



# Panfleto 5

## *Armazenamento de Cloro Líquido a Granel*

8ª Edição

---

Junho de 2011



Tradução e adaptação da Clorosur, com autorização do *The Chlorine Institute, Inc.* Disponível no site: [www.clorosur.org](http://www.clorosur.org). Documento original: *Pamphlet 5 – Bulk Storage of Liquid Chlorine – Edition 8 - June 2011.*

**ÍNDICE**

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>2</b>
1.1 ESCOPO	2
1.2 PROGRAMA DE GERENCIAMENTO DO PRODUTO DO CHLORINE INSTITUTE	2
1.3 DEFINIÇÕES E ACRÔNIMOS	3
1.4 DECLARAÇÃO DE ISENÇÃO DE RESPONSABILIDADE	4
1.5 REQUISITOS DOS REGULAMENTOS E DE COMPANHIA DE SEGUROS	5
1.6 APROVAÇÃO	5
1.7 REVISÕES	5
1.8 REPRODUÇÃO	5
<b>2. CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO DE CLORO</b>	<b>5</b>
2.1 GERAL	5
2.2 CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO	6
2.3 CAPACIDADE DOS TANQUES DE TRANSPORTE RODOVIÁRIOS E FERROVIÁRIOS	6
2.4 CAPACIDADE DE TANQUES DE TRANSPORTE EM BARCAÇAS	7
2.5 UTILIZAÇÃO DE TANQUE DE TRANSPORTE COMO TANQUE DE ARMAZENAMENTO ESTACIONÁRIO	7
<b>3. LOCALIZAÇÃO DO TANQUE</b>	<b>7</b>
3.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE A LOCALIZAÇÃO	7
3.2 ILUMINAÇÃO	8
<b>4. PROJETO E CONSTRUÇÃO DO TANQUE</b>	<b>8</b>
4.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE O PROCESSO	8
4.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE A PARTE MECÂNICA	9
4.3 CORROSÃO EXTERNA	9
4.4 SUPORTES	10
4.5 ISOLAMENTO E PINTURA	10
4.6 ORIFÍCIOS NO TANQUE	10
<b>5. ACESSÓRIOS DO TANQUE</b>	<b>11</b>
5.1 DISPOSITIVOS DE ALÍVIO DE PRESSÃO	11
5.2 VÁLVULAS DE OPERAÇÃO	15
5.3 DISPOSITIVOS DE BLOQUEIO DE EMERGÊNCIA	15
5.4 MEDIÇÃO DE QUANTIDADE DE CLORO	15
5.5 MEDIÇÃO DE PRESSÃO	15
5.6 TUBULAÇÕES	15
<b>6. CONTENÇÃO DE DERRAMAMENTOS</b>	<b>15</b>
6.1 PROJETO	15
6.2 ORDEM E LIMPEZA	16
6.3 ATENDIMENTO A EMERGÊNCIAS	16
<b>7. TRANSFERÊNCIA DO CLORO</b>	<b>16</b>
7.1 ESCOLHA DO MÉTODO DE TRANSFERÊNCIA	16
7.2 MÉTODOS DE TRANSFERÊNCIA	17
7.3 TRANSFERÊNCIA UTILIZANDO A PRESSÃO DE VAPOR	17
7.4 TRANSFERÊNCIA UTILIZANDO GÁS AUXILIAR DE PRESSURIZAÇÃO	17
7.5 TRANSFERÊNCIA POR BOMBEAMENTO	18

---

<b>8. COMISSIONAMENTO E MANUTENÇÃO</b>	<b>19</b>
8.1 INSPEÇÃO VISUAL E TESTE HIDROSTÁTICO INICIAL	19
8.2 INSPEÇÃO E DOCUMENTAÇÃO	19
8.3 PROCEDIMENTOS PARA OS TESTES E MANUTENÇÃO	20
8.4 PREPARAÇÃO PARA A ENTRADA EM OPERAÇÃO	23
<b>9. INSPEÇÃO E TESTES DOS ACESSÓRIOS</b>	<b>23</b>
9.1 DISPOSITIVOS DE ALÍVIO DE PRESSÃO	23
9.2 VÁLVULAS E TUBULAÇÃO INTERNA DO TANQUE	24
9.3 EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO DA QUANTIDADE DE CLORO NO TANQUE	24
9.4 SISTEMAS CRÍTICOS	24
<b>10. ARMAZENAMENTO DE CLORO LÍQUIDO REFRIGERADO</b>	<b>24</b>
10.1 ESCOLHA DO ARMAZENAMENTO SOB REFRIGERAÇÃO	24
10.2 DIFERENÇAS COM RELAÇÃO AO ARMAZENAMENTO NÃO REFRIGERADO	25
<b>11. REFERÊNCIAS</b>	<b>26</b>
11.1 PUBLICAÇÕES DO CHLORINE INSTITUTE	26
11.2 CÓDIGOS ASME	27
11.3 OUTROS CÓDIGOS	27
11.4 OUTRAS PUBLICAÇÕES DO CHLORINE INSTITUTE	28
11.5 OUTRAS PUBLICAÇÕES	28
<b>APÊNDICE – LISTA DE VERIFICAÇÃO (CHECKLIST)</b>	<b>29</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 ESCOPO

Este panfleto se aplica ao projeto, construção, localização, instalação e inspeção de sistemas de armazenamento de cloro líquido. As recomendações estão baseadas em armazenamento em tanques cilíndricos instalados na forma horizontal. Algumas recomendações neste panfleto podem ser aplicadas a pequenos tanques de processo instalados tanto na forma horizontal como vertical. Em certos casos, as medidas aplicadas, no sentido de atender requisitos regulamentares locais, podem ser diferentes das recomendações aqui contidas. As informações gerais sobre o manuseio seguro do cloro não estão inclusas aqui; os projetistas e responsáveis pelas operações destas instalações devem estar familiarizados com estas informações e devem consultar o fornecedor de cloro e documentos de referências aplicáveis.

É reconhecido que instalações de armazenamento construídas antes da publicação desta edição do panfleto podem estar operando com bastante sucesso sem estar incluindo todas as recomendações aqui contidas. Os responsáveis pela operação destas instalações devem avaliar as discrepâncias e validar aquelas que não representam riscos desproporcionais a uma operação segura e com a proteção do meio ambiente. A continuidade da operação, sem a adesão a todos os aspectos deste panfleto é aceitável quando:

- # A operação está ocorrendo com sucesso a longo tempo, e avaliações periódicas dos perigos mostram que os riscos para uma operação com segurança e para a proteção do meio ambiente são relativamente baixos;
- # O sistema não viola nenhum requisito contido em regulamentos e códigos.
- # As providencias são tomadas para que, no momento de planejamento de revisão ou substituição do projeto, as modificações no sistema incluam as recomendações desta edição do panfleto.

## 1.2 PROGRAMA DE GERENCIAMENTO DE PRODUTO DO CHLORINE INSTITUTE

O *Chlorine Institute, Inc.* (CI) existe para dar sustentabilidade para a indústria de cloro-álcalis e servir o público através do fomento de melhorias contínuas para a segurança e a proteção da saúde humana e do meio ambiente, associadas à produção, distribuição e uso do cloro, hidróxido de sódio, hidróxido de potássio e hipoclorito de sódio; e à distribuição e uso do cloreto de hidrogênio. Esta sustentabilidade é estendida para proporcionar uma atenção contínua à “*security*” (proteção contra violação da segurança) nas operações de manuseio do cloro.

Os associados do *Chlorine Institute* estão comprometidos com a adoção das iniciativas de gerenciamento de produtos e de segurança do *Chlorine Institute* incluindo a disponibilidade de panfletos, listas de verificação (*checklists*) e compartilhamento de informações sobre incidentes que podem ajudar os associados na realização de melhorias mensuráveis. Para maiores informações sobre o programa de gerenciamento de produto do *Chlorine Institute* visite website [www.chlorineinstitute.org](http://www.chlorineinstitute.org).

### 1.3 DEFINIÇÕES E ACRÔNIMOS

Neste panfleto os termos, abreviações e acrônimos têm o significado abaixo, exceto quando descrito de outra forma.

ANSI	<i>American National Standards Institute</i> Instituto Nacional de Padronização Americano
ASME	<i>American Society of Mechanical Engineers</i> Sociedade Americana de Engenheiros Mecânicos
ASTM	<i>ASTM International (anteriormente denominada: American Society for Testing and Materials)</i> ASTM Internacional (Sociedade Americana para Ensaios e Materiais)
CGA	<i>Compressed Gas Association</i> Associação do Gás Comprimido
Capacidade de Enchimento	É o peso de cloro que é carregado dentro de um recipiente de transporte ou armazenamento. Este peso não pode exceder a 125% do peso equivalente de água a 15,6°C que o recipiente (tanque ou cilindro) comportaria. Os termos “densidade de enchimento”, “capacidade de enchimento autorizada” e “limite de enchimento permitido” também são utilizados para expressar a quantidade máxima segura de cloro possível de ser colocada em um recipiente.
CI	<i>The Chlorine Institute, Inc</i> O Instituto do Cloro
Cloro	Cloro seco (na forma de gás ou líquido)
Clorosur	Associação Latino-Americana da Indústria de Cloro e Derivados
Código	Refere-se ao Código ASME (Referência 11.2)
DOT	<i>Department of Transportation</i> Departamento de Transporte dos Estados Unidos
ERW	<i>Electric-resistance welded</i> Soldagem elétrica
Instituto	O <i>Chlorine Institute, Inc.</i>
kPa	kiloPascal - Uma unidade de pressão do Sistema Internacional Nota sobre conversão de unidades: 1 atm = 101,3 kPa; 1 bar = 100 kPa; 1kgf/cm <sup>2</sup> = 98,07 kPa; 1 psi (lbf/in <sup>2</sup> ) = 6,894 kPa.
MPTA	Máxima pressão de trabalho autorizada no topo do vaso na temperatura coincidente projetada para esta pressão. Ver UG – 98 do Código.
OSHA	<i>Occupational Safety and Health Administration</i> Administração da Segurança no Trabalho e da Saúde Ocupacional
psia	<i>Pounds per square inch, absolute pressure</i> Libras por polegada quadrada, pressão absoluta.

