Nessas caldeiras há necessidade de acesso do operador a diversos níveis, seja para observação de visores de fornalha, de sistemas de alimentação, de válvulas, etc.

Do ponto de vista ergonômico, as caldeiras tem evoluído muito nos últimos anos, existindo hoje, caldeiras que possuem câmara de vídeo para que o operador possa observar e exercer à distância, e confortavelmente sentado à frente de um painel, o controle das fornalhas, do nível, dos sistemas de alimentação, etc. Entretanto, essas não são, em geral, as condições freqüentemente encontradas. Em termos ergonômicos, o corpo de um operador de caldeira é solicitado muitas vezes por movimentos desordenados e excessivos, localizados ou generalizados: visores mal posicionados, manômetros instalados em ângulos inadequados, válvulas emperradas que possuem volantes exageradamente pequenos, regulagem de chamas que exigem operações interativas, etc.

A presença de ruído de baixa freqüência dos queimadores e de alta freqüência proporcionada por vazamentos de vapor (acidentes ou intencionalmente

provocados pelas válvulas de segurança) constitui um espectro sonoro peculiar e variável ao longo da jornada de trabalho.

Desconforto térmico nas operações de caldeiras é muito frequente e de fácil constatação, porém a sobrecarga térmica para ser identificada, exige a análise de cada caso em particular, sendo necessário para tanto, não só avaliações com termômetros de globo e de bulbo úmido, como também exames médicos e acompanhamento individual.

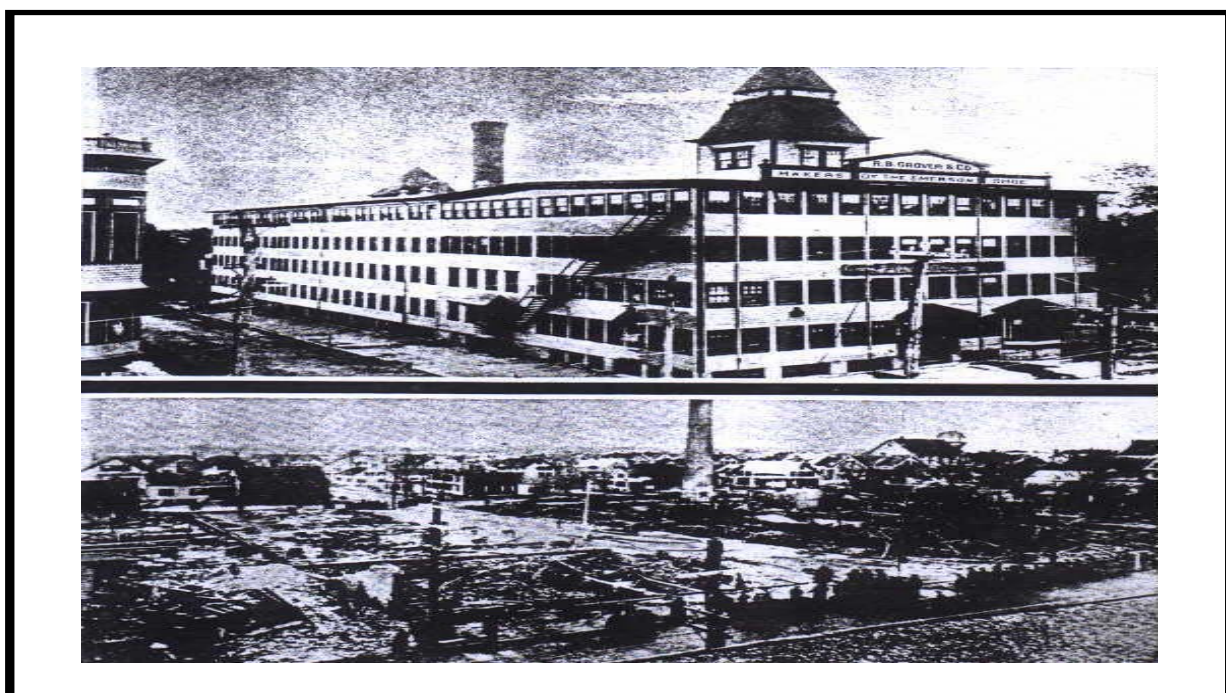
Há também riscos dos operadores terem os olhos expostos à radiação infravermelha em operações de regulagem de chama e em observações prolongadas de superfícies incandescentes.

Fumaças, gases e vapores expelidos pela chaminé representam, em certas condições, riscos não somente aos operadores, como também à comunidade, ou seja, pelo risco de intoxicação por monóxidos de carbono, por exemplo.

Caldeiras operantes com carvão, lenha, bagaço de cana, biomassa e outras oferecem ainda, riscos inerentes ao manuseio, armazenamento e processamento do combustível.

## ACIDENTES COM EXPLOSÕES EM CALDEIRAS:

**Figura 17 – Antes e depois da explosão**



**Fig. 18 Explosão da casa de caldeiras.**



**Fig 19 Destruição das linha de distribuição de vapor**



**Fig 20 – Destroço lançado a 350 mts**



**Fig. 21 Destroço lançado a 250 mts.**

**Fig. 22 – Estado de conservação: Manutenção zero**

#### 1.3.9. Norma regulamentadora Nº13

No Brasil, desde 1943 a CLT (Consolidação das Leis Trabalhistas), de forma incipiente, contempla a preocupação com a segurança em caldeiras. Porém, somente a partir de 1978 foi criada a norma sobre caldeiras e recipientes de pressão, a NR-13, que estabeleceu as medidas de segurança para os usuários destes sistemas. No final de 1994, a Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho, publicou no Diário Oficial da União, o novo texto da NR-13, elaborado por uma comissão composta por representantes das empresas, governo e trabalhadores.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) na NBR-12177 – antiga NB-55 – trata dos procedimentos de como fazer as inspeções, e a NB-227, dos códigos para o projeto e construção de caldeiras estacionárias. Outras entidades (INMETRO, IBP e a Abiquim), tem procurado contribuir elaborando estudos, pesquisas e discussões sobre os aspectos de segurança em caldeiras.

Caldeira não é apenas uma máquina que a qualquer problema signifique somente uma parada para manutenção. Em muitas situações estar parada representa, também, a paralisação da produção. Como já tratado, dependendo do estado de conservação do equipamento, devido a má condição de operação ou também falhas na verificação de seus sistemas de segurança, e de procedimento incorreto no funcionamento, a caldeira ou os vasos de pressão podem explodir e destruir parcial ou totalmente uma fábrica. As conseqüências são inúmeras e se for constatada a não observância das normas de segurança, o proprietário ou o seu proposto, no caso o inspetor de caldeira, está sujeito a ser responsabilizado civil e criminalmente.

Dentre os vários pontos importantes da NR-13, a qual é centrada, portanto, na inspeção de segurança de caldeiras estacionárias a vapor, são apresentadas, a seguir, um resumo das principais regulamentações:

1.3.10. É considerado “Profissional Habilitado” aquele que tem competência legal para o exercício da profissão de engenheiro nas atividades referentes a projeto de construção, acompanhamento de operação e manutenção, inspeção e supervisão de inspeção de caldeiras e vasos de pressão, em conformidade com a regulamentação profissional vigente no país.

1.3.11. As caldeiras serão obrigatoriamente, submetidas a inspeção de segurança, interna e externamente, nas seguintes oportunidades:

1.3.12. Antes de entrarem em funcionamento, quando novas, no local de operação.

1.3.13. Após reforma, modificação, ou após terem sofrido qualquer acidente.

1.3.14. Periodicamente, pelo menos uma vez ao ano, para as caldeiras das categorias A,B e C. Estabelecidas que possuam “Serviço Próprio de Inspeção de Equipamentos” podem estender os períodos entre inspeções de segurança, respeitando alguns prazos (vide norma).

1.3.15. Ao ser recolocada em funcionamento após intervalo de inatividade igual ou superior a seis meses consecutivos.

1.3.16. Quando houver mudança de local de instalação.

1.3.17. Ao completar 25 anos de uso, na sua inspeção subsequente, as caldeiras devem ser submetidas a rigorosa avaliação de integração estrutural.

1.3.18. Toda caldeira deve possuir no estabelecimento, onde estiver instalada, a seguinte documentação:

1.3.19. Prontuário da caldeira, contendo diversas informações sobre o projeto e fabricação da caldeira (vide norma).

1.3.20. Registro de Segurança (livro próprio com páginas devidamente enumeradas). Contendo todas as ocorrências importantes (condições de segurança da caldeira e inspeções anteriores).

1.3.21. Projeto de Instalação.

1.3.22. Projetos de Alteração ou Reparo.

1.3.23. Relatórios de Inspeção, contendo algumas informações do “prontuário da caldeira”, tipo de inspeção executada, descrevendo as inspeções e testes realizados, resultados e providências, nome legível, assinatura e CREA (Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia) do “profissional habilitado”, etc.

1.3.24. Todos os documentos acima referidos devem estar sempre a disposição para consulta dos operadores, do pessoal de manutenção e de inspeção e do pessoal de CIPA, devendo o proprietário da empresa assegurar pleno acesso a esses documentos.

1.3.25. Inspeccionada a caldeira e uma vez emitido o “relatório de inspeção”, uma cópia do mesmo deve ser encaminhado pelo “profissional habilitado”, num prazo de 30 dias, a contar do término da inspeção, à representação da categoria profissional predominante no estabelecimento.

1.3.26. A NR-13 regulamenta também a inspeção de vasos de pressão, cujas disposições são similares àquelas previstas para as caldeiras. A NR-13 prevê ainda, no seu Anexo I-A, o currículo mínimo para os cursos de “treinamento de segurança na operação de caldeiras” e no Anexo I-B, o currículo mínimo para os cursos de “treinamento de segurança na operação de unidades de pressão”. Ainda, no Anexo II, prevê os “requisitos para certificação de serviço próprio de inspeção de equipamentos”.

1.3.27. Existe muitos pontos comuns entre a norma NBR-12177 e a NR-13, entretanto, no que diz respeito as inspeções em si, encontra-se detalhado na primeira. Algumas partes importantes na NBR-12177 são vistas a seguir. As inspeções incluem:

1.3.27.1. Exame do “prontuário da caldeira” e dos “relatórios de inspeção”

1.3.27.2. Exame externo

1.3.27.3. Exame interno

1.3.27.4. Atualização da PMTA (Pressão Máxima de Trabalho Admissível)

1.3.27.5. Ensaio hidrostático

1.3.27.6. Ensaio complementares:

1.3.27.7. De acumulação;

1.3.27.8. Dos dispositivos de alimentação de água;

1.3.27.9. Outros.

1.3.28. O exame do prontuário visa verificar se o mesmo está devidamente organizado, completo e mantido em dia, colher dados e elementos necessários para a realização da inspeção. O exame do “relatório de inspeção” (último) visa verificar se não foi ultrapassada a data até a qual devia ser realizada a inspeção e verificar se foram devidamente atendidas as recomendações eventualmente consignadas nos relatórios das inspeções anteriores.



1.3.29. O exame externo visa sempre verificar se a caldeira funciona normalmente, verificar se a caldeira satisfaz todas as condições de segurança, detectar qualquer anomalia capaz de prejudicar a segurança e colher outros dados ou elementos eventualmente necessários. O exame externo deve ser realizado com a caldeira em funcionamento.

1.3.30. O exame interno visa sempre verificar se a caldeira, antes de ser limpa, apresentava alguma anomalia; verificar se a caldeira, depois de limpa, está em ordem e satisfaz todas as condições de segurança; detectar qualquer anomalia capaz de prejudicar a segurança; colher outros dados ou elementos, eventualmente necessários para os cálculos, exames, análises, ensaios, etc. O exame interno deve ser realizado com a caldeira não em funcionamento. Devendo estar fria e devidamente preparada, permitindo o acesso do inspetor nos espaços a serem examinados.

1.3.31. A atualização da PMTA (Pressão Máxima de Trabalho Admissível) deve ser efetuada quando, na caldeira, ocorrer alteração da resistência de uma ou mais partes vitais, se modo que, em nenhum ponto a tensão máxima causada pela pressão do vapor ultrapasse a correspondente tensão admissível. A atualização é obrigatória quando os cálculos indicam a necessidade de uma redução de mais de 5% da PMTA (Pressão Máxima de Trabalho Admissível) anterior, em virtude de anomalia insanável. Quando a resistência das partes afetadas é evidentemente inferior a 5%, o inspetor pode dispensar, até mesmo, os cálculos justificados.

1.3.32. O ensaio hidrostático visa detectar a frio e em curto prazo, vazamentos e alguns pontos de resistência fraca. O fato de suportar satisfatoriamente o ensaio hidrostático, não constitui prova suficiente de que a caldeira apresenta segurança adequada, quanto a sua resistência. A pressão de prova a ser aplicada durante o ensaio hidrostático é de 1,5 vezes maior que a PMTA (Pressão Máxima de Trabalho Admissível), para as caldeiras de todas as categorias. O ensaio deve ser realizado com a caldeira fria, completamente cheia de água, evitando a retenção de bolsas de ar. Todas as aberturas devem estar fechadas, exceto as necessárias ao ensaio e a pressão deve ser elevada de maneira progressiva e contínua, preferencialmente com uma bomba manual.

1.3.32. Os ensaios complementares são os seguintes:

a) Ensaio de acumulação. Visa comprovar a suficiência das válvulas de segurança. É obrigatório em toda caldeira nova, depois de instalada, nas provas

de recebimento ou na inspeção inicial; em qualquer caldeira não nova; antes da caldeira entrar em uso normal, após a redução da PMTA (Pressão Máxima de Trabalho Admissível), ou após aumento de capacidade de produção de vapor, ou após a substituição, modificação, reforma ou conserto de válvulas de segurança.

b) Ensaio dos dispositivos de alimentação de água. Visa comprovar experimentalmente a suficiência dos dispositivos de alimentação de água das caldeiras. O dispositivo de alimentação deve ser capaz de fornecer à caldeira, estando essa sob pressão de trabalho, uma descarga de água igual ou maior que aproximadamente 1,25 vezes a capacidade de produção de vapor da mesma.

Outros ensaios. Em casos especiais, a verificação das condições de segurança de determinada caldeira, poderá tornar necessária a realização de outros ensaios, além dos citados anteriormente. A realização dos mesmos deverá obedecer, sempre que possível, aos códigos e normas da ABNT, ASME, ISSO, DIN e outros.

#### 1.4. PROCEDIMENTOS EMERGENCIAIS

##### 1.4.1. Isolamento do local;



1.4.2. Adentrar com a guarnição reduzida e EPI (Equipamento de Proteção Individual) completo;

1.4.3. Localizar o operador, o prontuário e o registro de segurança da caldeira;

1.4.4. Fechar o registro de alimentação da caldeira;



1.4.5. Desligar a linha de eletricidade da bomba;

1.4.6. Fechar a alimentação de água e abrir o registro da válvula de alívio, abrir os pontos de consumo de vapor até que se atinja a pressão normal de trabalho;



- 1.4.7. Jamais injetar água , haverá choque térmico com risco de explosão;
- 1.4.8. Não refrigerar externamente – risco de choque térmico;
- 1.4.9. Para apagar o fogo dentro da fornalha utilizar extintor de pó químico seco, jamais jogue água risco de explosão pela vaporização;
- 1.4.10. Acionar a empresa responsável pela manutenção e técnico do ministério do trabalho.

## 1.5. VISÃO GERAL DA CASA DE CALDEIRA

Figura 25 - Linhas de alimentação

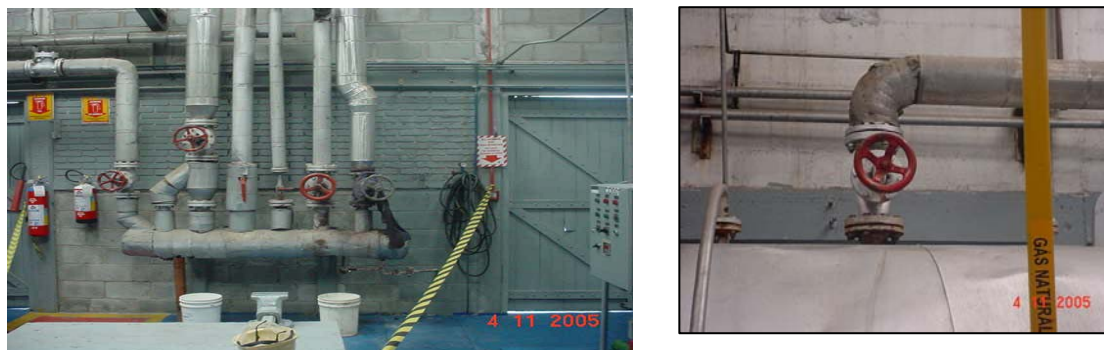


Figura 26 - Registro de alimentação



Figura 27 – Fornalha





**Figura 28 - Registro de saída de vapor para as linhas de alimentação**

**Figura 29 - Painel de comando**



**Figura 30 – Saída dos gases da combustão**



**Figura 31 - Visualizador do nível de água**



Figura 32 – Conjunto de alimentação de água



Figura 34 – Placa de Identificação

CD04	
Classificação da Caldeira	Categoria B
Fabricante	Ata Combustão Técnica S/A
Modelo	ATA H3-N-14
Ano de fabricação	1995
Capacidade de produção de vapor	2000 kg/h
Combustível utilizado	Gás Natural
Número de ordem	9310
Pressão máxima de trabalho	10,55 kgf/cm <sup>2</sup>
Pressão de prova	15,88 kgf/cm <sup>2</sup>
Área de superfície de vaporização	61,23 m <sup>2</sup>
Código de projeto e ano de edição	ASME CODE 1995

Figura 35 – Placa de identificação

CALDEIRA MARCA ATA	
Gerador de Vapor: TIPO H 3 N MODELO 14	
Ano de Fabricação: 1995	
Superfície de Vaporização : 66 M <sup>2</sup>	
Produção de Vapor: 2000 Kg/H	
P.M.T.A.: 150 psig 10,55 Kgf/cm <sup>2</sup>	
Teste Hidrostático: 25 psig 15,82 Kgf/cm <sup>2</sup>	
Número de Ordem: 9310	
Categoria: B	
Código de Projeto / Ano	ASME/89 JIS /67 TRD /70

Figura 36 – Conjunto de válvulas de expurgo



#### 1.6. Conclusão

Como vimos, os aspectos de segurança de operação de caldeiras de qualquer tipo depende basicamente de como é operada, conduzida e mantida. Os operadores de caldeiras deverão ser pessoas possuidoras de cursos apropriados e serem habilitados para tal. O serviço de manutenção preventiva é de suma importância e tudo deve ser controlado por inspeções periódicas. No Brasil, a ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, estabeleceu a NBR 12.177 em substituição a NB – 55, que estabelece um roteiro para inspeção em caldeiras. A NB – 227 estabelece normas para projeto e construção de caldeiras estacionárias. O ministério do trabalho, através da NR-13, fiscaliza o cumprimento das normas e a manutenção periódica das caldeiras em funcionamento.

Vale ainda lembrar que as caldeiras possuem três pontos de controle através da pressão de vapor (manômetro e válvula de segurança), indicadores de nível de água e combustor. O risco maior nas caldeiras fogo tubulares é a falta de água, nas caldeiras aquatubulares é o retrocesso de combustão (o óleo de atomização é pré – aquecido a 120°C e seu ponto de fulgor é em torno 150°C, portanto o gradiente de temperatura é muito pequeno, daí o risco de retrocessos de combustão) e nos vaporizadores de fluido térmico é o vazamento de fluido. Cuidado especial deve ser tomado com o sistema de ignição cuja voltagem é em torno de 10.000 V, e nunca permanecer na frente do combustor ou na parte

traseira onde estão situadas as janelas de alívio de pressão da câmara de combustão.

As guarnições do Corpo de Bombeiros, ao atenderem uma emergência envolvendo caldeira, deverão tomar todas as precauções de segurança citadas anteriormente e procurar agir com o máximo de cautela possível, devido ao alto risco de explosão do vaso sob pressão.

#### 1.7. Medidas de atendimento Pré-hospitalar.

1.7.1. Seguir protocolo de Resgate no que tange a procedimentos com queimados, derivados e afins.

#### 1.7. BIBLIOGRAFIA:

- Geradores de Vapor de Água. Hildo Pera – USP.
- Caldeiras, suas características e Funções, Sheld
- Steam – Its Generation and Use. Babcock.
- Heat Transfer Mediums in Closed Systems – Factory Insurance Association Chicago, Illinois, USA.
- Safe Furnace Firing – American Oil Company – Chicago, Illinois, USA.
- NBR – 12.177;
- NB – 227;
- NR – 13.



## CAPÍTULO II

### Emergências em Autoclaves

#### 2. Autoclave

##### 2.1. Introdução:

2.1.1. Nas diversas fases de transformação industrial, existem produtos que devem ser processados ou armazenados em recipiente cuja pressão interna é diferente da pressão atmosférica.

2.1.2. Estes recipientes são genericamente denominados de vasos de pressão.

2.1.3. De modo particular a indústria química e petroquímica é a que mais emprega este tipo de equipamento. Por exemplo, tanques para armazenamento de GLP (Gás Liquefeito de Petróleo), ar comprimido, torres de destilação, caldeiras a vapor, autoclaves, etc.

2.1.4. São equipamentos perigosos quando mal projetados ou mal operados. No início do século vinte, consecutivos acidentes com estes equipamentos, particularmente na Inglaterra, Alemanha e Estados Unidos, com perdas materiais consideráveis e, o mais importante, com perdas de vidas humanas, fizeram com que diversas entidades e associações decidissem padronizar a construção desses equipamentos. Inicialmente o foco da padronização foram as caldeiras a vapor.

2.1.5. Existem diversas normas que regulam o projeto, fabricação, inspeção e teste destes equipamentos, originadas em diferentes países, como a França, Alemanha, Japão, etc.

2.1.6. **Normalização no Brasil:** O desenvolvimento da indústria de bens de capital, impulsionada principalmente pela Petrobras, gerou a necessidade de se desenvolver metodologias de projeto, soldagem e inspeção voltadas para a execução de componentes complexos destinados à indústria petroquímica. A Petrobras baseou-se, em suas exigências como grande compradora, nas normas americanas que eram mais voltadas a prospecção e beneficiamento do petróleo. Dessa forma o código ASME passou a ser padrão para projetos de vasos de pressão.

2.1.7. **O ASME:** Em 1911 a The American Society of Mechanical Engineers (ASME) reuniu um comitê com o propósito de formular as regras padrões para a

construção de caldeira a vapor e outros vasos de pressão. Hoje esse comitê é chamado “Boiler and Pressure Vessel Committee.

### 2.1.8. Conceituação:

2.1.8.1. **Autoclave** são recipientes estacionários acumuladores de vapor sob pressão superior a atmosférica, os quais são utilizados pelas indústrias na manufatura de produtos, higienização de materiais, esterilização de microorganismos, etc. Geralmente são alimentados por caldeiras a vapor.

Figura 01 – Vista frontal de uma autoclave

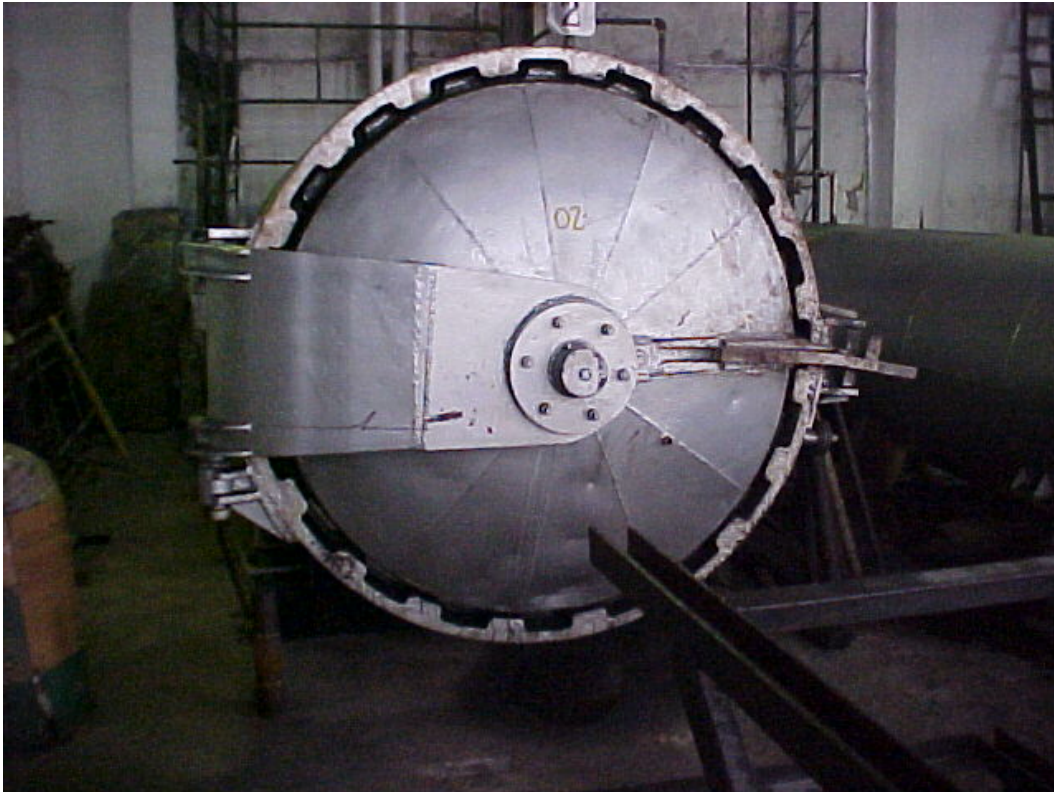


Figura 02 – Vista lateral de uma autoclave



2.2. Tipos de autoclave: A remoção do ar diferencia os tipos de autoclaves.

2.2.1. As autoclaves podem ser divididas segundo os tipos abaixo:

TIPOS	
<b><u>GRAVITACIONAL</u></b>	<p>O vapor é injetado forçando a saída do ar. A fase de secagem é limitada uma vez que não possui capacidade para completa remoção do vapor.</p> <p>Desvantagem: pode apresentar umidade ao final pela dificuldade de remoção do ar.</p> <p>As autoclaves verticais são mais indicadas para laboratórios.</p> <hr/> <p>Venturi - O ar é removido através de uma bomba. A fase de secagem é limitada uma vez que não possui capacidade para completa remoção do vapor.</p> <p>Desvantagem: pode apresentar umidade pelas próprias limitações do equipamento de remoção do ar.</p>
<b><u>ALTO VÁCUO</u></b>	<p>Introduz vapor na câmara interna sob alta pressão com ambiente em vácuo. É mais seguro que o gravitacional devido a alta capacidade de sucção do ar realizada pela bomba de vácuo.</p>
<p><b>Vácuo único</b></p> <p>O ar é removido de uma única vez em pequeno espaço de tempo.</p> <p>Desvantagem: pode haver formação de bolsas de ar.</p>	<p><b>Vácuo fracionado (por pulso ou escalonado)</b></p> <p>remoção do ar em períodos intermitentes, com injeção simultânea de vapor.</p> <p>Também funciona por gravidade</p> <p>A formação de bolsas de ar é menos provável.</p>

2.3. Esterilização rápida ("Flash")

2.3.1. O ciclo é pré-programado para um tempo e temperatura específicos baseado no tipo de autoclave e no tipo de carga (para outros ciclos se assume que a carga contém materiais porosos).

