



Decisão de Diretoria nº 281/2016/P, de 20/12/2016 - Publicada no Diário Oficial do Estado de São Paulo – Caderno Executivo I (Poder Executivo, Seção I), Edição nº 126 (239) do dia 22/12/2016 páginas: 100 a 102.

# NORMA TÉCNICA

P4.260

Nov/1990  
75 PÁGINAS

Especificação para o projeto e execução de reservatório de aço soldado para armazenamento de água para fins de abastecimento público

**Companhia Ambiental do Estado de São Paulo**  
Avenida Professor Frederico Hermann Jr., 345  
Alto de Pinheiros CEP 05459-900 São Paulo SP  
Tel.: (11) 3133 3000 Fax.: (11) 3133 3402

<http://www.cetesb.sp.gov.br>

Manual:

"ESPECIFICAÇÃO PARA PROJETO E EXECUÇÃO  
DE RESERVATÓRIOS DE AÇO SOLDADOS PARA ARMAZENAMENTO DE ÁGUA  
PARA FINS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO"

NOVEMBRO 90

## S U M Á R I O

	Página
1. Objetivo .....	3
2. Definições .....	3
3. Normas pertinentes a este Manual .....	5
4. Garantias .....	10
5. Informações a serem fornecidas pela Contratante .....	10
6. Elementos preliminares a serem fornecidos pela Contratada .....	12
7. Elementos de Projeto a serem apresentados pela Contratada .....	12
8. Materiais .....	13
9. Condições Gerais de Projeto .....	16
10. Condições Gerais de Construção do Reservatório .....	23
11. Solda .....	31
12. Projeto de Fundação .....	36
13. Fabricação na Oficina .....	41
14. Montagem de Campo .....	43
15. Inspeção e Testes .....	46
16. Sistemas de Pintura .....	53
17. Relatório Final de Construção do Reservatório .....	62
Anexo A - AWWA D-102 (parcial) .....	63

## 1. OBJETIVO

O objetivo deste manual é fornecer uma especificação de compra para facilitar ao comprador, a aquisição de reservatório de aço soldado para armazenamento de água.

O manual não tem a pretensão de ser completo, devido a grande variedade de dimensões e formas dos reservatórios.

Onde alguns detalhes ou casos específicos forem omitidos é suposto que a contratada se submeta a aprovação da contratante, que deverá providenciar detalhes para o projeto e construção de acordo com as especificações deste manual.

Não é objeto deste manual tanques compostos em que as torres ou fundos do reservatório sejam de concreto armado ou protendido.

## 2. DEFINIÇÕES

Neste manual são usados os termos abaixo definidos:

- Capacidade:

Volume de água que pode ser retirado do reservatório cheio entre o nível máximo de extravasão e o nível mínimo operacional especificado.

- Contratante:

Pessoa física ou jurídica que quer contratar a compra e/ou a montagem do reservatório.

- Contratada:

Pessoa física ou jurídica que é contratada para projetar, fornecer e/ou executar o reservatório:

- Reservatório Apoiado:

Reservatório cilíndrico de eixo vertical de fundo plano, diretamente apoiado sobre o terreno ou sobre base adequadamente construída.

- Reservatório Elevado ou Torre:

Reservatório sustentado por uma estrutura metálica ou de concreto constituindo uma torre.

- Teto suportado:

Teto cujo suporte principal consiste em terças apoiadas em vigas ou em colunas, ou apoiadas em treliças, com ou sem colunas.

- Teto autoportante:

Teto suportado apenas pela sua periferia e cujas chapas sustentam-se a si mesmas com o auxílio de vigas radiais ou poligonais; os principais tipos de tetos autoportantes são cônico, em abóbada e em gomos.

- Solda de topo:

Solda executada entre duas peças dispostas de modo que as seções a serem unidas se apresentam frontalmente, de topo; as faces a serem soldadas podem ser paralelas ou chanfradas.

- Solda de ângulo:

Solda de corte transversal aproximadamente triangular, unindo duas peças com superfícies em ângulo reto, como ocorre em juntas sobrepostas em "T" ou de quina, ou com superfícies sobrepostas.

- Solda de ângulo integral:

Solda de ângulo cuja dimensão é igual à espessura da chapa, ou peça, de menor espessura dentre as que estão sendo soldadas.

- Junta de topo simplesmente soldada:

Junta entre duas peças, dispostas de topo, soldadas por um lado; esta junta pode ter cobrejunta, que é uma tira ou barra colocada no lado não soldado, de modo a garantir a completa penetração da solda na junta.

- Junta de topo duplamente soldada:

Junta entre duas peças, dispostas de topo, soldadas pelos dois lados.

- Junta sobreposta, simplesmente soldada:

Junta entre duas peças sobrepostas, na qual somente a borda de uma delas é soldada com solda de ângulo.

- Junta sobreposta, duplamente soldada:

Junta entre duas peças sobrepostas, na qual ambas as bordas são soldadas com solda de ângulo.

- Dimensão da solda de topo:

Profundidade do chanfro, acrescida da penetração de raiz, se especificada; a dimensão é a própria espessura da chapa no caso da chamada solda de penetração total.

- Dimensão da solda de ângulo:

Para solda com lados iguais, é o comprimento do cateto do maior triângulo retângulo isósceles que pode ser inscrito no corte transversal da solda; para solda com lados desiguais, as dimensões são os comprimentos dos catetos do maior triângulo retângulo que pode ser inscrito no corte transversal da solda.

## 3. NORMAS PERTINENTES AO MANUAL

No uso deste manual são complementares as seguintes normas:

Entidade Normalizadora	Identificação da Norma	Título da Norma
ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas	NB-89	Tanques soldados para armazenamento de petróleo e derivados.
	NB-143	Cálculo de estrutura de aço, constituídas por perfis leves.
	NB-587	Estudo de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água.
	NBR. 6648	Chapas grossas de aço-carbono para uso estrutural.
	NBR. 6650	Chapas finas a quente de aço carbono para uso estrutural.
	NBR. 5001	Chapas grossas de aço-carbono, para caldeiras e outros vasos de pressão, para trabalho em temperaturas moderada e baixa.
	NBR. 5885	Tubos de aço-carbono, para usos comuns na condução de fluídos.
	NBR. 5006	Chapas grossas de aço-carbono de baixa e media resistência mecânica para uso em vasos de pressão.
	NBR. 7012	Perfis I de aço laminado a quente.
	NBR. 6008	Perfis H de abas paralela de aço, laminado a quente.
	NBR. 6351	Perfis U de abas inclinadas de aço, laminado.
	NBR. 6109	Cantoneiras de abas iguais, de aço, laminado a quente.
	NBR. 6352	Cantoneiras de abas desiguais, de aço, laminado a quente.
	NBR.10068	Folha de desenho lay-out e dimensões - Procedimento.
NBR.10126	Cotagem de desenho técnico. - Procedimento.	

- NBR.10582 Apresentação da fôlha para desenho técnico. - Procedimento.
- NBR. 8402 Execução de caracteres para executar um desenho técnico. - Procedimento.
- NBR. 8403 Aplicação em linha de desenho técnico, tipos de linhas, larguras de linhas. - Procedimento.
- NBR. 8404 Representação do estudo de superfície em desenhos técnicos. - Procedimento.
- NBR. 7993 Representação convencional de partes roscadas em desenho técnico. - Procedimento.
- NBR. 6484 Execução de sondagens de simples reconhecimento - Procedimento.
- NBR. 6480 Procedimento e amostragem para fins de ocorrência de rochas. - Procedimento.
- NBR. 9820 Coleta de amostras indeformáveis em furo de sondagens. - Procedimento.
- NBR. 5410 Instalações Elétricas de Baixa Tensão.