<i>psig</i>	<i>Pounds per square inch, gauge pressure</i> Libras por polegada quadrada, pressão manométrica ou relativa.
Pressão de Estanqueidade ao Vapor	A pressão medida na entrada de uma válvula fechada ou a pressão a montante do dispositivo de pressão (válvula de segurança) na qual o fluxo do fluido não é detectado à jusante da sede.
Pressão Fixada	A pressão medida na entrada do dispositivo de alívio de pressão (válvula de segurança), que, se alcançada, aciona este dispositivo de alívio de pressão e inicia a descarga.
Pressão de Projeto	A condição mais severa de pressão e temperatura coincidentes esperada em uma operação normal. Ver UG-21 do Código.
Pressurização com Gás Auxiliar	A introdução de ar, nitrogênio ou cloro purificado, comprimido, seco e livre de óleo para aumentar a pressão do sistema. O ar ou o nitrogênio deve estar seco a um ponto de orvalho de –40°C ou abaixo, medidos na pressão de operação.
<i>Purga com Gás</i>	O uso de ar ou nitrogênio purificado, seco e livre de óleo para remover o cloro, umidade e outros contaminantes de um tanque ou sistema. O ar ou o nitrogênio deve estar seco a um ponto de orvalho de –40°C ou abaixo, medido na pressão de operação.
Sub-resfriamento	Condição na qual o líquido está resfriado abaixo da sua temperatura de expansão (flashing) na pressão aplicável.
t	Tonelada métrica. Unidade derivada de kg e corresponde a 1000 kg.
Tanques	Recipientes estacionários de armazenamento de cloro. São equipamentos que se enquadram na definição de vaso de pressão.
<i>TC</i>	<i>Transport Canada</i> Departamento de Transporte do Canadá
Teste Charpy “V” Notch	É um método para determinar a resistência dos materiais quando submetidos a certa carga de impacto. Com ele, se mede a energia absorvida pelo material durante a sua fratura.
ton	Tonelada curta (ou tonelada americana). Unidade derivada da libra e corresponde a duas mil libras (ou 907,8 kg).

#### 1.4 **DECLARAÇÃO DE ISENÇÃO DE RESPONSABILIDADE**

As informações contidas neste panfleto são provenientes de fontes tidas como confiáveis. O *Chlorine Institute* e a *Clorosur* e seus associados não se responsabilizam, individualmente ou coletivamente pelas informações ou sugestões de segurança aqui contidas. Além disso, não se deve presumir que todos os procedimentos de segurança estejam aqui incluídos, ou que circunstâncias especiais ou pouco usuais não venham a exigir procedimentos modificados ou adicionais.

O usuário deve estar ciente que as mudanças tecnológicas ou em regulamentações podem exigir mudanças nas recomendações aqui contidas. Cuidados apropriados devem ser tomados pelo usuário para assegurar que as informações utilizadas estão atualizadas.

Estas recomendações não devem ser confundidas com as regulamentações federais, estaduais, municipais, ou com códigos de segurança nacionais ou requisitos de instituições seguradoras.

## **1.5 REQUISITOS DOS REGULAMENTOS E DE COMPANHIAS DE SEGUROS**

A localização, capacidade, projeto, operação e manutenção de instalações de armazenamento de cloro podem estar sujeitas a regulamentos federais, estaduais e locais e a requisitos de companhias de seguros. Os responsáveis legais e os projetistas devem verificar que as instalações estão conformes com as exigências aplicáveis.

## **1.6 APROVAÇÃO**

A Equipe de Segurança, Saúde, Meio Ambiente e Proteção Contra Violações (Atentados) do Chlorine Institute aprovou a 8ª Edição deste panfleto em 17 de junho de 2011.

## **1.7 REVISÕES**

Sugestões para revisões desta tradução adaptada devem ser enviadas para a Clorosur. Sugestões para revisões no documento original devem ser enviadas para a Secretaria do *Chlorine Institute*.

### **1.7.1 Revisões Significativas na Presente Edição**

Foram realizadas algumas revisões de redação e consolidação nas Seções 2.3 e 2.4 do panfleto. Em complemento, referências a panfletos descontinuados do Chlorine Institute que estavam listados na Seção 11.1 foram removidos nesta edição deste panfleto.

## **1.8 REPRODUÇÃO**

O conteúdo da versão original deste panfleto não deve ser copiado para publicação, no seu todo ou em parte, sem a permissão do *Chlorine Institute*. A versão traduzida não pode ser reproduzida para publicação sem autorização da Clorosur.

## **2. CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO DE CLORO**

### **2.1 GERAL**

A capacidade de armazenamento de cloro líquido em tanques, nos locais de produção e consumo, deve ser a mínima possível. O número de tanques deve ser reduzido, de forma a atender as necessidades de operação, inspeções, armazenamento e transporte.

## 2.2 CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO

O total de cloro líquido armazenado é a soma da quantidade contida em tanques estacionários de armazenamento e nos tanques de transporte. O total da capacidade de armazenamento, e o número e tamanho dos tanques de armazenamento devem estar baseados no seguinte:

- A avaliação de risco do armazenamento.
- O benefício relativo do armazenamento estacionário *versus* a quantidade contida em equipamentos de transporte.
- No caso de transferências por batelada, há necessidade de pelo menos dois tanques no local de consumo para suprimento contínuo.
- A necessidade de retirada de serviço do tanque de cloro para as inspeções periódicas.
- O benefício relativo do tamanho do tanque *versus* a complexidade do sistema e o número de pontos de vazamentos inerentes a considerar no caso de múltiplos tanques ou múltiplos sistemas de transferências.
- A logística de transporte (tanques rodoviários, ferroviários, em barcaças).
- Os regulamentos que podem influenciar o tamanho e o número de tanques de armazenamento; nos Estados Unidos, por exemplo, a Guarda Costeira requer que o carregamento de cloro em barcaças seja realizado a partir de tanques de armazenamento estacionários costeiros. Idealmente, estes tanques devem ser suficientemente grandes para abastecer os tanques da barcaça. O objetivo desta medida é reduzir o número de operações de transferência para os tanques da barcaça.
- O tamanho do tanque de transporte. (Quando o tanque de armazenamento é projetado para receber e reter o conteúdo total de um tanque de transporte, a consideração a ser dada no dimensionamento do tanque estacionário é para que tenha um tamanho equivalente a 120 por cento do tamanho do tanque de transporte).
- Os métodos utilizados para o carregamento e descarregamento de um tanque de armazenamento. (Quando um tanque é utilizado para receber e fornecer o cloro em um modo semicontínuo, o tamanho deve estar baseado em um volume adequado que permita manter a quantidade de produto no tanque dentro dos limites de projeto).

## 2.3 CAPACIDADE DOS TANQUES DE TRANSPORTES RODOVIÁRIOS E FERROVIÁRIOS

Nos Estados Unidos, os tanques rodoviários habitualmente possuem capacidade de transporte de 14,5 a 20 toneladas métricas. No Brasil esta capacidade varia de 12 a 27 toneladas métricas.

Os tanques ferroviários, nos Estados Unidos, têm uma capacidade de transporte de 49,9 a 81,6 toneladas métricas. No Brasil, no momento, não ocorre o transporte ferroviário de cloro.

## **2.4 CAPACIDADE DOS TANQUES DE TRANSPORTES EM BARCAÇAS**

O principal tipo de barcaça utilizada nos Estados Unidos é a que realiza o transporte em águas interiores.

A maior parte das barcaças que operam no transporte fluvial é do tipo aberto com quatro tanques cilindros e independentes, sem isolamento térmico e que são montadas de forma longitudinal. A capacidade total de cada barcaça é de 997,9 toneladas métricas (249,5 t por tanque) ou 1.088,6 toneladas métricas (272,1 t por tanque).

No Brasil, o transporte de cloro em tanques, instalados em barcaças, não e empregado no momento.

## **2.5 UTILIZAÇÃO DE TANQUES DE TRANSPORTE COMO TANQUE DE ARMAZENAMENTO ESTACIONÁRIO**

Nos Estados Unidos, os tanques de transporte de cloro são construídos em conformidade com o código ASME e em conformidade com regulamentos da Guarda Costeira podem ser convertidos em tanques estacionários.

Os tanques ferroviários construídos segundo padrões do DOT não são vasos do padrão ASME. A conversão destes tanques para uso em armazenamentos estacionários não é recomendada. As conversões existentes precisam ser revistas para a substituição por tanques recomendados para esta utilização.

Embora não seja recomendado, a conversão de tanques ferroviários construídos segundo a especificação DOT 105J500W, nos Estados Unidos são aceitos para conversão em tanques estacionários e habitualmente são utilizados para armazenamento do cloro em fim de linha férrea.

Instalações permanentes de cloro em cilindros grandes não são aceitáveis porque eles não são equipamentos com válvulas de alívio de pressão (válvulas de segurança) e por não estarem em conformidade com o código ASME.

No Brasil os tanques estacionários de armazenamento de cloro devem atender os requisitos da versão atualizada da Norma Regulamentadora NR 13 (Caldeiras e Vasos de Pressão) da Portaria 3214 de 1977 do Ministério do Trabalho e Emprego.