2.3.2. De forma geral o ciclo é dividido em duas fases: remoção do ar e esterilização. Embora possa ser programada uma fase de secagem esta fase não está incluída no ciclo "flash".

2.3.3. Os materiais em geral são esterilizados sem invólucros a menos que as instruções do fabricante permitam. Se assumir que sempre estarão úmidos após o processo de esterilização. Devem, portanto, ser utilizados imediatamente após o processamento, sem ser armazenado.

2.3.4. Este ciclo não deve ser utilizado como primeira opção em hospitais. Indicadores químicos, físicos e biológicos.

2.4. Como montar uma carga na autoclave

2.4.1. A remoção do ar da câmara é absolutamente crítica para o completo processo de autoclavação.

2.4.2. O ar pode ser removido ativa ou passivamente.

2.4.3. Estes dois tipos de remoção do ar caracterizam os dois tipos básicos de esterilizadoras de vapor saturado:

a) Remoção de ar por gravidade - neste tipo de equipamento a entrada do vapor "força" o ar para fora. Como o ar é mais pesado que o vapor e não se misturam este último formará uma camada acima e à medida que entra irá forçar o ar para fora. O tempo de remoção do ar dependerá do tipo e densidade da carga.

É importante que a carga seja organizada de forma que o vapor penetre mais facilmente, com poucos obstáculos, a fim de que possa drenar para baixo encontrando o local de saída ("por gravidade").

b) Remoção do ar dinâmica: pré-vácuo ou por pulso gravitacional

O ar é ativamente removido.

No início do ciclo o vapor é introduzido na câmara, com a válvula do dreno aberta para deixar sair o ar. Após um período de tempo estabelecido a válvula é fechada. À medida que o vapor vai entrando e misturando com ar, ainda dentro da câmara, criando uma mistura de vapor e ar não condensado iniciando a pressurização. O dreno então é aberto expulsando a mistura de ar e vapor pressurizado. Com este escape repentino de gases, forma-se uma pressão na linha que cai abaixo da pressão atmosférica criando o pré-vácuo. O ar não é todo removido, tornando então a ser introduzido o vapor e repetindo o processo. De forma geral os pulsos são em número de quatro para remoção do ar e permitir a penetração do vapor na carga a ser esterilizada. A diferença do pré-vácuo e do pulso gravitacional é que o segundo tipo não utiliza ejetores ou "pumps" de vácuo para acelerar a remoção de ar ou vapor no final de cada pulso. O pré-vácuo é mais eficiente e rápido. No entanto o pulso gravitacional é mais eficiente do que o tipo puramente gravitacional.

## 2.5. Preparando os artigos e carregando a autoclave

- 1) Materiais articulados e com dobradiças devem ser colocados em suportes apropriados de forma a permanecerem abertos.
- 2) Materiais com lumens podem permanecer com ar dentro (por exemplo, endoscópios). Para evitar este problema devem ser umedecidos com água destilada imediatamente antes da esterilização. O resíduo de ar se transformará em vapor.
- 3) Materiais côncavos, como bacias devem ser posicionadas de forma que qualquer condensado que se forme flua em direção ao dreno, por gravidade.
- 4) Materiais encaixados um no outro (cubas, por exemplo) devem ser separados por material absorvente de forma a que o vapor possa passar entre eles. Lembrar que o encaixe sempre dificultará a passagem do vapor. Material cirúrgico não deve ser acondicionado, encaixado ou empilhado.
- 5) Caixas ("containers") de instrumentais devem ser colocados longitudinalmente na cesta da autoclave sem empilhar.
- 6) Têxteis devem ser colocados de forma que os ângulos estejam direcionados aos ângulos da cesta ou estante da autoclave para permitir melhor passagem do vapor.
- 7) Os tipos de embalagens deverão ser escolhidos de acordo com a capacidade da autoclave. O período de validade de cada embalagem, para cada tipo de material, é definido por testes pela própria instituição.
  - a) Alguns não tecidos, assim como embalagens de algodão, são absorventes e permitem que o condensado se espalhe por uma área maior para revaporização e secagem.
  - b) Coberturas feitas de materiais não absorventes como polipropileno ou não tecidos de 100% de poliéster não espalham a umidade. Quando usados para bandejas ou bacias deve ser assegurado que a disposição do material na autoclave permitirá a drenagem do condensado. Se houver materiais pesados em bandejas, devem ser envoltos em material absorvente antes de serem colocados nas bandejas.
  - c) Caixas ("containers") metálicas agem como retentores do calor auxiliando na secagem do material. No entanto, produzem mais condensados quando não embalados apropriadamente e não auxiliam na revaporização final.

d) Caixas ("containers") plásticas agem como isoladores e resfriam rapidamente. O contato com superfícies ou ambientes mais frios provoca condensado rapidamente.

Obs: tanto caixas metálicas quanto plásticas não devem ser esterilizadas em autoclaves de gravidade. Deve ser preferido a esterilização por pré-vácuo ou pulso gravitacional. O ar é difícil de ser removido destes "containers" e a adição de tempo de exposição não irá auxiliar na remoção do ar.

e) Os artigos após a esterilização não devem ser tocados ou movidos após 30 à 60 minutos em temperatura ambiente. Durante este tempo eles devem ser deixados na máquina se não houver prateleira ou cesto removível ou no próprio cesto em local onde não haja correntes de ar. Se um material úmido ou morno for colocado em um lugar mais frio, como recipientes plásticos, o vapor ainda existente poderá condensar em água e molhar o pacote.

Obs: Não há benefício em fechar novamente a autoclave após a abertura para "secar" melhor. Isto apenas aumentará o tempo necessário para o resfriamento natural.

f) Alguns "containers" rígidos e não tecidos secam melhor quando um papel absorvente é colocado na base para absorver a umidade. Antes de comprar embalagens, teste o material com ela.

g) Pode ser necessária a colocação de um absorvente na prateleira da máquina.

h) Esterilizar têxteis e materiais rígidos em cargas diferentes. Não sendo prático, coloque têxteis acima com materiais rígidos abaixo, não o contrário.

i) Os materiais e embalagens não devem tocar as paredes da câmara para evitar condensação.

j) Não preencha com carga mais do que 70% do interior da câmara.

k) Sempre ter em mente ao preparar uma carga a necessidade de remoção do ar, da penetração do vapor e a saída do vapor e reevaporação da umidade do material.

## 2.6. Parâmetros para esterilização à vapor:

Exemplos de parâmetros para esterilização a vapor		Exemplos de tempos mais comuns de exposição		
Tipo de autoclave	Temperatura	Tempo de exposição	Temperatura	Tempo do ciclo
Gravitacional	121 a 123°C	depende da orientação do fabricante	121 a 123°C	15 a 30 min
	132 a 135°C		132 a 135°C	10 a 25 min
Pré-vácuo	132 a 135°C	depende da orientação do fabricante	132 a 135°C	3 a 4 min
	141 a 144°C			
Vácuo fracionado	121 a 123°C	depende da orientação do fabricante	121 a 123°C	20min
	132 a 135°C		132 a 135°C	3 a 4 min
	141 a 144°C			

## Exemplos de tempos mínimos de exposição em esterilização tipo "flash"

Tipo de autoclave	Tipo de carga	Temperatura	Tempo do ciclo
<b>GRAVITACIONAL</b>	- Metais, ítems não porosos, sem lumes.	132°C	3 min
	- Metais com lumes, ítems porosos (plásticos, borrachas)	132°C	10 min
<b>PRÉ-VACUO</b>	- Metais, ítems não porosos, sem lumes.	132°C	3 min
	- Metais com lumes, ítems porosos (plásticos, borrachas)	132°C	4 min

2.7. Norma Reguladora nº 13 – para vasos sob pressão:

2.8. Recipientes sob Pressão Estacionários

2.8.1. Os recipientes, em geral, que operam sob pressão, devem:

- dispor de pelo menos um manômetro que indique a pressão de operação;
- dispor de válvulas e outros dispositivos de segurança que evitem, seja ultrapassada, a pressão interna compatível com a sua resistência;
- ser instalados em locais que ofereçam boas condições ambientais de trabalho ao operador.

2.8.2. Os projetos de instalação de recipientes sob pressão devem ser submetidos à apreciação do órgão regional do MTB.

2.8.3. Os recipientes de gases sob pressão e reservatórios de ar comprimido devem ser submetidos a testes de pressão hidrostática nas seguintes oportunidades:

- a) antes de entrarem em funcionamento, inclusive quando novos;
- b) regularmente a cada 5 ( cinco ) anos;
- c) quando apresentarem avaria mecânica ou química que possa comprometer a resistência ou a estanqueidade do recipiente;
- d) quando ocorrerem reparos ou modificações estruturais dos recipientes.

2.8.3.1. Os laudos de testes hidrostáticos devem ser assinados por engenheiros devidamente habilitados.

2.8.3.2. Os testes hidrostáticos devem ser realizados de acordo com normas técnicas oficiais vigentes no país.

2.8.3.3. Os equipamentos mencionados no subitem 2.8.3. poderão ser dispensados de testes hidrostáticos ou ter a periodicidade dos testes modificada, se todas as condições abaixo forem atendidas:

- a) forem controlados por outros tipos de exames, segundo normas técnicas oficiais vigentes no país;
- b) forem submetidos anualmente a inspeções externas e internas a critério do engenheiro mencionado no subitem 2.8.3.;
- c) for remetido o laudo da inspeção acima referida ao órgão regional do MTB com ART (Anotação de Responsabilidade Técnica) comprovando a necessidade técnica de mudança da periodicidade dos testes hidrostáticos ou a dispensa de sua realização.

2.8.4. O proprietário de recipientes de gases sob pressão deve organizar e manter atualizado “registro de segurança” para cada equipamento, que será um livro próprio, com páginas numeradas, ou outro sistema equivalente, onde serão anotadas, sistematicamente, as indicações de todas as provas efetuadas, inspeções interiores e exteriores, limpeza e reparos e quaisquer outras ocorrências tais como: explosões, incêndios, superaquecimentos, ruptura, troca de componentes, deformações, abertura de fendas, soldas, recalques e interrupções de serviços.

2.8.5. Os recipientes de gases sob pressão devem apresentar, em sua superfície externa e bem visível a placa identificadora com, no mínimo, as seguintes informações:

2.8.5.1. nome do fabricante;



2.8.5.2. número do equipamento;

2.8.5.3. ano de fabricação;

2.8.5.4. pressão manométrica de operação (Kgf/cm<sup>2</sup>);

2.8.5.5. pressão de prova;

2.8.5.6. volume geométrico interno (litros).

2.8.6. Serão dispensadas das exigências mencionadas nos subitens 2.8.3., 2.8.4. 2.8.5. e 2.8.2. os recipientes de gases sob pressão que contenham gás (que não seja acetileno) ou misturas de gases em que o produto PV seja inferior a 80 (onde P é a pressão manométrica de operação expressa em Kgf/cm<sup>2</sup> e V é o volume geométrico interno expresso em litros).

2.8.7. As disposições deste item são aplicáveis, no que couber, a recipientes de gases sob pressão, não estacionários, obedecidos as normas técnicas oficiais vigentes no país.

2.8.8. O item 2.8. desta NR não se aplica a cilindros transportáveis de gases comprimidos, a extintores de incêndio, a compressores e a reservatórios portáteis de ar.

2.8.9. Na utilização dos equipamentos do item 13.6 devem ser observadas normas técnicas oficiais vigentes no país.

2.8.10. As disposições desta NR são aplicáveis, no que couber, aos equipamentos e recipientes sob pressão não definidos nos itens anteriores.

2.9. Riscos mais comuns

2.9.1. O principal risco em uma autoclave é a explosão do cilindro, que poderá ocorrer por diversos fatores sendo os mais comuns:

2.9.1.1. Excesso de pressão interna no vaso;

2.9.1.2. Mau fechamento da tampa do vaso;

2.9.1.3. Defeito na válvula de alívio da pressão;

2.9.1.4. Defeito no pressostato que limita a pressão;

2.9.1.5. Rupturas na parede do cilindro causado por micro-fissuras;

2.9.1.6. Choque térmico;

2.9.1.7. Falha humana durante a operação;

2.9.1.8. Defeito de mandrilagem;

2.9.1.9. Falhas em juntas soldadas;

2.9.1.10. Seleção inadequada do aço do cilindro;

2.9.1.11. Falha operacional;

2.9.1.12. Corrosão interna;

2.9.1.13. Corrosão externa;

2.9.1.14. Oxidação generalizada do ferro;

2.9.1.15. Corrosão galvânica, etc

2.9.2. O risco de explosão pode, portanto, ser originado além de todos os fatores acima elencados, pela combinação de três causas básicas:

2.9.2.1. Diminuição da resistência, que pode ser decorrente do superaquecimento ou da modificação da estrutura do material;

2.9.2.2. Diminuição da espessura que pode ser originada da corrosão ou da erosão;

2.9.2.3. Aumento de pressão decorrente de falhas diversas, que podem ser operacionais ou não.

2.10. Procedimentos emergenciais

2.10.1. Isolamento do Local;

2.10.2. Adentrar ao local com guarnição reduzida e EPI (Equipamento de Proteção Individual) completo;

2.10.3. Localizar o operador, o prontuário e o registro de segurança do vaso sob pressão;

2.10.4. Fechar o registro de alimentação da autoclave;

2.10.5. Acionar a alavanca manual da válvula de alívio;

2.10.6. Jamais injetar água, haverá choque térmico com risco de explosão;

2.10.7. Não refrigerar externamente – risco de choque térmico;

2.10.8. Caso houver fogo apagar com extintor de pó químico seco;

2.10.9. Jamais se posicionar ou permanecer nas extremidades da autoclave (na frente da tampa ou na extremidade oposta);

2.10.10. Acionar a empresa responsável pela manutenção e o técnico regional do MTB.

## 2.11. Partes principais de uma autoclave

Figura 03 Cilindro



Figura 04 Válvula de segurança



Figura 05 Câmera interna



Figura 06 Registro de alimentação de vapor



Figura 07 Manômetro de pressão



Figura 08 Manômetro e pressostato para controle de vapor na autoclave



Figura 09 Válvula de expurgo



## 2.12. Medidas de atendimento Pré-hospitalar.

2.12.1. Seguir protocolo de Resgate no que tange a procedimentos com queimados, derivados e afins.

## 2.13. Bibliografia.

- Geradores de Vapor de Água. Hildo Pera – USP.
- Caldeiras, suas características e Funções, Sheld
- Steam – Its Generation and Use. Babcock.
- Heat Transfer Mediums in Closed Systems – Factory Insurance Association Chicago, Illinois, USA.
- Safe Furnace Firing – American Oil Company – Chicago, Illinois, USA.
- NBR – 12.177;
- NB – 227;
- NR – 13.

## CAPÍTULO – III

### Emergência em cilindros de Gás Liquefeito de Petróleo

#### 3. Gás liquefeito de petróleo - GLP

##### 3.1. Introdução:

3.1.1. Tem o presente capítulo o objetivo de capacitar o profissional do Corpo de Bombeiros a conhecer, identificar, atuar e solucionar todas as emergências com GLP (Gás Liquefeito de Petróleo), a partir do conhecimento dos tipos de gases, faixa de explosividade, combustão, temperatura de ebulição, temperatura de combustão, temperatura de ignição, temperatura crítica, densidade de vapor e ventilação.

3.1.2. Toda substância no estado gasoso que esteja a uma temperatura superior a sua temperatura crítica.

3.1.3. O gás de cozinha é combustível formado pela mistura de hidrocarbonetos com três ou quatro átomos de carbono (propano 50% e butano 50%) extraídos do petróleo, podendo apresentar-se em mistura entre si e com pequenas frações de outros hidrocarbonetos. Ele tem a característica de ficar sempre em estado líquido quando submetido a uma certa pressão, sendo por isto chamado de gás liquefeito de petróleo (GLP).

3.1.4. De fácil combustão, o GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) é inodoro mas, por motivo de segurança, uma substância do grupo MERCAPTAN é adicionada ainda nas refinarias. Ela produz o cheiro característico percebido quando há algum vazamento de gás. O GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) não é corrosivo, poluente e nem tóxico, mas se inalado em grande quantidade produz efeito anestésico.

##### 3.2. Gás natural

3.2.1. Gás inflamável e combustível, mais leve que o ar, composto principalmente de metano com uma quantidade menor de etano, propano e butano, tem os mesmos usos do GLP (Gás Liquefeito de Petróleo). Possui risco de explosão por combustão e incêndio quando escapa para o ambiente. Após vários testes constatou-se que os vazamentos de gás natural não estão expostos a explosões a céu aberto.

3.2.2. Faixa de explosividade ou inflamabilidade é a faixa de valores de concentração dos gases entre os limites de inflamabilidade inferior e superior

expressado em porcentagem de volume de um vapor ou gás na atmosfera ambiente, onde acima ou abaixo dos limites a propagação não ocorre.

3.2.3. A combustão é um processo rápido, de oxidação exotérmica acompanhado de uma produção contínua de calor e normalmente de luz (chamas).

3.2.4. A temperatura de ebulição, é a temperatura em que um líquido se converte rapidamente em vapor, normalmente se considera a pressão de uma atmosfera. No caso do GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) é de - 30°C.

3.2.5. A temperatura de combustão (fire point) é a temperatura mínima requerida para iniciar uma combustão auto sustentada de um material ou composto. É a temperatura a qual um combustível entra em ignição e a chama se auto propaga.

3.2.6. A temperatura de ignição é a temperatura mínima a qual um gás inflamável ou uma mistura entram em ignição sem uma faísca ou chama. A temperatura de auto-ignição também pode modificar-se com a presença de substâncias catalíticas.

3.2.7. A temperatura crítica é a temperatura acima da qual não é possível condensar-se em vapor, por maior que seja a pressão nela aplicada.

3.2.8. A densidade de vapor é a densidade relativa de um vapor comparada com o ar. Um valor menor que um indica que o vapor é mais leve que o ar. Uma densidade superior a um indica um vapor que é mais pesado que o ar. O GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) no estado gasoso é mais pesado que o ar e no estado líquido é mais leve que a água.

3.2.9. A ventilação é a técnica para substituir uma atmosfera saturada de GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) por outra com concentração abaixo do limite de inflamabilidade evitando assim o risco de explosão e permitindo o acesso das linhas a posições efetivas para a extinção do incêndio.

3.2.10. Características dos gases liquefeitos de petróleo

3.2.10.1. Vantagens

3.2.10.2. Propriedades físicas e químicas

3.2.10.3. Características dos gases derivados de petróleo

3.2.10.4. Na pressão atmosférica, a temperatura de ebulição do GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) b de -30° C em estado gasoso é mais pesado que o ar: 1 m<sup>3</sup> de GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) pesa 2,2 kg. Com isso, em eventuais vazamentos, acumula-se a partir do chão, expulsa o oxigênio e preenche o ambiente. Em estado líquido o GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) é mais leve que a água, pesando 0,54 kg por litro.

ESTADO GASOSO	ESTADO LÍQUIDO
1m <sup>3</sup> de ar = 1,22 kg	1 litro de água = 1kg
1m <sup>3</sup> de GLP = 2,2 kg	1 litro de GLP = 0,54kg

### 3.2.10.5. VANTAGENS DO GLP (Gás Liquefeito de Petróleo)

3.2.10.5.1. Comparado a outros combustíveis, o GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) apresenta vantagens técnicas e econômicas, associando a superioridade dos gases na hora da queima com a facilidade de transporte e armazenamento dos líquidos. Como gás, sua mistura com o ar é mais simples e completa, o que permite uma combustão limpa, não poluente e de maior rendimento. Liquefeito, sob suave pressão na temperatura ambiente, pode ser armazenado e transportado com facilidade, inclusive em grandes quantidades.

3.2.10.5.2. O rendimento do GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) e seu poder calorífico também é comparativamente mais elevado.

1kg de GLP corresponde a cerca de :		
4 Kg de lenha seca	1,8 Kg de coque	1,3 litro de óleo diesel
3 Kg de bagaço de cana	1,4 litro de gasolina	3 m <sup>3</sup> de gás de rua
2 Kg de carvão de lenha	1,4 litro de querosene	14 KW/h

#### Poder calorífico do GLP em relação a outros combustíveis

QUANTIDADE	COMBUSTÍVEL	PODER CALORÍFICO
1Kg	GLP	11.500 kcal
1kg	óleo diesel	10.200 kcal
1kg	carvão	5.000 kcal
1kw	energia elétrica	860 kcal
1m <sup>3</sup>	náfta	4.200 kcal
1m <sup>3</sup>	gás natural	9.400 kcal

### 3.3. Tipos de Cilindros de GLP (Gás Liquefeito de Petróleo)

3.3.1. São os recipientes com capacidade até 0,25 metros cúbicos, que podem ser transportados manualmente ou por qualquer outro meio, não estando incluídos nesta classificação, os recipientes utilizados com o tanque de combustível de veículos automotores.

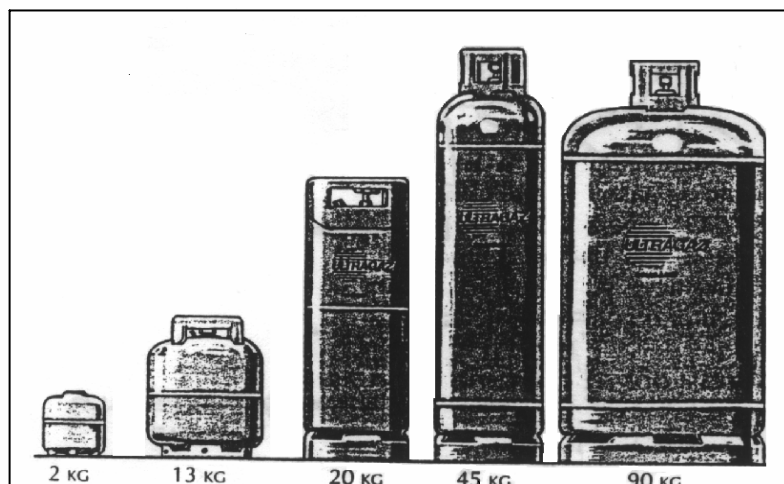


3.3.2. Recipientes estacionários - recipientes fixos, com capacidade superior a 0,25 metros cúbicos.

3.3.3. A escolha do tipo de recipiente e da estrutura das instalações depende do uso que se pretende dar ao GLP (Gás Liquefeito de Petróleo). Os diferentes conjuntos técnicos são definidos por normas técnicas e de segurança, que orientam tanto a fabricação de seus componentes como sua instalação.

3.3.4. Os botijões são fabricados com chapas de aço, capazes de suportar altas pressões e segundo normas técnicas de segurança da Associação Brasileira de Normas Técnica (ABNT). O gás dentro dos botijões encontra-se no estado líquido e no de vapor. Do volume do botijão, 85% é de gás em fase líquida e 15% em fase de vapor, o que constitui um espaço de segurança que evita uma pressão elevada dentro do botijão.

3.3.5. tipos de recipientes transportáveis

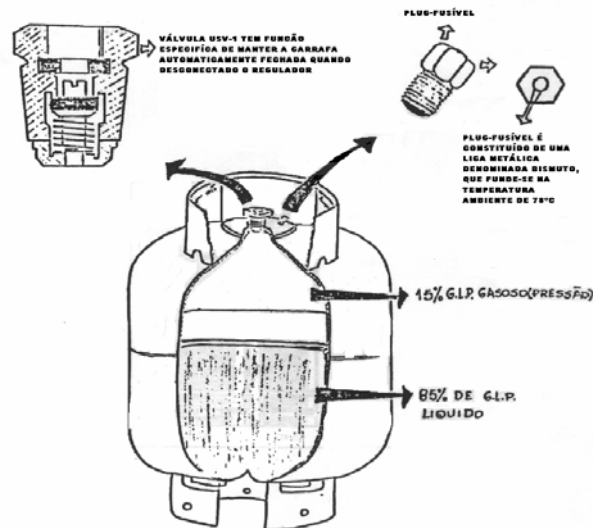


3.3.6. A escolha do tipo de recipiente e da estrutura das instalações depende do uso que se pretende dar ao GLP (Gás Liquefeito de Petróleo)

3.3.7. P-2 - As botijas de 2 kg (P-2) foram concebidas para operar sem regulador de pressão. São indicados para fogareiros de acampamentos, lampiões a gás e maçaricos para pequenas soldagens. A válvula de saída de gás é acionada por uma mola, que retoma automaticamente quando da desconexão.

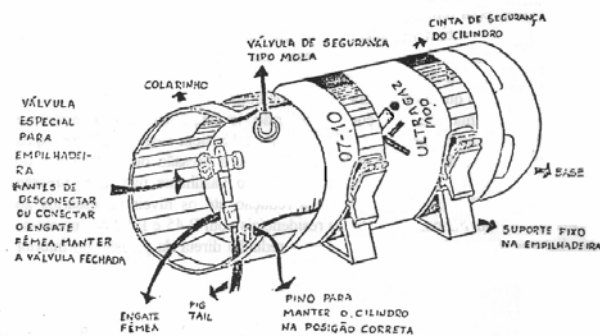
3.3.8. P-13 Os botijões de 13 kg (P-13) são os recipientes de gás mais populares do país. São usados basicamente para cozinhar, tanto nas residências como em bares e lanchonetes de pequeno porte. A válvula de saída de gás também é acionada por uma mola, que retorna automaticamente quando da desconexão, mas neste caso existe uma válvula de segurança, o plugue-fusível. Ele é

fabricado com uma liga metálica de bismuto que derrete quando a temperatura ambiente atinge 78°C.



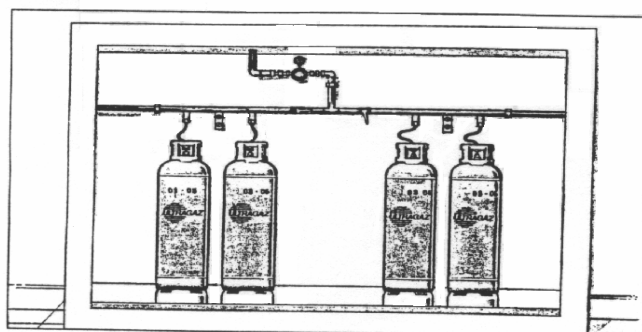
### 3.3.9. P-20

3.3.9.1. O GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) também pode ser utilizado como combustível para motores de veículos empilhadeiras, que utilizam um recipiente especial de 20 kg (P-20). É o único vasilhame de GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) que deve ser utilizado na horizontal, pois todo o seu sistema é planejado para funcionar ne:



3.3.10. P-45 e P-90 Os botijões de 45 e 90 kg (P-45 e P-90) são indicados para as instalações centralizadas de gás que permitem maior versatilidade no uso do GLP

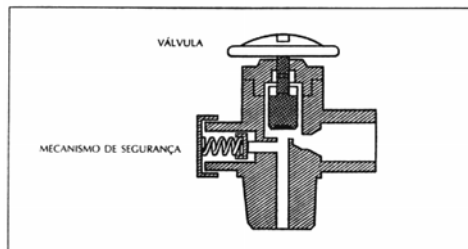
(Gás Liquefeito de Petróleo). Servem tanto para abastecer forno e fogão, como para o aquecimento de água e ambiente, refrigeração e iluminação. O P-45 utilizado em residências, condomínios, restaurantes, lavanderias e indústrias ou para consumidores institucionais, como hospitais ou escolas. Os botijões de 90 kg são empregados pelo mesmo tipo de consumidores, mas de maior porte. A válvula de passagem de gás nesses dois tipos de vasilhames é a de fechamento manual. Eles também são equipados com uma válvula de segurança que libera a passagem do gás sempre que houver um grande aumento de pressão no interior do recipiente devido ao aquecimento do ambiente (aprox. 78° C).