CE 02.09.74-001 Reservatórios Soldados para Armazenamento de Água

ANSI  
American  
National  
Standards  
Institute

B-16.5

Steel Pipe Flanges, and Flanged Fitting.

API  
American  
Petroleum  
Institute

Spec 5 L

Specification for Line Pipe.

ASME  
American  
Society  
of  
Mechanical  
Engineers

Boiler and  
Pressure  
Vessel Code

Section IX - Qualification standard for welding and brazing procedures, welders, brazers and welding and brazing operators.

ASTM  
American  
Society  
for  
Testing  
and  
Materials

A-36	Structural Steel.
A-105	Forgings, Carbon Steel, for Piping Components.
A-108	Steel Bars, Carbon Steel Cold finished, standard quality.
A-131	Structural steel for ships.
A-139	Electric-fusion welded steel pipe (sizes 4 in and over).
A-181	Forged or rolled steel pipe flanges, forged fittings, and valves and parts for general service.
A-193	Alloy-steel and stainless steel bolting-materials for high-temperatures services.
A-194	Carbon and alloy-steel nuts for bolts for high-pressure and high-temperature service.
A-283	Low and intermediate tensile strength carbon steel plates of structural quality.
A-285	Pressure vessel plates, carbon steel, low and intermediate tensile strength.
A-307	Carbon steel externally and internally threaded standard fasteners.
A-515	Pressure vessel plates, carbon steel for intermediate and higher-temperature service.
A-516	Pressure vessel plates, carbon steel for moderate and lower-temperature service.
A-570	Hot-rolled carbon steel sheet and strip, structural quality.
A-573	Structural carbon steel plates of improved toughness.
A-668	Steel forging, carbon and alloy, for general industrial use.



ASTM	D2200	Pictorial Surface Preparation Standards for Painting Steel Surfaces
CETESB	04-001	Projeto e execução de estruturas de concreto em obras de saneamento.
	L1-007	Determinação do grau de agressividade do meio ao concreto.
	P4-020	Fundação para obras de saneamento básico. Projeto e Execução.
AWWA American Water Works Associates	D-100	Welded Steel Tanks for Water Storage.
	D-102	Painting Steel Water Storage Tank.
	C-203	Coal-Tar Protective Coatings and Linings for Steel Water Pipelines - Enamel and Tape - Hot Applied
	C-204	Chlorinated Rubber-Alkyde Paint System for the Exterior of Aboveground Steel Water Piping
NACE	TM-01-70	Visual Standard for Surfaces of New Steel Airblast Cleaned with Sand Abrasive
	TM-01-75	Visual Standard for Surfaces of New Steel Centrifugally Blast Cleaned with Steel Grit and Shot
NFPA National Fire Protection Association	70	National Electric Code
SSPC	PA1	Shop, Field, and Maintenance Painting
	PA2	Measurement of Dry Paint Thickness with Magnetic Gages
	PT3	Basic Zinc Chromate-Vinyl Butyral Washcoat
	Vis 1	Pictorial Surface Preparation Standards for Painting Steel Surfaces
	SP1	Solvent Cleaning
	SP3	Power Tool Cleaning

SSPC	SP5	White Metal Blast Cleaning
	SP6	Commercial Blast Cleaning
	SP7	Brush_Off Blast Cleaning
	SP8	Pickling
	SP10	Near-White Blast Cleaning
	Paint 8	Aluminum Vinyl Paint
	Paint 9	White(or colored) Vinyl Paint
	Paint 101	Aluminum Alkyd Paint
	Paint 104	White or Tinted Alkyd Paint
	Paint SA1	White Colored Silicone Alkyd Paint
	Paint CR1	Chlorinated Rubber Inhibitive Primer
	Paint CR2	Chlorinated Rubber Intermediate Coat Paint
	Paint CR3	Chlorinated Rubber Top Coat Paint
Federal Specification	TT-E-86	Enamel, Alkyd, Gloss(for exterior and interior surfaces)
	TT-P-86	Paint, Red-Lead-Base, Ready-Mixed
	TT-P-320	Pigment, Aluminum: Powder and Paste for Paint
	TT-V-81	Varnish: Mixing, for Aluminum Paint
Bureau of Reclamation	VR-3	Vinyl resin Paint
	MIL-C-4556	Coating Kit,Epoxy, For Interior of Steel Fuel Tanks
	MIL-P-24441	Paint, Epoxy-Plyamide, General Specification for
AWS American Welding Society	A.5.1	Specification for Mild Steel covered arc-welding electrodes.

#### 4. GARANTIA

A contratada deve fornecer uma garantia por escrito contra qualquer defeito de material ou de execução por um período de 25 anos a contar da data de recebimento do serviço pela contratante.

Deve também ser especificada o período mínimo de garantia do revestimento da pintura. Se ocorrer qualquer defeito no material durante a vigência do prazo de garantia, a contratada deverá repor ou reparar o material danificado.

#### 5. INFORMAÇÕES A SEREM FORNECIDAS PELA CONTRATANTE

As seguintes informações devem ser fornecidas pela contratante do reservatório:

- a) capacidade
- b) tipo de reservatório
- c) nível máximo e nível mínimo imposto pelo sistema de abastecimento de água
- d) diâmetro máximo do tanque
- e) tipo de cobertura do reservatório
- f) localização e levantamento plani-altimétrico do local de implantação do reservatório
- g) nome da cidade mais próxima
- h) nome e distância da estação ferroviária mais próxima
- i) tipo de acesso disponível ao local da obra, se público ou privado
- j) disponibilidade de ar comprimido no local - vazão, pressão e se haverá pagamento por isto por parte da contratada
- k) disponibilidade de energia elétrica - voltagem, fase, ciclagem e se haverá pagamento por seu fornecimento pela contratada
- l) cargas de vento - se diferente do preconizado por este manual
- m) número e localização das entradas de inspeção
- n) número e localização das conexões das tubulações, escadas e plataformas
- o) detalhe da saída de fundo

- p) relações dos acessórios e conexões a serem fornecidos pela contratante, se for o caso
- q) resultados da sondagens de caracterização do solo profundidade da fundação abaixo do "grade" acabado existente.
- r) prazo previsto para conclusão

As sondagens devem estar de acordo com as ABNT ou seja:

NBR.6484 - Execução de simples reconhecimento do solo - Procedimento

NBR.6410 - Procedimento e amostragem para fins de ocorrência de rochas - Procedimento

NBR.9820 - Coleta de amostras indeformáveis em furo de sondagens - Procedimento

Nota: Estas informações são as que geralmente devem ser fornecidas pela contratante, entretanto nada impede que por acordo entre as partes alguns destes itens fiquem a cargo da contratada (por exemplo sondagens de reconhecimento do solo).

## 6.) ELEMENTOS PRELIMINARES A SEREM FORNECIDOS PELA CONTRATADA

A contratada deverá fornecer os elementos abaixo:

- 6.1 - Desenho esquemático do projeto do reservatório.
- 6.2 - Lista dos acessórios e conexões.
- 6.3 - Tipo de pintura, tratamento das chapas e perfis, suas respectivas espessuras e prazo de garantia, caso a pintura esteja inclusa no contrato.
- 6.4 - Prazo de execução.

## 7. ELEMENTOS DE PROJETO A SEREM APRESENTADAS PELA CONTRATADA

De posse de elementos de projeto citados anteriormente a contratada deverá fornecer os desenhos para aprovação da contratante como:

- 7.1. - Detalhes do projeto do reservatório, com todos os elementos, acessórios, espessuras, especificações dos materiais utilizados etc.
- 7.2. - Detalhes do projeto de fundação
- 7.3. - Memória de cálculo  
Desenhos, especificações e memorial de cálculo.