## **3. LOCALIZAÇÃO DO TANQUE**

### **3.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE A LOCALIZAÇÃO**

Os tanques de armazenamento de cloro devem estar localizados em áreas separadas, claramente definidas como áreas que podem ser isoladas em casos de emergências e que são acessíveis ao pessoal que atua nestas situações. A área de armazenamento de cloro deve ser protegida através de barreiras, ou separada de outros processos ou materiais que podem danificar os tanques de armazenamento. É recomendável a adoção de uma separação consistente com a prática de prevenção de perda aceitável. A localização deve ser escolhida de modo a minimizar a possibilidade de corrosão externa e a possibilidade de sofrer danos por veículos, fogo ou explosão. A direção predominante dos ventos deve ser considerada para reduzir os impactos de um eventual vazamento de cloro.

Para ajudar na prevenção a danos nos tanques de armazenamento estacionários do cloro, estes devem estar localizados distante do limite da propriedade. Barreiras ao redor dos tanques de armazenamento devem ser consideradas, de modo a prevenir danos aos mesmos.

### **3.2 ILUMINAÇÃO**

Deve ser dada especial atenção à iluminação da área dos tanques de armazenamento. Mesmo no caso em que não ocorram operações noturnas, uma iluminação efetiva deve ser instalada como forma de auxiliar nas possíveis emergências noturnas. Os equipamentos apropriados para iluminação de emergência também precisam estar disponíveis para caso de falta de energia elétrica.

## **4. PROJETO E CONSTRUÇÃO DO TANQUE**

### **4.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE O PROCESSO**

#### **4.1.1 Volume**

As considerações sobre capacidade discutidas na Seção 2 estão estabelecidas em termos de toneladas métricas ou toneladas curtas de cloro líquido.

A densidade do cloro líquido diminui consideravelmente com o aumento da temperatura. Por este motivo, o volume do tanque de armazenamento deve ter um espaço livre adequado para a sua expansão volumétrica.

O volume do tanque de cloro deve ser de pelo menos 0,801 m<sup>3</sup> para cada tonelada métrica de cloro armazenado (equivalente a 192,2 galões americanos para cada tonelada curta de cloro armazenado). Isto corresponde à sua “capacidade de enchimento”, seja a quantidade limite (toneladas) que é permitida em relação ao seu volume geométrico. Um tanque nunca deve conter quantidade de cloro maior que este limite. Utilizando estas orientações, um tanque que está provido de um dispositivo de alívio (válvula de segurança) fixado para abrir com 1.551 kPa (225 psig), e autorizado para aquecer a temperatura de 50°C (122°F), não aliviará, e estará com 95% de volume líquido aproximadamente.

#### **4.1.2 Pressão**

A pressão de projeto do tanque deve ser de pelo menos 120 por cento da máxima pressão de operação esperada e em todos os casos, não inferior a 1.551 kPa (225 psig). Se o ar ou gás inerte de pressurização auxiliar for empregado é preciso considerar o aumento de pressão que pode ser desenvolvido a partir disto.

Para instalações pequenas ou para qualquer situação em que um tanque permaneça sem uso por longo período de tempo, a devida atenção deve ser dada para uma pressão de projeto de 2.585 kPa (375 psig). A pressão de projeto mais elevada permitirá que um tanque cheio e pressurizado com gás auxiliar permaneça isolado (sem uso) conforme o Desenho 201 do *Chlorine Institute*. Ver Referência 11.1.

Todos os tanques devem ser considerados para vácuo total.

## **4.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE A PARTE MECÂNICA**

### **4.2.1 Geral**

Exceto quando anotado de forma específica, os tanques devem ser projetados, construídos, inspecionados, testados e marcados conforme as partes UW e UCS do Código. A construção deve ser de tal forma que a pressão de trabalho máxima autorizada seja limitada pelo costado ou calota e não pelas partes menores do tanque. Todas as costuras longitudinais e circunferenciais devem estar localizadas em aberturas livres dos bocais e seus reforços.

Todos os tanques de armazenamento de cloro devem ser fabricados com materiais apropriados, em conformidade com o Código ASME. Com exceção das juntas dos bocais no tanque, todas as outras juntas devem ser juntas de topo duplamente soldadas (ou equivalente), e devem ser 100% radiografadas, em conformidade com a Seção V do Código (Ver Referência 11.2.1). A solda das juntas ligando os bocais ao tanque deve empregar soldagem de penetração completa através de toda a extensão e espessura da parede do tanque ou parede dos bocais. A solda ERW de costura do tubo ERW, se empregada para os bocais, deve ser totalmente radiografada. O tanque deve então ser tratado por aquecimento, como descrito na Seção 4.2.4. Com exceção das soldas longitudinais, os bocais iguais ou menores que 10 polegadas podem ser testados pelo método ultrassom, ao invés da radiografia, conforme a Seção V do Código.

### **4.2.2 Especificação de Materiais**

Os tanques novos, incluindo as tampas da boca de visita, devem ser fabricados com aço carbono em conformidade com a edição atualizada da Especificação ASTM A516, Grau 70 ou da Especificação ASTM A612, Grau B para condições de serviço não inferiores a  $-40^{\circ}\text{C}$ . O material das chapas dos tanques, consumíveis e amostras de chapas soldadas deve atender os requisitos do teste *Charpy "V" Notch* da edição atualizada da ASTM A20, na temperatura mínima de  $-40^{\circ}\text{C}$ .

### **4.2.3 Espessura**

A espessura da parede dos tanques deve ser no mínimo, 3.18 mm (1/8 de polegada) maior que a requerida pela fórmula de projeto do Código, para tolerância devido à corrosão.

### **4.2.4 Tratamento de Aquecimento Após Soldagem (TAAP)**

Os tanques fabricados devem ser submetidos a tratamento de aquecimento após soldagens. O procedimento deve atender os requisitos da edição atualizada do Código. Em complemento, a temperatura máxima no processo de aquecimento TAAP não deve exceder  $677^{\circ}\text{C}$ .

## **4.3 CORROSÃO EXTERNA**

A corrosão externa devido à condensação da umidade pode ser um problema sério. O projeto do tanque deve considerar a minimização de coleta da umidade condensada. Deve ser dada especial atenção à área ao redor dos suportes e bocais.

#### **4.4 SUPORTES**

A prática industrial comum é a instalação de tanques na posição horizontal sustentados por dois suportes tipo “sela”. O projeto destes suportes deve satisfazer os requisitos do Código ASME. Estes suportes devem ser projetados e espaçados de modo a prevenir a tensão excessiva no costado do tanque. Quando os abalos sísmicos são uma preocupação local, o projeto deve prever que a estrutura do tanque, bocais, suportes do tanque, fundações, tubulações e outros suportes associados mantenham a ductibilidade apropriada no sistema sob a ação de forças externas, prevenindo assim os vazamentos.

O projeto dos suportes deve reduzir a possibilidade de acumulação de umidade entre o tanque e os seus suportes. Medidas precisam ser tomadas para possibilitar a contração e expansão térmica do tanque. Restrições adequadas devem ser adotadas para reduzir a elevação e movimentação lateral do tanque resultantes de transbordos, explosão, terremoto, etc. Quando são empregados dois suportes do tipo “sela”, especial atenção deve ser dada para evitar o mau alinhamento, expansão, fixação diferencial e acumulação de umidade.

Quando falhas dos elementos de pesagem ou na balança instalados sob o tanque de armazenamento podem conduzir a queda do tanque, pilares de segurança devem ser providenciados (Ver Seção 5.6). Esses pilares devem acomodar a movimentação normal do tanque durante as operações de transferência do produto e não interferir com a função da balança ou outros elementos de pesagem do tanque.

#### **4.5 ISOLAMENTO E PINTURA**

O isolamento térmico dos tanques não é requerido; entretanto, ele pode ser útil para reduzir os efeitos das temperaturas muito altas ou muito baixas. Quando utilizado o isolamento do tanque, ele deve ser construído com material resistente ao cloro e ao fogo. Para prevenir a corrosão do costado, os tanques isolados devem ser submetidos a uma pintura externa apropriada. O lado externo da camada de isolamento deve ser selado e resistente às mudanças climáticas. Os tanques não isolados devem ter uma superfície reflexiva (branca) mantida em boas condições.

#### **4.6 ORIFÍCIOS NO TANQUE**

Em geral, os orifícios no tanque devem estar no seu topo com bocais com flanges. O tamanho do flange deve ser, no mínimo, de uma polegada. As válvulas de bloqueio devem ser consideradas para todas as aberturas. Uma boca de visita com diâmetro interno, de no mínimo 18 polegadas deve ser incluída.

Em alguns casos especiais, a colocação de bocais nas laterais e no fundo do tanque pode ser considerada apropriada. Nestas situações especiais, a possibilidade de vazamentos de cloro, deve ser motivo de particular atenção, tanto durante o projeto, como na operação do sistema. Quando as aberturas empregadas não estão no topo do tanque é preciso levar em conta o emprego de medidas de proteção para estes bocais, por exemplo, válvulas de bloqueio com operação à distância, barreiras de isolamento da área, procedimentos de inspeção e manutenção e suportes especiais para os tanques.

## 5. ACESSÓRIOS DO TANQUE

### 5.1 DISPOSITIVOS DE ALÍVIO DE PRESSÃO

#### 5.1.1 Geral

Todos os tanques de armazenamento inclusos no escopo de panfleto devem ser protegidos contra a pressão excessiva, em conformidade com o Código. No Brasil, também em conformidade com a Norma Regulamentadora – NR 13 (Caldeiras e Vasos de Pressão) da Portaria 3214 de 1977 do Ministério do Trabalho e Emprego. Para assegurar a operação contínua, todos os tanques de armazenamento devem estar equipados com dois dispositivos de alívio de pressão (válvulas de segurança). Cada um destes dispositivos deve ser dimensionado para possibilitar o alívio total necessário. (Para grandes tanques de armazenamento ao ar livre podem ser necessários diversos dispositivos de alívio para permitir o alívio adequado). A tubulação deve ter um traçado de modo que um dos dispositivos proporcione a proteção do tanque. Isto pode ser realizado empregando-se válvula de três vias ou um conjunto de válvulas mecanicamente ligadas. As válvulas instaladas entre o tanque e os dispositivos de alívio de pressão devem ter uma área de orifício que seja, no mínimo, igual à área de entrada do dispositivo de alívio de pressão.