3.3.11. Baterias, são centrais de estocagem de GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) com quatro ou mais recipientes de 45 ou 90 kg interligados e conectados a um coletor central. A ligação entre os vasilhames e o coletor é feita através do “pig-tail”, uma peça de borracha sintética especial (Buna-N), resistente ao GLP (Gás Liquefeito de Petróleo), com terminais em latão. Os Coletores, que conduzem o gás dos botijões, têm uma estrutura modular, o que permite a montagem de baterias de diferentes tamanhos. Em cada módulo do coletor, exceto o central, existe uma válvula de retenção, que impede a saída do gás para fora do módulo. O Regulador de Pressão reduz a pressão do gás que se encontra dentro dos botijões para os níveis necessários aos aparelhos de queima. Também controla a vazão do gás, mantendo-a constante e nos níveis adequados ao funcionamento dos aparelhos. Existem, basicamente, três tipos de reguladores, que se diferenciam pela relação entre a pressão de entrada e a de saída; o regulador de 1° estágio reduz a pressão do vasilhame para uma pressão intermediária; o de 2° estágio completa essa redução até os níveis necessários ao funcionamento dos aparelhos. Nas baterias residenciais com P-45 e P-90 costumam-se usar reguladores de estágio único, que fazem a redução direta da pressão no interior dos vasilhames para a dos aparelhos de queima. 3.4. Acidentes mais comuns

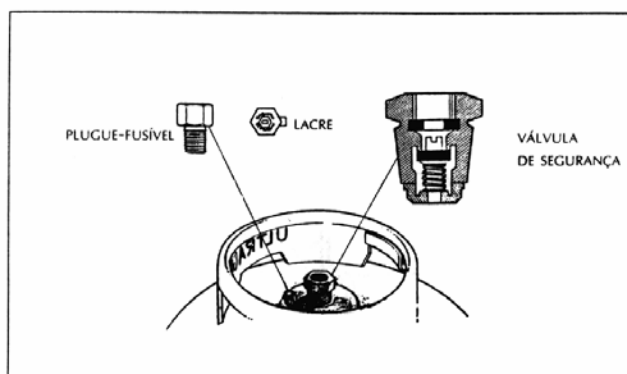
3.4.1. Válvula e mecanismo de segurança - Nos P-45 e P-90 a válvula é de fechamento manual e o mecanismo de segurança vem acoplado a válvula. Libera o gás para o ambiente quando há aumento muito grande da pressão no interior do vasilhame, o que ocorre se a temperatura ambiente supera 78°C.

VÁLVULA DOS VASILHAMES DE 45 E 90 KG



3.4.2. Válvula e mecanismo de segurança do P-13.

VÁLVULA E MECANISMO DE SEGURANÇA



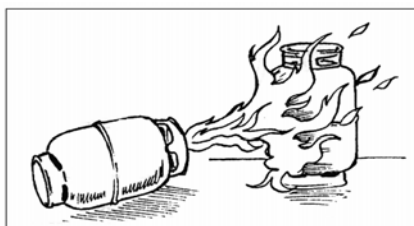
3.4.3. Boiling liquid-expanding vapor explosion (bleve) – explosão de vapores expandidos de líquidos em ebulição:

3.4.3.1. É a explosão (liberação súbita de pressão) de vapor em expansão de um líquido com temperatura superior a seu ponto de ebulição através da passagem de líquido para vapor. Neste processo de expansão, é gerada a energia que agride a estrutura do recipiente, projetando os fragmentos e ocasionando a rápida mistura do gás com o ar (que dá por resultado uma bola de fogo característica).

3.4.4. Proteção contra o bleve - Para proteger recipientes de explosões, deve-se resfriá-los com água, utilizando-se uma linha de proteção com jato d'água em forma de neblina, isolando o local de estranhos aos serviços de bombeiros e resfriando os recipientes de gases até que não seja mais necessário.

3.4.5. Cuidados com os recipientes - O maior número de ocorrências com botijões de 13 kg de GLP (Gás Liquefeito de Petróleo), são mais comuns nas residências e as causas mais prováveis de vazamentos, com e sem fogo, são: mangueira furada, diafragma da válvula furada, rosca da válvula mal fechada, plugue-fusível fundido e corrosão do botijão.

3.4.6. Cuidados diversos - O controle de vazamento sem fogo deve ser feito através da dispersão do gás, evitando o contato com pessoas e fontes de ignição e eliminando o vazamento (fechando o registro da válvula, usando o estanca-gás, etc). O controle de vazamento com fogo deve ser feito através da diminuição da quantidade de calor produzido pelo fogo através de aplicação de nuvem de água. Deve-se tomar precaução para evitar a conversão de um fogo em botijão para uma explosão provocada por gases acumulados após a extinção das chamas sem sanar o vazamento.



Exemplo de BLEVE (Botijão maçaricando outro)

3.4.7. Vazamento na mangueira - Cortar a alimentação do logo fechando o registro; se não puder ser fechado, extinguir o fogo e rapidamente desconectar o cone-borboleta da válvula do botijão.

3.4.8. Vazamento no registro - Colocar o estágio na posição FECHADO; se não puder ser feito, apague o fogo e remova o registro do botijão.

3.4.9. Vazamento na válvula conectora ou de segurança - Extinguir as chamas e colocar o estangás; se não puder fazer isso, não extinguir a chama e resfriar as laterais até consumir todo o combustível.

3.4.10. Vazamento nas soldas (costuras) - Extinguir o fogo e levar o botijão para local ventilado e aberto; se não puder fazer isso, não extinguir a chama, resfriar as laterais até consumir todo o combustível.

3.4.11. Vazamento nas conexões - Fechar os registros individuais dos cilindros conectados na rede.

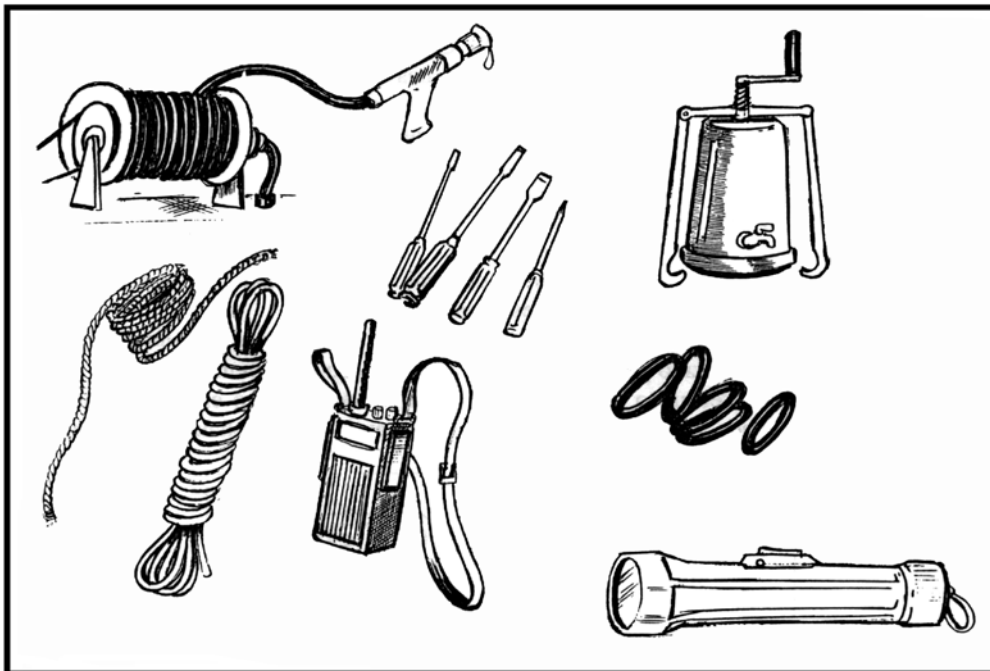
3.4.12. Vazamento em gás encanado - Isolar e evacuar o local, localizar o registro de rua e fechá-lo e acionar a COMGÁS (Companhia de Gás de São Paulo).

### 3.5. Procedimentos de emergência

3.5.1. A viatura deve possuir no mínimo:

- Mangotinho;
- Estancador de gás (Estangás);
- jogo de chaves de fenda;

- Cabos (sisal e multi-uso);
- Aparelhos de comunicações (Hts)
- Anéis de vedação (oringue) reservam para botijões;
- Lanternas antiexplosão;
- A guarnição deve, obrigatoriamente, utilizar EPI (Equipamento de Proteção Individual), sendo o EPR (Equipamento de Proteção Respiratória) opcional, a critério do Comandante das Operações no local.

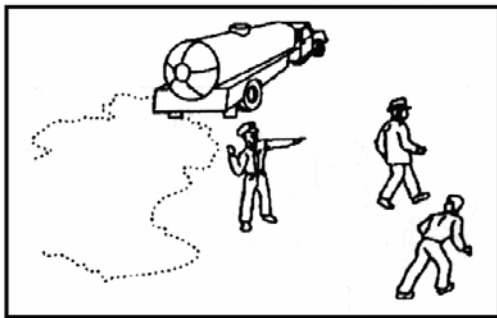


### 3.5.2. Deslocamento para incêndio em GLP (Gás Liquefeito de Petróleo).

3.5.2.1. Procedimentos normais, ressaltando que o Comandante da Guarnição deve inquirir o COBOM (Centro de Operações do Corpo de Bombeiros) sobre o maior número possível de informações sobre a ocorrência e o local.

### 3.5.3. Precauções ao chegar no local

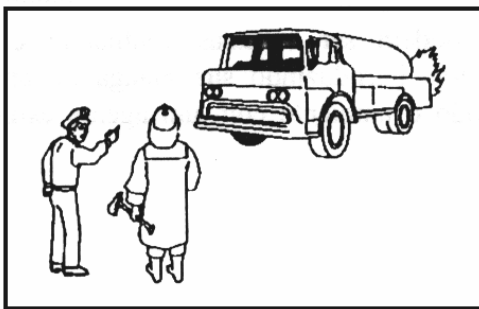
3.5.3.1. Isolar a área de risco - Com exceção das pessoas autorizadas pelo Comandante das operações no local, afaste as pessoas para evitar acidentes e não atrapalhar os serviços de bombeiros.



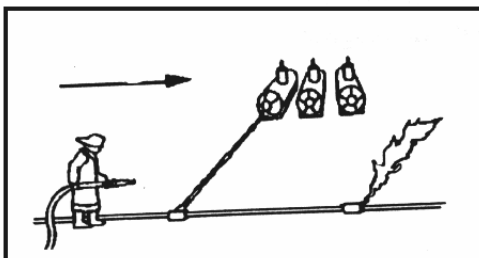
3.5.3.2. Coletar o maior número de informações possíveis relativas a ocorrência de todas as fontes disponíveis (solicitante, COBOM (Centro de Operações do Corpo de Bombeiros), vizinhos, etc) e acionar apoio necessário.

3.5.3.2.1. Questionar o local exato da ocorrência, aspecto da edificação, fontes de ignição (eletricidade), quantidade e tipo de vítimas, descrição do material do local, vias de acesso, riscos iminentes e outras dúvidas que possam surgir.

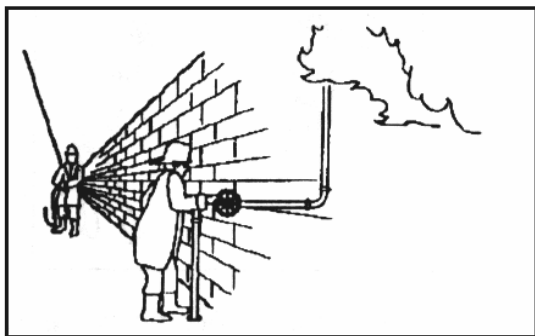
3.5.3.2.2. Traçar um plano de ação levando em consideração os meios disponíveis e as condições do local, emitir decisões e ordens claras e precisas.



3.5.3.3. Manter a guarnição com o vento as costas em local aberto para aproximação de um fogo ou vazamento de GLP (Gás Liquefeito de Petróleo). Se o local for confinado, faça ventilação forçada ou sature o ambiente com agentes extintores (CO<sup>2</sup>, PQS ou água em forma de neblina).



3.5.3.4. Eliminar todas as fontes de ignição e gás externas e simultaneamente manter todas as pessoas fora da área da nuvem de GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) iniciando esse procedimento logo que chegar ao local.

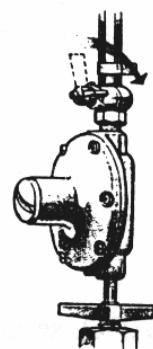
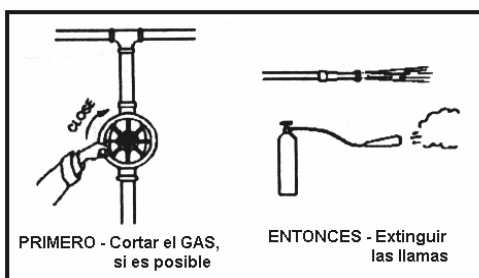


3.5.3.5. Entrar no local adotando procedimentos padrão de atendimento, apenas ressaltando que se a chave geral for do lado de fora da área gasada, deve ser desligada, mas se for do lado de dentro, não deve ser desligada para evitar faíscas; usar linha de proteção ao adentrar no local. Em locais confinados cuidado com explosões ambientais, que podem ser evitadas ventilando o local (utilizar o ventilador/exaustor das viaturas introduzindo sua manga no ambiente, nunca usar eletrodomésticos) ou saturando o ambiente com um agente extintor ( $\text{CO}_2$ , PQS ou água em forma de neblina).

3.5.3.6. Explorar com cuidado as partes baixas do local (chão, porão) pois o gás tende a acumular-se nessas regiões; a vítima provavelmente estará intoxicada (eventualmente queimada) o que prioriza a remoção para local seguro e ventilado antes de qualquer outro procedimento de resgate.

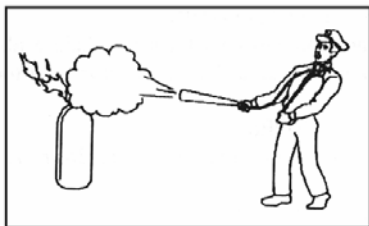
3.5.4. Controle de vazamento de GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) com fogo

3.5.4.1. Cortar a fonte do gás (fechar o registro) dos recipientes e depois realizar a extinção.



3.5.4.2. Os extintores de  $\text{CO}_2$  ou PQS são um meio eficaz para controlar pequenos incêndios. Dirija o agente extintor a base do fogo.



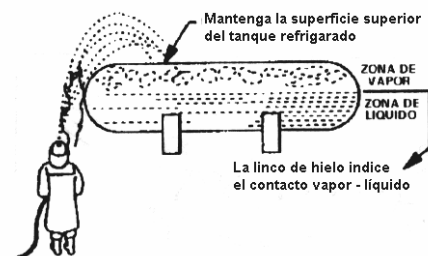


### 3.5.5. Controle do fogo nos diversos tipos de vazamento

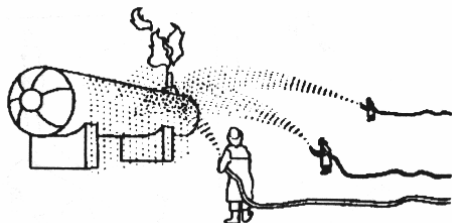
3.5.5.1. Resfriar as paredes dos recipientes de GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) que estiverem expostos ao calor radiante, suas paredes devem ser resfriadas com água em forma de neblina, visando evitar aumento de pressão interna e consequente explosão.



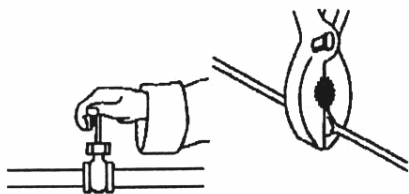
3.5.5.2. Manter distância das extremidades dos cilindros. Aplique água em forma de neblina em toda superfície exposta ao calor. Aproxime-se pelas laterais dos cilindros e proteja também do calor irradiado os cilindros próximos.



3.5.5.3. Se houver ruptura da válvula de alívio o gás liberado poderá incendiar-se. Aplique água sobre o recipiente, mas não apague as chamas, pois, senão, poderá ocorrer acúmulo de gases e posterior explosão.



3.5.5.3. Fechar as válvulas e registros para cortar o fluxo de gás. Nos casos em que não for possível fechar os registros, estrangule a tubulação (desde que seja de pequeno diâmetro ou de cobre).

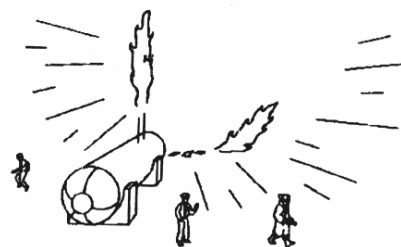
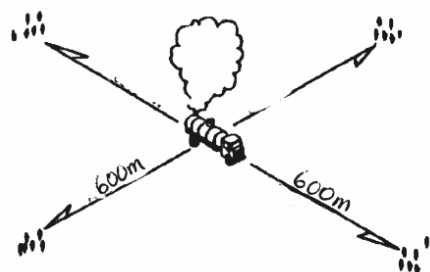


3.5.5.4. Proceder continuamente a proteção de salvados, verificando se não sobraram para trás faces de incêndio escondidos no forro, atrás de móveis, etc; e nem vazamentos de GLP (Gás Liquefeito de Petróleo).

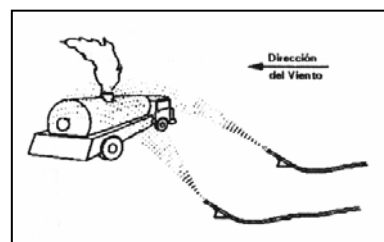
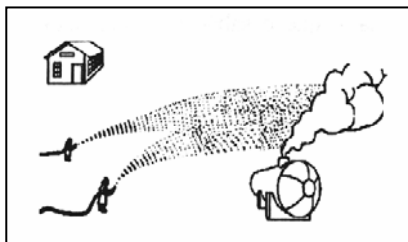
3.5.5.5. Remover todo o material que não for atingido, principalmente recipientes inflamáveis para local seguro. Os cilindros devem ser mantidos em posição vertical o tempo todo.



3.5.5.6. Retirar todas as pessoas do local e amplie a área de isolamento se perceber o aumento de pressão interna do cilindro( aumenta o ruído da válvula de alívio ou aumenta o volume do fogo ).



3.5.5.7. Dispensar o gás na atmosfera, se não puder fechar o fluxo de gás, de modo que não atinja a concentração dentro da faixa de explosividade.



### 3.7.- BIBLIOGRAFIA

Manual do curso de operações contra incêndios- Texas A&M System  
Manual básico do Corpo de Bombeiros - PMESP

GLP (Gás Liquefeito de Petróleo)- Noções e recomendações de uso, instalação e segurança - Ultragás

MTB-5-PM Incêndios em oficinas e indústrias

Coletânea de NBRS.

## CAPÍTULO – IV

### Emergência em cilindros de Acetileno

#### 4. ACETILENO

##### 4.1. Introdução:

4.1.2. Este capítulo trata das emergências envolvendo cilindros de acetileno capacitando o profissional de bombeiros a conhecer desde a produção, compressão do gás, dispositivos de segurança, tipos de capacidades de cilindros, componentes, acidentes mais comuns e procedimentos emergências.

4.1.3. Tem por objetivo ainda fornecer orientações básicas para que os profissionais do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo executem as atividades de controle de sinistros envolvendo gás acetileno, de forma técnica, padronizada e buscando a melhoria da qualidade dos serviços prestados, indo ao encontro das expectativas preconizadas pelo comando dessa centenária instituição. Dados estatísticos comprovam que pelo menos a cada dezesseis horas o Corpo de Bombeiros atende uma ocorrência envolvendo cilindros de acetileno no Estado de São Paulo, havendo portanto necessidade que esses profissionais estejam tecnicamente preparados.

4.1.4. Dispõe acerca da produção do acetileno, suas propriedades físicas e químicas, colocando em destaque o peso específico do gás a 0,908 para o ar igual a um, portanto mais leve, podendo acumular-se junto ao teto de uma edificação ou no poço de um elevador e demonstra a sua extensa faixa de inflamabilidade no ar, na proporção de 2,3 a 80%, sendo um gás extremamente perigoso. Desta forma embora o acetileno em altas concentrações no ar torne os pulmões privados de oxigênio e resulta em asfixia, o perigo de explosão aparecerá muito antes.

4.1.5. Mostra a aplicação do acetileno especialmente em serviços de soldagem cortes de metais por meio do conjunto de oxiacetileno que comumente são encontrados em oficinas mecânicas e no complexo industrial, fator importante para os profissionais do Corpo de Bombeiros que muitas vezes são acionados para atender ocorrências de natureza dada como incêndio e constataam cilindros em decomposição nesses locais, acarretando risco de vida.

4.1.6. Revela em detalhes as proporções volumétricas do cilindro de acetileno e as funções da massa porosa de suportar altas temperaturas, oferecer resistências

mecânicas e atuar na formação de uma camada protetora contra a propagação, no caso de decomposição.

4.1.7. Mostra os principais modelos de cilindros de acetileno encontrado no mercado e observa que os fornecidos pela Empresa White Martins atendem normas americanas e são dotados de bujões fusíveis enquanto as empresas AGA, Oxigênio do Brasil (Air Liquide), atendem normas européias e portanto não possuem válvulas de alívio.

4.1.8. Trata das medidas de segurança com relação ao cilindro de acetileno, observando que esses recipientes jamais podem ser arrastados ou rolados pelo chão. São evidenciadas as formas de decomposição do acetileno e o fenômeno do retrocesso da chama, que comumente as pessoas referem-se como tendo o maçarico engolido fogo.

4.1.9. Apresenta-se situações de riscos de explosões ambientais e do cilindro, lembrando-se que o cilindro de acetileno ao atingir a temperatura de 300° em qualquer ponto do seu interior inicia-se fatalmente o processo de decomposição naquele ponto, ou ainda atingir a temperatura de 65° C em todo o cilindro.

4.1.10. Revela os indicativos da decomposição, o que permite ao bombeiro avaliar a temperatura interna do cilindro sempre que a coloração externa do mesmo estiver alterada, ocorrer, vaporização de água, retrocesso da chama ou sofrer queda ou forte golpe.

4.1.11. Discorre sobre o combate a incêndio em acetileno e viabilidade de remoção do cilindro em decomposição. Dentro deste contexto prever resultados de testes práticos sobre pressão e vazão adequada da bomba de incêndio para resfriar cilindro de acetileno. Apresentam-se outros recursos alternativos com emprego de esguicho canhão, monitores e mangueiras amarradas em substituição ao homem, minimizando a exposição a risco. Visando racionalizar o consumo de água para manter o resfriamento permanente do cilindro em decomposição, por vinte e quatro horas foi idealizada a feitura de um recipiente apropriado, conectado por uma mangueira de jardim. Prever orientações básicas a respeito do acetileno, para que o bombeiro as tenha sempre em mente, diante do controle do sinistro sendo demonstradas as conseqüências de uma explosão desse produto. São indicadas as táticas específicas de posicionamento dos bombeiros que atuarem na ocorrência, bem como os procedimentos técnicos específicos para resfriamento do cilindro em decomposição, com opções de emprego de mangotinho ou linha direta de 1 ½ “.

4.12. Por fim apresenta-se em folha de rosto o procedimento operacional padrão, para atender ocorrências envolvendo incêndio em cilindros de acetileno ou em decomposição e mostra os fatores determinantes para conseguir a eficácia e efetividade no controle de emergências com acetileno. Define o trem de socorro, atentando para a utilização racional dos recursos, e orienta quanto a priorização de atendimento no local de sinistro com enfoque para os critérios de segurança do homem.

#### 4.13.. Informações básicas sobre o acetileno

4.13.1. O acetileno é um gás particularmente perigoso devido a sua instabilidade e inflamabilidade. Sua molécula é muito instável e pode decompor-se em seus átomos componentes, hidrogênio e carbono, liberando muita energia nas seguintes situações:

- a) quando o gás é aquecido;
- b) quando é submetido a elevações de pressão. O acetileno é explosivo em quase todas as proporções de mistura com o ar.

#### 4.14. Produção do acetileno

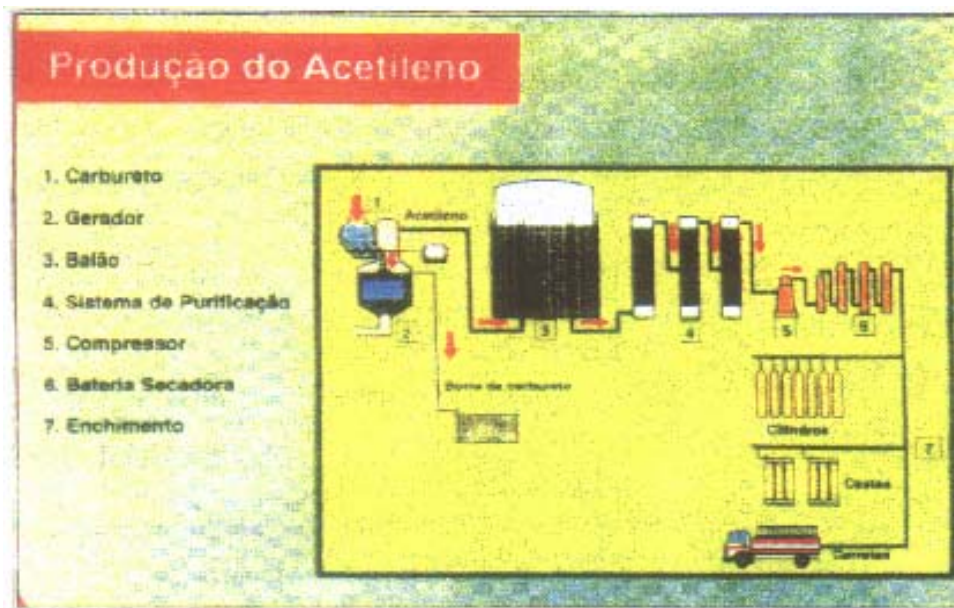
4.14.1. O acetileno é produzido, reagindo-se o carbureto do cálcio com água, em geradores próprios para esta finalidade, obtendo-se também hidróxido do cálcio (cal do carbureto) como subproduto, numa proporção de aproximadamente 10% do sólidos e 90% do água.

4.14.2. A reação química é do tipo exotérmica (reação que gera calor) e se apresenta da seguinte forma química:  $\text{CaC}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2$

4.14.3. O acetileno assim gerado é posteriormente resfriado, purificado, comprimido e finalmente acondicionado em cilindros apropriados.

#### 4.15. Produção do acetileno

Fonte: AGA



4.15.1. Pressão e temperatura atmosférica, o acetileno é um gás incolor e ligeiramente mais leve que o ar. Seu peso específico é igual a 0,908 (ar = 1) e portanto, pode acumular-se junto ao teto ou no topo de um poço de elevador, por exemplo.

4.16. O acetileno de pureza 100% é inodoro, mas o gás comercial tem um cheiro acentuado, semelhante ao do alho, devido principalmente às suas pequenas impurezas fosfina e de gás sulfídrico.

4.17. O acetileno queima com uma chama intensamente quente, luminosa e enfumaçada.

4.18. O acetileno não é tóxico, e como qualquer outro gás, quando se apresenta em altas concentrações, torna os pulmões privados de oxigênio e em tais casos resultará em asfixia.