Os desenhos devem estar de acordo com as normas ABNT ou seja:

- NBR-10067 - Princípios gerais de representação de desenho técnico - vistas e cortes - Procedimento
- NBR.10068 - Folha de desenho lay-out e dimensões - Procedimento
- NBR.10128 - Cotagem de desenho técnico - Procedimento
- NBR.10582 - Apresentação da folha para desenho técnico - Procedimento
- NBR.10647 - Desenho técnico - terminologia
- NBR.8402 - Execução de caracteres para escrita em desenho técnico - Procedimento

## 8. MATERIAIS

### 8.1 - Generalidade

Todos os materiais a serem utilizados no reservatório devem ser novos e em boas condições de uso e estarem de acordo com a última edição das normas citadas.

As análises físicas químicas de todos os materiais empregados devem ser apresentadas ao comprador em qualquer momento que este as solicite.

Os materiais que não possuam certificados podem ser utilizados desde que atendam as exigências das normas e especificações deste manual e que tais exigências sejam comprovadas através de testes de certificação efetuado por laboratório qualificado.

Havendo materiais fabricados sob especificação que não sejam os citados neste manual, estes podem ser usados, desde que apresentem propriedades físico-químicas equivalentes. Tais materiais deverão ter a aprovação prévia da contratante.

Na proposta da contratada devem ser especificados os materiais que serão empregados.

### 8.2 - Especificações dos Materiais

#### 8.2.1. - Chapas

As chapas devem atender às seguintes especificações:

##### a) ASTM

A-36 - aço estrutural  
. espessura máxima : 38,1 mm

A-131, graus A e B - aço estrutural para navios (qualidade estrutural apenas)  
. espessura máxima: grau A - 12,7 mm  
grau B - 25,4 mm

A-283, graus A, B, C e D - chapas de aço-carbono de qualidade estrutural com resistência à tração baixa e intermediária.  
. espessura máxima: graus A, B e C  
25,4 mm, trabalhando à tração  
38,1 mm, trabalhando à compressão  
grau D - 19,0 mm

A-570, grau C - chapas finas e tiras de aço-carbono laminado a quente de qualidade estrutural.

A-573, grau 58 - chapas de aço-carbono estrutural de tenacidade melhorada.

b) ABNT

NBR.6641, graus G-24 e G-26 - chapas grossas de aço-carbono, para uso estrutural.

EB-276, graus CF-24 e CF-26 - Chapas finas a quente de aço-carbono para uso estrutural.

NBR.5001 - chapas grossas de aço-carbono para caldeiras e outros vasos de pressão, para trabalho em temperatura moderada e baixa.

NBR.5006 - chapas grossas de aço-carbono de baixa e média resistência mecânica para uso em vasos de pressão.

8.2.2 - Perfis Estruturais

- a) perfis de aço laminado para fins estruturais devem estar de acordo com a última edição das normas ABNT a seguir: NBR.7012, 6008, 6352, 6109 e 6352, ASTM A-36 e com os padrões do manual do AISC-American Institute of Steel Construction, para perfis I, H, U e cantoneiras;
- b) tubos de aço para estruturas podem ser fabricados a partir de chapas segundo qualquer especificação de seção 8.2.1.
- c) outros tubos de aço podem ser usados como elementos estruturais, desde que obedeam às especificações ASTM-A-139 grau B, API-Padrão 5L grau B, ou NBR.5885.

8.2.3. - Forjados

- a) as peças forjadas devem obedecer às especificações ASTM - A-668 classe D, A-181 grau II ou A-105;
- b) os flanges devem ser forjados ou fabricados a partir de chapas ASTM - A-285, grau C, A-515 grau 60 ou A-516, e devem obedecer às dimensões e furações da norma ANSI-B-16.5; não são permitidos flanges fundidos.

8.2.4. - Parafusos e porcas

- a) parafusos e porcas para unir tubulações devem obedecer as especificações ASTM - A193 grau B7 e A-194 grau 2H respectivamente;
- b) parafusos e porcas para outros fins podem ser fabricados de acordo com as especificações ASTM - A-307 grau B, A-108 grau 1018 ou grau 1025 ou A-36;

- c) A contratante pode especificar o formato das cabeças dos parafusos e das porcas, e se devem ter dimensões normais ou reforçadas, das series normal e pesada respectivamente.

#### 8.2.5. - Eletrodos

- a) Eletrodos para soldagem manual devem atender as condições da norma AWS-A5.1 classes AWS E-60XX e E-70XX.
- b) Quando os materiais a serem soldados possuem propriedades mecânicas superiores às dos eletrodos acima especificados, devem ser utilizados eletrodos de classe superior e adotados procedimentos de forma a se conseguir uma solda com propriedades compatíveis com as dos materiais a soldar.

#### 8.2.6. - Tubos, Acessórios e Conexões

Tubos de entrada e saída d'água, de extravazão e outros tubos, acessórios e conexões, exceto flanges, porcas e parafusos, devem ser especificados pela contratante.



## 9. CONDIÇÕES GERAIS DO PROJETO

As seguintes cargas devem ser considerados no projeto da estrutura do reservatório e da fundação:

### 9.1. - Peso próprio

A carga do peso próprio deve ser calculada com o reservatório com todos os seus acessórios permanentes.

Os pesos específicos a considerar são de 78500 N/m<sup>3</sup> para o aço e 24000 N/m<sup>3</sup>(2400kgf/m<sup>3</sup>) para o concreto.

### 9.2. - Carga da Água

O peso da água é aquele contido no reservatório e correspondente ao nível máximo de extravazão.

O peso específico d'água pode ser considerado de 10000 N/m<sup>3</sup>(1000kgf/m<sup>3</sup>).

O peso do tubo de subida que é apoiado diretamente na fundação, não necessita ser considerado como uma carga vertical.

### 9.3. - Carga de Vento

A pressão do vento deve ser assumida igual a 1420 Pa sobre superfícies planas verticais, 860 Pa sobre áreas projetadas de superfícies cilíndricas e 710 Pa em superfícies projetadas cônicas ou de dupla curvatura. Estes valores são baseados na velocidade do vento de 160,0 km/hora. Para estruturas projetadas para velocidades com mais de 160,0 km/hora, todos os valores mencionados de pressão devem ser corrigidos na proporção do quadrado da velocidade.

Para colunas e perfis (escoras) a área projetada deve ser calculada.

Deve ser assumido que colunas e escoras a sotavento da torre são bloqueados em 50% por aquelas a barlavento.

Para tirantes e colares a pressão do vento deve ser aplicada na área projetada.

A carga do vento em qualquer direção sobre colunas não tubular, deve ser tomada como 1420 Pa, sobre a maior das duas áreas projetadas, uma no plano vertical contendo o eixo longitudinal da coluna e o eixo central do reservatório e torre e outro no plano vertical perpendicular a aquele plano.

### 9.4. - Sobrecargas

Uma sobrecarga vertical deve ser aplicada como se segue:

- 4800 N em qualquer m<sup>2</sup> de piso de passarela
- 1600 N em cada seção vertical de escada
- 2400 N em qualquer m<sup>2</sup> de teto
- 4500 N em cada plataforma

Nota: Deve ser considerada no dimensionamento do teto e de sua estrutura de apoio uma carga de 500 N/m<sup>2</sup> de área projetada, além do seu peso próprio.

As cargas consideradas nesta alínea são supostas aplicadas uma de cada vez e combinadas com o peso próprio para fim de dimensionamento estrutural.

#### 9.5. - Tensões Admissíveis

##### 9.5.1. - Tensão Axial e Tensão de Flexão

Elementos estruturais, exceção feita às colunas, sujeitos a ambas, tensão axial e momento de flexão deverão ser dimensionados de modo que  $(f_a/F_a) + (f_b/F_b)$  não exceda a unidade.

onde:

- .F<sub>a</sub> - tensão admissível que seria permitida por este manual se somente existisse a tensão axial.
- .F<sub>b</sub> - tensão admissível que seria permitida por este manual se somente existisse a tensão de flexão.
- .f<sub>a</sub> - tensão axial atuante igual a carga axial dividida pela seção transversal do elemento.
- .f<sub>b</sub> - tensão axial atuante igual ao momento fletor dividido pelo módulo de resistência da seção.