Nos Estados Unidos os regulamentos locais podem exigir que os dispositivos de alívio de pressão possuam certificação ASME. No Brasil, os requisitos da NR-13, acima citada, precisam ser atendidos. Ver as recomendações sobre dispositivos de alívio de pressão no Panfleto 6 do *Chlorine Institute* (Referência 11.1). Quando for requerido um conjunto de pinos de segurança ou um disco de ruptura na entrada da válvula de alívio de pressão selecionada, é preciso então que o espaço do tubo entre o conjunto de pinos de segurança ou disco de ruptura e a válvula esteja equipado com um indicador de pressão ou outro instrumento apropriado (por exemplo; alarme de pressão). Esta montagem permite a detecção de quebra do pino ou disco, ou vazamento no diafragma.

# Com relação aos coletores de saída dos dispositivos de alívio de pressão é preciso atenção. Alguns aspectos a serem observados são os seguintes:

- Os dispositivos de alívio de pressão que não liberam o produto para a atmosfera devem ser projetados para assegurar que o sistema de exaustão (degasagem) não impeça o fluxo exaurido.
- O potencial de corrosão no lado da saída do dispositivo que não libera o produto para a atmosfera deve ser levado em conta.

# Quando o produto liberado na descarga da válvula não é coletado, as medidas apropriadas precisam ser tomadas para reduzir a possibilidade de emissões para a atmosfera. As medidas devem incluir:

- Uma avaliação da probabilidade da pressão alcançar a pressão fixada para acionamento do dispositivo de alívio da pressão.
- Sistemas projetados para prevenir o enchimento excessivo e para monitorar a pressão.

- Um meio para a redução da pressão que evite o acionamento do dispositivo de alívio de pressão e, conseqüente liberação para a atmosfera.

### 5.1.2 Capacidade de Fluxo

Para a determinação do fluxo mínimo requerido pelo sistema de alívio da pressão, são diversos os fatores precisam ser considerados no projeto. O cenário mais conservador e tecnicamente viável para o tanque deve ser considerado quando da determinação de critério do dimensionamento da válvula. Os cenários e os fatores a considerar para este dimensionamento incluem:

- A proporção (fluxo) volumétrica de enchimento do tanque, incluindo o enchimento acidental, causado pelos fluxos reversos.
- A forma de montagem da tubulação do dispositivo de alívio de pressão e a possibilidade de uma descarga simultânea em um sistema único de coleta.
- O isolamento térmico do tanque.
- A proximidade do tanque com fontes de combustão e em conseqüência de um incêndio.
- A fonte de calor interna e externa (por exemplo, a traçagem com vapor, isolamentos térmicos).
- Reações químicas.
- Requisitos de companhia de seguros.
- Os regulamentos ou requisitos específicos da empresa.
- A expansão térmica do líquido.
- A redução da vazão de saída do tanque.
- A mudança na composição.
- Possíveis variações significativas momentâneas das condições de processo.

No projeto devem-se levar em conta todos os aspectos e as boas práticas de engenharia para selecionar um cenário adequado para os cálculos da capacidade de vazão apropriada. No caso em que, de uma forma razoável, a possibilidade de um incêndio não possa, ser descartada, a hipótese precisa ser considerado na a avaliação.

As formulas a seguir, para a avaliação do dimensionamento do dispositivo de alívio de pressão e para o fluxo mínimo, em um cenário de incêndio, foram extraídas do Panfleto CGA S-1.3, Parte 3 (Ver Referência 11.5).

## # Tanque sem isolamento térmico

A capacidade de fluxo mínima requerida para o dispositivo de alívio de pressão (válvula de segurança) deve ser calculada pela fórmula:

$$Q_a = 0,3 G_u A^{0,82}$$

sendo:

$Q_a$  = Capacidade de fluxo requerido em pés cúbicos por minuto de ar, nas condições padronizadas de 60°F e 1 atmosfera.

$G_u$  = Fator para o gás em recipiente sem isolamento térmico; ver abaixo.

$A$  = A superfície total exterior do recipiente em pés quadrados.

No fator 0,3 ou 30% na fórmula acima é assumido que o tanque de armazenamento está suficientemente protegido de um possível envolvimento pelo fogo ou que está equipado com um adequado sistema de resfriamento do tanque (*splinkers*) ou um sistema de extinção de incêndio.

## # Tanque com isolamento térmico

Quando o sistema completo de isolamento térmico pode se mostrar efetivo 1.200°F, a capacidade de fluxo mínimo requerido para os dispositivos de alívio de pressão deve ser calculada pela seguinte fórmula:

$$Q_a = 0,3 G_i U A^{0,82}$$

sendo:

$Q_a$  = Capacidade de fluxo requerido, em pés cúbicos por minuto de ar nas condições padronizadas 60°F e 1 atmosfera.

$G_i$  = Fator para o gás em recipiente com isolamento térmico; ver abaixo.

$A$  = A superfície total exterior do recipiente em pés quadrados.

$U$  = A condutância térmica total do material de isolamento térmico do recipiente a 1.200°F, Btu/h-ft<sup>2</sup>-F.

Condutância térmica = a condutividade térmica em Btu.in/ h. ft<sup>2</sup> .°F dividida pela espessura do isolamento em polegadas.

# Valores para  $G_u$  e  $G_i$ 

Para o cloro, na pressão de projeto de 225 psig, com uma correspondente pressão no fluxo da válvula de 270 psig, o valor de  $G_i$  é 6,7 e o valor de  $G_u$  é de 54,3 (conforme Tabela 1 da Referência 11.5).

Quando as pressões no fluxo são menores que 270 psig, os valores de  $G_i$  e  $G_u$  estão na margem de segurança e os valores podem ser empregados como mostrado acima, ou calculados como indicado abaixo. Para pressões de fluxo acima daquela do que foi mostrado, o valor de  $G_i$  e  $G_u$  deve ser calculado pelas fórmulas a seguir:

$$G_u = \frac{633.000}{LC} \left( \frac{ZT}{M} \right)^{1/2}$$

$$G_i = \frac{73,4 \times (1200 - t)}{LC} \left( \frac{ZT}{M} \right)^{1/2}$$

sendo:

$L$  = Calor latente nas condições de fluxo em Btu por libra.

$C$  = Constante para o gás ou vapor relacionado com a razão dos calores específicos ( $K = C_p/C_v$ ) a 60°F e 14,7 psia (conforme Tabela 4 da Referência 11.4.1).

$Z$  = Fator de compressibilidade nas condições de fluxo

$T$  = Temperatura em °R (Ranquine) de gás na pressão e nas condições de fluxo ( $t + 460$ ).

$M$  = Peso molecular do gás.

$t$  = Temperatura do gás em °F na pressão e condições de fluxo.

Quando o fator de compressibilidade “Z” não for conhecido, o valor seguro a ser utilizado para “Z” é 1,0. Quando a constante do gás “C” não for conhecida, o valor seguro de “C” a ser utilizado é 315.

## **5.2 VÁLVULAS DA OPERAÇÃO**

As válvulas devem ser compatíveis para o serviço com cloro nas mais diferentes combinações de temperatura e pressão esperadas. As válvulas montadas diretamente nos bocais do tanque devem ter um tipo de configuração de corpo com flanges, no mínimo, da classe 300 ANSI. Ver Referência 11.1.

## **5.3 DISPOSITIVOS DE BLOQUEIO DE EMERGÊNCIA**

Para prevenir a perda do conteúdo em caso de ruptura de linha, dispositivos (válvulas) de bloqueio de emergência de linha precisam ser considerados.

## **5.4 MEDIÇÃO DA QUANTIDADE DE CLORO**

O enchimento excessivo do tanque pode resultar em pressão hidrostática excessiva e conseqüente perda de cloro através do dispositivo de alívio de pressão (válvula de segurança). Os meios confiáveis devem ser providenciados para determinar a quantidade de cloro no tanque a qualquer momento. Os dispositivos de medição do peso são preferidos para este propósito porque eles são confiáveis, não sendo afetados pela mudança de densidade e por não exigirem um orifício adicional no tanque. Os dispositivos de medição por peso podem ser requeridos por regulamentos governamentais federais, estaduais ou locais. Quando indicadores de níveis são empregados, a redundância na medição é requerida para assegurar a confiabilidade. Medidores (indicadores) de vidro não devem ser utilizados.

## **5.5 MEDIÇÃO DE PRESSÃO**

Um dispositivo para a medição de pressão, que deve estar isolado do tanque por uma válvula de bloqueio, deve estar instalado em todos os tanques de armazenamento.

## **5.6 TUBULAÇÃO**

Para a obtenção de recomendações gerais sobre tubulação, consultar o ASME, B 31.3 (Referência 11.2.4) e o Panfleto 6 do *Chlorine Institute* (Referência 11.1). Os suportes das tubulações dos tanques de armazenamento devem ser projetados para fornecer a flexibilidade requerida que permitam a operação efetiva dos dispositivos de pesagem, e para evitar a ruptura do tubo e a eventual falha de queda do tanque no seu suporte primário, como descrito na Seção 4.4. As forças como aquelas da expansão térmica, impactos sísmicos e hidráulicos devem ser consideradas.