4.19. É de se notar, entretanto, que com o limite menor de inflamabilidade no ar (2,3%), o perigo da explosão aparecerá, em caso de vazamento, muito antes de surgir o risco da sufocação (asfixia). O gás acetileno transformar-se-á em narcótico, provocando sonolência e perda dos sentidos. Os principais sintomas e conseqüências prováveis a partir da inspiração do acetileno são: vertigens, cefaléia, indisposição estomacal, e dificuldades respiratórias.

4.20. Pode-se comumente encontrá-lo em oficinas mecânicas onde é muito utilizado para soldas oxi-acetilênicas e para corte de metais. É empregado ainda em processos industriais de metalização, tratamento térmico, desempenho e

limpeza por chama, é empregado também nos processos Industriais de plásticos, borrachas sintéticas, corantes, solventes e produtos farmacêuticos. Pequenas quantidades são utilizadas para iluminação de bóias, faróis e outros serviços similares.

4.21. Na ponta do maçarico: 4000° c

4.21.1 A presença do oxigênio puro intensifica os processos de combustão, de maneira a produzir temperaturas muito altas. Essa propriedade foi aproveitada no desenvolvimento do chamado processo autógeno para soldagem de materiais.

4.21.2. Neste sistema, mistura-se oxigênio com um gás inflamável – geralmente o acetileno, e o composto resultante é queimado através de um aparelho especial, conhecido como maçarico.

4.21.3. Este se compõe, de dois tubos, um dentro do outro. Pelo tubo interior, flui oxigênio. Pelo de fora, gás inflamável. Na ponta do maçarico, os dois gases ejetados sob pressão se associam e queimam.

4.22. Compressão do gás acetileno

4.22.1. Para comercializar um gás, o produtor procura colocar o máximo possível do produto dentro de um cilindro comprimindo-o a mais alta pressão permitida. No caso do acetileno, o acondicionamento em cilindros requer materiais e procedimentos específicos, devido a sua instabilidade.

4.22.2. O acetileno é classificado como um gás inflamável e por isso é transportado em cilindros de aço, produzidos de acordo com especificações bastante rigorosas.

4.22.3. A carcaça do cilindro de acetileno é composta por duas chapas de aço repuxadas ligadas entre si por uma solda, chamada de meio-corpo.

4.22.4. Além dessa solda, existem duas outras: a do colarinho ou gargalo, na parte superior e a do pé-de-rolamento, na parte inferior.

4.22.5. O pé-de-rolamento serve para que o cilindro de acetileno seja transportado com segurança a pressões acima de 1,2 bar, o que torna o gás acetileno altamente instável podendo se decompor violentamente em seus elementos constituintes (hidrogênio e carbono). Com o aumento de temperatura, choques, centelhas ou quando submetido a pressões. Os cilindros de acetileno contém uma massa porosa, sendo seus poros visíveis a ampliações maiores de 500 vezes, sendo esta massa saturada com acetona, na qual o acetileno se dissolve. Desta maneira, o acetileno dissolvido se distribui uniformemente por todos os poros, evitando a formação de bolsões, onde forma aglomerados e com



uma simples batida poderá se decompor e ocasionar a explosão do cilindro. O acetileno não pode ser comprimido em espaços vazios. O tamanho dos poros deve ser suficientemente pequeno para que a energia desenvolvida, no caso de uma decomposição do acetileno seja muito pequena para propagar-se. A massa porosa possui outras funções importantes: como permitir uma distribuição uniforme do solvente no cilindro; suportar altas temperaturas sem dar lugar a reações perigosas tem função também de oferecer resistência mecânica suficiente; não se desintegrar por ocasião da manipulação do cilindro.

4.22.6. Com o cilindro cheio de massa porosa há condições de comprimir o acetileno, evitando é claro, uma compressão muito rápida, e chegando até a pressão final de enchimento de 400 lbs/pol<sup>2</sup>, o que após o assentamento do gás deverá cair para 250 lbs/pol<sup>2</sup>.

4.22.7. O cilindro de acetileno cheio ocupa menos que 40% do volume sendo que a pressão do trabalho é de 20 bar. A quantidade de acetileno no interior de um cilindro é verificada por peso e não por tamanho.

4.22.8. Deve-se notar que no momento da compressão do acetileno no cilindro, haverá um aquecimento normal devido à reação do gás com a acetona, por ser uma reação exotérmica. Para amenizar este aquecimento existe um resfriamento contínuo com jatos de água sobre o recipiente.

4.22.9. Também como precauções para segurança desses cilindros existe no topo da massa porosa, logo abaixo da rosca do colarinho, uma cavidade cilíndrica, que permite a colocação de amianto feltro, ou tela que serve para evitar a entrada de fogo para dentro dos mesmos além de reter algumas impurezas que porventura existam dentro do cilindro.

Figura - 2

4.23. Tabela de Conversão de Pressões

Atm	Bar	Kgf/cm <sup>2</sup>	lbf/in <sup>2</sup> (psi)	kPa	mm hg
1	1.013	1.033	14.7	101.3	760
0.987	1	1.020	14.5	100	750
0.968	0.98	1	14.2	98	7.36
0.068	0.069	0.070	1	6.9	51.7
1.316	1.333	1.360	19.33	133.3	1000

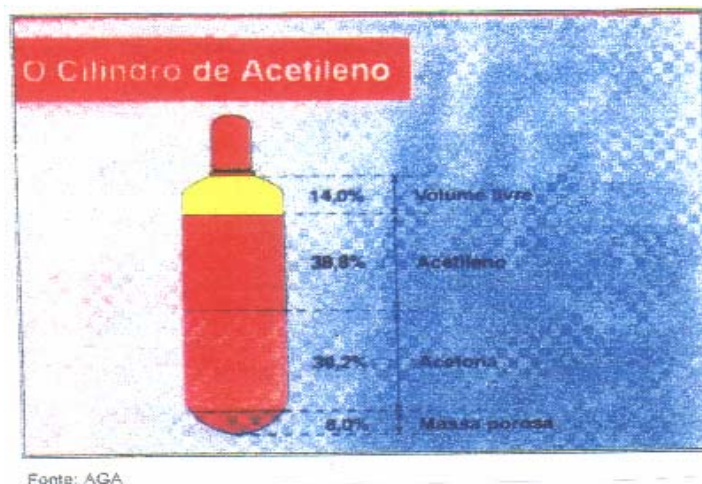
Fonte: AGA

4.24. Proporções dos componentes de um cilindro de acetileno

4.24.1. A proporção volumétrica dos componentes de um cilindro de gás

acetileno, recém carregado, em termos de espaços é de 39,2% de acetona embebida em 08% de massa porosa, 38,8% de acetileno e 14% de espaço livre. Essas proporções volumétricas ocorrem com a temperatura de 20°C.

Figura - 3



#### 4.25. A temperatura interna crítica

4.25.1. A temperatura interna do cilindro ao atingir 65° C as proporções se alteram para 46 % de acetileno e 46% de acetona conservando 08% de massa porosa e desaparecendo o espaço livre. A partir dessas proporções observa-se que não haverá mais espaço livre para o gás se expandir. Nessas condições, com o aumento gradual da temperatura do cilindro de gás passa a oferecer risco iminente de explosão hidrostática, uma vez que proporcionalmente ocorre o aumento da pressão do cilindro. A pressão hidrostática criará tensão nas paredes do recipiente, acima do limite elástico e, ultrapassar essa temperatura, é sempre um risco de rompimento da carcaça.

A temperatura no interior do cilindro de acetileno se eleva de forma muito lenta, devido ao efeito de isolamento da massa porosa.

#### 4.26. Dispositivos de segurança

4.26.1. Alguns cilindros de acetileno nacionais são equipados com dispositivos de segurança que liberam o gás em situações anormais de elevações de temperatura, como no caso de um incêndio, por exemplo. Estes dispositivos de segurança, denominados bujões fusíveis, constituídos de uma liga de chumbo, estanho e bismuto, funde-se a uma temperatura em torno de 100°C.

#### 4.27. Armazenamento

4.27.1. Por ser o acetileno um gás inflamável e sob pressão é fundamental a escolha de um local apropriado para que os cilindros sejam armazenados.

4.27.2. O aumento da temperatura dos cilindros de gás acetileno faz com que sua

pressão aumente rapidamente. Os limites de temperatura do cilindro de acetileno não poderá exceder a 53° C (128°F).

4.27.3. Os cilindros de acetileno jamais poderão ser armazenados próximo a fontes de calor, ou mesmo as fontes de calor consideradas em potencial, tais como gasolina, óleo, resíduos etc.

4.27.4. Entre os locais impróprios para armazenamento de acetileno, atenção especial devem ser dada aos locais onde objetos em movimentos possam bater ou cair sobre os mesmos, tais como proximidades de elevadores, corredores, pontes rolantes, monovias etc.

4.27.5. Os cilindros de acetileno devem ser armazenados ou instalados em local coberto e ventilado. No armazenamento externo é aconselhável que os cilindros sejam protegidos contra os rigores do tempo, principalmente dos raios solares diretos, bem como protegidos contra a corrosão. Caso não seja possível o armazenamento desses produtos em separado, poderá ser previsto o isolamento por paredes corta fogo ou distância mínima de 6,0 m.

4.27.6. Os estoques de cilindros de acetileno cheios devem ficar separados dos vazios e sinalizados.

4.27.7. Os cilindros devem ser mantidos na posição vertical e com válvula fechada, mesmo que estejam vazios, não podendo de forma alguma serem guardados em lugares confinados tais como: gavetas, armários e outros lugares não ventilados.

4.27.8. O local de armazenamento deverá ser sinalizado com fixação de placas de advertência, proibindo fumar.

4.27.9. Com exceção dos cilindros de acetileno que estiverem em operação, será obrigatório que os capacetes de proteção estejam atarraxados, para segurança das válvulas do recipiente

4.27.10. Os cilindros de acetileno não poderão ser armazenados juntamente com os de oxigênio.

4.27.11. É importante que os cilindros de acetileno não estejam sujeitos a choques mecânicos que possam danificá-los, e cuidados devem ser tomado com relação a válvulas e bujões fusíveis.

4.27.12. Garanta-os contra quedas e batidas, uns nos outros.

4.28. Utilização e manuseio de cilindros de acetileno

4.28.1. Acetileno deve sempre ser chamado pelo próprio nome e nunca simplesmente pela palavra gás sendo que as marcas estampadas no cilindro não

deverão ser renovadas ou alteradas.

4.28.2. Em circunstância alguma tente transferir o gás acetileno de um cilindro para outro. Se assim proceder estará incorrendo risco de vida.

4.28.3. A instalação de sistemas envolvendo gás acetileno devem ser executadas por pessoas qualificadas e nunca poderá ser alimentada em tubulação que não as especificadas pelo fornecedor do próprio acetileno.

4.28.4. Os reparos ou alterações de cilindros ou válvulas, somente poderão ser efetuadas por profissionais habilitados no ramo.

4.28.5. Os cilindros de acetileno devem permanecer sempre afastados de atividades que emitem faíscas. Sob, nenhuma circunstância, permite o contato de chamas em seus dispositivos de segurança ou sistemas de válvulas.

4.28.6. Nas oficinas e indústrias que operam com equipamento oxi-acetileno todas as precauções devem ser tomadas para evitar que o conjunto de cilindros, tenha contato com equipamento elétrico de solda. Deve também assegurar-se de que a rede elétrica seja compatível, evitando sobrecarga, e ocorrência de curto circuitos.

4.28.7. O cilindro de acetileno, em nenhuma hipótese poderá ser utilizado como roletes, suportes ou qualquer outro propósito que não aquele para o qual foi constituído, mesmo que vazio.

4.28.8. Nunca use martelo ou similar para tentar abrir ou fechar válvulas de cilindros de acetileno. Quando o capacete de proteção da válvula for fixo não se deve tentar retirá-lo ao conectar o cilindro ao equipamento de operação.

4.28.9. Os cilindros de acetileno devem ser transportados sempre em carrinho apropriado e jamais serem arrastados ou rolados pelo chão.

4.29. Transporte de cilindro de acetileno

4.30. A falta de cuidado no transporte de acetileno, é uma das causas que provoca acidente. Compete aos setores de distribuição do respectivo cilindro, a observância e fiscalização das normas de segurança visando impedir descuidos ao transportá-lo, assim como adotar campanhas educativas ao usuário.

4.30.1. Em princípio os cilindros de acetileno cheios bem como os vazios devem ser tratados com os mesmos cuidados. O transporte deverá ocorrer sempre na posição vertical para evitar choques entre eles. Choques mecânicos que possa comprometer as válvulas e bujões fusíveis são riscos que o usuário deve sempre ter em mente, ao mover um cilindro de acetileno.

4.30.2. Os cilindros quer cheios ou vazios devem ser transportados com os

capacetes protetores a fim de evitar avarias nas respectivas válvulas. O transporte de acetileno jamais poderá ser feito em porta-malas de veículos, caminhões enlonados ou automóveis fechados. Eventual vazamento desse produto em local confinado, fatalmente causará explosão.

4.30.3. Durante o transporte ou manuseio de cilindros de acetileno, jamais se poderá fumar e nunca deixá-los próximo de conjuntos de solda elétrica, materiais inflamáveis, corrosivos ou fonte de calor.

4.31. Testes práticos de pressão e vazão adequada para combater incêndio e resfriamento de cilindro oxiacetileno, seus resultados

4.31.1. Com a pressão da bomba da mistura de combate a incêndio estabilizada a 100 libras empregando o mangotinho de 46 metros.

4.31.2. Com a pressão da bomba da viatura de combate a incêndio estabilizada a 60 libras, armar linha direta empregando dois lances de mangueiras de 1.1/2", de trinta metros e esguicho regulável.

4.31.3. Para ambos os esquemas, a pressão do jato no esguicho deverá atingir 22,5 libras, possibilitando que o homem se posicione atrás de um obstáculo, há quinze metros do cilindro de acetileno.

4.31.4. No caso do comandante da operação de controle do sinistro, fizer a opção pelo emprego do mangotinho na pressão de 100 libras a vazão será de 200 litros por minuto, e nessas condições, mantendo o resfriamento permanente, resultará no consumo de 12 metros cúbicos de água por hora.

4.31.5. Se adotar o esquema de linha direta de 1 ½", com sessenta metros de mangueira, mantendo o resfriamento permanente o consumo será 15 metros cúbicos de água por hora.

4.31.6. Para ambas as situações aconselha-se o resfriamento permanente por aproximadamente duas horas, antes de manusear o cilindro em decomposição.

4.32. Testes práticos

Figura - 5

Tabela de Pressão e Vazão

Pressão Libra/Pol2.	Vazão l/min	60min Volume	Esquema tático
100	200	12 metros cúbicos	Mangotinho 46 Metros
60	250	15 metros cúbicos	Magn 1 ½" 60 metros, esguicho

			regulável
--	--	--	-----------

Fonte: Testes práticos realizados pelo autor

#### 4.4. Tipos de Cilindros de Acetileno

4.4.1. Os cilindros de acetileno fabricados pela White Martins atendem normas americanas e possuem remuneração padronizada e são dotados de bujões fusíveis de acordo com a respectivas capacidades:

4.4.2. Tipo A – 315 com capacidade para 9,0 Kg de gás, existem dois bujões fusíveis um ou dois no fundo;

4.4.3. A-170 com capacidade para 5,0 Kg de gás, existem dois bujões fusíveis no topo e um ou dois no fundo; e

4.4.4. A-40 com capacidade para 1,2 Kg de gás, existem apenas um bujões fusível no topo.

Figura – 4

#### 4.4.5. Modelos de cilindros de acetileno encontrados no mercado



Fonte: AGA

4.4.6. Os cilindros da AGA bem como os da empresa Oxigênio do Brasil (Air Liquide) atendem normas européias e não possuem bujões fusíveis e são fabricados nas capacidades de 0,75 Kg, 4,0 Kg, 8,0 Kg de acetileno.

#### 4.4.7. Fornecimento do acetileno

4.4.7.1. As empresas fornecedoras comercializam cilindros avulsos, cestas com

nove cilindros ou carretas com cento e vinte cilindros (utilizadas em estaleiros);

#### 4.4.8. Pintura externa do cilindro

4.4.8.1. O cilindro de acetileno pode ser reconhecido através da cor bordô de todo seu corpo ou apenas da Ogiva (gargalo);

#### 4.5. Acidentes mais comuns.

4.5.1. O contato do acetileno com metais como cobre, prata e mercúrio, deve ser rigorosamente evitado, devido à formação de acetiletos desses metais, que são compostos químicos altamente explosivos.

4.5.2. Como exemplo de uma possível formação de acetileto, está no processo de solda prata, na manutenção das canalizações de acetileno e ligas de latão com alta percentagem de cobre, em componentes de um sistema para acetileno. A mistura de acetileno com flúor ou cloro pode explodir, quando expostos à luz solar. O acetileno é ainda incompatível com o neoprene.

#### 4.5.3. Decomposição do Acetileno

4.5.3.1. A decomposição do acetileno nos seus componentes, carbono e hidrogênio, pode ocorrer de duas formas:

##### 4.5.3.2. Lenta a localizada:

- esse tipo de decomposição ocorre quando o acetileno encontrar-se a pressão inferior a 1,2 bar e não possuir ar ou oxigênio ao mesmo tempo, de acordo com sua faixa de inflamabilidade;

##### 4.5.4. Explosiva:

\_ a decomposição explosiva ocorrerá quando o acetileno for submetido a determinada elevação de temperatura ou pressão, sendo estas variáveis diretamente proporcionais entre si, ou seja, a medida em que aumenta a temperatura de um cilindro, tanto maior será a sua pressão a vice-versa. Essas condições poderão ocorrer a partir do retrocesso de chama, forças mecânicas aplicadas ao cilindro (como quedas ou pancadas) que venham fragmentar a massa porosa, aquecimento externo do cilindro, abertura brusca do registro do cilindro ou outras fontes de ignição (centelhas, atrito ou eletricidade estática).

##### 4.5.5. Retrocesso da chama

4.5.5.1. O Fenômeno de retrocesso da chama, a que as pessoas comumente referem-se como tendo o maçarico ou o cilindro “engolido fogo” ocorre basicamente quando a pressão do gás é insuficiente em relação a velocidade de queima que é de 13m/s, fazendo com que a chama retroceda a procura do combustível para queimar. O retrocesso da chama possui um som característico,

semelhante a um chiado de panela de pressão podendo constatar que a mangueira nesse caso normalmente encontra-se estourada.

#### 4.5.6. Decomposição do Cilindro de Acetileno

4.5.6.1. Se houver iniciado o processo de decomposição o cilindro poderá explodir em alguns minutos, vinte e quatro horas ou mais.

4.5.6.2. No caso, por exemplo, do cilindro ficar exposto a uma fonte externa de aquecimento e se a temperatura em qualquer ponto do seu interior atingir os 300° C, iniciar-se-á fatalmente o processo de decomposição naquele ponto. A carcaça do cilindro, gradualmente vai diminuindo a resistência pela ação do calor. Caso não se elimine a fonte de calor, a decomposição prosseguirá como uma reação em cadeias, aumentando cada vez mais a pressão interna do cilindro até que ocorra a explosão. Com o resfriamento permanente do recipiente, a massa porosa atuará no sentido de controlar a decomposição através da absorção do calor, por ser refratária.

4.5.6.3. Com a remoção da camada protetora, após a abertura da válvula, ocorrem propagação da decomposição e aumento da pressão interna (o alcatrão gerado pode bloquear a válvula impedindo o fechamento).

4.5.6.4. Maior será o risco se correr a decomposição em cilindro aberto ou com vazamento, pois a decomposição continuará a medida em que o acetileno ainda não decomposto continuar chegando ao fogo. Os produtos que formaram a manta protetora escapam para o exterior, permitindo a propagação da decomposição. Por esta razão, a idéia que abrindo o volante de um cilindro de acetileno em decomposição aliviaria a pressão interna e solucionaria o problema NÃO PROCEDE, agravando-se a situação, o que explica a recomendação do produtor ao usuário de “fechar o cilindro imediatamente” em caso de vazamento com acetileno.

#### 4.5.7. Cilindro de acetileno com fogo

4.5.7.1 Pode envolver os seguintes riscos:

- a) Decomposição associada ao incêndio;
- b) O cilindro em chamas maçaricar outros cilindros com produtos inflamáveis;
- c) O fogo do cilindro propagar-se ocasionando um incêndio generalizado; e
- d) Explosão ambiental em caso de extinção da chama. Quando a chama intensifica-se na coloração meio azulada, será sinal de que a pressão interna está subindo em função da decomposição, aumentando o risco de explosão.



4.5.7.2. Quando o calor é suficiente para acionar os bujões fusíveis, as chamas podem alcançar de 3m a 5m de comprimento e havendo um forte rugido, semelhante ao chiado de uma panela de pressão.

4.5.7.3. Se a chama é grande e sai de um bujão fusível acionado ou qualquer outra parte do cilindro, não se deve tentar extingui-la, a não ser que o cilindro esteja em área externa ou em uma área bem ventilada e livre de fontes de ignição.

4.5.7.4. A razão principal para não se apagar o incêndio é que o acetileno que continuar escapando, ao atingir a faixa ideal de concentração no ar entre 2,3 e 80%, fica sujeito a explosão ambiental.

4.5.7.5. Apesar de não se desejar nem fogo nem explosão o incêndio nesse caso é menos arriscado. No entanto o cilindro deverá ser permanentemente resfriado com água.

#### 4.5.8. Cilindro de acetileno próximo ao fogo

4.5.8.1. Quando o cilindro se encontra próximo ao fogo deverá ser considerado que a decomposição do acetileno se iniciou, portanto havendo grande probabilidade de exploração.

#### 4.5.9. Cilindro de acetileno dentro do fogo

4.5.9.1. Quando o cilindro se encontrar no centro de um foco de chamas ou em um local onde a temperatura for presumivelmente alta, citando como exemplo: no interior de uma edificação na qual estiver ocorrendo um incêndio, deve ser considerado que a explosão está eminente.

#### 4.5.10. Rompimento do Bujão Fusível do Cilindro

4.5.10.1. A extensão do vazamento e a pressão no interior do cilindro são fatores preponderantes para a velocidade de combustão do acetileno. Pequeno vazamento de gás poderá regredir, se o calor da chama não for suficiente para derreter o metal ao redor do bujão fusível. No entanto, vazamentos maiores, provenientes de uma válvula solta do cilindro ou conexão do regulador de pressão, mal apertado poderão sofrer ignição e criar calor suficiente para provocar um incêndio.

4.5.10.2. Com o rompimento de um fusível do cilindro de acetileno, no dispositivo de alívio torna-se audível a liberação de gás. Muitas as pessoas confundem esse ruído erroneamente como sendo uma explosão do cilindro. Diante da abertura do bujão fusível uma grande quantidade de acetileno fluirá para fora do cilindro e

poderá se incendiar por qualquer fonte de calor próxima, resultando em um ruído ainda mais acentuado. Com o cilindro cheio, o gás sai a tal velocidade que a chama não queimará para trás em direção da abertura e sim começará a jorrar do cilindro. Todavia, com o decréscimo de pressão o fogo retrocederá em direção da abertura do vazamento e queimará daí para fora.

4.5.10.3. A chama do gás acetileno é identificada pela luminosidade brilhante. Com a diminuição da pressão do cilindro o volume da chama se reduz e a intensidade do brilho gradualmente diminui tendendo para uma coloração amarelada. Este fator é parcialmente atribuído ao acréscimo do conteúdo de acetona no produto.

#### 4.6. Procedimento emergências

##### 4.6.1. Proposta para o resfriamento

4.6.2 Para o atendimento de ocorrência nos locais em que não existem recursos para deixar o cilindro submerso em águas visando assegurar seu resfriamento por vinte e quatro horas, através deste trabalho, apresenta-se como proposta a adoção de um recipiente para apoio, similar a figura abaixo, para ficar a disposição no posto de Bombeiros.

##### 4.6.3. Proposta para manutenção do resfriamento por 24 horas

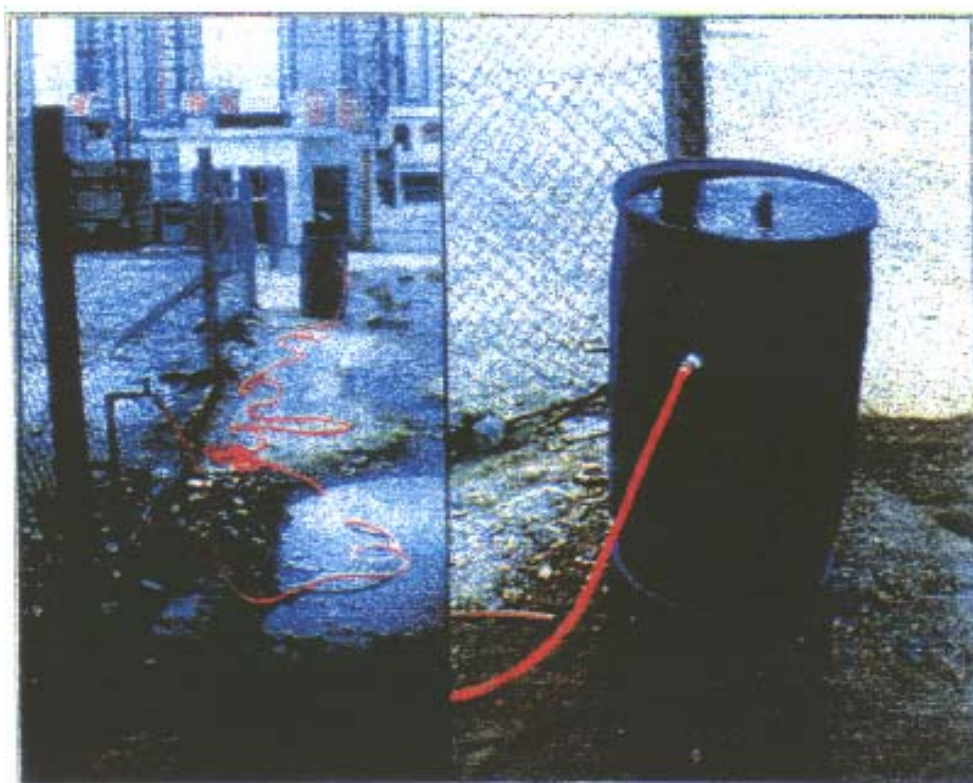


Figura 6

Fonte: AGA

4.6.4. Consiste-se em um recipiente com capacidade mínima de 500 litros e altura de 1,25 metros, conectado por uma mangueira de jardim de 30 metros a uma torneira para assegurar o permanente resfriamento.

4.6.5. Considera-se satisfatório o recipiente que possua os quesitos acima, uma vez que:

- a) O maior cilindro de acetileno encontrado no mercado nacional, possui a capacidade para 55 litros e altura de 1,25 metros;
- b) Após o resfriamento do cilindro de acetileno por duas horas, sua temperatura interna tende a regredir, devido ao efeito de isolamento de massa porosa;
- c) Não foram registrados pelo Corpo de Bombeiros, bem como nas principais empresas fornecedoras do produto, explosões do cilindro de acetileno, após proceder o resfriamento permanente por duas horas e submergi-lo em água por vinte e quatro horas, apesar de ser comum o emprego de caixa d'água de 500 litros, sem a conexão de uma mangueira ligada a uma torneira de jardim; e
- d) Por motivo de segurança o cilindro deverá ser mantido isolado durante o período da manutenção do resfriamento por vinte e quatro horas.