Nesta seção são dados as tensões máximas admissíveis nos elementos estruturais submetidos as cargas de projeto.

Nota: valores de tensões admissíveis descritos nas especificações devem ser justificados, baseando-se no tipo de aço utilizado e na hipótese de cálculo.

##### 9.5.2 - Tensão nos Parafusos

Parafusos que sejam submetidos à cisalhamento e tração, devem ter combinadas estas duas tensões de modo que a tensão combinada não exceda à tensão de tração permitida para o parafuso. Os parafusos tensionados devem ter as cabeças em formato tal que permitam obter um tensão de cisalhamento igual ou inferior a admissível (através das cabeças adequadas).

9.5.3. - Tensão de Tração

Tensão admissível à tração é dada na Tabela 1.

Tabela 1 - Tensão admissível a tração

- perfis estruturais laminados com base na secção transversal mínima	140 MPa
- chapas de aço no costado e fundo de reservatório elevado	140 MPa
- solda de penetração total em chapas finas	125 MPa
- aço fundido	77 MPa *

9.5.4. - Tensão de compressão

A tensão admissível para os diversos elementos são as seguintes:

- a) perfis estruturais laminados com restrições a deflexão lateral ----- 140 MPa
- b) solda de penetração total em chapas finas ----- 140 MPa
- c) colunas e barras com base na secção transversal mínima sendo :

- para  $L/r < \text{ou} = 120$  :

$$\frac{3300 Y}{14,2 C} \left[ 1 - \frac{(L/r)^2}{34700} \right] \text{ em MPa}$$

- para  $120 < L/r \leq 130$  :

$$\frac{3300 Y}{14,2 C} \left[ 1 - \frac{(L/r)^2}{34700} \right] \text{ em Mpa}$$

- para  $L/r > 130$

$$\frac{1050000 Y}{(L/r)^2 \left[ 1,6 - (L/r)/200 \right]} \text{ em MPa}$$

onde: L - comprimento do elemento entre 2 apoios laterais consecutivos (m)

r - menor raio de giração da secção transversal (m)

C - coeficiente de segurança dado por

$$C = \frac{5}{3} + \frac{L/r}{350} - \frac{(L/r)^3}{18.300.000}$$

Y = 1,0 - para secção de perfis laminados de secções tubulares com e/R > ou = 0,015.

$$Y = \frac{200}{3} \frac{e}{R} \left[ 2 - \frac{200}{3} \frac{e}{R} \right] - \text{para secções tubulares com } e/R < 0,015.$$

onde: e - espessura da parede tubular em mm no mínimo 6,3 mm para elementos principais e 4.7 mm para elementos secundários.

R - raio externo da secção tubular em mm

Nota: - L/r não deve exceder 180 nos elementos principais e 200 nos elementos secundários.

### 9.5.5. - Tensão de Flexão

A tensão de flexão a adotar é a seguinte:

- a-) tensão a tração e compressão nas fibras extremas dos perfis estruturais laminados ou soldados com eixo de simetria no plano de carregamento e no caso de comprimento com suporte lateral inferior a 13 vezes a largura da aba do perfil, razão entre a largura e espessura da aba com compressão inferior a 17 e razão entre a altura e espessura da alma inferior a 70 ----- 150 MPa
- b-) tensão de tração e compressão nas fibras extremas dos elementos assimétricos, com suporte lateral do perfil a intervalos inferiores a 13 vezes a largura da aba em compressão ----- 140 MPa
- c-) tensão de tração nas fibras extremas de perfis laminados, soldados ou vigas feitas de chapas e não enquadrados nas condições a e b ----- 140 MPa
- d-) tensão de compressão nas fibras extremas de perfis laminados, vigas feitas de chapas e perfis soldados tendo um eixo de simetria no plano de carregamento, não enquadrados nas condições a) ou b), será usado o maior dos seguintes valores em Mpa:

$$- 140 - 0,004 \cdot (L/r)^2 \quad \text{ou}$$

$$- \frac{84400}{Ld/A} \quad \text{limitado a 140 Mpa}$$

onde: L - comprimento da aba em compressão entre os apoios laterais consecutivos (m)

r - raio de giração da seção, com relação ao eixo no plano de carregamento (m)

d - altura da alma do perfil (m)

A - área da aba em compressão (m<sup>2</sup>)

e-) tensão de compressão nas fibras extremas de outros perfis assimétricos em MPa

$$\frac{84400}{Ld/A} \quad \text{limitado a 140 MPa}$$

9.5.6. - Tensão de Cisalhamento

São os seguintes os valores a serem adotados:

a-) tensão na solda de ângulo, em rasgo e solda de penetração parcial em junta chanfrada, computada na área da garganta ----- 95 MPa.

b-) tensão média calculada em relação a seção total da alma da viga ou longarina quando a altura do perfil é inferior a 60 vezes a espessura da alma ou quando a coluna está adequadamente reforçada ----- 90 MPa.

c-) tensão média calculada em relação a seção total da alma da viga ou longarina quando a alma não é reforçada, ou quando a altura do perfil é superior a 60 vezes a espessura da alma

$$\frac{135}{1 + \frac{h^2}{7200 e^2}}$$

onde: h - altura do perfil ----- m  
e - espessura da alma ----- m

### 9.5.7. - Tensões Combinadas

São as seguintes as tensões:

9.5.7.1. - Colunas submetidas a esforços axial e de flexão devem ser dimensionadas de modo que  $t_n + t_f$  não exceda os valores dados em 9.5.5.

sendo:

$t_n$  - tensão normal = carga axial / área  
seção transversal da coluna

$t_f$  - tensão de flexão = momento fletor / mó-  
dulo de resistência da seção da coluna.

9.5.7.2. - Outros perfis submetidos a tensões combinadas normais e de flexão devem ser dimensionados de modo que:

$$t_n/T_n + t_f/T_f < \text{ou} = 1$$

onde  $T_n$  - tensão admissível permitida por este manual se existissem apenas esforço axial

$T_f$  - tensão admissível permitida por este manual se existissem apenas esforço de flexão

### 9.6. - Fator de Eficiência da Solda

9.6.1. - O fator de eficiência  $E$ , multiplicado pelas tensões admissíveis, dará as tensões máximas permitidas para o projeto.

9.6.2 - A Tabela 2 fornece o fator de eficiência de solda para alguns tipos de juntas soldadas, para chapas de fundo, costado e teto do reservatório, trabalhando à tração e à compressão.

Tabela 2 - Fator de Eficiência de Solda E (%)

Tipo de Junta soldada de chapas do fundo, costado e teto	E	
	Tração	Compressão
.Junta de topo duplamente soldada com penetração total	85	100
.Junta de topo simplesmente soldada, com cobrejunta e garantia de penetração total	85	100
.Junta sobreposta, duplamente soldada com cordões contínuos	75	75
.Junta sobreposta com cordão contínuo de um lado e cordão intermitente do outro lado	$75 \frac{1+x}{2}$	$75 \frac{1+x}{2}$

x = razão entre o comprimento de solda intermitente e o comprimento total da Junta.

9.6.3. - Para juntas soldadas de peças estruturais, os seguintes fatores de eficiência de solda devem ser adotados:

a) soldas com chanfros e penetração total, submetido a:

- tração ..... E = 85 %
- compressão .... E = 100%
- cisalhamento .. E = 75%

b) soldas de ângulo, trabalhando sob tensão de cisalhamento:

- transversal ..... E = 65 %
- longitudinal ..... E = 50 %

10. - CONDIÇÕES GERAIS DE CONSTRUÇÃO DO RESERVATÓRIO

10.1. - Capacidade

A capacidade ou volume útil do reservatório deve ser de acordo com as Tabelas 3 e 4.