## **6. CONTENÇÃO DE DERRAMAMENTOS**

### **6.1 PROJETO**

Todo novo tanque de armazenamento de cloro deve ser instalado em uma área com dique de contenção. A área do dique deve possuir um declive que conduza o produto a um poço. Procedimentos específicos são necessários para a remoção de água de chuva do dique. O projeto do dique, incluindo o poço, deve permitir a contenção de um volume equivalente a 110% da capacidade de armazenamento do maior tanque instalado na área deste dique; deste modo uma área excedente de superfície para evaporação é disponibilizada. É preciso

assinalar que o dique, sozinho, não fornece uma contenção completa devido à alta pressão de vapor do cloro. Procedimentos de emergência precisam ser desenvolvidos para a recuperação do cloro derramado.

Em muitas instalações existentes com tanques de armazenamento, os diques de contenção não foram construídos com base em dados históricos que validam a confiabilidade dos tanques de armazenamento. Estas instalações devem ser consideradas para análise de melhorias, com base nas análises de risco e logística. Quando não for praticável a realização de melhorias, a mitigação relacionada aos derramamentos deve estar inclusa nos planos de emergência da planta.

A severidade de um vazamento/derramamento é reduzida pela redução da pressão do sistema. Neste sentido é importante ter um meio para aliviar a pressão do gás do tanque, como um sistema de absorção do cloro gasoso do processo nas instalações em que há armazenamento de cloro, ou de um tanque a baixa pressão. Algumas instalações possuem um tanque à baixa pressão, o que permite, em emergências, a redução da pressão nas tubulações de líquido ou dos tanques pressurizados.

## **6.2 ORDEM E LIMPEZA**

A área do armazenamento de cloro líquido, incluindo as áreas ao redor dos tanques, a área do dique de contenção, deve ser projetada de modo a ter acessos livres para emergências e também para permitir a boa ordem e limpeza do local (*housekeeping*). A área sob e ao redor dos tanques de armazenamento deve permanecer livre de escombros, materiais e vegetação.

## **6.3 ATENDIMENTO A EMERGÊNCIAS**

Os responsáveis pelas instalações de cloro precisam desenvolver um plano de atendimento a emergências. O Panfleto 64 do *Chlorine Institute* (Referência 11.1) trata sobre o assunto.

## **7. TRANSFERÊNCIA DO CLORO**

### **7.1 ESCOLHA DO MÉTODO DE TRANSFERÊNCIA**

A escolha do método apropriado de transferência de cloro líquido de tanques de armazenamento deve levar em conta a segurança, o processo e os aspectos ambientais durante a operação normal, partida e parada e as situações de emergência. Um exame destas considerações normalmente determinará uma escolha final ou uma combinação de métodos de transferência.

Em complemento ao método principal de transferência deve ser considerada a implantação de métodos redundantes de remoção de líquido, como por exemplo, um tubo imerso (tubo pescante) reserva.

**PRECAUÇÃO:** O esvaziamento de um tanque por vaporização do líquido a baixa temperatura pode aumentar a concentração do tricloreto de nitrogênio ( $\text{NCl}_3$ ) que podem atingir condições perigosas. Ver Referência 11.4.

## **7.2 MÉTODOS DE TRANSFERÊNCIA**

Os métodos de transferência de cloro envolvem uma das situações a seguir ou uma combinação delas:

- # O emprego da pressão de vapor no tanque de armazenamento para a saída do cloro líquido por um tubo pescante.
- # A pressurização do tanque de armazenamento de cloro com um gás seco comprimido (por exemplo, ar, nitrogênio ou cloro).
- # A transferência do cloro líquido para um tanque separado e, na seqüência, a transferência do cloro deste segundo tanque utilizando uma bomba especialmente projetada para cloro líquido.
- # Um caso especial de sucção lateral ou pelo fundo do tanque através de uma bomba especialmente projetada para o cloro líquido (Ver Seção 4.6).
- # A utilização de uma bomba submersa especialmente projetada para cloro líquido, instalada (pela abertura do topo) no interior do tanque de armazenamento de cloro líquido.

## **7.3 TRANSFERÊNCIA UTILIZANDO A PRESSÃO DE VAPOR**

Para algumas aplicações, a pressão de vapor do cloro líquido em um tanque de armazenamento é suficiente para a transferência do cloro líquido através do tubo pescante para os pontos a serem abastecidos.

As vantagens deste método de transferência são a de permitir a transferência do cloro para processos que não toleram a presença de ar ou nitrogênio (utilizados em outros métodos de transferência) sem correr risco de contaminação, e a possibilidade de recuperação do vapor para uso na forma de gás ou para re-liquefação.

Um problema que pode surgir com o uso deste método é que a pressão de vapor pode ser insuficiente para a transferência. Isto pode ocorrer devido às baixas temperaturas nos meses de inverno em instalações ao ar livre. Ver Panfleto 1 do *Chlorine Institute* (Referência 11.1).

## **7.4 TRANSFERÊNCIA UTILIZANDO GÁS AUXILIAR DE PRESSURIZAÇÃO**

O gás auxiliar de pressurização é um dos métodos mais empregados nos tanques de armazenamento de cloro para transferir o cloro líquido através de um tubo pescante. O gás empregado, precisa estar seco, livre de óleo e não ser reativo com o cloro. Com este método, os gases tipicamente utilizados são o ar, o nitrogênio e o cloro gás. A solubilidade do gás auxiliar de pressurização no cloro líquido, e o envio do gás auxiliar para o processo, junto com o cloro líquido, devem ser considerados.

O nitrogênio comprimido pode ser obtido a partir de uma unidade de evaporação de nitrogênio líquido disponíveis no mercado. O ar é normalmente fornecido por um sistema de compressão e secagem, que deve fornecer o volume adequado a uma pressão acima da pressão do tanque de cloro. Para o gás de pressurização auxiliar, um sistema independente e separado de ar ou nitrogênio precisa ser considerado. Isto reduzirá a possibilidade de retorno de cloro

para sistemas de nitrogênio ou ar gerais (especialmente para sistemas de ar de instrumentação). Quando o sistema de gás de pressurização não é independente, dispositivos automáticos de prevenção do fluxo reverso, incluindo, válvulas de retenção, alarmes de pressão alta e baixa, precisam ser empregados para prevenir o retorno de cloro na instalação de gás auxiliar. Os materiais de construção empregados no sistema de fornecimento de gás auxiliar de pressurização precisam ser avaliados quanto à estabilidade com o cloro.

O gás cloro é empregado, algumas vezes, como gás auxiliar de pressurização em tanques de armazenamento de cloro líquido. O gás cloro é fornecido por uma recompressão de vapores de cloro de outros tanques de armazenamento, ou através de vaporização de cloro líquido. Com relação ao cloro gás recomprimido é preciso tomar cuidado quanto a sua origem no processo; eles podem conter contaminantes (hidrogênio, umidade, orgânicos) que não devem se acumular no sistema de armazenamento. É preciso observar também, que na introdução do gás cloro em um tanque contendo cloro líquido leva a uma condensação parcial deste gás. Precauções extras devem ser tomadas para prevenir o enchimento excessivo do tanque.

## **7.5 TRANSFERÊNCIA POR BOMBEAMENTO**

Quando o uso de bomba vertical interna, ou bomba externa for o processo de transferência escolhido, os seguintes aspectos devem ser observados:

- # O requisito de vazão mínima da bomba deve ser fornecido pela reciclagem.
- # O NPSH (*net positive suction head*) disponível deve exceder os requisitos de NPSH para todas as condições de operação.
- # O sistema de bombeamento deve incluir alarmes para quantidades alta e baixa de produto no tanque de suprimento e alarme de pressão baixa na descarga da bomba.
- # A bomba deve ter um sistema de intertravamento para seu desligamento em caso de nível baixo de produto no tanque de suprimento ou pressão baixa na descarga da bomba.
- # Os materiais de construção da bomba devem ser compatíveis com o cloro líquido seco para todas as temperaturas esperadas.
- # Se o NPSH da bomba é fornecido pelo sub-resfriamento, os tanques precisam estar termicamente isolados.
- # Em uma instalação com bomba submersa, o gás da selagem deve ser seco, livre de óleo e inerte com o cloro. A câmara de selagem deve ser, no mínimo, do tipo de engaxetamento duplo, com pressão do gás de 68,94 kPa (10 psig) superior à pressão do tanque. Deve ser considerado um sistema de gás de selagem reserva para o caso de falha do sistema principal.
- # Atenção especial deve ser dada para a montagem da bomba, a sua construção, e a ligação da força motriz.
- # Devem ser estabelecidos meios alternativos para o esvaziamento do tanque para a manutenção de rotina e desligamento de emergência.

- # Devem ser considerados sistemas de intertravamentos para o desligamento da bomba em caso de temperaturas elevadas.
- # Para bombas sem selagem, cuidados devem ser tomados na escolha dos rolamentos e fluxo interno. O cloro possui a propriedade de lubrificação mínima e a expansão (*flashing*) interna é indesejável.
- # Atenção especial deve ser dada à escolha de materiais, particularmente para as partes com potencial de desgaste ou partes em que a temperatura excessiva pode se desenvolver.

## **8. COMISSIONAMENTO E MANUTENÇÃO**

### **8.1 INSPEÇÃO VISUAL E TESTE HIDROSTÁTICO INICIAL**

As novas instalações devem ser testadas e estar em conformidade com o Código nacional e códigos locais, e na ausência destes, com as boas práticas de engenharia. Antes de ser testado, o novo tanque deve ser objeto de remoção de carepas (camadas de ferrugem) e de graxas; ele deve estar limpo e seco. Quando do seu recebimento, no local de uso, o interior e exterior do tanque devem ser inspecionados para constatação de eventuais danos físicos durante o transporte, ou outras anormalidades.

Teste complementar de pressão, no campo, deve ser considerado com base na experiência do responsável técnico pelo projeto da instalação. Os procedimentos de secagem e manutenção da Seção 8.3 devem ser seguidos.