4.6.6. Orientações básicas

4.6.7. O Corpo de Bombeiros constantemente é acionado para atender os mais variados tipos de ocorrências envolvendo gás acetileno com risco de explosão. As situações mais comuns se verificam desde pequenos vazamentos e incêndios em cilindros e acidentes considerados de grande risco, envolvendo veículos que transportam tais produtos, pelas rodovias até os grandes centros urbanos. As ocorrências envolvendo acetileno acontecem em proporções inesperadas, porém os mais comuns são:

- a) Quando o cilindro se encontra com vazamento na válvula ou regulador de fogo;
- b) O cilindro é encontrado próximo ao fogo ou dentro do fogo;
- c) O cilindro engoliu fogo ou seja ocorreu o retrocesso da chama; e
- d) O cilindro sofre queda ou forte golpe, originando o processo de decomposição.

4.6.8. Quando no atendimento de ocorrências de incêndio em oficinas mecânicas, serralharias, indústrias metalúrgicas e similares, principalmente à noite que normalmente não existem pessoas que possam dar essas informações, há necessidades que as guarnições do Corpo de Bombeiros tomem cuidados

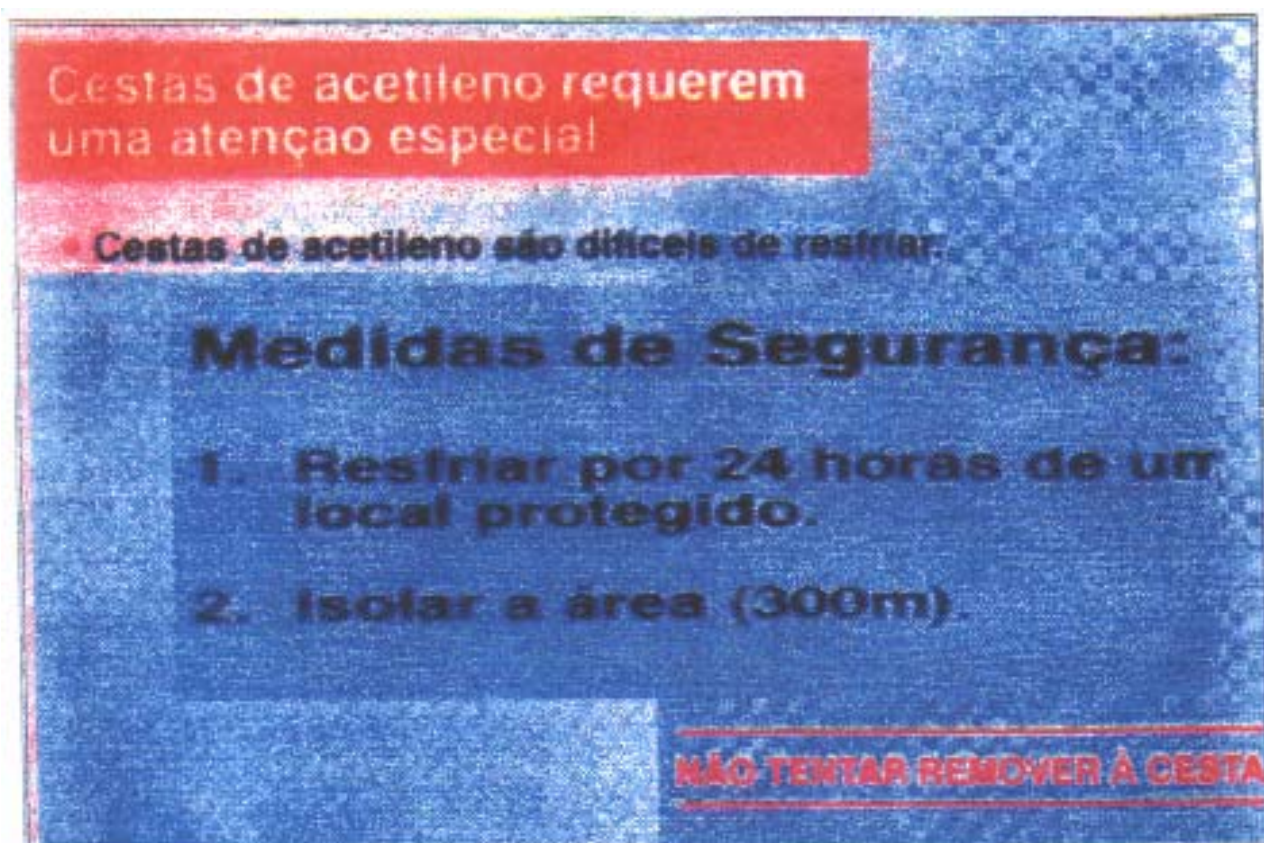
especiais para evitar que sejam surpreendidos em explosões de cilindros de acetileno.

4.6.9. A primeira guarnição de bombeiros que chegar ao local para atender ocorrência envolvendo acetileno deverá de imediato proceder a evacuação da área, retirando das pessoas que se encontrarem nas proximidades.

4.6.10. Entre as guarnições de bombeiros, apenas o mínimo necessário de homens, deverá atuar na ocorrência. O comandante da operação de controle de sinistro, no local, deverá fazer uma análise da situação e coordenar as operações sem expor a riscos desnecessários os integrantes da equipe.

4.6.11. Em casos de incêndio o calor poderá provocar o acionamento de bujões fusíveis, ou a qualquer momento ocorrer uma explosão do cilindros, uma vez que nem todos eles são dotados desses sistemas de alívio de pressão.

Figura - 7



Fonte: AGA

4.6.11.1. Nos cilindros fabricados pela White Martins e o AGIP CIAS. (Oxigênio do Brasil), que possuam bujões fusíveis, o fogo poderá se originar devido ao contato de metal quente, escória de operações de solda ou corte. Bujões fusíveis, podem também funcionar se o cilindro ficar muito perto de fontes de calor, como fornos

ou cadinhos contendo metais fundidos, ou ainda se a chama de um maçarico for inadvertidamente dirigida sobre eles.

4.6.12. Na ocorrência de fogo sobre ou perto de um cilindro de acetileno, os bujões fusíveis entrarão em funcionamento quando o mesmo alcançar a temperatura de 100°C. Esse dispositivo de alívio, evitará a elevação da pressão no interior do cilindro e a conseqüente explosão.

4.6.13. Quando uma grande quantidade de cilindros de acetileno se encontrarem com fogo, aconselha-se não extinguir as chamas provenientes dos mesmos. Nesses casos especiais é extremamente importante que as pessoas que atuarem na operação de controle da situação mantenham a maior distância de segurança possível e mesmo assim, protegidos contra estilhaços que possam ser projetados. A intensidade das chamas incidindo sobre os cilindros é imprevisível. O calor aplicado enfraquece as carcaças, podendo ocorrer antes mesmo dos respectivos sistemas de alívio de pressão serem acionados, provocando violentas explosões. O resfriamento de cilindros adjacentes também deverá ser mantido, à distância.

4.6.14. Para qualquer dos casos indicados acima, o acetileno poderá iniciar um processo de decomposição química, onde é liberado uma grande quantidade de calor. Por este motivo o cilindro esquenta. Com o aumento da temperatura no interior do cilindro, a pressão também aumenta podendo explodir. Esta situação pode agravar-se caso haja vazamento de gás acetileno pela válvula ou regulador.

4.6.15. A aparência da chama pode indicar aumento de pressão dentro do cilindro através do seu aspecto. Quando se torna mais intensa é sinal de que está ocorrendo um aumento de pressão dentro do cilindro e, conseqüentemente, aumento do risco de explosão.

4.6.16. O aumento da temperatura do cilindro sem chama significa progressão da decomposição no interior do mesmo e provável explosão.

4.6.17. Caso um cilindro esteja em local aberto pode se permitir a extinção da chama.

4.6.18. Caso um cilindro de acetileno, em local fechado, esteja pegando fogo na sua válvula, retire as pessoas do local e não apague a chama, para evitar o risco de uma explosão ambiental.

4.6.19. A única forma segura de reduzir a temperatura de um cilindro em decomposição é jogar água abundantemente, posicionando-se em local onde não possa ser atingido por fragmentos em caso de explosão.

4.6.20. Não se deve extinguir o incêndio em cilindro de acetileno em virtude do

risco de se formar uma atmosfera explosiva em um ambiente confinado, no caso de permanecer o vazamento, ocorre também risco na tentativa de fechar a válvula, uma vez que o bujões fusíveis dos cilindros podem ser ativados inesperadamente, podendo causar queimaduras aos bombeiros, já que, à distância é muito difícil de saber se os mesmos são dotados ou não desses sistemas de alívio de pressão. Os fusíveis são úteis no caso de cilindros avulso mas podem tornar-se perigosos maçaricos, e gerar uma reação em cadeia, em uma bateria de cilindros.

4.6.21. Não há riscos de se manter na horizontal o cilindro de acetileno. O único inconveniente é o aumento da área de contato do cilindro com solo, ampliando a área sujeita a choques mecânicos.

4.6.22. Um cilindro que foi esvaziado não pode ser considerado livre de quaisquer riscos.

4.6.23. Nesses cilindros permanecem acetileno e acetona residuais, substituindo riscos de inflamabilidades e explosão.

4.6.24. O tempo crítico para ocorrer uma explosão após iniciar-se o processo de decomposição do acetileno pode variar de 2 minutos até 24 horas, ou mais. O resfriamento do cilindro deverá ser permanente por esse período.

4.6.25. O resfriamento com água não ocasiona choque térmico na carcaça do cilindro porém é preferível que a água seja aplicada sob a forma de chuveiro em lugar do jato sólido, para que se obtenha um resfriamento mais abrangente e até mesmos para evitar o risco de se provocar uma queda do mesmo.

4.6.26. Viabilidade da remoção do cilindro de acetileno

4.6.27. Na ocorrência de incêndio com acetileno, no interior de uma edificação o comandante da operação deve fazer uma análise da situação e decidir se o cilindro deve ou não ser retirado para fora, enquanto mantém o resfriamento por meio de um jato d'água sob forma de neblina.

4.6.28. Aconselha-se não remover o cilindro de acetileno do local

4.6.29. Em nenhuma hipótese deverá jogar o cilindro pela janela, de uma edificação pois a força do cilindro em choque com o chão poderá provocar seu rompimento e se explodir. Nunca se deve retirar cilindro de acetileno com chama ou vazamento, pelo elevador.

4.6.30. Lembre-se, poderá naquele momento acontecer uma pane no elevador ou falta de energia e pessoas ficarem presas, juntamente com o cilindro em decomposição. Caso o comandante da guarnição, no local, decida pela remoção

do cilindro, deverá fazê-la, pela escada e em condições seguras;

4.6.31. Em edifício relativamente aberto e ventilado que possua material combustível;

4.6.32. Se para sua retirada necessitar percorrer distâncias relativamente grandes, atravessar corredores, portas ou passar próximo a produtos inflamáveis, máquinas operando ou equipamentos emitindo faíscas;

4.6.33. Nos casos do cilindro estiver fixado e para soltá-lo depender de exposição a riscos.

4.6.34. Aconselha-se a remoção de cilindro de acetileno do local, se possível

4.6.35. Quando um cilindro em decomposição se encontrar próximo a outros cilindros, mesmo que se tratando de outros gases comprimidos;

4.6.36. Quando o cilindro de acetileno em decomposição ou com vazamento se encontrar próximo a materiais altamente inflamáveis ou enquadrados como produtos perigosos. Em princípio os cilindros de acetileno não devem estar perto de tais materiais, todavia, por imprudência ou negligência do responsável, materiais de riscos incompatíveis são estocados juntos; e

4.6.37. De prédio que possua materiais combustíveis, onde o incêndio poderá se alastrar e provocar um sinistro de maiores proporções.

4.6.38. Para estas operações deverá sempre manter o resfriamento do cilindro de acetileno bem como eventuais recipientes de gás comprimidos que se encontrarem próximos. Após aproximadamente duas horas de resfriamento permanente poderá desviar momentaneamente o jato d'água da direção do cilindro e constatar a inexistência de vapores, para que possa efetuar sua retirada em condições seguras.

4.6.39. O tempo aproximado para que a chama proveniente de um bujão fusível acionado é de 20 minutos, considerando-se o cilindro cheio. Neste caso pode-se deixar o cilindro queimar no local até o esgotamento de pressão interna que pode ser evidenciado por curtas chamas de comprimento em torno de 30 cm.

4.6.40. Nesta situação a chama poderá ser extinta, porém o resfriamento deverá ser mantido com jato d'água sob forma de chuveiro.

4.6.41. Acidentes Acontecem

4.6.41.1. Quantos acidentes e incêndios já ocorreram em virtude de uso inadequado do cilindro de acetileno?

4.6.41.2. Quantos trabalhadores ficaram temporariamente ou definitivamente incapacitados para exercer sua profissão?

4.6.41.3. Quantos morreram?

4.6.41.4. Quantas instalações foram danificadas ou destruídas?

4.6.41.5. Se fosse possível responder essas perguntas, com números reais, não seria preciso mais nada para comprovarmos a necessidade dos integrantes do Corpo de Bombeiros conhecerem com profundidade as propriedades do gás acetileno e adotar as medidas preventivas de segurança diante das ocorrências que o envolverem. De acordo com o anuário estatístico do Corpo de Bombeiros, nos três últimos anos foram atendidos a média de 207 ocorrências por ano; isto significa que a cada 42 horas é atendida uma ocorrência envolvendo cilindros de acetileno em algum lugar no Estado de São Paulo.

4.6.41.6. No entanto está comprovado que a má utilização do produto, a falta de cuidado no armazenamento; transporte e manutenção dos cilindros e o desconhecimento dos riscos desse produto tem causado mortes, lesões irreversíveis e danos ao patrimônio.

4.6.41.7. Entre inúmeras ocorrências atendidas pelo Corpo de Bombeiros envolvendo cilindros de acetileno, podemos destacar uma explosão no subsolo da residência em construção, do banqueiro José H. Yacoub Safra, dono do Banco Safra, onde ocorreu a explosão do cilindro de acetileno usado para cortar chapas de aço, produzindo um “flash”, com temperatura de 1300 graus centígrados, aproximadamente.

4.6.41.8. Do acidente resultaram duas vítimas. Um operador que se encontrava próximo do cilindro ficou gravemente ferido e o outro veio a falecer por ter sofrido queimaduras de segundo e terceiro grau espalhados por 95% do seu corpo.

4.6.41.9. Essa explosão teve grande repercussão e foi publicada em revistas e jornais de grande circulação, no ano de 1995, em virtude do fato ter ocorrido na residência em construção de um banqueiro. Há de se considerar que elevado número de acidentes dessa natureza são resolvidos pelos usuários ou fornecedores do acetileno, sem que o Corpo de Bombeiros seja acionado para o local.

4.6.42. Trem de socorro

4.6.42.1. As ocorrências envolvendo cilindros de acetileno poderão ser atendidas satisfatoriamente por um AB (Auto Bomba) e um AT (Auto Tanque). A velocidade de deslocamento dessas viaturas deverão ser compatíveis com a segurança do local, em código III (sirene e sinais luminosos acionados).

4.6.42.2. Em caso de necessitar apoio em água ou equipamento o comandante



da operação de controle do sinistro no local o fará via rádio, podendo neste caso a viatura se deslocar em código II (sinais luminosos acionados).

4.6.42.3. Combate a incêndios em cilindros de gás acetileno

4.6.42.4. Seqüência de procedimentos

4.6.42.5. ESTACIONAR viaturas devidamente estabilizadas e sinalizadas.

Após identificar o tipo de via pública no local do sinistro, o comandante de operações deverá determinar o posicionamento das viaturas a uma distância de aproximadamente cinquenta metros do cilindro de acetileno devidamente estabilizadas por calços.

Para realizar a sinalização das viaturas, as distâncias e velocidades de trafego deverão ser observadas de acordo com a tabela abaixo:

Figura - 08

VIA PÚBLICA	VELOCIDADE MÁXIMAS EM KM/H	DISTÂNCIAS DA SINALIZAÇÃO EM METROS
LOCAIS	20	30
SECUNDÁRIAS	40	45
PREFERENCIAIS	60	60
TRÂNSITO RÁPIDO	80	70
AUTO ESTRADAS	100	85

Fontes: DNER – Serviço de Educação de Trânsito

4.6.42.6. Colocar Equipamento de Proteção individual (Equipamento de Proteção Individual) completo

Para iniciar qualquer operação de risco envolvendo cilindros de gás acetileno a guarnição de bombeiros deverá se compor com EPI (Equipamento de Proteção Individual), padrão do Corpo de Bombeiros.

Fazem parte do conjunto de EPI (Equipamento de Proteção Individual):

Bota, Capa, Capacete com protetor de nuca, cinto de segurança e luvas apropriadas.

4.6.42.7. Diante de uma emergência envolvendo acetileno, o usuário, conhecedor dos riscos que oferece esse produto, certamente adotará pelo menos duas providências:

a) abandonar o local; e

b) chamar o Corpo de Bombeiros.

4.6.42.8. Os integrantes do Corpo de Bombeiros deverão conhecer com profundidade as propriedades do acetileno, os riscos em que estão sujeitos durante o atendimento de ocorrência que o envolva, assim como o procedimento operacional para as ações de controle de sinistros dessa natureza.

4.6.42.9. Ao chegar no local a guarnição de bombeiro deverá retirar as pessoas que eventualmente estejam na área de risco, se necessário fazendo uso de apitos, sirenes, gestos ou viva voz. Não deverá aproximar-se do cilindro de acetileno em decomposição.

4.6.42.10. Isolar a área de risco

4.6.42.10.1. Para essa operação deverá ser considerado o risco para cada caso, de acordo com os seguintes parâmetros:

a. Estilhaços de uma explosão envolvendo cilindros de gás acetileno poderão atingir até trezentos metros de distância, e romper paredes de construções leves feitas de blocos e tijolos, sendo que obstáculos de concreto oferecem proteção segura. A chama gerada pela explosão poderá atingir diâmetro de vinte e cinco metros; e

b. O isolamento da área deverá ser realizado num raio aproximado de cinquenta metros do cilindro, utilizando-se de fitas de sinalização ou cabos de isolamento.

4.6.42.11. Desligar a energia do local sinistrado

4.6.42.11.1. Antes da guarnição de bombeiros adentrar na área de risco, a energia elétrica da edificação sinistrada deverá ser desligada, diretamente no quadro geral, devendo eliminar eventuais fontes de calor tais como: motores de veículos e apagar cigarros, sempre protegidos por anteparos físicos confiáveis.

4.6.42.12. Identificar o problema e analisar o estado de decomposição do cilindro

4.6.42.12.1. O comandante das operações de controle do sinistro, no local, deverá adotar procedimentos operacionais adequados para os casos de:

- a. Fogo no cilindro de acetileno ou retrocesso da chama;
- b. O cilindro de gás acetileno se encontra próximo ao fogo;
- c. O cilindro de gás acetileno se encontra dentro do fogo; e
- d. O cilindro de gás acetileno sofreu queda ou forte golpe.

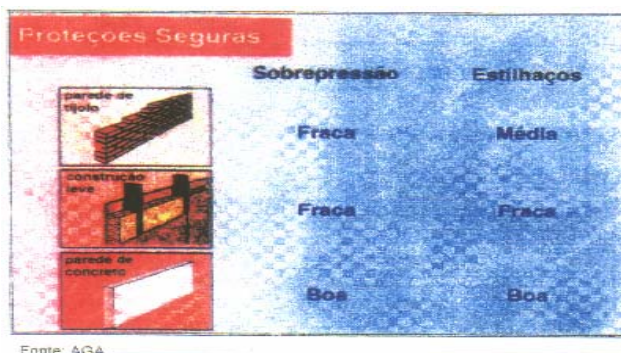
4.6.42.12.2. Na hipótese do cilindro se encontrar próximo ou dentro do fogo, o risco iminente de uma explosão deverá ser considerado.

4.6.42.13. Posicionar-se rente ao solo protegidos por anteparos físicos confiáveis

4.6.42.13.1. O posicionamento do homem deverá ser rente ao solo, para que sejam reduzida os efeitos de uma sobre pressão provocado por uma explosão, devendo permanecer a um ângulo de 45° aproximadamente, em relação ao cilindro, caso o mesmo esteja deitado. Podem-se considerar proteção segura de uma explosão, os obstáculos de concreto. Estilhaços podem romper paredes de construções leves feitas de blocos, tijolos, as quais são consideradas vulneráveis.

Figura – 09

### Proteção segura



4.6.42.14. Resfriar toda a superfície do recipiente

4.6.42.14.1 Para maioria das ocorrências atendidas pelo Corpo de Bombeiros que implique em resfriamento do cilindro de acetileno em decomposição o emprego do mangotinho é mais prático e possibilita um menor consumo de água. Todavia deve-se ter em mente que o comprimento padrão do mangotinho é de 46 metros.

4.6.42.15. Procedimento técnico específico para resfriamento de um cilindro em decomposição

4.6.42.15.1. Acetileno é um gás particularmente perigoso, podendo o cilindro explodir nos primeiros minutos e até após 24 horas. Fazer o resfriamento sempre protegidos por anteparos físicos confiáveis.

4.6.42.14.2. Manter o resfriamento sem extinguir as chamas no caso de incêndio no cilindro.

a) Primeira opção: emprego do mangotinho.

Armar o mangotinho estabilizando a pressão da Bomba de 100 PSI, considerando o terreno em nível.

Se possível utilizar o mangotinho ancorado em anteparos, direcionando o jato sob forma de chuveiros para toda a superfície do cilindro.

b) Segunda opção: linha direta

Armar uma linha direta de recalque, a partir da expedição do Auto Bomba, utilizando-se dois lances de 30m mangueiras de 1 ½", estabilizando a pressão da

bomba em 60 PSI, considerando o terreno em nível.

Utilizar esguicho tipo regulável, com jato de água sob forma de chuveiro.

c) Meios Alternativos de Resfriamento:

- Canhões monitores portáteis:

Permite transporte manual e colocação em um lugar mais adequado, de acordo com as condições de cada caso, de forma que o jato d'água sob forma de chuveiro seja direcionado para toda a superfície do cilindro.

- Canhões monitores fixos:

São instalados em viaturas AT ( Auto Tanque). Com o correspondente abastecimento de água, poderá ser empregado para lançar água à distância em especial nos casos de acidentes automobilísticos, durante o transporte de cilindros de acetileno.

- Mangueira Amarradas:

Utilizando-se de criatividade poderá ancorar a mangueira em suportes direcionando o jato d'água sob forma de chuveiro em toda a superfície do cilindro. Poderá ser improvisada como suporte físico uma escada de Bombeiro, por exemplo, para amarrar o mangotinho ou mangueira.

– Providenciar o reabastecimento de água através dos meios disponíveis e retransmitir dados da ocorrência.

Em casos de necessitar apoio em água, o comandante da operação de controle do sinistro no local, deverá solicitar via rádio.

Nos postos de Bombeiros isolados, a solicitação de apoio e dados da ocorrência deverá ser feita através dos meios disponíveis.

O comandante da operação deverá determinar a guarnição de AT, preferencialmente, a missão de localizar hidrantes de rua, bem como outros recursos para reabastecimento de água, podendo ser através de mananciais, tanques, caixas d'água ou sistema hidráulicos de edificações, visando manter o permanente resfriamento do cilindro.

4.6.42.15. Avaliar as condições gerais do cilindro

4.6.42.15.1. Podemos checar o aumento da temperatura interna do cilindro através dos seguintes procedimentos:

- a. Observação do estado da pintura externa do cilindro. A elevação da temperatura poderá alterar a coloração externa do cilindro;
- b. Vaporização d'água. À distância e protegidos, pode-se observar através da utilização de jato d'água se o cilindro molhado vaporiza imediatamente

a água ou seca em pouco tempo. Caso contrário, o cilindro continuará molhado, com aspecto brilhante;

c. Toque do cilindro. O recipiente de acetileno em processo de decomposição poderá ser tocado em toda sua superfície após adotar todos os procedimentos de estabilização e certificar-se de que o mesmo esteja frio; e

d. Ocorreu o retrocesso da chama pelo maçarico. Sempre que ocorrer o retrocesso da chama, deverá ser considerado que o cilindro de acetileno entrou em processo de decomposição interna, devendo portanto ser resfriado.

4.6.42.16. Remover o cilindro para o local arejado e isolado mantendo-o submerso em água por vinte e quatro horas.

4.6.42.16.1. Para essa operação deverá ser designado dois homens para realizar o transporte do cilindro, na posição vertical segurando-o com firmeza no pé de rolamento e capacete de proteção da válvula, podendo também transportá-lo em carrinho apropriado não podendo ser arrastado ou rolado pelo chão.

4.6.42.16.2. Periodicamente constatar se o cilindro está se aquecendo. Se afirmativo adote o procedimento técnico específico para resfriamento.

Figura – 10

Cilindro de gás acetileno submerso em água



Fonte AGA

4.6.42.16.3. Para essa operação deverá ser designado dois homens para realizar o transporte do cilindro, na posição vertical segurando-o com firmeza no pé de rolamento e capacete proteção da válvula, podendo também transportá-lo em carrinho apropriado não podendo ser arrastado ou rolado pelo chão.

4.6.42.16.4. Após o resfriamento contínuo do cilindro por um período de duas horas aprox. e certificar-se de que o mesmo encontra-se frio, poderá removê-lo para um local isolado, onde deverá permanecer submerso em água circulante.

4.6.42.17. Acionar a empresa fornecedora

4.6.42.17.1. Após identificar a empresa fornecedora do gás acetileno através do rótulo existente no cilindro, o comandante da operação deverá acionar o fornecedor do produto em questão, via rádio ou através do usuário da empresa sinistrada.

4.6.42.18. Orientar o sinistrado retornando ao quartel

4.6.42.18.1. Ao término da ocorrência o comandante da operação no local deverá fazer contato com o sinistrado e dar orientações a respeito dos riscos que oferece o gás acetileno fornecendo a requisição, para que seja solicitada a certidão de sinistro, caso necessário.

4.6.42.18.2. Após o encerramento da ocorrência o comandante da operação deverá fazer a conferência de material e pessoal, comunicando em seguida via rádio o regresso das guarnições ao quartel.

#### 4.7. BIBLIOGRAFIA

ACETILENO. Revista Bombeiros em emergência. São Paulo: 5º ed. Jul. 1996.

AGA. Manuseio do cilindro de acetileno. São Paulo: 1996.

AIR LIQUIDE. Manual de segurança e manuseio de cilindros de acetileno, São Paulo: 1996.

CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. Anuário estatístico. São Paulo: 1995. 1996 e 1997.

ENCICLOPÉDIA CONHECER ABRIL CULTURAL. Acetileno. Victor Civita. São Paulo: 198\_\_.

MAMERICH, Diogo, SLLOF, José Augusto C. e outros. Manual de emergência de produtos químicos e gases perigosos. Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo. São Paulo: 199-.

WHITE MARTINS. Segurança e manuseio de cilindros de acetileno: Rio de Janeiro: 1996.

## CAPÍTULO V

### Emergência em cilindros de Oxigênio

#### 5. Oxigênio

##### 5.1. Introdução:

5.1.1. É um gás comprimido, incolor, inodoro com peso molecular de 31,998, com ponto de fulgor (Método ou Norma) não aplicável, com ponto de congelamento a 1 atm: - 218,78 °C (-361,8 °F), temperatura de auto-ignição não aplicável e sendo um gás estável.