TABELA 3: Capacidade p/ reservatório apoiado (m3)

150	500	4000
200	750	5000
250	1000	7500
300	2000	10000
400	3000	12500

TABELA 4: Capacidade para Reservatório Elevado(m3)

50	250	1000
75	300	1500
100	400	2000
150	500	
200	750	

10.2. - Cálculo da espessura da parede do Reservatório Cilíndrico

Será calculada pela fórmula:

$$e = \frac{4.9 \times H \times D}{T \times E}$$

onde: e = espessura mínima do anel (mm)  
 H = altura da lâmina entre o mínimo de extravasão e a base do anel que está sendo projetado (m)  
 T = tensão admissível em MPa  
 E = Fator de eficiência da solda

Nota: Fórmula de acordo com a AWWA D-102, o projeto de norma CE 02.09.74-001 tem coeficiente 5.5 em vez de 4.9.

10.3. - Espessuras Mínimas

10.3.1. - As espessuras das chapas cilíndricas do costado em contato com a água são dados em função do diâmetro nominal, pela Tabela 5 abaixo.



TABELA 5: Espessura mínima das chapas do costado

Diâmetro nominal do Reserv. D(m)	Espessura mínima e (mm)
D < 15	4.7
15 ≤ D < 30	6.3
30 ≤ D < 60	7.9
D ≥ 60	9.5

10.3.1. - As chapas do teto devem ter as espessuras mínimas de 4.7 mm; tetos autoportantes exigem espessuras maiores.

10.3.2. - A espessura mínima de qualquer elemento da estrutura deve ser de 4.7 mm; elementos estruturais em contato com a água exceto chapas cilíndricas que entram em contato com a água estando o reservatório cheio, devem ter espessura mínima de 6.3 mm.

10.3.3. - A espessura mínima das colunas e vigas tubulares é de 6.3 mm.

10.3.4. - Os tirantes em barras chatas devem ter uma área mínima equivalente a área circular de 19 mm, as barras redondas terão um diâmetro mínimo de 19mm.

10.4. - Projeto do fundo do reservatório apoiado

10.4.1. - A largura mínima das chapas do fundo do reservatório apoiado será de 1200 mm exceto as recortadas para a periferia.

10.4.2. - Para reservatórios de diâmetro superior a 25 m, as chapas periféricas devem ser unidas entre si através de soldas radiais. Estas chapas assim unidas são as denominadas chapas anulares, devem ter a largura mínima de 500 mm e o maior comprimento possível. As espessuras mínimas recomendadas para as chapas anulares, são dados na tabela em função do diâmetro do reservatório.

Tabela 6: Espessura mínima das chapas anulares

Diâmetro nominal do Reserv. (m)	Espessura mínima (mm)
D < 20	6.3
20 ≤ D < 30	7.9
30 ≤ D < 60	9.5
D ≥ 60	11.1

10.4.3. - As chapas da periferia do fundo devem exceder a borda externa da solda que une o fundo do costado de, no mínimo 25 mm.

10.4.4. - Os pontos do fundo do reservatório correspondentes ao encontro de 3 juntas de chapas devem estar no mínimo, distanciadas de 300 mm um do outro e 300mm do costado.

10.5. - Projeto do Costado

10.5.1. - A espessura de cada anel do costado deve ter o maior valor entre os seguintes:

- a) O calculado pela fórmula da seção 10.2. observado e disposto em 10.5.2.
- b) O valor mínimo indicado na Tabela 5 (Espessuras mínimas das chapas do costado), em função do diâmetro do reservatório.

10.5.2. - As chapas do costado não devem ter espessuras superiores a 38.1 mm, exceto as chapas inseridas, que podem ter até 76.2 mm de espessura; tais chapas inseridas destinam-se a reforçar as aberturas no costado e são soldadas a este por meio de solda de tôpo.

10.5.3.- As chapas do costado devem ter, preferencialmente, largura igual ou superior a 1800 mm.

10.5.4. - As juntas verticais de dois anéis adjacentes devem ficar defasadas de uma distância mínima de cinco vezes a espessura do anel mais espesso; esta exigência não se aplica a anéis para os quais a espessura da chapa foi determinada pela condição de espessura mínima, dada pela Tabela 5.

10.5.5. - Para reservatório de teto suportado sem estrutura especial de apoio, ou de teto autoportante, a borda superior do costado deve ser reforçada com cantoneira de dimensões mínimas indicadas na Tabela 7.

Tabela 7: Cantoneiras de reforço da borda superior do costado

Diâmetro nominal do reservatório D (m)	Dimenssões da cantoneira (mm)
D < 10	63 x 63 x 6
10 ≤ D ≤ 18	63 x 63 x 8
D > 18	75 x 75 x 9

10.5.6. - A borda superior do costado do reservatório de teto autoportante pode ser flangeada, dispensando-se a cantoneira citada em 10.5.5., desde que a área total de apoio do flange seja equivalente à da cantoneira necessária, segundo a Tabela 7.

10.5.7. - As aberturas no costado, com diâmetros superiores a 63.5 mm, devem ser reforçadas por meio de flange de conexão

soldado no costado, chapa de reforço ou chapa inserida sendo que:

- a) a área mínima da seção transversal do reforço não deve ser inferior ao produto do diâmetro vertical do furo aberto no costado pela espessura da chapa do mesmo.
- b) a área da seção transversal do reforço é medida segundo o plano vertical que contém o diâmetro da abertura e somente serão consideradas efetivas as seções dos reforços à uma distância menor que um diâmetro da abertura feita no costado, medida a partir da linha de centro da abertura, para cima e para baixo desta.
- c) a parte do pescoço de uma conexão, que se estende para fora e para dentro do costado, numa distância total igual a oito vezes a espessura da parede do pescoço, bem como a parte do pescoço correspondente à parede do costado, podem ser consideradas como reforço da abertura no costado.

10.5.8. - Quando duas ou mais aberturas estiverem tão próximas que as bordas das chapas normais individuais de reforço estejam a distância inferior a dez vezes a espessura da chapa de reforço mais grossa, num máximo de 150mm, as aberturas envolvidas devem ser reforçadas por uma única chapa de reforço, dimensionada pela maior das aberturas do grupo.

10.5.9. - deve ser evitado o cruzamento de qualquer solda de uma abertura com soldas do costado.

#### 10.6. Projeto do Teto

10.6.1. - as chapas dos tetos suportados podem ser reforçadas por perfis soldados às mesmas; as chapas do teto não devem se apoiar diretamente sobre as colunas ou sobre a borda do costado, mas sim sobre terças, que se apoiam em vigas ou colunas, ou em treliças, com ou sem colunas.

10.6.2. - As vigas radiais de sustentação do teto devem ser espaçadas de forma que, no anel mais externo, seus centros não estejam espaçados mais do que 2.5 m; nos anéis internos, o espaçamento não deve exceder 2.2 m.

10.6.3. - As vigas radiais de sustentação devem, preferencialmente, ficar situadas acima do nível de extravazão.

10.6.4. - Os suportes para as vigas radiais mais externas devem ser soldados ao costado do reservatório ou à sua cantoneira de reforço da borda superior.

10.6.5. - As colunas e vigas de sustentação do teto podem ser feitas de perfis estruturais laminados, perfis de chapas dobradas ou ainda tubos de aço; quando as colunas forem feitas de tubos de aço, estes devem ser selados ou deve existir dispositivo adequado de drenagem e ventilação dos mesmos.

10.6.6. - As chapas de teto autoportante, ou de teto suportado sem estrutura especial de apoio, devem ser unidas à cantoneira de reforço ou flange da borda superior do costado por meio de solda contínua de ângulo, na face superior.