### **8.2 INSPEÇÃO E DOCUMENTAÇÃO**

O armazenamento seguro de cloro requer inspeção sistemática, documentação e manutenção, de modo que os defeitos possam ser detectados e corrigidos, antes que eles conduzam a uma situação de emergência. Todos os requisitos governamentais federais, estaduais e locais devem ser atendidos, bem como aqueles das companhias de seguros; Em complemento, as práticas de inspeção e manutenção discutidas abaixo são recomendadas como um mínimo.

Quando os registros indicarem uma ocorrência que possa ter conduzido à entrada excessiva de umidade no tanque, o mesmo deve ser esvaziado e uma inspeção interna deve ser conduzida. O Panfleto 100 do *Chlorine Institute* (Referência 11.1) contém orientações para a determinação de concentrações elevadas de umidade.

#### **8.2.1 Inspeção Visual Externa**

O tanque deve ser submetido, a cada dois anos, a uma inspeção externa de verificação de corrosão e sinais de vazamentos. Particular atenção deve ser dada às soldas dos bocais. A remoção de partes do isolamento térmico é sugerida para as áreas vulneráveis como a dos bocais e a do fundo do tanque.

### 8.2.2 Inspeção Externa com o Tanque em Serviço

A espessura do tanque deve, a cada dois anos, ser medida em áreas pré-definidas, e registrada.

### 8.2.3 Inspeção com o Tanque Fora de Serviço

No Brasil a inspeção de tanques de cloro deve atender requisitos da Norma Regulamentadora – NR 13 (Caldeiras e Vasos de Pressão) da Portaria 3214 de 1977 do Ministério do Trabalho e Emprego. NR-13. O *Chlorine Institute* recomenda a inspeção regular não deve exceder o intervalo de seis anos. O interior dos tanques deve ser inspecionado visualmente; também a espessura da parede deve ser verificada. A inspeção e a medição de espessura precisam ser registradas. O tanque deve ser inspecionado por um inspetor qualificado de vasos de pressão. Nesta inspeção, os registros detalhados são necessários. O procedimento de análise e avaliação dos registros poderá orientar o ajuste na frequência mínima de inspeção que deve ser aplicada.

O interior do tanque deve ser inspecionado com relação à sujeira, corrosão generalizada e *pitting* (pequenas covas devido à corrosão), especialmente nas soldas. As superfícies irregulares podem ser mais claramente identificadas com a utilização do raio de luz de uma apropriada lanterna elétrica direcionada de forma paralela à superfície inspecionada.

Se *pitting* ou corrosão generalizada for encontrada na parede do tanque (com extensão e/ou profundidade) maior que a tolerada, os reparos devem ser feitos e avaliados antes do tanque ser colocado novamente em serviço.

No Brasil a realização de teste hidrostático, ou exames alternativos, devem ser realizados segundo a Norma Regulamentadora – 13, acima citada. Nos Estados Unidos é a política da empresa que define se o teste hidrostático deve ser realizado como parte da inspeção de um tanque fora de serviço.

## 8.3 **PROCEDIMENTOS PARA OS TESTES E MANUTENÇÃO**

Procedimentos escritos detalhados devem ser preparados pela empresa para todas as etapas, incluindo a limpeza, lavagem, testes, reparos e *recommissioning* (tarefas necessárias para a colocação em serviço do tanque). As seções a seguir visam auxiliar a preparação destes procedimentos. O responsável técnico pela instalação deve também conhecer e seguir a legislação aplicável à segurança e saúde do trabalhador e à proteção do meio ambiente.

### 8.3.1 Preparação para a Lavagem com Água ou para o Teste Hidrostático

Todo cloro líquido deve ser transferido para um tanque de processo ou outro tipo de armazenamento apropriado. Na seqüência, o cloro gás remanescente deve ser extraído do tanque. Para isto:

- # Deve ser conectada uma linha da alimentação do gás seco de limpeza no tanque, e
- # O gás de limpeza deve ser passado pelo tanque, com o envio do efluente contendo cloro para um sistema de absorção ou de neutralização.

A configuração da conexão de entrada do gás de limpeza e do ponto de saída do efluente gasoso deve ser apropriada para possibilitar que o cloro residual, do tanque, seja completamente eliminado do tanque. A utilização de pressão cíclica pode ser uma alternativa. O procedimento deve assegurar que todas as tubulações e válvulas que serão submetidas à manutenção sejam limpas. Durante o procedimento de limpeza, o fluxo de efluente que sai do tanque deve ser periodicamente testado até que ele esteja livre de cloro. Quando isto ocorrer, o gás de limpeza deve ser fechado para possibilitar que o tanque alcance a pressão atmosférica.

Se o tanque estiver montado sobre um dispositivo de pesagem é conveniente calibrá-lo quando o tanque estiver completamente vazio.

Os procedimentos de segurança apropriados devem ser desenvolvidos e implementados antes da desconexão dos tubos ou instrumentos que contém ou possam conter cloro. Ver Seção 8.3.3 sobre recomendações para a entrada no tanque.

A seguinte preparação do tanque é necessária para a realização do teste hidrostático:

- # A linha do gás de limpeza deve ser removida, e deve ser conectada a linha de água em uma ou mais aberturas do tanque.
- # Se o tanque está equipado com um bocal de fundo, uma válvula deve ser conectada com um tubo temporário nesta abertura com o direcionamento do efluente para a instalação de neutralização.
- # Nos outros casos, um tubo de transbordamento temporário deve ser conectado no topo do tanque. Este tubo de transbordamento deve incluir uma válvula. A saída do tubo de transbordamento deve ser direcionada para uma instalação de neutralização, de modo que a água fique livre do cloro residual. Em certos casos pode ser necessário o emprego de soluções químicas de absorção e/ou neutralização, e recipientes e aparelhos de medição apropriados.

Um manômetro adequado e calibrado para o teste hidrostático deve ser instalado. Todos os outros tubos e instrumentos devem ser removidos do tanque e flanges cegos devem ser instalados nos bocais. Os tubos, válvulas e instrumentos removidos do tanque, devem ser protegidos da atmosfera de modo a não absorverem a umidade.

Na seqüência, o tanque deve ser cheio com água o mais rapidamente possível. O processo de enchimento não deve ser interrompido, e o tanque não deve ficar cheio apenas parcialmente, pois a corrosão seletiva poderá ocorrer na interface do líquido. Deve ser permitido que a água transborde por um período de tempo para assegurar que todo o gás saia do tanque e que a água esteja livre de cloro. Se o tanque está extremamente sujo, ou se há suspeita que há resíduos, pode ser vantajoso empregar uma solução fraca de soda cáustica que deve ser introduzida no tanque junto com a água.

Quando o objetivo da preparação do tanque é para sua lavagem, sem a realização do teste hidrostático é possível colocar raquetes cegas entre os flanges dos bocais e de instrumentos e tubulações neles conectadas, ao invés de removê-las. Normalmente isto é menos trabalhoso e a tubulação e válvulas são menos expostos à umidade da atmosfera.

### 8.3.2 Procedimento do Teste Hidrostático

Quando o tanque estiver cheio de água e livre de gás, o fluxo de entrada de água e a válvula do tubo de transbordamento devêm ser fechados no tanque. A linha de água deve ser desconcertada e deve ser instalada a bomba do teste hidrostático. A pressão hidrostática deve ser aplicada até que a pressão máxima de trabalho autorizado (PMTA), marcada (estampada) no tanque, seja atingida. Em certos casos, conforme seja a política da empresa ou os requisitos de códigos e regulamentos locais, a pressão equivalente a 1½ vez a pressão máxima de trabalho autorizada pode ser aplicada. Todas as válvulas devem ser fechadas e deixando o tanque em repouso. A perda de pressão indicada no manômetro deve ser negligenciável após 30 minutos; qualquer perda de pressão significativa no tanque indica a fragilidade do tanque ou a presença de vazamentos.

Se o tanque estiver montado em um dispositivo de pesagem, é conveniente calibrar este dispositivo quando o tanque estiver cheio com água.

### 8.3.3 Entrada no Tanque

A entrada de pessoas no tanque pode ser necessária para propósitos de inspeção. Extremo cuidado, precisa ser observado. Um procedimento para a entrada deve ser desenvolvido com base em regulamentos nacionais e em boas práticas de segurança e saúde no trabalho. Nos Estados Unidos, os requisitos da OSHA para a entrada em espaços confinados, na sua revisão mais atualizada devem ser aplicados. Estes requisitos podem ser utilizados como referência para preparação de procedimentos apropriados em locais em que não há uma regulamentação específica.

### 8.3.4 Reparos

Os reparos de solda devem ser realizados conforme orientações e requisitos contidos em códigos nacionais ou outros códigos reconhecidos para reparos, e em regulamentos locais. Nos Estados Unidos, um exemplo é o *National Board Inspection Code* e o API-510. Ver Referências 11.3.1 e 11.3.2. Um teste hidrostático pode ser necessário para a conformidade com códigos nacionais ou com política da empresa. Os reparos devem ser bem documentados. Uma avaliação de acompanhamento deve ocorrer para determinar a necessidade de reparos ou ajustes físicos e operacionais a serem realizados para reduzir a necessidade de reparos futuros. Quando o isolamento térmico for removido, ele não deve ser reinstalado até que o tanque seja inspecionado e testado quanto a vazamentos.