5.1.2. Incompatibilidade (materiais a evitar) com materiais inflamáveis, hidrocarbonetos como óleos e graxas, asfalto, éter, álcool, ácidos e aldeídos.

5.1.3. Produtos passíveis de risco após a decomposição: nenhum

5.1.4. Risco de polimerização: não ocorrerá

5.1.5. Condições a evitar: nenhuma.

5.1.6. A atmosfera contém aproximadamente 21% de oxigênio. Não é esperado nenhum efeito ecológico.

5.1.7. Oxigênio não contém nenhum material químico das Classes I ou II (destruidores da camada de ozônio).

5.1.8. Oxigênio não é considerado como poluente marítimo pelo DOT (Department of Transportation - USA) .

5.1.9. Método de disposição de resíduos: Não tente desfazer-se de resíduos ou quantidades não utilizadas.

5.1.10. Devolva o cilindro ao seu fornecedor. No caso de emergência, descarregue lentamente o gás para a atmosfera, em lugar bem ventilado.



##### 5.2. Tipos de Cilindros de Oxigênio:

5.2.1. Os cilindros de alta pressão são fabricados com aço de alta resistência, sem costura, para suportar as altas pressões dos gases.

5.2.2. Os cilindros são testados regularmente para verificar sua resistência às pressões.



### 5.2.3. Armazenamento

5.2.3.1. Condições de armazenamento: Armazene e utilize com ventilação adequada, longe de óleos, graxas e outros hidrocarbonetos. Não estoque em ambientes confinados. Os recipientes criogênicos são equipados com um dispositivo de alívio de pressão e uma válvula de controle de pressão. Em condições normais o recipiente ventila o produto periodicamente. Mantenha os recipientes de oxigênio separados de materiais inflamáveis a uma distância mínima de 20 pés, ou use uma barreira de material não combustível. Essa barreira deve ter no mínimo 5 pés de altura, e ser resistente ao fogo por pelo menos ½ hora. Use um dispositivo de alívio de pressão adequado em sistemas e tubulação para prevenir que a pressão aumente; líquido enredado pode gerar pressões extremamente altas quando vaporizar por aquecimento.

5.2.3.2. Utilize um carrinho de mão para movimentar os recipientes. Recipientes criogênicos devem ser utilizados e estocados em posição vertical. Não arraste, role, ou deixe-o cair. Se a válvula estiver muito dura, descontinue o uso e entre em contato com seu fornecedor.

5.2.3.3. Proteção Respiratória (Tipo Específico): Não requerida. Entretanto, respiradores com suprimento de ar são necessários quando se trabalha em espaços confinados com este produto.

5.2.3.4. Luvas Protetoras: Luvas para produtos criogênicos, folgadas e com ilhoses de aço.

5.2.3.5. Proteção dos Olhos: Protetor facial.

5.2.3.6. Outros Equipamentos Protetores: Sapatos para manuseio de cilindro, ou seja, botas de segurança, vulcanizada, com biqueira de aço. Vestimenta protetora quando necessário. Calças sem bainha devem ser usadas para fora do sapato.

### 5.3. Acidentes mais comuns



5.3.1. Riscos gerais: Risco moderado de fogo e explosão

5.3.2. Riscos específicos: Risco quanto à saúde, fogo e reatividade com outros materiais

5.3.4. Condições para manuseio: Nunca encoste nenhuma parte do seu corpo em tubos ou válvulas que contenham fluidos criogênicos. A pele gruda no metal extremamente frio e racha quando você tentar puxar.

5.4. Medidas de primeiro socorros

5.4.1. Na concentração e pressão do ar atmosférico, o oxigênio não atua como veneno. A altas concentrações, recém nascidos prematuros podem sofrer danos na retina, que pode progredir a um desapego da retina e cegueira. Danos na retina também podem ocorrer em adultos expostos a 100% de oxigênio por longos períodos (24 a 48 horas), ou a pressões maiores que a atmosférica, particularmente em indivíduos que tenham tido a retina comprometida. Todas as pessoas expostas por oxigênio a alta pressão por longos períodos e todos que manifestem toxicidade nos olhos, devem procurar um oftalmologista.

5.4.2. A duas ou mais atmosferas, ocorre toxicidade do sistema nervoso central (SNC). Sintomas incluem náusea, vômito, vertigem ou tonteira, debatimento dos músculos, confusão visual, perda da consciência e ataques generalizados. A três atmosferas, a toxicidade do SNC ocorre em menos de duas horas; a seis atmosferas, em poucos minutos.

5.4.3. Pacientes com obstrução pulmonar crônica retêm dióxido de carbono de forma anormal. Se for administrado oxigênio, aumenta a concentração de oxigênio no sangue, a respiração se torna difícil, e retêm o dióxido de carbono, podendo gerar níveis elevados.

5.4.4. Estudos com animais sugerem que a administração de certas drogas, incluindo fenotiazina e cloroquina, aumentam a suscetibilidade para envenenamento por oxigênio a altas concentrações ou pressões. O estudo com animais sugere a falta de vitamina E pode aumentar a suscetibilidade a envenenamento por oxigênio.

5.4.5. A obstrução do ar com altas tensões de oxigênio pode causar colapso alveolar seguindo de absorção de oxigênio. Similarmente, oclusão de trompas de eustáquio pode causar retração do tímpano e obstrução do seio paranasal, podendo produzir dor de cabeça “tipo vácuo”.

5.4.6. Inalação: Remova para ar fresco. Aplique respiração artificial se não estiver respirando. Mantenha a vítima aquecida e em repouso. Chame médico. Relate ao médico que a vítima foi exposta a alta concentração de oxigênio.

5.4.7. Ingestão: É uma maneira pouco provável de exposição. Este produto é um gás a pressão e temperatura normais.

5.4.8. Contato com a pele: Se exposta ao líquido, imediatamente aqueça a área congelada com água morna (não exceder 41o C). Em caso de exposição severa, remova as roupas enquanto for banhando com água morna. Chame um médico imediatamente.

5.4.9. Contato com os olhos: Banhe imediatamente os olhos com água corrente durante 15 minutos, no mínimo. As pálpebras devem estar completamente abertas e separadas do globo ocular para assegurar que toda a superfície foi completamente banhada. Chame um médico imediatamente, de preferência a um oftalmologista.

5.4.10. Notas para o médico: Tratamento de apoio deve incluir imediata sedação, terapia anticonvulsão se necessário e repouso

5.4.11. Inalação: Respirar 80% ou mais de oxigênio na pressão atmosférica por algumas horas pode causar entupimento nasal, tosse, garganta inflamada, dor no peito e respiração difícil. Respirar oxigênio em alta pressão aumenta a probabilidade de efeitos adversos durante um curto período de tempo. Respirar oxigênio puro sob pressão pode provocar danos aos pulmões e ao sistema nervoso central, resultando em: vertigem, falta de coordenação, sensação de dormência, distúrbios visuais e auditivos, tremor muscular, inconsciência e convulsões. Respirar oxigênio sob pressão pode causar prolongamento de adaptação à escuridão e visão periférica reduzida.

5.4.12. Ingestão: Não há evidência de efeitos adversos através das informações disponíveis. Este produto é um gás a pressão e temperatura normais.

5.4.13. Contato com a pele: Nenhum efeito prejudicial esperado do vapor.

5.4.14. Contato com os olhos: Nenhum efeito prejudicial esperado do vapor.

5.4.15. Efeitos da superexposição repetida (crônica): Não há evidência de efeitos adversos através das informações disponíveis.

## 5.5. Procedimento emergências

5.5.1. Medidas a tomar se o material derramar ou vazar: CUIDADO! Gás liquefeito extremamente frio e oxidante sob pressão. Imediatamente evacue todo o pessoal da área de risco. Deixe o líquido derramado evaporar. Não ande ou role

equipamento em torno vazamento, pois isso pode causar explosão. Contato com materiais inflamáveis pode causar incêndio ou explosão. Interrompa o vazamento se não houver risco. Ventile a área do vazamento ou remova os recipientes com vazamento para área bem ventilada.

5.5.2. Método para a disposição de resíduos: Mantenha o pessoal afastado. O oxigênio líquido deve ser descarregado em buraco externo com cascalho ou pedregulho, isento de gordura ou óleos, onde se evaporará com segurança.

5.5.3. Descarte qualquer produto, resíduo, recipiente disponível de maneira que não prejudique o meio ambiente, em total obediência às regulamentações Federais, Estaduais e Locais. Se necessário, entre em contato com o fornecedor.

5.5.4. Meio de combate ao fogo: Agente oxidante. Acelera violentamente a combustão. Utilize recursos adequados para controle do fogo circundante. Água (ex. chuveiro de emergência) é o meio de combate preferível para roupas incendiadas.

5.5.5. Procedimentos especiais de combate ao fogo: CUIDADO! Líquido e gás extremamente frio e oxidante sob pressão. Retire todo o pessoal da área de risco. Imediatamente resfrie os recipientes com jatos de água tendo o cuidado de não direcionar os jatos para os “vents” situados no topo de recipiente e mantendo uma distância segura até resfriá-los; então, remova os recipientes para longe da área de fogo, se não houver risco. Não permita que os jatos de água entrem em contato com o oxigênio líquido. O líquido poderá congelar a água rapidamente.

5.5.6. Equipamentos autônomos de respiração podem ser necessários para resgate de vítimas.

5.5.7. Possibilidades incomuns de incêndio: Contato com materiais inflamáveis pode causar fogo ou explosão.

5.5.8. Recipientes fechados podem se romper devido ao calor do fogo. Os recipientes são providos de dispositivo de alívio de pressão projetado para aliviar o conteúdo quando eles forem expostos a temperaturas elevadas. Os recipientes não devem ser expostos a temperaturas acima de 52 °C (aproximadamente 125 °F). Não ande ou role o equipamento sobre o vazamento, pois isso pode causar explosão. Cigarros, chamas e faíscas elétricas na presença de atmosfera enriquecida com oxigênio são riscos de explosão em potencial.

## CAPITULO - VI

### Emergências em cilindros contendo gases inertes e oxidantes

#### 4. Gases Inertes e Oxidantes

##### 4.1. Introdução

##### 4.1.1. Gases

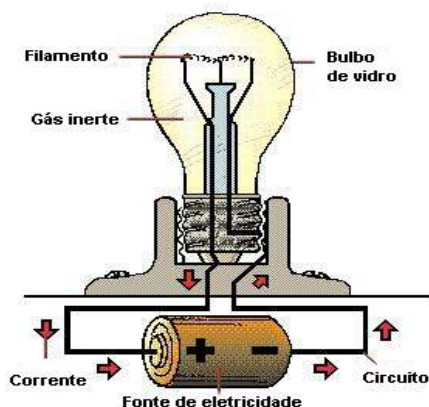
Gás é um dos estados da matéria. Nesse estado a substância move-se livremente, ou seja, independente do perigo apresentado pelo produto, seu estado físico representa por si só uma grande preocupação, uma vez que expandem-se indefinidamente. Assim, em caso de vazamento, os gases tendem a ocupar todo o ambiente mesmo quando possuem densidades diferentes a do ar. Alguns gases, como, por exemplo, o cloro, apresenta odor e cor característicos, enquanto que outros, como o monóxido de carbono, não apresentam odor ou coloração, o que dificulta sua identificação na atmosfera, bem como as ações de controle quando de um eventual vazamento. Os gases sofrem grandes influências quando expostos a variações de pressão ou temperatura. A maioria dos gases podem ser liquefeita com o aumento da pressão ou diminuição da temperatura. A amônia, por exemplo, pode ser liquefeita quando submetida a uma pressão de aproximadamente 8kgf/cm<sup>2</sup> ou quando submetida a uma temperatura de aproximadamente -33,4° C. Quando liberados, os gases mantidos liquefeitos por ação da pressão ou temperatura, tenderão a passar para seu estado natural nas condições ambientais, ou seja, estado gasoso. 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. A isto se denomina taxa de expansão. O cloro, por exemplo, tem uma taxa de expansão de 457 vezes, ou seja, um volume de cloro líquido gera 457 volumes de cloro gasoso. Para o GLP (gás liquefeito de petróleo) a taxa de expansão é de 270 vezes. Em função do acima exposto, nos vazamentos de produtos liquefeitos deverá ser dada, sempre que possível, a preferência ao vazamento na fase gasosa ao invés do vazamento na fase líquida, já que a fase gasosa não sofrerá expansão.

Uma propriedade físico-química relevante a ser considerada no atendimento a vazamentos dos gases é a densidade do produto em relação à densidade do ar. Gases mais densos que o ar tendem a se acumular ao nível do solo e,

conseqüentemente, terão sua dispersão dificultada quando comparada à dos gases com densidade próxima ou inferior à do ar.

#### 4.1.2. Gases Inertes

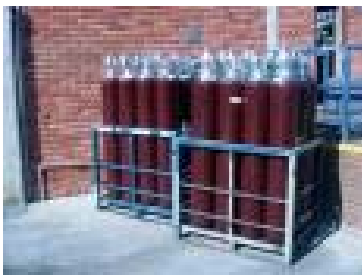
Alguns gases são conhecidos como inertes por não serem metabolizados pelo organismo humano, mas sob certas condições podem representar riscos ao homem. Todos os gases, exceto o oxigênio, são asfixiantes. Grandes vazamentos, mesmo de gases inertes, reduzem o teor de oxigênio dos ambientes fechados, causando danos que podem culminar na morte das pessoas expostas. Assim, em ambientes confinados deve-se monitorar constantemente a concentração de oxigênio. Nas situações onde a concentração de oxigênio estiver abaixo de 19,5 % em volume, deverão ser adotadas medidas no sentido de restabelecer o nível normal de oxigênio, ou seja, em torno de 21 % em volume. Estas medidas consistem basicamente em ventilação, natural ou forçada, do ambiente em questão. Em função das características apresentadas pelo ambiente envolvido, a proteção respiratória utilizada deverá obrigatoriamente ser do tipo autônoma. A “narcose” é um efeito exercido pelos gases inertes, principalmente o nitrogênio, ao se difundir pelo sistema nervoso central, provocando sono, embriaguez ou tontura, ao terem sua pressão parcial aumentada por uma elevação da pressão ambiente. Aspecto relevante, nos acidentes envolvendo produtos gasosos, é a possibilidade da ocorrência de incêndios ou explosões. Mesmo os recipientes contendo gases não inflamáveis podem explodir em casos de incêndio. A radiação térmica proveniente das chamas é, muitas vezes, suficientemente alta para provocar um aumento da pressão interna do recipiente, podendo causar sua ruptura catastrófica e, conseqüentemente, o seu lançamento a longas distâncias, causando danos às pessoas, estruturas e equipamentos próximos. Abaixo exemplo de uso de gases inertes.



## 4.2. ARGÔNIO

### 4.2.1. Introdução:

4.2.1.1. Este capítulo fornece todo embasamento ao profissional de Bombeiro dotando-o de conhecimentos técnicos visando o pleno conhecimento do produto e procedimentos em caso de acidentes e medidas complementares. O argônio é um gás raro, incolor, inodoro, estável, não inflamável, quimicamente inerte, não havendo incompatibilidades conhecidas, apresentando-se na forma gasosa a pressão e temperaturas normais. Concentrações moderadas podem provocar dor de cabeça, sonolência, vertigem, excitação, excesso de salivação, vômito e inconsciência devido à falta de oxigênio. A falta de oxigênio pode matar.



### 4.2.1.2. Propriedades físico-químicas

4.2.1.2.1. Estado físico: gás

4.2.1.2.2. Cor: incolor

4.2.1.2.3. Odor: inodoro

4.2.1.2.4. Peso molecular: 39,95

4.2.1.2.5. Fórmula: ar

4.2.1.2.6. Ponto de ebulição, a 10 psig (68,9 kPa): - 185,9 oC (- 302,6 oF)

4.2.1.2.7. Ponto de congelamento, a 10 psig (68,9 kPa): - 189,2 oC (- 308,6 oF)

4.2.1.2.8. Ponto de fulgor (Método ou Norma): Não Aplicável

4.2.1.2.9. Temperatura de auto-ignição: não aplicável

4.2.1.2.10. Limite de inflamabilidade no ar, % em volume:

4.2.1.2.11. Inferior: não aplicável

4.2.1.2.12. Superior: não aplicável

4.2.1.2.13. Densidade do gás (ar = 1): 1,38 a 21,1 oC (70 oF) a 1 atm

4.2.1.2.14. Massa específica: 1,650 kg/m<sup>3</sup> (0,103 lb/ft<sup>3</sup>) a 70 oC (21,1 oF) e 1 atm

4.2.1.2.15. Solubilidade em água, Vol/Vol: 0,056 a 0 oC (32 oF) e 1 atm

4.2.1.2.16. Percentagem de matéria volátil em volume: 100

4.2.1.2.17. Estabilidade e reatividade

4.2.1.2.18. Estabilidade: estável

4.2.1.2.19. Incompatibilidade (Materiais a Evitar): nenhum atualmente conhecido. Argônio é quimicamente inerte.

4.2.1.2.20. Produtos passíveis de risco após a decomposição: óxidos de nitrogênio e ozônio podem ser formados pela radiação do arco. Ver seção 16. Outros produtos de decomposição da operação normal, originam-se da volatilização, reação ou oxidação do material que está sendo trabalhado.

4.2.1.2.21. Risco de polimerização: não ocorrerá

4.2.1.2.22. Condições de evitar: nenhuma atualmente conhecida.

4.2.1.3. Informações toxicológicas

4.2.1.3.1. Argônio é um asfixiante simples.

4.2.1.4. Informações ecológicas

4.2.1.4.1. Não é esperado nenhum efeito ecológico. Argônio não contém nenhum material químico das Classes I ou II (destruidores da camada de ozônio). Argônio não é considerado como poluente marítimo pelo DOT (Department of Transportation – USA).

4.2.1.5. Considerações sobre tratamento e disposição

4.2.1.5.1. Método de disposição de resíduos: não tente desfazer-se de resíduos ou quantidades não utilizadas.

4.2.1.5.2. Devolva o cilindro ao seu fornecedor. No caso de emergência, mantenha o cilindro em local bem ventilado, então descarregue lentamente o gás para a atmosfera.

4.2.1.6. Informações sobre transporte

4.2.1.6.1. Nome de remessa (Portaria 204): argônio comprimido

4.2.1.6.2. Classe de risco: 2,2

4.2.1.6.3. Número de risco: 20

4.2.1.6.4. Número de identificação: UN 1006

4.2.1.6.5. Rótulo de remessa: gás não inflamável

4.2.1.6.6. Aviso de advertência (quando requerido): gás não inflamável

4.2.1.7. Informações especiais de embarque: Os cilindros devem ser transportados em posição segura, em veículo bem ventilado. Cilindros transportados em veículo enclausurado, em compartimento não ventilado podem apresentar sérios riscos a segurança.

4.2.1.8. É proibido o enchimento de cilindros sem o consentimento do seu proprietário.

4.2.1.9. Regulamentações

4.2.1.9.1. As seguintes leis relacionadas são aplicadas a este produto. Nem todos os requerimentos são identificados.

4.2.1.9.2. O usuário deste produto é o único responsável pela obediência de todas as leis federais, estaduais e locais.

4.2.1.10. Manuseio e armazenamento

4.2.1.10.1. Condições de armazenamento: armazene e utilize com sempre com ventilação adequada. Assegure-se de que os cilindros estejam fora de risco de queda ou roubo. Atarraxe firmemente o capacete com as mãos.

4.2.1.10.2. Não permita estocagem em temperaturas maiores que 52o C (125o F). Armazene separadamente os cilindros cheios dos vazios. Use um sistema em modo de fila, para prevenir o estoque de cilindros cheios por longos períodos.

4.2.1.10.3. Precauções de uso: proteja os cilindros contra danos físicos. Utilize um carrinho de mão para movimentar os cilindros; não arraste, role, ou deixe-o cair. Nunca tente levantar um cilindro pelo capacete; o capacete existe apenas proteger a válvula. Nunca insira qualquer objeto (ex. chave de parafuso, chave de fenda) dentro da abertura do capacete; isto pode causar dano à válvula, e conseqüentemente um vazamento. Use uma chave ajustável para remover capacetes justos ou enferrujados. Abra a válvula suavemente. Se estiver muito dura, descontinue o uso e entre em contato com seu fornecedor. Nunca aplique chama ou calor localizado diretamente ao cilindro.

4.2.1.10.4. Altas temperaturas podem causar danos ao cilindro e pode causar alívio de pressão prematuramente, ventando o conteúdo do produto. Não atinja com arco um cilindro de gás comprimido, ou faça um cilindro parte de um circuito elétrico. Para maiores precauções com o uso de argônio, veja seção 16.

Uso do argônio



solda especial



lâmpadas

4.2.1.11. Vestimentas e equipamentos protetores para operações de solda:

4.2.1.11.1. Luvas protetoras: Use luvas de soldagem

4.2.1.11.2. Proteção dos olhos: use capacete com máscara e lentes com filtro especiais.



4.2.1.11.3. Outros equipamentos protetores: utilize proteção para a cabeça, mão e corpo. Assim, vai ajudar a prevenir danos produzidos pela radiação, faíscas e choques elétricos. A proteção mínima inclui luvas de solda e máscara protetora para o rosto. Para proteção adicional use mangas compridas, avental, chapéus, protetores para os ombros, assim como uma vestimenta escura. Treine os operários para não tocar nas partes elétricas ligadas.

4.2.1.12. Outras condições de risco em carregamento, uso e estocagem:

4.2.1.12.1. Arcos e faíscas podem acender materiais combustíveis. Previna o fogo. Gás a alta pressão. Use tubulação e equipamento adequadamente projetados para resistirem às pressões que possam ser encontradas.

4.2.1.12.2. Previna fluxo reverso. Fluxo reverso no cilindro pode causar ruptura. Use válvula de segurança ou outro dispositivo em qualquer parte da linha ou tubulação do cilindro. Gás pode causar sufocamento rápido em caso de deficiência de oxigênio. Armazene e utilize com ventilação adequada. Feche a válvula após o uso; mantenha fechada mesmo quando o cilindro estiver vazio. Não atinja o cilindro com arco. O defeito produzido pela queimadura de um arco pode levar o cilindro a ruptura. Nunca trabalhe em sistema pressurizado. Se houver vazamento, feche a válvula do cilindro, ventile o sistema com vapor para um local seguro, de maneira que não prejudique o meio ambiente, em total obediência as regulamentações federais, estaduais e locais, então repare o vazamento. Nunca aterre um cilindro de gás comprimido ou permita que se torne parte de um circuito elétrico.

4.2.1.12.3. Assegure-se de ler e compreender todos os rótulos e outras instruções fornecidas em todos os recipientes deste produto.

4.2.1.12.4. Misturas: quando dois ou mais gases, ou gases liquefeitos são misturados, suas propriedades perigosas podem se combinar e criar riscos inesperados e adicionais. Obtenha e avalie as informações de segurança de cada componente antes de produzir a mistura. Consulte um especialista ou outra pessoa capacitada quando fizer a avaliação de segurança do produto final.

Por medida de segurança é proibido o transvazamento deste produto de um cilindro para outro.

4.2.2. Tipos e instalação de cilindros

Classificação da ONU: 1006; CR 2,2 e NR 20

Tipo de cilindro: 1; 3,3: 10: 16,2 e 120 m<sup>3</sup>.

Fabricante: White Martins; Air Products; Aga;...

**Disponibilidade de Cilindros para Argônio 4.8 (Alta Pressão)**

Tipo de Cilindro	Conteúdo	Pressão (kgf/cm <sup>2</sup> )	Peso Bruto (kg)
6KN	16.2 m <sup>3</sup>	421,8	163,9

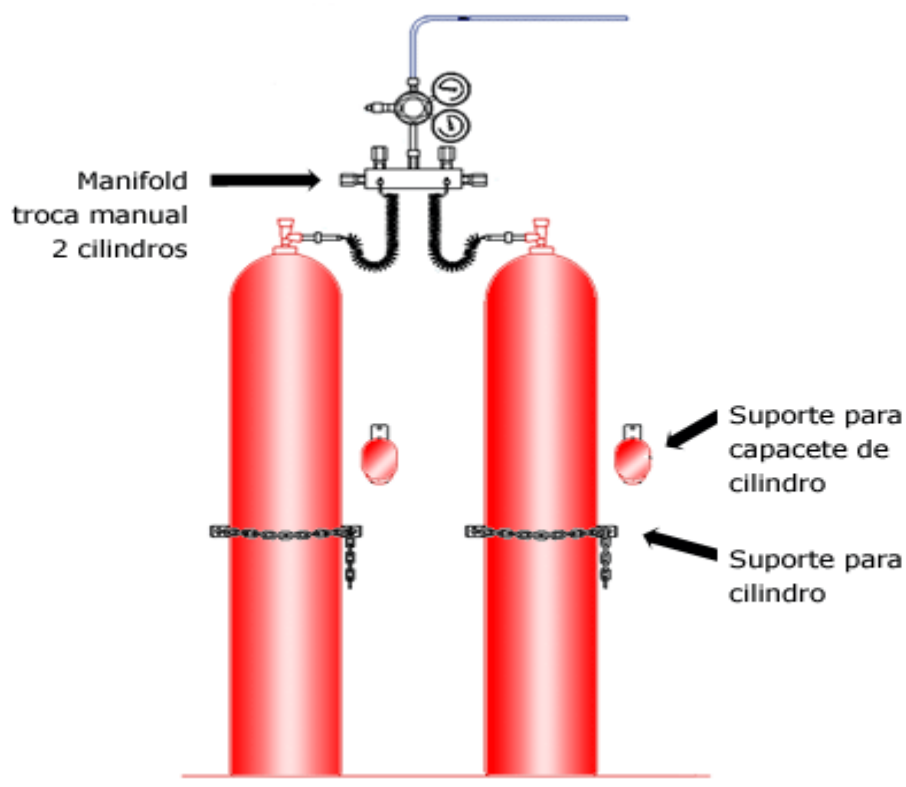
**Disponibilidade de Cilindros para grau 5.0 Plasma**

Tipo de Cilindro	Conteúdo	Pressão (kgf/cm <sup>2</sup> )	Peso Bruto (kg)
T	10.0 m <sup>3</sup>	200	84,4
XL – 45	120.0 m <sup>3</sup>	10	320

**Disponibilidade de Cilindros para outros graus**

Tipo de Cilindro	Conteúdo	Pressão (kgf/cm <sup>2</sup> )	Peso Bruto (kg)
T	10.0 m <sup>3</sup>	200	84.4
Q	3.3 m <sup>3</sup>	150	34.4
G	1.0 m <sup>3</sup>	150	13.6

## 4.2.2.1. Instalação centralizada para gases inertes controle manual



4.2.2.2. As centrais de gases especiais com controle manual são sistemas indicados para garantir o fornecimento seguro de gases de alta pureza. Caso a sua opção seja para a instalação centralizada para gases inertes com controle manual para 1 cilindro, esta é equipada com semibloco “manifold” que possibilita a operação de purga do sistema. É uma central econômica, de acordo com as normas de segurança, preservando o sistema contra contaminantes e atendendo às necessidades dos equipamentos analíticos.

4.2.2.3 Para as aplicações de alto consumo de gás, estão disponíveis extensões modulares para as centrais, atendendo a quantidade de cilindros que forem necessários.