10.6.7. - A espessura das chapas dos tetos autoportantes deve ser calculada pelas fórmulas das alíneas a) e b); tais valores, entretanto, não precisam ser adotados quando as chapas forem reforçadas por perfis, soldados às mesmas, prevalecendo, porém, em todos os casos, a exigência da seção 10.3.1. quanto à espessura mínima.

a) tetos cônicos autoportantes devem satisfazer as seguintes condições:

$$\begin{aligned} A.\text{máximo} &= 37 \text{ graus} \\ A.\text{mínimo} &= 10 \text{ ..} \\ & \quad D \\ e.\text{mínimo} &= \frac{D}{5.64 \text{ sen } A} \\ e.\text{máximo} &= 12.7 \text{ mm} \end{aligned}$$

onde:

onde: A = Ângulo formado pela geratriz do cone com o plano horizontal, em graus.

D = diâmetro nominal do reservatório, em m.

e = espessura das chapas do teto, em mm.

b) tetos autoportantes em abóboda ou em gomos devem satisfazer as seguintes condições:

$$\begin{aligned} R.\text{máximo} &= 1.2 D \\ R.\text{mínimo} &= 0.8 D \\ & \quad R \\ e.\text{mínimo} &= \frac{R}{2.82} \\ e.\text{máximo} &= 12.7 \text{ mm} \end{aligned}$$

onde: R = raio de curvatura do teto, em m.

D = diâmetro nominal do reservatório, em m.

e = espessura das chapas do teto, em mm.

10.6.8. - As bordas das chapas dos tetos autoportantes podem ser dobradas na horizontal de forma a ampliar o contato com o flange ou a aba da cantoneira superior do costado facilitando a soldagem.

Nota: A sobreesspessura para corrosão deve ser especificada em função do tipo de água armazenada, da proximidade do mar, da corrosão atmosférica do local e dos cuidados com que a manutenção da pintura será realizada.

10.7. - Acessórios

10.7.1. - O reservatório deve ser provido com pelo menos uma boca de visita no costado, uma boca de visita no teto, um dreno, um respiro e uma escada externa de acesso ao teto.

10.7.2. - As quantidades de bocas de visita no costado e no teto, e de drenos de fundo, variam de acordo com as dimensões do reservatório e com as necessidades da contratante. A Tabela 8 apresenta as quantidades mínimas recomendáveis desses acessórios.

TABELA 8: Quantidade mínima de acessórios recomendáveis do reservatório

Diâmetro nominal do reservatório (m)	Bocas de visita no costado	Bocas de visita no teto	Drenos de fundo
até 7.5	1	1	1
de 7.5 a 25	2	2	1
de 25 a 45	3	2	2
acima de 45	4	3	2

10.7.3. - As bocas de visita devem ser, preferencialmente, circulares, com diâmetros mínimo de 610 mm.

10.7.4. - A critério da contratante, o reservatório apoiado pode ser provido de porta de limpeza.

10.7.5. - Os drenos de fundo podem ser feitos de aço fundido.

10.7.6. - Suportes para andaimes devem ser localizados o mais próximo possível do centro do teto.

10.7.7. - As plataformas e passadiços devem ser metálicos e obedecer os seguintes critérios:

- a) o piso deve ser feito de material não derrapante, com largura mínima de 610 mm;
- b) corrimãos devem ser colocados nos dois lados da plataforma e passadiços, a uma altura de 1000 mm acima do piso;
- c) os passadiços entre dois reservatórios, ou entre um reservatório e outra estrutura, devem ser apoiados de forma a permitir movimentos relativos das estruturas ligadas a tais passadiços.

10.7.8. - Reservatórios apoiados devem ter escadas obedecendo os seguintes critérios:

- a) as escadas devem ser totalmente metálicas, com largura mínima de 610 mm;
- b) reservatórios de até 6 m de altura podem ter escada vertical com guarda-corpo; o guarda-corpo é dispensado até a altura de 2m;
- c) reservatórios com altura superior a 6m devem ter escadas inclinadas, com inclinação máxima de 50 graus em relação à horizontal;
- d) as escadas inclinadas devem ter corrimão com altura compreendida entre 750 mm e 850 mm em relação à borda dianteira do degrau;
- e) devem ser colocados corrimãos em ambos os lados das escadas retas e também nas helicoidais quando seu afastamento do costado do reservatório for superior a 200 mm;
- f) as escadas helicoidais devem ser integralmente suportadas pelo próprio reservatório, devendo o primeiro degrau estar afastado do solo;
- g) no teto deve haver escada com corrimão, ou simplesmente degraus, para acesso aos suportes para andaimes, boca de visita, para-raios, respiro, e outros elementos fixados ao teto.

10.7.9. - Reservatórios elevados devem ter escadas obedecendo os seguintes critérios:

- a) as escadas devem ser totalmente metálicas, com largura mínima de 500mm;
- b) deve ser prevista uma escada no fuste, externa ou interna, ou na estrutura de apoio da torre, para acesso a um passadiço ou diretamente à escada externa do reservatório; esta escada pode ser vertical provida de guarda-corpo, com lances máximos de 4 m, mas em nenhuma seção pode ter inclinação negativa;
- c) a escada externa do reservatório deve ser provida de guarda-corpo e pode se conectar diretamente à escada do teto;
- d) o acesso aos acessórios do teto deve ser feito por meio de escadas, ou simplesmente degraus, providos de corrimãos;

- e) corrimãos de escadas inclinadas devem obedecer os mesmos requisitos especificados para os corrimãos de escadas de reservatórios apoiados.

#### 10.8. - Extravasor

O reservatório deve ser provido de dispositivo extravasor com capacidade no mínimo igual à máxima vazão afluente ao reservatório.

10.8.1. - O extravasor de reservatório apoiado, constituído por um simples tubo horizontal, deve se projetar no mínimo 300 mm para fora do costado.

10.8.2. - Extravasor com descarga para o solo deve ser constituído por uma tomada adequada, um tubo de queda fixado por meio de braçadeiras, e uma estrutura de dissipação de energia, a tubulação do extravasor deve ser, preferencialmente, de aço, com conexões rosqueadas ou soldadas para diâmetros de até 100 mm, e com conexões flangeadas ou soldadas para diâmetros maiores.

10.8.3. - As tubulações do extravasor devem ter espessura mínima de 4.7 mm.

## 11 - SOLDA

### 11.1. - Definições e Símbolos

- As definições devem estar de acordo com as normas brasileiras referentes à soldagem.

Os símbolos usados nos desenhos devem estar de acordo com AWS A.2.4

### 11.2. - Qualificação dos Procedimentos de soldagem

- a) O reservatório pode ser soldado por qualquer processo de soldagem que não inclua aplicação de pressão.
- b) O contratante deve realizar os testes de procedimento de solda para qualificá-los para a execução da solda do reservatório.

A especificação para cada procedimento de solda deve ser qualificada de acordo com a "ASME BOILER AND PRESSURE VESSEL CODE", section IX, exceção feita às juntas horizontais e solda de filete.

- Para o caso de soldas horizontais de topo, as quais não exijam penetração completa, terão seu procedimento somente qualificado pela tensão de redução de secção, para tanto devem dar valores não inferiores a 2/3 da resistência mínima a tração do material de base.

- Procedimento para qualificação de solda de filete deve ser feita de acordo com a secção X, parágrafo QW-202.2 do ASME BOILER AND PRESSURE VESSEL CODE.

### 11.3. - Qualificação dos Soldadores

A contratada deverá proceder os testes para todos os soldadores de solda manual de todos os operadores de solda automática e semi-automática.

Os testes devem ser como descrito em ASME BOILER AND PRESSURE VESSEL CODE, section IX.