### 8.3.5 Secagem

Antes que o tanque seja colocado novamente em operação, ele precisa estar completamente seco. Um método precisa ser estabelecido para assegurar que toda água estagnada seja removida do interior do tanque. Um gás seco deve ser empregado para a secagem. O gás deve ter um ponto de orvalho de  $-40^{\circ}\text{C}$ , ou menos, medido na pressão de operação. Para secar o interior do tanque de forma apropriada, o gás deve varrer toda a superfície interna do tanque, incluindo os bocais. A pressão cíclica pode ser empregada como uma alternativa. Um método precisa ser estabelecido pela planta para assegurar que todos os bocais sejam secos de forma apropriada. Existem diferentes métodos para fazer isto. Um deles é ter válvulas acopladas aos flanges cegos utilizados nos bocais. Uma válvula barata pode ser instalada temporariamente nesta conexão para possibilitar a passagem do gás de secagem. Alternativamente, uma junta de vedação recortada pode ser instalada entre o bocal do tanque

e o flange cego. Uma junta de vedação recortada pode ser feita com material barato, cortando-se uma parte da junta de modo a criar passagens transversais à face do flange. O aquecimento do gás de secagem pode ajudar consideravelmente o processo de secagem. O aumento da temperatura do gás pode estar limitado pelo equipamento e pelo tipo de isolamento térmico, mas 90°C é uma temperatura tipicamente aceitável. A passagem do gás deve ser iniciada com vazões altas para expulsar a umidade para fora do tanque e na seqüência deve ser reduzida, antes de iniciar as medições do ponto de orvalho. O tanque deve ser seco até que o fluxo de gás que sai por todas as aberturas alcance um ponto de orvalho com a diferença de 1°C em relação ao ponto de orvalho do gás de secagem na entrada do tanque. A vazão do gás de secagem deve permanecer por, no mínimo, duas horas adicionais, após a constatação que o ponto de orvalho foi alcançado.

Após a secagem do tanque é importante manter uma pequena vazão do ar de secagem no tanque, enquanto os flanges cegos ou raquetes cegas são removidos e as tubulações são reinstaladas com novas juntas. Esta vazão do gás de secagem impedirá que o ar atmosférico úmido entre no tanque. Isto deve ser feito com ar seco. Todos os acessórios devem ser inspecionados, testados e reconectados às tubulações. É necessário secar o tanque novamente, quando a tubulação final estiver instalada. Se o isolamento térmico foi removido das tubulações, do tanque e dos instrumentos, a sua recolocação não deve ocorrer até que testes de vazamentos no tanque, tubulações e instrumentos sejam realizados.

#### **8.4 PREPARAÇÃO PARA A ENTRADA EM OPERAÇÃO**

Após a secagem final aumente a pressão do tanque para a pressão de operação utilizando o gás de secagem. Utilizando uma solução de água e sabão, teste todas as conexões para a detecção de vazamentos. Despressurize o tanque e na seqüência introduza cloro gás para obter uma mistura cloro e ar. Utilizando ar seco ou nitrogênio, aumente a pressão no tanque para que alcance a pressão de operação ou 689 kPa (100 psig); aquela que for maior.

Teste todas as conexões com uma solução de amônia para detectar vazamentos. Todo o tanque, tubulações, válvulas e instrumentos devem ser verificados com relação a vazamentos. Ver o Panfleto 6 do *Chlorine Institute* para detalhes sobre o procedimento de teste de vazamentos (Referência 11.1).

Se possível, deixe o tanque sem o isolamento térmico até que ele esteja completamente em operação, para verificação de possíveis vazamentos. O isolamento térmico somente deve ser colocado antes desta ação se existir a possibilidade de formação de gelo nas partes externa devido às condições operacionais ou devido às temperaturas ambientes serem extremas.

O tanque está agora pronto para ser colocado em serviço. A medida em ocorrerem às tarefas de colocação do tanque em operação, a realização de testes de vazamentos deve continuar até que o tanque alcance a pressão e temperatura normais de operação.

### **9. INSPEÇÕES E TESTES DE ACESSÓRIOS**

#### **9.1 DISPOSITIVO DE ALÍVIO DE PRESSÃO**

Todos os dispositivos de alívio de pressão (válvulas de segurança) devem ser inspecionados, testados e limpos a intervalos regulares, segundo um programa de manutenção estabelecido. A freqüência destes procedimentos depende de vários fatores, mas o objetivo principal é a

segurança. Imediatamente após a sua remoção do tanque, cada dispositivo de alívio de pressão deve ser testado com relação a sua estanqueidade ao vapor e a sua pressão de acionamento estabelecida. Isto deve ser realizado antes do dispositivo ser limpo, desmontado e remontado. Se o dispositivo de alívio de pressão apresentar falha no teste apropriado, uma investigação detalhada deve ser realizada. A investigação deve incluir o projeto da válvula, o procedimento de calibração, os procedimentos de manutenção e a frequência das inspeções.

O fabricante do dispositivo da válvula deve ser consultado como for necessário para assegurar-se que os procedimentos de manutenção estão atualizados.

No Brasil, as inspeções, teste e limpeza dos dispositivos de segurança devem atender no mínimo, os requisitos da Norma Regulamentadora – 13, acima citada.

## **9.2 VÁLVULAS E TUBULAÇÃO INTERNA DO TANQUE**

A tubulação interna deve ser inspecionada durante a inspeção programada para o tanque. Ver Seção 8.2. Aproveitando a oportunidade, a inspeção de outras tubulações e válvulas do sistema do tanque, também podem ser realizadas. Todo cuidado deve ser tomado para prevenir a entrada de umidade de outras partes do sistema.

## **9.3 EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO DA QUANTIDADE DE CLORO NO TANQUE**

É muito importante assegurar a precisão permanente da balança ou outros dispositivos de medição de quantidade do produto. Todos os dispositivos, incluindo os de redundância, devem estar em operação em conformidade estrita com os regulamentos aplicáveis, procedimentos internos da empresa e recomendações do fabricante destes dispositivos.

## **9.4 SISTEMAS CRÍTICOS**

Todos os instrumentos, alarmes e dispositivos de segurança contra falhas, que são críticos, devem ser parte de um programa de teste de confiabilidade. Um programa de teste de confiabilidade requer inspeções regulares para garantir que todos os dispositivos críticos funcionarão quando exigidos e para identificar aqueles componentes que não irão funcionar por muito tempo. A frequência da inspeção depende de muitos fatores. A premissa básica é ter a frequência de inspeção maior que a frequência de falha esperada para o dispositivo. O aumento da confiabilidade do sistema é alcançado pelo exame dos registros dos testes e pela atualização dos dispositivos (projetos, materiais, etc) e ajustes na frequência no programa de testes de confiabilidade.

# **10. ARMAZENAMENTO DE CLORO LÍQUIDO REFRIGERADO**

## **10.1 ESCOLHA DO ARMAZENAMENTO REFRIGERADO**

Os sistemas de armazenamento refrigerados não são utilizados no Brasil e também não são habitualmente utilizados na América do Norte devido a sua complexidade e custo elevado. Estes sistemas devem ser considerados somente por empresas com grande produção de cloro e que dispõe da especialização e força de trabalho requerida para sua operação e manutenção.

Dentre os motivos que um produtor de cloro considera para escolher a refrigeração, se incluem:

- # Grandes tanques esféricos de armazenamento podem ser empregados devido ao projeto do tanque.
- # A pressão de vapor de cloro refrigerado é reduzida. Isto reduz a possibilidade de uma falha catastrófica do tanque devido à expansão (*flash*) cloro
- # Os requisitos de *venting* (degasagens de cloro do tanque pelos dispositivos de alívio de pressão) são reduzidos devido às baixas pressões.

## 10.2 DIFERENÇAS COM RELAÇÃO A ARMAZENAMENTO NÃO-REFRIGERADO

Algumas diferenças mais significativas entre os sistemas de armazenamento refrigerado e não refrigerado de cloro estão listadas abaixo. Esta lista não inclui todas as diferenças possíveis; ela tem o simples propósito de ajudar o usuário nas considerações iniciais de projeto:

- # Devido à redução da pressão de vapor pela redução da temperatura do cloro, ele é tipicamente mantido próximo da pressão atmosférica. Isto conduz a baixas pressões no tanque.
- # Para manter o cloro na pressão próxima da pressão atmosférica, o controle da pressão e/ou da temperatura é requerido. Devem ser instalados sistemas independentes para o controle e/ou alívio de pressão para o cloro contido.
- # Devido às pressões reduzidas, os gases auxiliares de pressurização, normalmente são utilizados para a transferência do cloro. Devido às limitações com relação ao NPSH, válvulas de saída do produto na base do tanque algumas vezes são empregadas para possibilitar o bombeamento. As bombas verticais podem ser utilizadas, mas elas se tornam impraticáveis em tanques que são grandes esferas de armazenamento devido aos requisitos de longa coluna.
- # Devido à temperatura reduzida no armazenamento refrigerado, o volume requerido para o armazenamento é menos exigente que no caso do cloro não refrigerado. O volume no tanque de cloro deve ser, no mínimo, de 0,703 m<sup>3</sup> para cada tonelada de cloro armazenado (equivalente a 168,7 galões americanos para cada tonelada curta de cloro). Isto estabelece a "capacidade de enchimento", seja a quantidade limite (toneladas) que é permitida em relação ao volume geométrico do tanque, nesta condição especial de cloro líquido refrigerado. Um tanque nunca deve conter quantidade de cloro maior que este limite. Utilizando estas orientações, um tanque que está provido de um dispositivo de alívio (válvula de segurança) fixado para abrir com 172,35 kPa (25 psig), e autorizado para aquecer a temperatura de -9,4°C (15°F), não aliviará, e estará com 95% de volume líquido aproximadamente.
- # Quando do dimensionamento dos dispositivos de alívio de pressão, versões modificadas das equações da Seção 5.1.2 devem ser consideradas, levando em conta que nelas se assume o fato que grandes tanques de cloro não serão completamente envolvidos em um incêndio.