4.2.3. Acidentes mais comuns envolvendo cilindros de argônio

4.2.3.1. Emergência e cuidado! Gás é líquido extremamente frio sob pressão.

4.2.3.1.1. Pode causar sufocamento rápido.

4.2.3.1.2. Pode causar ulceração severa.

4.2.3.1.3. Pode causar vertigem e sonolência.

4.2.3.1.4. Equipamento autônomo de respiração pode ser requerido para a equipe de salvamento.

4.2.3.1.5. Odor: inodoro

4.2.3.1.6. Valor limite de tolerância (LTV): asfixiante simples. O valor limite de tolerância recomendado é de 5 mg/m<sup>3</sup> para fumos de solda não classificados, os quais podem ser produzidos durante soldagem com este produto. Veja seção 16 para maiores informações sobre os perigos em caso de soldagem.

4.2.3.2. Efeitos de uma única superexposição simples (aguda):

4.2.3.2.1. Ingestão: Este produto é um gás a pressão e temperatura normais.

4.2.3.2.2. Absorção pela pele: Nenhuma evidência de efeitos adversos nas informações disponíveis.

4.2.3.2.3. Inalação: Asfixiante. Concentrações moderadas podem provocar dor de cabeça, sonolência, vertigem, excitação, excesso de salivação, vômito e inconsciência. Os efeitos são devido à falta de oxigênio. A falta de oxigênio pode matar.

4.2.3.2.4. Contato com a pele: O vapor não apresenta nenhum efeito adverso.

4.2.3.2.5. Contato com os olhos: O vapor não apresenta nenhum efeito adverso.

4.2.3.2.6. Efeitos da superexposição repetida (crônica): Nenhuma evidência de efeitos adversos através das informações disponíveis.

4.2.3.2.7. Outros efeitos da superexposição: Argônio é um asfixiante. A falta de oxigênio pode provocar a morte.

4.2.3.2.8. Significantes informações laboratoriais com possível relevância para a avaliação dos riscos para saúde humana: Nenhuma atualmente conhecida.

4.2.3.2.9. carcinogenicidade: Argônio não é listado como carcinogênico pelos órgãos NTP, OSHA e IARC.

4.2.4. Medidas de primeiros socorros

4.2.4.1. Ingestão: Este produto é um gás a pressão e temperatura normais.

4.2.4.2. Contato com a pele: Molhe com água corrente.

4.2.4.3. Inalação: Remova para ar fresco. Aplique respiração artificial se não estiver respirando. Administre oxigênio se a respiração estiver difícil. Chame um médico.

4.2.4.4. Contato com os olhos: Molhe com água corrente. As pálpebras devem ser mantidas abertas e distantes do globo ocular para assegurar que todas as superfícies sejam enxaguadas completamente.

4.2.4.5. Observação para o médico: Este produto é inerte. Não há antídoto específico. O tratamento da superexposição deve ser dirigido para o controle dos sintomas e das condições clínicas.

4.2.4.6. Cuidados adicionais a segurança e saúde: Usar argônio em solda e corte pode criar perigos adicionais:

4.2.4.6.1. Fumos e gases podem ser perigosos a sua saúde e podem causar sérios danos ao pulmão.

4.2.4.6.2. Mantenha a cabeça longe dos fumos. Não respire fumos ou gases. Use ventilação suficiente, exaustão local, ou ambos para manter fumos e gases longe da sua zona respiratória, e área em geral. A superexposição a fumos pode resultar em vertigem, náusea, secura ou irritação do nariz, garganta, e olhos, além de outros desconfortos similares.

4.2.4.6.3. Fumos e gases não podem ser simplesmente classificados. A composição de ambos depende do metal que está sendo trabalhado, do processo, procedimentos e eletrodos utilizados.

4.2.4.6.4. Possivelmente, materiais perigosos podem ser encontrados em fundições, eletrodos, e outros materiais. Requisite a folha de dados de segurança do produto para cada material em uso.

4.2.4.6.5. Contaminantes no ar podem adicionar perigos aos fumos e gases. Contaminante como o vapor de hidrocarboneto clorado das atividades de limpeza, apresenta um sério risco.

4.2.4.6.6. Não use arcos elétricos em presença de vapores de hidrocarboneto clorado – fosfogênios altamente tóxicos podem ser produzidos.

4.2.4.6.7. Revestimentos do metal que estão sendo trabalhados, assim como pintura, eletro galvanização, ou galvanização, podem gerar fumos quando aquecidos. Resíduos de limpeza podem ser perigosos.

4.2.4.6.8. Evite usar arcos voltaicos em partes com resíduo de Fosfato (antiferrugem, preparações de limpeza) – fosfina altamente tóxica pode ser produzida.

4.2.4.6.9. Para saber a quantidade de fumos e gases, você pode pegar ar como amostra. Analisando essa amostra, pode ser determinada qual proteção respiratória deve ser utilizada. Um exemplo é pegar o ar de dentro do capacete do operário ou da zona de respiração. Para outras informações sobre práticas de segurança e descrições mais detalhadas dos perigos na saúde em uso de solda e suas conseqüências, procure seu fornecedor de produtos de soldagem.

4.2.4.7. Observações para o médico

4.2.4.7.1. Aguda: Gases, vapores e poeiras podem causar irritação nos olhos, pulmões, nariz e garganta. Alguns gases tóxicos associados com processos de soldagem e correlatos podem causar edema pulmonar, asfixia e morte. Superexposição aguda pode incluir sinais e sintomas, tais como: olhos lacrimejantes, irritação do nariz e garganta, dor de cabeça, vertigem, respiração difícil, tosse freqüente ou dor no peito.

4.2.4.7.1. Crônica: Inalação prolongada de contaminantes do ar pode produzir acumulação destes nos pulmões, uma condição que pode ser vista como áreas densas no Raio-X do tórax. A gravidade da mudança é proporcional a duração da exposição. As modificações observadas não estão necessariamente associadas com sintomas ou sinais de doença ou redução da função pulmonar. Além disso, as modificações no Raio- X podem ser causadas por fatores não relacionados ao trabalho como o fumo, etc.

4.2.5. Procedimentos emergências

4.2.5.1. Meio de combate ao fogo: Argônio não é inflamável. Utilize recurso adequado para o controle do fogo circundante.

4.2.5.2. Procedimentos especiais de combate ao fogo: cuidado! Gás a alta pressão. 4.2.5.3. Evacue todo pessoal da área de risco. Imediatamente resfrie os recipientes com jatos de água pulverizada guardando uma distância até resfriá-los, então remova os recipientes para longe da área de fogo. Corrija o vazamento, se não apresentar risco. Arcos e faíscas podem inflamar os combustíveis.

4.2.5.4. Possibilidades incomuns de incêndio: Argônio não é inflamável. Recipientes podem romper-se devido ao calor do fogo. Nenhuma parte do recipiente deve ser sujeita a temperaturas mais altas que 52o C (aproximadamente 125o F). Os cilindros de argônio são equipados com dispositivo de alívio de pressão.

4.2.5.5. Produtos passíveis de combustão: Nenhum atualmente conhecido.

4.2.5.6. Medidas de controle para derramamento / vazamento medidas a tomar se o material derramar ou vazar: cuidado! Líquido e gás extremamente frio sob pressão. Argônio é um gás asfixiante. A falta de oxigênio pode matar. Evacue todo o pessoal da área de risco. Deixe o líquido derramado evaporar. O líquido causa ulceração severa, o ferimento é como o da queimadura. Contenha o vazamento se não apresentar risco. Mude os conjuntos que estiverem vazando para uma área ventilada ou ventile a área de vazamento. Use equipamento autônomo de respiração quando necessário. Teste a área, especialmente áreas confinadas para ver se contém oxigênio suficiente, antes de permitir o retorno do pessoal.

4.2.5.7. Método para a disposição de resíduos: Vagarosamente alivie para a atmosfera externa. Descarte qualquer produto, resíduo, recipiente disponível ou revestimento de maneira que não prejudique o meio ambiente em total obediência às regulamentações federais, estaduais ou locais. Se necessário, entre em contato com seu fornecedor, para assistência.

4.2.5.8. Controle de exposição e proteção individual

4.2.5.9. Proteção respiratória (tipo específico): Use purificadores de ar ou respiradores com suprimento de ar que protejam dos fumos no que, a exaustão ou ventilação local não mantiver a exposição abaixo do LT (TLV) durante operações de soldagem usando Argônio. Suprimento de ar é necessário quando trabalho for realizado em locais fechados.

4.2.5.10. Ventilação

4.2.5.10.1. Exaustão local: Use sistema de exaustão local para manter a concentração de vapores e gases abaixo do LT (TLV) na zona de respiração dos trabalhadores.

4.2.5.11. Especiais: Nenhum

4.2.5.12. Mecânica (Geral): Sob certas condições de trabalho, ventilação geral é recomendável para manter as concentrações de fumos e gases abaixo do estabelecido pelo valor limite de tolerância (TLV), medidos na zona de respiração do empregado.

4.2.5.13. Outros: Nenhum

4.2.5.14. Luvas protetoras: São recomendadas luvas de raspa para soldador em trabalhos com solda ou luvas de raspa para manuseio de cilindros.

Proteção dos olhos: Em trabalhos de solda, use capacete com máscara e lentes com filtro especiais.

4.2.5.15. Providencie telas protetoras e óculos de proteção, se necessário.

4.2.5.16. Outros equipamentos protetores: Se necessário, utilize proteção para a cabeça, mão e corpo, o que vai ajudar a prevenir danos produzidos pela radiação, faíscas e choques elétricos. No mínimo, isto inclui luvas de solda e máscara protetora para o rosto e pode incluir protetores para o braço, aventais, chapéus, protetores para os ombros, assim como uma vestimenta de preferência, escura. Treine os operários para não tocar nas partes elétricas ligadas.

#### 4.2.6. BIBLIOGRAFIA

##### DECRETO LEI 96044

Aprova o regulamento para o transporte rodoviário de produtos perigosos e dá outras providências.

##### PORTARIA 204

Instruções complementares ao regulamento do transporte terrestre de produtos perigosos.

##### NBR 7500

Símbolos de risco e manuseio para o transporte e armazenamento de materiais.

### 4.3. Xenônio

#### 4.3.1. Introdução:

O xenônio ou xenon, como também é conhecido, é um gás raro, incolor, inodoro, estável, não inflamável, quimicamente inerte, não havendo incompatibilidade conhecida por ser, quimicamente não reativo, apresentando-se na forma gasosa a

pressão e temperatura normais. O gás pode ser armazenado com segurança em recipientes convencionais de vidro selados a temperatura e pressão ambiente. O **xenônio** não é tóxico, porém vários de seus compostos são altamente tóxicos devido as suas fortes propriedades de oxidação. Concentrações moderadas podem provocar dor de cabeça, sonolência, vertigem, excitação, excesso de salivagem, vômito e inconsciência devido à falta de oxigênio. Abaixo exemplo de uso do xenônio, em faróis especiais.



4.3.1.1. Tipos e instalação de cilindros de xenônio

4.3.1.2. Classificação da ONU: 2036; CR 2,2 e NR 20

4.3.1.3. Tipo de cilindro: 1; 3,3: 10; 16,2 e 120 m<sup>3</sup>.

4.3.1.4. Fabricante: White Martins; Air Products; Aga;...

4.3.2. Acidentes mais comuns

4.3.2.1. Riscos gerais: Líquido e gás extremamente frio sob pressão; gás asfixiante.

4.3.2.2. Riscos específicos: O líquido causa ulceração severa, ferimentos similares à queimadura.

4.3.3. Medidas de primeiro socorros

4.3.3.1. Procedimento protocolar para queimaduras a frio.

4.3.4. Procedimentos emergenciais do Corpo de Bombeiros:

4.3.4.1. incêndio – gás não inflamável, combater o fogo circundante; devido a alta pressão, evacuar todo pessoal da área de risco, resfriar os recipientes com jatos de água pulverizada guardando distância de segurança até resfriá-los, então remover os recipientes para longe da área de fogo; os recipientes podem romper-se devido ao calor, portanto nenhuma parte deve ser sujeita a temperaturas mais altas que 52° C (aproximadamente 125° F); cilindros equipados com dispositivo de alívio de pressão.

4.3.4.2. Vazamentos - conter o vazamento se não apresentar risco; remover os conjuntos que estiverem vazando para uma área ventilada ou ventilar a área de vazamento. Usar equipamento autônomo de respiração quando necessário.



Testar a área, especialmente áreas confinadas, para verificar o percentual de oxigênio, antes de permitir o retorno do pessoal.

4.3.4.3. Complementos: *Nunca aterre um cilindro de gás comprimido ou permita que este faça parte de um circuito elétrico.*

#### **4.4. Dióxido ou Bióxido de Carbono – CO<sub>2</sub>**

##### 4.4.1. Introdução:

O dióxido de carbono é um gás liquefeito incolor, levemente ácido e para algumas pessoas tem o gosto e o odor levemente cáustico, estável, não inflamável, quimicamente inerte, incompatível com metais alcalinos, metais alcalino-terrosos, acetilenos metálicos, cromo, titânio acima de 550°C, urânio acima de 750°C e magnésio acima de 775°C. Na presença de descarga elétrica, dióxido de carbono é decomposto formando monóxido de carbono e oxigênio. Concentrações moderadas podem provocar dor de cabeça, sonolência, vertigem, excitação, excesso de salivação, vômito e inconsciência devido à falta de oxigênio. Ele também é ativo fisiologicamente afetando a circulação e a respiração. Em concentrações de 2 a 3% ocorrem sintomas de asfixia, sonolência e vertigem; de 3 a 5% causa respiração acelerada, dor de cabeça e ardência do nariz e garganta; até 15% causa dor de cabeça, excitação, excesso de salivação, náuseas, vômito e perda da consciência. Em concentrações mais altas, causa rápida insuficiência circulatória, podendo levar a coma e morte. O CO<sub>2</sub> é o mais poderoso vaso dilatador cerebral conhecido. Não se deve permitir que pessoas com problemas de saúde, onde tais doenças seriam agravadas pela exposição ao dióxido de carbono gasoso, manuseiem ou trabalhem com este produto. Com a superexposição podem ocorrer danos às células ganglionares ou da retina. Estudos mostraram um aumento de defeitos no coração de ratos a uma concentração de 6% de dióxido de carbono no ar por 24 horas, em diferentes períodos durante uma gestação. Abaixo exemplo de uso do CO<sub>2</sub>.

##### 4.4.2. Tipos de cilindros de CO<sub>2</sub>

4.4.2.1. Classificação da ONU: 1006; CR 2,2 e NR 20

4.4.2.2. Tipo de cilindro: 1; 3,3: 10: 16,2 e 120 m<sup>3</sup>.

4.4.2.3. Fabricante: White Martins; Air Products; Aga;...



#### 4.4.3. Acidentes mais comuns

4.4.3.1. Riscos gerais: Líquido e gás extremamente frio sob pressão; gás asfixiante.

4.4.3.2. Riscos específicos: O líquido causa ulceração severa, ferimentos similares à queimadura.

Abaixo fotos de um acidente envolvendo uma carreta que transportava CO<sub>2</sub>.



#### 4.4.4. Medidas de primeiro socorros

4.4.4.1. Procedimento protocolar para queimaduras a frio.

4.4.5. Procedimentos emergenciais do Corpo de Bombeiros:

4.4.5.1. incêndio – gás não inflamável, combater o fogo circundante; devido à alta pressão, evacuar todo pessoal da área de risco, resfriar os recipientes com jatos de água pulverizada guardando distância de segurança até resfriá-los, então remover os recipientes para longe da área de fogo; os recipientes podem romper-se devido ao calor, portanto nenhuma parte deve ser sujeita a temperaturas mais altas que 52° C (aproximadamente 125° F); cilindros equipados com dispositivo de alívio de pressão.

4.4.5.2. Vazamentos - conter o vazamento se não apresentar risco; remover os conjuntos que estiverem vazando para uma área ventilada ou ventilar a área de vazamento. Usar equipamento autônomo de respiração quando necessário. Testar a área, especialmente áreas confinadas, para verificar o percentual de oxigênio, antes de permitir o retorno do pessoal.

4.4.5.3. Complementos: *Nunca aterre um cilindro de gás comprimido ou permita que este faça parte de um circuito elétrico.*

## 4.5. Nitrogênio

### 4.5.1. Introdução:

O nitrogênio é um gás permanente incolor, inodoro, estável, não inflamável, quimicamente inerte, não havendo incompatibilidades conhecidas, apresentando-se na forma gasosa a pressão e temperatura normais. Sob certas condições o nitrogênio pode reagir violentamente com lítio, neodímio, titânio e magnésio formando nitretos. A alta temperatura pode, também, combinar-se com o oxigênio e hidrogênio. Concentrações moderadas podem provocar dor de cabeça, sonolência, vertigem, excitação, excesso de salivação, vômito e inconsciência devido à falta de oxigênio. Abaixo exemplos de uso do nitrogênio.



Refrigeração laboratorial



### 4.5.2. Tipos de cilindros de nitrogênio

4.5.2.1. Classificação da ONU: 1066; CR 2,2 e NR 20

4.5.2.2. Tipo de cilindro: 1; 3,1 e 9 m<sup>3</sup>.

4.5.2.3. Fabricante: White Martins; Air Products; Aga;...

### 4.5.3. Acidentes mais comuns

4.5.3.1. Riscos gerais: gás extremamente frio sob pressão.; gás asfixiante.

4.5.3.2. Riscos específicos: gás asfixiante.

4.5.3.3. Procedimentos emergenciais do Corpo de Bombeiros:

### 4.5.4. Medidas de primeiro socorro

4.5.4.1. Procedimento protocolar para queimaduras a frio.

4.5.5. Procedimentos emergenciais do Corpo de Bombeiros:

4.5.5.1. incêndio – gás não inflamável, combater o fogo circundante; devido à alta pressão, evacuar todo pessoal da área de risco, resfriar os recipientes com jatos de água pulverizada guardando distância de segurança até resfriá-los, então remover os recipientes para longe da área de fogo; os recipientes podem romper-se devido ao calor, portanto nenhuma parte deve ser sujeita a temperaturas mais

altas que 52° C (aproximadamente 125° F); cilindros equipados com dispositivo de alívio de pressão.

4.5.5.2. Vazamentos - conter o vazamento se não apresentar risco; remover os conjuntos que estiverem vazando para uma área ventilada ou ventilar a área de vazamento. Usar equipamento autônomo de respiração quando necessário.

Testar a área, especialmente áreas confinadas, para verificar o percentual de oxigênio, antes de permitir o retorno do pessoal.

4.5.5.3. Complementos: *Nunca aterre um cilindro de gás comprimido ou permita que este faça parte de um circuito elétrico.*

## **4.6. Neônio**

### 4.6.1. Introdução:

O neônio é um gás raro, incolor, inodoro, estável, não inflamável, quimicamente inerte, não havendo incompatibilidades conhecidas, apresentando-se na forma gasosa a pressão e temperatura normais. Concentrações moderadas podem provocar dor de cabeça, sonolência, vertigem, excitação, excesso de salivação, vômito e inconsciência devido à falta de oxigênio.

### 4.6.2. Tipos de Cilindros

4.6.2.1. Classificação da ONU: 1065; CR 2,2 e NR 20

4.6.2.2. Tipo de cilindro: sob encomenda

4.6.2.3. Fabricante: White Martins; Air Products; Aga;...

### 4.6.3. Acidentes mais comuns

4.6.3.1. Riscos gerais: Líquido e gás extremamente frio sob pressão; gás asfixiante.

4.6.3.2. Riscos específicos: O líquido causa ulceração severa, ferimentos similares à queimadura.

### 4.6.4. Procedimentos emergenciais do Corpo de Bombeiros:

4.6.4.1 incêndio – gás não inflamável, combater o fogo circundante; devido à alta pressão, evacuar todo pessoal da área de risco, resfriar os recipientes com jatos de água pulverizada guardando distância de segurança até resfriá-los, então remover os recipientes para longe da área de fogo; os recipientes podem romper-se devido ao calor, portanto nenhuma parte deve ser sujeita a temperaturas mais altas que 52° C (aproximadamente 125° F); cilindros equipados com dispositivo de alívio de pressão.

4.6.4.2. Vazamentos - conter o vazamento se não apresentar risco; remover os conjuntos que estiverem vazando para uma área ventilada ou ventilar a área de vazamento. Usar equipamento autônomo de respiração quando necessário. Testar a área, especialmente áreas confinadas, para verificar o percentual de oxigênio, antes de permitir o retorno do pessoal.

4.6.4.3. Complementos: *Nunca aterre um cilindro de gás comprimido ou permita que este faça parte de um circuito elétrico.*

## 4.7. Hélio

### 4.7.1. Introdução:

O hélio é um gás comprimido, incolor, inodoro, estável, não inflamável, quimicamente inerte, não havendo incompatibilidades conhecidas, apresentando-se na forma gasosa a pressão e temperaturas normais. Usado em solda e corte, em respiração submarina e em balões. Concentrações moderadas podem provocar dor de cabeça, sonolência, vertigem, excitação, excesso de salivação, vômito e inconsciência devido à falta de oxigênio. Exemplos de uso do hélio.



Equipamento de solda



Balões de propaganda



### 4.7.2. Tipos de Cilindros

4.7.2.1. Classificação da ONU: 1046; CR 2,2 e NR 20

4.7.2.2. Tipo de cilindro: 1; 2,8 e 8,5 m<sup>3</sup>

4.7.2.3. Fabricante: White Martins; Air Products; Aga;...

### 4.7.3. Acidentes mais comuns

4.7.3.1. Riscos gerais: Líquido e gás extremamente frio sob pressão; gás asfixiante.

4.7.3.2. Riscos específicos: O líquido causa ulceração severa, ferimentos similares à queimadura.

4.7.4. Procedimentos emergenciais do Corpo de Bombeiros:

4.7.4.1. incêndio – gás não inflamável, combater o fogo circundante; devido à alta pressão, evacuar todo pessoal da área de risco, resfriar os recipientes com jatos de água pulverizada guardando distância de segurança até resfriá-los, então remover os recipientes para longe da área de fogo; os recipientes podem romper-se devido ao calor, portanto nenhuma parte deve ser sujeita a temperaturas mais altas que 52° C (aproximadamente 125° F); cilindros equipados com dispositivo de alívio de pressão.

4.7.4.2. Vazamentos - conter o vazamento se não apresentar risco; remover os conjuntos que estiverem vazando para uma área ventilada ou ventilar a área de vazamento. Usar equipamento autônomo de respiração quando necessário. Testar a área, especialmente áreas confinadas, para verificar o percentual de oxigênio, antes de permitir o retorno do pessoal.

4.7.4.3. Complementos: *Nunca aterre um cilindro de gás comprimido ou permita que este faça parte de um circuito elétrico.*

## CAPÍTULO – VII

### Emergência em cilindros de Hidrogênio

#### 7. HIDROGÊNIO

##### 7.1. Introdução:

7.1.1. Gás incolor, inodoro, peso molecular de 2,016, ponto de ebulição, a 10 psig (68,9 kPa): -252,8 oC (-423,0 oF), ponto de congelamento, a 10 psig (68,9 kPa): -259,2 oC (-434,55 oF) tendo como ingredientes CAS Concentração (%) LT (TLV) limite de tolerância, sendo um asfixiante simples.

7.1.2. Gás inflamável à alta pressão, pode formar misturas explosivas com o ar e inflama se a válvula estiver aberta para o ar ambiente. De queima com chama invisível, causa vertigem e sonolência, é inodoro.

7.1.3. condições médicas agravadas pela superexposição: As propriedades toxicológicas, físicas e químicas do hidrogênio indicam que a superexposição é improvável de agravar as condições clínicas existentes.

7.1.4. Significantes informações laboratoriais com possível relevância para a avaliação dos perigos para a saúde humana: Nenhum conhecido.

7.1.5. Carcinogenicidade: O hidrogênio não é listado como carcinogênio pelos órgãos NTP, OSHA e IARC.

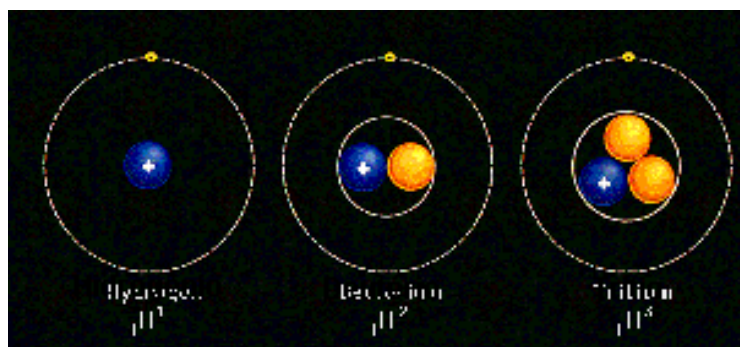
7.1.6. Classe de risco: 2,1

7.1.7. Número de Risco: 23

7.1.8. Número de identificação: UN 1049

7.1.9. Rótulo de Risco: gás inflamável

7.1.10. Aviso de advertência (quando requerido): gás inflamável



7.1.11. As seguintes leis relacionadas são aplicadas a este produto. Nem todos os requerimentos são identificados. O usuário deste produto é o único responsável pela obediência de todas as leis federais, estaduais e locais.

7.1.11.1. Decreto lei 96044 - Aprova o regulamento para o transporte rodoviário de produtos perigosos e dá outras providências.

7.1.11.2. Portaria 204 - Instruções complementares ao Regulamento do transporte terrestre de produtos perigosos.

7.1.11.3. NBR 7500 - Símbolos de risco e manuseio para o transporte e armazenamento de materiais.

7.1.12. Precauções especiais: *Gás inflamável à alta pressão*. Use tubulação e equipamentos adequadamente projetados para resistir às pressões que possam ser encontradas. Use apenas em sistema fechado. Só utilize ferramentas à prova de faíscas e equipamentos à prova de explosão. Mantenha longe do calor, faíscas e abre-chamas. *Previna fluxo reverso*. Fluxo reverso no cilindro pode causar ruptura. Use uma válvula de segurança ou outro dispositivo na linha ou tubulação do cilindro. *O gás pode causar sufocamento rápido devido à insuficiência de oxigênio*. Armazene e utilize com ventilação adequada. Feche a válvula após cada uso, e mantenha fechada mesmo quando o cilindro estiver vazio.



Equipamento para abastecimento veicular

7.1.13. Por medida de segurança é proibido o transvazamento deste produto de um cilindro para outro.

7.2. Tipos de cilindros



7.2.1. Os cilindros de hidrogênio encontrados no mercado brasileiro para aquisição comercial com fins industriais possuem o seguintes volumes a saber:

7.2.1.1 Cilindro de XX litros;

7.2.1.2 Cilindro de volume liquido de XX litros;

7.2.1.3. Cilindro de volume liquido de XX litros com sintema de válvula de alivio e bloqueio.

7.2.2. Armazenamento

7.2.2.1. Informações especiais de embarque: Os cilindros devem ser transportados em posição vertical, em veículo com ventilação. Cilindros transportados em veículo enclausurado, em compartimento não ventilado podem apresentar sérios riscos a segurança.



7.2.2.2. Condições de armazenamento: Armazene e use com ventilação adequada. Mantenha os cilindros de hidrogênio longe de oxigênio, cloro e outros oxidantes a uma distância mínima de 6,1 m (20 ft), ou use uma barragem de material não combustível. Essa barragem deve ter no mínimo 1,53 m de altura (5 ft) e ser resistente ao fogo por pelo menos ½ hora. Assegure-se de que os cilindros estejam fora de risco de queda ou roubo. Atarraxe firmemente o capacete com as mãos. Identifique a área de armazenamento e uso com placas “não fume ou abra chamas”. Não devem existir fontes de ignição no local. Todos os equipamentos elétricos na área de estocagem devem ser a prova de explosão.