O procedimento para tais casos devem ser :

- a-) cada soldador será certificado por um número, letra ou símbolo.
- b-) a marca de identificação será estampada adjacente a solda executada em intervalos não superiores a 1 metro.
- c-) ou opcionalmente a contratada deve manter um



registro dos soldadores empregados em cada solda e anotar a estampa, neste caso o registro deve ser mantido para constar no relatório de inspeção.

#### 11.4. - Restrições sobre Juntas soldadas

São as seguintes:

- a) Pontos de solda não podem ser considerados como tendo resistência estrutural.
- b) As soldas de ângulo de chapas de até 6.3 mm de espessura devem ser do tipo integral.
- c) As soldas de ângulo de chapas de mais de 6.3 mm de espessura devem ter dimensão igual ou superior a um terço da menor das espessuras das chapas da junta, e no mínimo 6.3 mm.
- d) As juntas sobrepostas simplesmente soldadas são permitidas somente nas chapas de fundo de reservatórios apoiados, observado o disposto em 11.4.2., e nas chapas do teto de qualquer tipo de reservatório.
- e) As juntas sobrepostas devem ter uma sobreposição de, no mínimo, cinco vezes a espessura da chapa mais fina; a sobreposição não precisa exceder 50mm para juntas duplamente soldadas e 25 mm para juntas simplesmente soldadas.
- f) As juntas de topo submetidas a tensões primárias causadas pelo peso do conteúdo do reservatório, devem ser de penetração total; podem ser duplamente soldadas, ou simplesmente soldadas e com cobrejunta.
- g) Qualquer junta de topo de chapas com espessura inferior a 9.5 mm deve ser de penetração total.

#### 11.4. - Especificações de soldagem

##### 11.4.1. - Geral

- a) o reservatório e suas estruturas e acessórios devem ser soldados por processo de solda a arco, a arco submerso ou a arco protegido com gás, empregando-se equipamento adequado;
- b) não se procederá à soldagem quando as partes a serem unidas estiverem molhadas; sob a ação de ventos fortes, a soldagem só será feita se o soldador e as peças estiverem devidamente protegidos;
- c) chapas com espessura superior a 32 mm devem ser ligeiramente pré-aquecidas numa região circular de raio mínimo de 75 mm em torno do ponto de início da

solda: quando a temperatura ambiente for igual ou inferior a 0 graus Celsius, todas as chapas e peças a serem soldadas devem ser pré-aquecidas como acima descrito;

- d) cada passe de solda múltipla deve ser devidamente limpo de escórias e outras impurezas antes da aplicação do passe subsequente; a solda simples e o último passe de solda múltipla também devem ser igualmente limpos;
- e) deve haver boa concordância, sem mordeduras, entre as superfícies do cordão e do metal de base;
- f) quando as superfícies a soldar estiverem num mesmo plano, a altura do reforço de solda deve obedecer às limitações da Tabela 9.

Tabela 9: Altura máxima do reforço de solda

EspeSSura da chapa (mm)	Altura máxima do reforço de solda (mm)
até 12.7	1
de 12.7 a 25.4	2
maior que 25.4	3

- g) em todas as juntas sobrepostas, as chapas devem ser mantidas em perfeito contato durante toda a soldagem.

11.4.2. - Soldagem do fundo de reservatório apoiado

- a) as chapas do fundo podem ser unidas por juntas sobrepostas ou de topo, exceto as chapas anulares que devem ser unidas por juntas de topo duplamente soldada ou por junta de topo com cobrejunta inferior, sempre com penetração total;
- b) as chapas do fundo, depois de distribuídas e ponteadas, devem ser soldadas entre si numa sequência tal que resulte mínima distorção por contração, obtendo-se uma superfície com mínimo empeno e ondulações;
- c) a solda do costado ao fundo deve estar praticamente terminada antes que sejam concluídas as soldas das juntas do fundo que foram deixadas abertas para compensação da contração devida a outras soldas já executadas;
- d) as chapas do costado podem ser alinhadas por grampos metálicos fixados às chapas do fundo e o costado

pode ser pontado ao fundo antes do início da soldagem contínua definitiva.

#### 11.4.3. - Soldagem do fundo de reservatório elevado

- a) as chapas do fundo devem ser unidas por juntas de topo duplamente soldada com penetração total;
- b) aplicam-se as recomendações das alíneas b), c) e d) da seção 11.4.2..

#### 11.4.4. - Soldagem do costado

- a) todas as juntas do costado, verticais e horizontais, devem ser de topo, de preferência soldadas duplamente, e ter penetração total e fusão completa com o metal base na dimensão especificada;
- b) as chapas a serem unidas por soldas verticais de topo devem ser cuidadosamente ajustadas e mantidas em posição durante a operação de soldagem; o desalinhamento das juntas verticais concluídas não deve exceder dez por cento da espessura da chapa, sendo tolerado até 2 mm no caso de chapas com espessura inferior a 19.0 mm;
- c) nas juntas horizontais de topo, uma chapa não deve projetar-se, além da face da outra, mais que 20% vinte por cento da espessura da chapa mais fina, valor este limitado a 3 mm; excetuam-se os casos de chapas com espessura igual ou inferior a 7.9 mm, quando é permitida uma projeção de até 2 mm;
- e) a união entre as chapas do anel inferior do costado e as chapas do fundo, no caso de reservatório apoiado ou elevado de fundo plano, deve ser feita por meio de solda de ângulo, depositada em ambas as faces das chapas do costado; a dimensão dessa solda não deve exceder 13 mm, nem ser inferior à espessura da chapa mais fina dentre as do costado e do fundo, mas também não inferior aos valores indicados na Tabela 10.

Tabela 10: Dimensão mínima da solda de ângulo entre o costado e o fundo

Espessura da chapa do costado e (mm)	Dimensão mínima da solda (mm)
$e \leq 5$	5
$5 < e \leq 20$	6
$20 < e \leq 30$	8
$30 < e \leq 40$	10

## 11.4.5. - Soldagem do teto

- a) as chapas do teto podem ser unidas por juntas sobrepostas contínuas, soldadas apenas pela face superior, com solda de ângulo de dimensão igual à espessura das chapas;
- b) as chapas do teto, depois de distribuídas e ponteadas, devem ser soldadas entre si numa sequência tal que resulte mínima distorção por contração, obtendo-se uma superfície com mínimo empeno e ondulações.

REVOGGADT

## 12 - PROJETO DA FUNDAÇÃO

### 12.1 - Generalidades

Os contratados devem fornecer o projeto, baseado no tipo da fundação e taxa de suporte do solo adotado .

A terra ao redor da fundação deverá ser compactada suficientemente para permitir um trabalho eficiente durante o erguimento do tanque e para evitar a formação de poças d'água na área de fundação

### 12.2. - Reservatórios Elevados

Para reservatórios elevados a fundação é de extrema importância. Recalques diferenciais, causam mudanças na distribuição de tensões na estrutura podendo acarretar vazamentos ou flambagem das chapas. O topo da fundação deve ser rigorosamente locado.

### 12.3. - Reservatório Apoiado

O projeto correto e adequada execução das fundações para reservatório apoiado são importantes para assegurar recalque mínimo e uniforme.

### 12.4. - Carga d'água

Carga d'água é uma carga viva e deve ser usada com os fatores próprios para carga viva.

Nota: A tensão de suporte do solo deve ser especificada usando-se um fator de segurança adequado.

### 12.5 - Sondagem do Solo

Sondagens de reconhecimento do solo devem ser feitas para determinar:

- a-) a presença ou não de rochas, aterro, etc..
- b-) se o local permite a construção da estrutura a ser erguida.
- c-) classificação das camadas de solo.
- d-) o tipo de fundação adequada.
- e-) o nível do lençol freático e se é necessário o seu rebaixamento.
- f-) a capacidade de suporte do solo e a profundidade da fundação.
- g-) se há necessidade de estaqueamento e o comprimento das estacas.
- h-) as elevações dos pisos e outros acidentes topográficos que

poderão afetar a fundação ou a construção.