- # Quando do projeto dos sistemas de refrigeração, as reações entre o cloro os produtos refrigerantes devem ser consideradas.
- # O projeto do equipamento e as operações e processo devem reduzir o potencial de ocorrências de eventos catastróficos.
- # Quando tanques de paredes duplas são utilizados, o espaço entre as paredes deve ser monitorado e mantido nas condições aceitáveis para prevenir a corrosão e vazamentos.
- # O aço para baixas temperaturas é utilizado como material de construção do tanque.
- # Revestimento e isolamento térmico apropriado são requeridos.

## 11. REFERÊNCIAS

As seções a seguir fornecem informações bibliográficas detalhadas sobre publicações do *Chlorine Institute* e outros documentos.

### 11.1 REFERÊNCIAS DO CHLORINE INSTITUTE

As publicações a seguir são referências específicas do *Chlorine Institute* citadas neste Panfleto 5. As edições atualizadas das publicações do *Chlorine Institute* são encontradas em <http://www.chlorineinstitute.org>

<u>Panfleto/ Desenho</u>	<u>Título</u>
1	<i>Chlorine Basics (Formerly The Chlorine Manual)</i> , ed. 7; Pamphlet 1; The Chlorine Institute, VA, <b>2008</b> Cloro Básico - Antigo Manual do Cloro. 7ª Edição, 2008
6	<i>Piping Systems for Dry Chlorine</i> , ed. 15; Pamphlet 6; The Chlorine Institute: Arlington, VA, <b>2005</b> Sistemas de Tubulação para Cloro Seco, 15ª Edição, 2005.
64	<i>Emergency Response Plans for Chlor-Alkali, Sodium Hypochlorite, and Hydrogen Chloride Facilities</i> , ed. 6-R1; Pamphlet 64; The Chlorine Institute: Arlington, VA, <b>2008</b> . Planos de Atendimento as Emergências para Instalações de Cloro-Álcis, Hipoclorito de Sódio e Cloreto de Hidrogênio do <i>Chlorine Institute</i> , 6ª Edição R-1, 2008.
100	<i>Dry Chlorine: Definitions and Analytical Issues</i> , ed. 3; Pamphlet 100; The Chlorine Institute: Arlington, VA, <b>2002</b> Cloro Seco: Definições e Discussão de Técnicas Analíticas, 3ª Edição, 2002.
DWG 201-2	<i>Padding Pressure Limits for Chlorine Tank Cars</i> , Drawing; DWG 201-2; The Chlorine Institute; VA <b>1991</b> Limites para Pressão de Tanques Ferroviários que Utilizam Gás Auxiliar de Pressurização, 1991.

## **11.2 Códigos ASME**

- 11.2.1 *Nondestructive Examination, Section V*, ASME Boiler and Pressure Vessel Code; ANSI/ASME BPV-V; The American Society of Mechanical Engineers: New York, NY, **2010**  
Exame Não Destrutivo; Seção V, Código ASME para Caldeiras e Vasos de Pressão, 2010.
- 11.2.2 *Rules for Construction of Pressure Vessels, Section VIII – Division 1*, ASME Boiler and Pressure Vessel Code; ANSI/ASME BPV-VIII-1 ; The American Society of Mechanical Engineers: New York, NY, **2010**  
Norma para Construção de Vasos de Pressão, Seção VIII – Divisão 1, Código ASME para Caldeiras e Vasos de Pressão, 2010.
- 11.2.3 *Welding and Brazing Qualification, Section IX*, ASME Boiler and Pressure Vessel Code; ANSI/ASME BPV-IX; The American Society of Mechanical Engineers: New York, NY, **2010**  
Qualificação de Soldagem e Brazagem, Seção IX, Código ASME para Caldeiras e Vasos de Pressão, 2010.
- 11.2.4 *Process Piping, ASME B.31.3; an ANSI Standard*; The American Society of Mechanical Engineers: New York, NY, **2010**  
Tubulação de Processo, ASME 31.3; um Padrão ANSI, 2010.

## **11.3 Outros Códigos**

- 11.3.1 *National Board Inspection Code (NBIC)*, Manual for Boiler and Pressure Vessel Inspectors: Columbus, OH, **2011**  
Código de Inspeção do Conselho Nacional, Manual para Inspectores de Caldeira e Vasos de Pressão, 2011
- 11.3.2 *Pressure Vessel Inspection Code: Maintenance, Inspection, Rating, Repairs and Alteration*; ANSI/API 510; American Petroleum Institute: Washington, DC, **2003**.  
Código de Inspeção de Vasos: Inspeção de Manutenção, Avaliação, Reparos e Alterações; ANSI/API 510; 2003.

#### 11.4 OUTRAS PUBLICAÇÕES DO CHLORINE INSTITUTE

<u>Panfleto/ Desenho</u>	<u>Título</u>
73	<i>Atmospheric Monitoring Equipment for Chlorine</i> , ed. 7; Pamphlet 73; The Chlorine Institute: Arlington, VA, <b>2003</b> Equipamento de Monitoramento Atmosférico para o Cloro; Panfleto 73, 7ª Edição, 2003.
74	<i>Guidance on Complying with EPA Requirements Under the Clean Air Act by Estimating the Area Affected by a Chlorine Release</i> , ed. 4-R1; Pamphlet 74; The Chlorine Institute: Arlington, VA, <b>2006</b> . Guia em Conformidade com Requisitos do EPA na Lei sobre Ar Limpo para a Estimativa de Área Atingida por um Vazamento de Cloro, Panfleto 74, 4ª Edição R-1, 2006.
86	<i>Recommendations to Chlor-Alkali Manufacturing Facilities for the Prevention of Chlorine Releases</i> , ed. 5; Pamphlet 86; The Chlorine Institute: Arlington, VA, <b>2010</b> . Recomendações para Prevenção de Vazamentos em Instalação de Produção de Cloro-Álcalis; Panfleto 86, 5ª Edição, 2010.
152	<i>Safe Handling of Chlorine Containing Nitrogen Trichloride</i> , ed. 2; Pamphlet 152; The Chlorine Institute: Arlington, VA, <b>2005</b> . Manuseio Seguro do Cloro Contendo Tricloreto de Nitrogênio; Panfleto 152, 2ª Edição, 2005.

#### 11.5 OUTRAS PUBLICAÇÕES

- 11.5.1 *Pressure Relief Device Standards – Part 3 – Stationary Storage Containers for Compressed Gases*, Pamphlet CGA S–1.3; Compressed Gas Association: Arlington, VA, **2003**.  
Padrões para Dispositivos de Alívio de Pressão – Parte 3 – Recipientes para Armazenamento Estacionário para Gases Comprimidos – Panfleto CGA S–1.3; 2003.

## APÊNDICE

### Lista de Verificação (*Checklist*) do Panfleto 5

Esta lista de verificação (*checklist*) tem o propósito de enfatizar os principais tópicos para aquele que tenha lido e entendido este panfleto. Aplicar esta lista, as suas instalações, sem ter entendido os tópicos relacionados pode conduzir a conclusões inapropriadas.

**Assinale com (X) como apropriado nas questões abaixo:**

**NA = Não Aplicável**

Sim	Não	NA	Questões	Seção
			1. A quantidade de cloro armazenada foi minimizada e a complexidade do sistema foi reduzida.	2
			2. Armazenamento localizado em uma área separada, protegida, claramente definida, que pode ser acessada pela equipe de emergência.	3
			3. O volume dos tanques é suficientemente grande para possibilitar a expansão do líquido.	4.1.1
			4. A pressão de projeto do tanque é, no mínimo, 120% da pressão máxima de operação esperada, e não inferior a 1.551 kPa (225 psig).	4.1.2
			5. O tanque é projetado, construído, inspecionado e marcado conforme partes UW e UCS do Código ASME sistemas para cloro seco são apropriadamente limpos e secos antes de serem colocados em serviço.	4.2.1
			6. Os materiais são compatíveis com as temperaturas esperadas.	4.2.3
			7. A espessura dos tanques inclui no mínimo 1/8 de polegada de tolerância à corrosão.	4.2.3
			8. A corrosão externa foi protegida por um sistema de revestimento apropriado.	4.3
			9. Os suportes são apropriados para a expansão térmica, forças externas e condições sísmicas locais.	4.4

			10. Cada tanque é protegido contra a pressão excessiva, por dois dispositivos de alívio de pressão, que são dimensionados para um cenário mais conservativo, tecnicamente viável.	5.1
			11. As liberações de cloro, devido à abertura dos dispositivos de alívio de pressão são protegidas de forma apropriada; exame foi realizado em relação à coleta das liberações citadas.	5.1.
			12. A quantidade de cloro armazenada nos tanques pode ser medida para prevenir o enchimento excessivo.	5.4
			13. Os procedimentos de emergência e providencias para a contenção de derramamento, a fim reduzir impactos foram desenvolvidos.	6
			14. Métodos de transferência apropriados foram escolhidos.	7
			15. O potencial de formação de Tricloreto de Nitrogênio (NCl <sub>3</sub> ) foi avaliado.	7
			16. Um procedimento escrito está implantado para a manutenção apropriada do sistema e para documentar e corrigir defeitos antes que eles conduzam a uma situação de emergência.	8
			17. O tanque foi submetido à limpeza e secagem, e foi preparado de forma apropriada para receber cloro.	8
			18. Os dispositivos de alívio de pressão são inspecionados, limpos e testados a intervalos regulares.	9
			19. Para o armazenamento refrigerado do cloro líquido, a complexidade e as diferenças com o armazenamento pressurizado são compreendidas pelo pessoal de projeto, construção e manutenção do sistema.	10.1
			20. Para o armazenamento refrigerado do cloro líquido, existem controles para manter a temperatura e pressão do sistema, e sistemas reservas estão instalados para casos de falha do sistema principal de refrigeração ou outras falhas.	10.2

**Lembrete:** Os usuários desta lista de verificação (*checklist*) devem documentar casos de exceção às recomendações contidas neste panfleto.