### Armazenamento em esferas

7.2.2.3. Precauções de manuseio: Proteja os cilindros contra danos físicos. Utilize em carrinho de mão para movimentar os cilindros; não arraste, role, ou deixe-o cair. Todos os sistemas de tubulações de hidrogênio e equipamentos associados devem ser aterrados. Equipamentos elétricos não podem ser lança chamas, e devem ser a prova de explosão. O controle de escapamento deve ser feito com água e sabão, nunca use fogo. Nunca tente levantar um cilindro pelo capacete; o capacete existe apenas proteger a válvula. Nunca insira qualquer objeto (por exemplo: chave de parafuso, chave de fenda) dentro da abertura do capacete; isto pode causar dano a válvula, e conseqüentemente um vazamento. Use uma chave ajustável para remover a correia da chave de parafuso e remover capacetes justos ou enferrujados. Abra a válvula suavemente. Se estiver muito dura, descontinue o uso e entre em contato com seu fornecedor. Não atinja um cilindro de gás comprimido com arcos. Nunca aterre o cilindro, ou permita que este faça contato com um circuito elétrico.

### 7.3. Medidas de Primeiros Socorros

#### 7.3.1. Efeitos de uma única super exposição (AGUDA):

7.3.1.1. Inalação: Asfixiante. Os efeitos são devido à falta de oxigênio. Concentrações moderadas podem causar dor de cabeça, vertigem, sonolência, excitação, excesso de salivação, vômito e perda da consciência. A falta de oxigênio pode ser fatal.

7.3.1.2. Ingestão: É uma maneira improvável de exposição. Este produto é um gás a temperatura e pressões normais.

7.3.2. Efeitos da superexposição repetida (CRÔNICA): Nenhum efeito esperado.

7.3.3. Outros efeitos da superexposição: O hidrogênio é um asfixiante. A falta de oxigênio pode levar a morte.

7.3.4. Contato com os olhos: Imediatamente banhe os olhos com água corrente durante 15 minutos no mínimo. Mantenha as pálpebras abertas e longe do globo ocular para assegurar que toda a superfície seja completamente enxaguada. Chame um médico imediatamente, de preferência um oftalmologista.

7.3.5. Contato com a pele: Lave com água e sabão. Se a irritação persistir procure um médico imediatamente.

7.3.6. Inalação: Remova para ar fresco. Aplique respiração artificial, se não estiver respirando. Oxigênio deve ser administrado por uma pessoa qualificada se houver dificuldade de respirar. Chame um médico imediatamente.

7.3.7. Ingestão: É uma maneira improvável de exposição. Este produto é um gás a temperatura e pressão normais.

*Notas ao médico: Não há antídoto específico. Tratamento da superexposição deve ser dirigido para o controle dos sintomas e condições clínicas do paciente.*

#### 7.4. Procedimentos emergências

7.4.1. Meio de combate ao fogo: CO<sub>2</sub>, pó químico seco, jatos de água em forma de neblina.

7.4.2. Procedimentos especiais de combate ao fogo: perigo! Gás inflamável à alta pressão. Retire todo o pessoal da área de risco. Imediatamente resfrie os recipientes com jatos de água em forma de neblina mantendo-se a uma distância segura, tomando cuidado para não extinguir as chamas. Remova todas as fontes de ignição se não houver risco. Remova todos os recipientes da área de fogo, se não apresentar risco, enquanto continua resfriando com jatos de água. Não extinga as chamas emitidas pelos recipientes, interrompa o vazamento de gás se não houver risco, deixe as chamas queimarem completamente.

7.4.3. Equipamento autônomo de respiração pode ser requerido para a equipe de salvamento. Brigadas de incêndio locais devem estar cientes das características do produto.

7.4.4. Possibilidades incomuns de incêndio: Gás inflamável. A chama é quase invisível. O escapamento de gás pode inflamar espontaneamente. O hidrogênio tem baixa energia de ignição. Uma bola de fogo é formada se a nuvem de gás for inflamada imediatamente após o escape. Forma misturas explosivas com o ar e agentes oxidantes. O calor do fogo pode aumentar a pressão dentro do cilindro, e, conseqüentemente, causar ruptura. Nenhuma parte do recipiente deve ser sujeita

a temperaturas mais altas que 52 °C (aproximadamente 125 °F). Alguns recipientes são providos com dispositivo de alívio de pressão projetado para aliviar o conteúdo quando eles são expostos a temperaturas elevadas. Se o vazamento pegar fogo, não extinga as chamas. Gás inflamável pode ser liberado no vazamento, criando uma atmosfera de reigitação explosiva. Os vapores formados deste produto podem ser transportados por correntes de ar e ser incendiados por luzes-piloto, outras chamas, cigarros, faíscas, aquecedores, equipamentos elétricos, descargas estáticas e outras fontes de ignição localizadas a distância do ponto de manuseio do produto.

7.4.5. Atmosferas explosivas podem se prolongar. Antes de entrar em áreas, principalmente confinadas, teste a atmosfera com dispositivo apropriado (explosímetro).

7.4.6. Medidas de controle para derramamento / vazamento

7.4.6.1. Medidas a tomar se o material derramar ou vazar: PERIGO! Gás inflamável à alta pressão. Forma misturas explosivas com o ar (Ver seção 5). Evacue imediatamente todo o pessoal da área de risco. Use equipamento autônomo de respiração quando necessário. Remova todas as fontes de ignição, se não houver risco. Reduza vapores com neblina ou jatos finos de água. Interrompa o vazamento se não houver risco. Ventile a área do vazamento ou remova os recipientes com vazamento para áreas bem ventiladas. Vapores inflamáveis podem se propagar do vazamento. Antes de entrar em áreas, principalmente confinadas, teste a atmosfera com dispositivo apropriado (explosímetro).

7.4.6.2. Método para a disposição de resíduos: Previna o resíduo de contaminar o ambiente ao redor. Mantenha o pessoal distante. Descarte qualquer produto, resíduo, recipiente disponível de maneira que não prejudique o meio ambiente, em total obediência às regulamentações federais, estaduais e locais. Se necessário, entre em contato com seu fornecedor, para assistência.

7.4.6.3. Proteção respiratória (Tipo Específico): Nenhum requerido para uso normal. Um equipamento autônomo de respiração deve ser utilizado em espaço confinado.

Ventilação.

7.4.6.4. Exaustão local: Um sistema de exaustão à prova de explosão deve ser utilizado.

7.4.6.5. Mecânica (Geral): Use apenas em sistema fechado.

7.4.6.6. Luvas protetoras: Use luvas de raspa para manusear cilindros.

7.4.6.7. Proteção dos olhos: Óculos de segurança, modelo ampla visão.

7.4.6.8. Outros equipamentos protetores: Sapatos de segurança com biqueira de aço para manuseio de cilindros. Outros equipamentos onde necessário. Mesmo com todo o equipamento protetor, nunca toque nas partes elétricas energizadas.

## CAPÍTULO VIII

### Emergência envolvendo cilindros de Gás Amônia

#### 8. AMÔNIA

##### 8.1. Introdução:

8.1.1. A amônia é um gás incolor a temperatura e pressão normais, inflamável, tóxico, alcalino. Causa queimaduras quando em contato com os olhos, pele ou mucosas possui odor acre irritante. A amônia, com símbolo químico NH<sub>3</sub>, é constituída de um átomo de nitrogênio e três de hidrogênio, apresentando-se como gás a temperatura e pressão ambientes. Liquefaz-se sob pressão atmosférica a -33,35 °C. É altamente higroscópica e a reação com a água forma NH<sub>4</sub>OH, hidróxido de amônia, líquido na temperatura ambiente, que possui as mesmas propriedades químicas da soda cáustica. É estável quando armazenada e utilizada em condições normais de estocagem e manuseio. Acima de 450°C pode se decompor, liberando nitrogênio e hidrogênio.

##### 8.1.2. Classificação:

Numero da ONU: 1005 - Classe de risco: 2

Numero de risco: 268

8.1.3. Classe 2- Gás comprimido, liquefeitos, dissolvidos sob pressão ou altamente refrigerados.

8.1.4. Classe 6- Substância tóxica

8.1.5. Classe 8- Corrosivos

8.1.6. Principais usos, entre suas aplicações, destacam-se seus usos como agente refrigerante e na fabricação da uréia, um importante fertilizante.

8.1.7. É, ainda, utilizada na fabricação de têxteis, na manufatura de Rayon, na indústria da borracha, na fotografia, na indústria farmacêutica, na fabricação de cerâmicas, corantes e fitas para escrever ou imprimir, na saponificação de gorduras e óleos, como agente neutralizador na indústria de petróleo, como preservativo do látex, na indústria de explosivos, na nitreção de aço, entre outras.

8.1.8. Apresenta risco moderado de fogo e explosão, quando exposta ao calor ou chama. A presença de óleo e outros materiais combustíveis aumenta o risco de fogo.

8.1.9. Limite de explosividade no ar por volume = de 15 a 28%.

8.1.10. 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 de gás cloroamina. Produz mistura explosiva quando em contato com hidrocarbonetos, sendo também incompatível com aldeído, acético, acroleína, dridrazina e ferrocianeto de potássio.

8.1.11. O gás é um irritante poderoso das vias respiratórias, olhos e pele. Dependendo do tempo e do nível de exposição podem ocorrer efeitos que vão de irritações leves a severas lesões corporais. A inalação pode causar dificuldades respiratórias, broncoespasmo, queimadura da mucosa nasal, faringe e laringe, dor no peito e edema pulmonar.

8.1.12. A ingestão causa náusea, vômitos e inchaço nos lábios, boca e laringe.

8.1.13. A amônia produz, em contato com a pele, dor, eritema e vesiculação. Em altas concentrações, pode haver necrose dos tecidos e queimaduras profundas.

8.1.14. O contato com os olhos em baixas concentrações (10 ppm) resulta em irritação ocular e lacrimejamento. Em concentrações mais altas, pode haver conjuntivite, erosão na córnea e cegueira temporária ou permanente.

8.1.15. Reações tardias podem acontecer, como fibrose pulmonar, catarata e atrofia da retina.

8.1.16. A exposição a concentrações acima de 2500 ppm por aproximadamente 30 minutos pode ser fatal, pois atua como asfíxiante podendo afetar o sistema nervoso central.



8.2. Tipos de Cilindros de CO<sub>2</sub>:

8.2.1. A amônia é armazenada em tanques ou cilindros do tipo K (conteúdo: 22,7 Kg, pressão de 8 Kgf/cm<sup>2</sup> e peso de 83,7 Kg), do tipo G (conteúdo: 3,5 Kg,

pressão de 8 Kgf/cm<sup>2</sup> e peso de 15,5 Kg) ou do tipo LB (conteúdo: 0,20 Kg, pressão de 8 Kgf/cm<sup>2</sup> e peso de 2,6 Kg).



### 8.3. Acidentes mais comuns

8.3.1. Riscos gerais: Risco moderado de fogo e explosão

8.3.2. Riscos específicos: Risco quanto à saúde, fogo e reatividade com outros materiais

8.3.3. Em ambientes fechados, o maior problema da amônia para o homem é causado pelo vazamento nos sistemas de refrigeração, o que pode representar perigos aos trabalhadores do local. Portanto, deve-se ressaltar que os vazamentos de amônia são facilmente detectáveis em razão de seu odor extremamente desagradável.

### 8.4. Medidas de primeiro socorros

8.4.1. Primeiros socorros: Em caso de inalação, remover a vítima para área não contaminada e administrar O<sub>2</sub>, em caso de contato com a pele retirar as roupas contaminadas e lavar a parte afetada com água em abundância, se houver contato com os olhos, não permitir que a vítima feche os olhos, e mantendo as pálpebras suavemente levantadas lavá-los com grande quantidade de água, se ingerida, não provocar vômitos, se a vítima estiver inconsciente não dê nada via oral, se consciente poderá ser ministrada água ou leite. Encaminhar ao médico informando as características do produto.

8.4.2. Inalação: Remova a vítima para área não contaminada e arejada e administre oxigênio se disponível, sob máscara facial ou cateter nasal. Aplique manobras de ressuscitação em caso de parada respiratória. Encaminhe imediatamente a um hospital mais próximo.

8.4.3. Contato com a pele: Rapidamente retirar as roupas contaminadas, evitando remoções de partes da pele. Lavar a parte afetada com água em abundância, lavando em seguida com água e sabão.

8.4.4 Contato com os olhos: 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. Levante 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 encaminhe imediatamente ao médico oftalmologista.

8.4.5. Ingestão: Nunca dê nada via oral à pessoa inconsciente ou em convulsão, estando a pessoa consciente pode dar água e leite, não provocar vômitos e encaminhá-la ao médico informando as características do produto.

#### 8.5. Procedimentos emergenciais

8.5.1. Em caso de atendimento de ocorrência de vazamento ou incêndio envolvendo amônia, deverão ser utilizados os seguintes equipamentos de proteção individual: equipamento de proteção respiratória(EPR), um par de luvas protetoras, um par de botas protetoras de borracha (americana), e uma capa impermeável de borracha ou calças e jaqueta de borracha.

Obs.: em casos de grandes vazamentos, providenciar a montagem de um cabo guia.

8.5.2. Vazamentos de pequena proporção: - isolar o local, identificar e acionar o sistema de exaustão do local; procurar bloquear o vazamento, por meio do fechamento de válvula; providenciar os reparos necessários, utilizando a proteção respiratória adequada; liberar o local somente após verificar-se da eliminação do vazamento e da ausência de riscos.

8.5.3. Vazamentos de média e grandes proporções: - evacuar a área; verificar se há vítimas ou outras pessoas no local; acionar os meios e apoio necessários, desligar a instalação elétrica, identificar e acionar o sistema de exaustão do local; verificar os meios de fechamento de válvula ou a realização de manobras operacionais para reduzir, conter ou bloquear o vazamento; providenciar os reparos necessários, liberar o local somente após verificar-se da eliminação do vazamento e da ausência de riscos.

#### 8.5.4. Combate à incêndio:

8.5.4.1. Meios de extinção apropriados: - em caso de fogo em instalações, o melhor procedimento é estancar o fluxo de gás, fechando a válvula, já que a amônia em concentrações elevadas no ar, pode formar uma mistura explosiva.

Para isso, pode ser necessário o uso de água, dióxido de carbono ou pó químico, para extinção de chamas adjacentes a válvula que controla o fornecimento do gás. Use água para resfriar os recipientes expostos ao fogo e interrompa o gás para proteção pessoal. A água reduz a concentração do gás uma vez que o

mesmo é solúvel em água. Para fogo envolvendo amônia líquida, usar pó químico ou CO<sub>2</sub> para combatê-lo.

8.5.5. A amônia que está vazando pode ser diluída com grandes quantidades de água/neblina para impedir a dispersão de vapores na atmosfera. Evitar qualquer contato com a água residual desse processo. Essa água não deve ser lançada no esgoto antes de sofrer tratamento adequado.

## CAPÍTULO IX

### Emergência envolvendo cilindros de Gás Cloro

#### 9. CLORO

##### 9.1. Introdução

9.1.1. O cloro é um elemento da família dos halogênios. O cloro, gasoso ou líquido, não é explosivo ou inflamável, por isso ele pode suportar a combustão. O cloro, na forma gasosa ou líquida, reage com muitas substâncias. O cloro é pouco solúvel em água. O cloro gás tem um odor característico e penetrante, uma coloração amarela-esverdeada e é cerca de duas vezes e meia mais pesado que o ar. Assim, se o cloro vaza de um recipiente ou de uma instalação, a tendência é que ele se concentre nos níveis mais baixos do prédio ou da área de ocorrência do vazamento.

9.1.2. O cloro líquido é de cor âmbar (amarelo escuro), e é cerca de uma vez e meia mais pesado que a água. Sob pressão atmosférica, a temperatura de ebulição é de  $-34^{\circ}$  e congela a aproximadamente a  $-101$ . Um volume de cloro líquido, quando evapora, produz cerca de 460 volumes de gás.

9.1.3. Embora o cloro seco (gás ou líquido), normalmente não reaja ou corroa alguns metais como cobre ou aço carbono, ele é fortemente reativo (extremamente corrosivo) quando há umidade presente..

9.1.4. Numero da ONU: 1017 - Classe de risco: 2 (6)

9.1.5. Numero de risco: X266

9.1.6. Classe 2- Gás comprimido, liquefeitos, dissolvidos sob pressão ou altamente refrigerados.

9.1.7. Classe 6- Substância tóxica

9.1.8. O Cloro é extensivamente utilizado na fabricação de PVC, solventes clorados, agroquímicos e no branqueamento da celulose. Devido ao seu alto poder bactericida, é largamente empregado no tratamento de água potável e de piscinas. Também é utilizado como intermediário nos processos de obtenção de numerosos produtos químicos, tais como: anticoagulantes, poliuretanos, lubrificantes, amaciantes de tecidos, fluidos para freios, fibras de poliéster, insumos farmacêuticos, etc.

9.1.9. Cloro Líquido é obtido por meio da eletrólise de solução de cloreto de sódio (sal grosso) e água .O cloro-gás posteriormente é pressurizado a baixa

temperatura para ser liquefeito, transformando-se em um líquido claro de cor âmbar

9.1.10. O Cloro gás pode ser armazenado em tanques, e em cilindros pequenos ou grandes, fabricados pela especificação DOT ou TC (US Department of Transportation) 3A480 ou 3AA480, sendo que os cilindros em conformidade com especificações mais antigas ainda podem ser usados.

9.1.11. A temperaturas comuns, o cloro seco, tanto líquido como gasoso, não corrói o aço. Cloro úmido é altamente corrosivo pois forma os ácidos clorídrico e hipocloroso. Devem-se tomar precauções para que as instalações de cloro, e o próprio produto, mantenham-se secos. Tubulações, válvulas e recipientes devem ser fechados ou tampados quando não estiverem em uso, para que fiquem isolados da umidade atmosférica. Se for usada água em um vazamento de cloro, as condições corrosivas resultantes agravarão o vazamento.

9.1.12. O volume de cloro líquido aumenta com a temperatura. Devem-se tomar precauções para evitar a ruptura hidrostática de tubulações, tanques ou cilindros.

9.1.13. O hidrogênio é produzido em conjunto com o cloro no processo de eletrólise de solução de cloreto de sódio.

9.1.14. Dentro de uma faixa de variação de concentração, misturas de cloro e hidrogênio são inflamáveis e potencialmente explosivas. A reação de cloro e hidrogênio pode ser iniciada pela luz direta do sol, outras fontes de luz ultravioleta, eletricidade estática ou por um impacto abrupto.

9.1.15. Pequenas quantidades de tricloreto de nitrogênio, um composto instável e altamente explosivo, podem ser produzidas na fabricação do cloro. Quando o cloro líquido contendo tricloreto de nitrogênio evapora, o tricloreto de nitrogênio pode alcançar concentrações residuais perigosas.

9.1.16. O cloro pode reagir, algumas vezes explosivamente, com uma série de produtos orgânicos tais como óleos e graxas, provenientes de compressores de ar, válvulas, bombas, instrumentação com diafragma a óleo, madeira e trapos usados em trabalhos de manutenção.

9.1.17. Riscos à saúde:

9.1.17.1. O cloro gás é principalmente um irritante das vias respiratórias. Em concentrações elevadas irrita as membranas mucosas, o sistema respiratório e os olhos. Em casos extremos, a dificuldade em respirar pode aumentar até o ponto de ocorrer morte por colapso respiratório ou falência pulmonar. O odor característico e penetrante do cloro gás é facilmente percebido pelo olfato

humano, gerando um alerta de sua presença no ar. Em altas concentrações, ele também é visível como um gás amarelo-esverdeado. O cloro líquido em contato com a pele ou olhos poderá causar queimaduras químicas ou ulcerações por congelamento.



## 9.2. Tipos de cilindros de gás cloro

9.2.1. Os cilindros pequenos de cloro são de construção sem costura, normalmente com capacidades entre 40 e 68 kg, predominando os de 40, 50 e 68 kg. Estes cilindros são do tipo com anel de reforço no pé, do tipo de fundo protegido ou do tipo fundo duplo e não é permitido que sejam fabricados com mais de uma abertura. A conexão da válvula se localiza no topo do cilindro. O capacete de aço, que cobre a válvula, deve ser utilizado para proteger a válvula durante o transporte, a movimentação e o armazenamento. O número de especificação DOT ou TC, o número de série, o símbolo de identificação, o peso vazio original, a marca oficial do inspetor e a data do teste hidrostático devem estar estampados no corpo do cilindro junto ao “pescoço” do mesmo. É ilegal desfigurar estas marcas. O peso vazio significa o peso do cilindro vazio com a válvula, mas não inclui o capacete protetor da válvula.

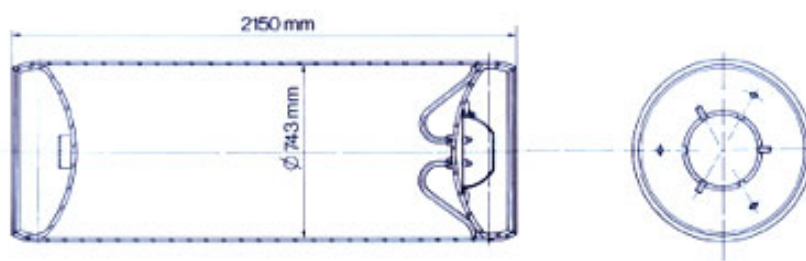
9.2.2. Os cilindros grandes são tanques soldados que têm a capacidade aproximada de 900 kg de cloro, e um peso carregado que pode chegar a aproximadamente 1655 kg. Os tampos (extremidades) são côncavos e soldados ao corpo do cilindro. Estes tampos são providos de bordas que permitem um bom encaixe para os ganchos usados para levantamento dos cilindros. As válvulas do cilindro grande são protegidas por um capacete de aço removível. O número de especificação do DOT ou do TC, o material de construção, o símbolo de identificação do proprietário ou do construtor, o número de série, a marca do inspetor, a data do teste, e a capacidade do cilindro devem estar todos gravados em uma placa fixada na extremidade oposta às válvulas. É ilegal desfigurar estas

marcas. Em complemento as marcações requeridas acima, o peso vazio original também deve estar gravado na placa. O peso vazio significa o peso do recipiente vazio, com válvulas e bujões fusíveis, mas não inclui o capacete de proteção das válvulas.

9.2.3. Os Cilindros são fabricados em tubos de aço sem costura em conformidade com a NBR 12791, aço de construção SAE 1541 em médio manganês – rosca 3/4' NGT, pressão de trabalho 150 bar, diâmetro externo  $\varnothing$ ,273.0mm com altura nominal 1.190mm - volume hidráulico de 55 litros capacidade para 68 Kg de cloro. Pintura cinza / laranja, válvula de segurança para trabalho e capacetes.



<b>Diâmetro</b>	743 mm	Peso aproximado (vazio)	750g
<b>Comprimento Total</b>	2150 mm	Acessórios por cilindros	
<b>Pressão de teste hidrostático</b>	500 Psig	Válvulas de carga e descarga	3/4 (duas)
<b>Radografia da solda do topo</b>	Total	Bujão de segurança (fusível)	3/4 (seis)
<b>Recozimento</b>	Total		



### 9.3. Acidentes mais comuns.

9.3.1. O cloro não é explosivo nem inflamável; entretanto, ele pode suportar a combustão. O cloro tem uma forte afinidade química com muitas substâncias. Ele reage com muitos compostos inorgânicos e orgânicos, geralmente com geração de calor. O cloro reage com alguns metais sob uma variedade de condições.

9.3.2. Em ambientes fechados, o maior problema do cloro para o homem é causado pelo vazamento dos sistemas em que são empregados, o que pode representar perigo aos trabalhadores do local. Portanto, deve-se ressaltar que os vazamentos de cloro são facilmente detectáveis em razão de seu odor extremamente desagradável.

#### 9.4. Medidas de primeiro socorro

9.4.1. Inalação: Remova a vítima para área não contaminada e arejada e administre oxigênio se disponível, sob máscara facial ou cateter nasal. Aplique manobras de ressuscitação em caso de parada respiratória. Encaminhe imediatamente a um hospital mais próximo.

9.4.2. Contato com a pele: Molhar imediatamente as áreas afetadas com água corrente durante 15 minutos, no mínimo, enquanto for removendo as roupas e sapatos afetados.

9.4.3. Contato com os olhos: 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. Levante 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 encaminhe imediatamente ao médico oftalmologista.

9.4.4. Ingestão: Uma maneira pouco provável de exposição. Este produto é um gás a temperatura e pressão normais; mas podem acontecer queimaduras da boca, esôfago e estômago.

#### 9.5. Procedimento emergenciais

9.5.1. Em caso de atendimento de ocorrência de vazamento ou incêndio envolvendo cloro, deverão ser utilizados os seguintes equipamentos de proteção individual: equipamento de proteção respiratória(EPR), um par de luvas protetoras, um par de botas protetoras de borracha (americana), e uma capa impermeável de borracha ou calças e jaqueta de borracha, em casos de grandes vazamentos, providenciar a montagem de um cabo guia.

9.5.2. Vazamentos de pequena proporção: - Isolar o local, identificar e acionar o sistema de exaustão do local; procurar bloquear o vazamento, por meio do fechamento de válvula; providenciar os reparos necessários, utilizando a proteção respiratória adequada; liberar o local somente após se verificar a eliminação do vazamento e da ausência de riscos.

9.5.3. Vazamentos de média e grandes proporções: - Evacuar a área; verificar se há vítimas ou outras pessoas no local; acionar os meios e apoio necessários, desligar a instalação elétrica, identificar e acionar o sistema de exaustão do local; verificar os meios de fechamento de válvula ou a realização de manobras operacionais para reduzir, conter ou bloquear o vazamento; providenciar os reparos necessários, liberar o local somente após se verificar a eliminação do vazamento e da ausência de riscos.

9.5.4. Combate a incêndio: - Em caso de incêndio ou na iminência do mesmo, os equipamentos e recipientes de cloro devem ser, se possível, removidos para longe do fogo. Se equipamentos ou recipientes de cloro não puderem ser removidos, eles devem ser mantidos resfriados, aplicando-se água sobre os mesmos, desde que não apresentem vazamentos. Não se deve aplicar água diretamente sobre um vazamento de cloro. Cloro e água reagem formando ácidos, e o vazamento rapidamente se agravará. Entretanto, em um local onde houver vários recipientes e alguns apresentarem vazamento, é recomendável usar um “*spray*” de água para evitar a pressurização excessiva dos recipientes sem vazamento. Sempre que recipientes de cloro tenham sido expostos às chamas, deve-se aplicar água de resfriamento, mesmo depois do fogo ter sido apagado, até que os recipientes sejam resfriados. Os recipientes expostos ao fogo devem ser isolados e o fornecedor de cloro



O CONTEÚDO DESTA MANUAL TÉCNICO ENCONTRA-  
SE SUJEITO À REVISÃO, DEVENDO SER DADO AMPLO  
CONHECIMENTO A TODOS OS INTEGRANTES DO  
CORPO DE BOMBEIROS, PARA APRESENTAÇÃO DE  
SUGESTÕES POR MEIO DO ENDEREÇO ELETRÔNICO  
CCBSSECINC@POLMIL.SP.GOV.BR