- i-) a homogeneidade e a compressibilidade do solo no local de assentamento do reservatório de modo que os recalques totais e diferenciais da estrutura possam ser avaliados.

## 12.6 - Fator de Segurança

É recomendado que os seguintes fatores de segurança sejam usados para determinar a capacidade de suporte do solo:

### 12.6.1 - Reservatórios de muitas colunas

Um fator de segurança superior a 3 sobre a tensão de ruptura do solo.

- 12.6.2. - Um fator de segurança igual a 2 deverá ser usada para estaqueamento.

## 12.7 - Fundação para Tanques Apoiados

Deve ser observado o seguinte:

- a) Os reservatórios de fundos chatos podem ser suportados por parede de anel, lage de concreto ou berço bem compactado.
- b) A escavação, preparo do solo e compactação devem ser feitos de acordo com a boa prática de engenharia.
- c) O tampo da fundação deverá estar 15 a 30 cm do "greide" acabado a menos que haja especificação contrária do comprador.
- d) A fundação deve ser uniformemente inclinada para o centro do reservatório, uma inclinação de 1:100 é sugerida como um mínimo.
- e) Reservatórios que necessitem de parafusos de ancoragem devem ser suportados com parede de anel ou lage de concreto.

### 12.7.1 - Tipos de Fundação

A fundação para reservatórios apoiados devem ser de um dos seguintes tipos:

#### 12.7.1.1. - Tipo I: Reservatório suportado por parede com anel

Deve ser observado o seguinte:

- a) Um colchão de areia com óleo de no mínimo 8 cm de espessura seja colocado sobre a terra no interior do anel sob o fundo do tanque.

- b) Um espaço mínimo de 2.5 cm entre o fundo do reservatório deve ser grauteado com argamassa de cimento e areia no traço de 1:1.5. O grauteamento deve preencher o espaço inteiro sob o reservatório do lado extremo do cálice do fundo do tanque ao colchão de areia.
- c) Nos casos em que a largura do grauteamento colocado sob o fundo do tanque seja inferior a 15 cm, a parte superior da fundação deve ser saturada com água antes de ser feito o grauteamento.
- d) Em lugar do grauteamento sob o fundo este pode ser suportado por uma junta de enchimento de "CANE FIBER" de 12.5 mm de espessura, e que esteja de acordo com a ASTM-D 1251 se as tolerâncias atenderem a secção 12.6.2.

#### 12.7.1.2. - Tipo 2: Reservatório suportado por laje de concreto

Deve ser observado o seguinte:

- a) Um colchão de areia não inferior a 25.4 mm deve ser executado entre o fundo do reservatório e a laje de concreto da fundação. No lugar do colchão de areia, o fundo poderá ser suportado por uma junta de 12.5 mm de "CANE FIBER" de acordo com a ASTM-D 1751.
- b) A parede do reservatório pode ser suportada por grauteamento ou alternativamente com o "FIBER JOINT FILLER" se a fundação atender as tolerâncias de 12.6.2.
- c) Quando grauteado um espaço mínimo de 25.4 mm entre o fundo do reservatório e a superfície da laje de concreto deve ser preenchido totalmente com argamassa de cimento e areia no traço de 1:1.5.
- d) A argamassa deve encher totalmente o espaço sob o reservatório desde o canto externo até o colchão de areia. A superfície da fundação deve ser saturada com água antes da colocação da argamassa.

#### 12.7.1.3. - Tipo 3: Reservatórios envoltos por Anéis de Aço

Deve ser observado o seguinte:

- a) Os reservatórios podem ser colocados, sob um colchão de areia dentro da parede em anel de aço. O colchão consistirá de uma espessura mínima de 15 cm de areia lavada ou pedrisco, saturados com óleo de petróleo.
- b) A superfície de areia dentro do anel terá uma declividade uniforme entre o topo da parede e o centro do reservatório.
- c) A parte interna da parede tem uma distância mínima de 19 mm da chapa externa do fundo do reservatório.

- d) Deve ser prevista a drenagem da parte interna da parede do anel.

12.7.1.4.- Tipo 4: Reservatório apoiado sob plataforma (berma) granular com anel de aço de retenção

Deve ser observado o seguinte:

- a) A plataforma deve ser de pedregulho ou pedra britada sem argamassa.
- b) A plataforma deve ser estendida um mínimo de 1 m da parede do reservatório e daí ter um declive de 1 para 1.5 (vertical-horizantal).
- c) A plataforma sob o reservatório deve ser nivelada de  $\pm 3$  mm para cada 3m de circunferência e dentro de  $\pm 12.5$  mm na circunferência total. Proteção adequada deve ser feita para evitar a erosão da fundação.

12.7.1.5. - Tipo 5: Reservatório apoiado em plataforma com anel de aço de retenção.

Deve ser observado o seguinte:

- a) A plataforma(berma) deve ser de pedregulho de pedra britada sem argamassa. A plataforma deve se estender até o anel de aço de retenção.
- b) O anel de aço de retenção deve ter um mínimo de 30 cm de distância da parede do reservatório ou uma distância suficiente para permitir estabilidade sob a parede no caso do anel de aço de retenção ser removido. A berma sob o reservatório deve ser nivelada dentro de  $\pm 3$  mm de circunferência e dentro de  $\pm 12.5$  mm na circunferência total.

12.7.2 . Tolerância da fundação de concreto

As paredes do anel e as lajes depois da colocação da argamassa ou antes da colocação da Junta de enchimento "FIBER JOINT FILLER" devem ser nivelados dentro de  $\pm 3$  mm em cada 9 metros de circunferência do reservatório.

O desnivelamento da circunferência não pode variar de  $\pm 6$  mm em relação a um plano estabelecido.

A tolerância do concreto lançado antes da colocação da argamassa deve ser de  $\pm 25.4$  mm.



## 12.8. - Detalhes do Projeto da Fundação

### 12.8.1 - Altura acima do terreno

A parte superior do concreto da fundação deve estar de 15 a 30 cm acima do greide estabelecido.

### 12.9 - Projeto do Concreto

-No projeto da fundação de concreto devem ser observadas as Normas ABNT pertinentes complementadas pelas normas CETESB seguintes:

- L1-007 - Determinação do grau de agressividade do meio ao concreto.
- P4-020 - Fundações para obras de Saneamento Básico - Projeto e execução.
- P4-001 - Projeto e execução de estruturas de concreto em obras de saneamento básico.

### 13. FABRICAÇÃO NA OFICINA

Todos os detalhes executados de acordo com este manual deverão ser da melhor qualidade de mão de obra.

#### 13.1. - Marcação

A marcação deve ser feita somente por especialista.

#### 13.2. - Endireitamento

Qualquer endireitamento do material deve ser feito usando-se métodos que não prejudiquem o material. Pequenos endireitamentos a frio são permitidos.

O endireitamento a frio pode ser realizado através de martelamento ou preferivelmente por calandragem ou prensagem.

O calor deve ser usado para endireitamento de deformações mais acentuadas.

#### 13.3. - Corte por Oxigênio ou Plasma

Quando as bordas das chapas são cortadas por oxigênio ou plasma, a superfície obtida deve ser uniforme e lisa e deverá ser limpa de acúmulo de escória antes de soldagem.

Todos os cortes devem seguir rigorosamente o traçado.

#### 13.4. - Corte por Cizalhamento

O corte por cizalhamento pode ser usado para materiais de espessuras de 12.5 mm ou menor para serem unidos por junta de topo e para qualquer espessura de material para ser unido por junta sobreposta.

#### 13.5. - Calandragem

Deve ser observado o seguinte:

- a) As chapas devem ser calandradas a frio para adquirir a curvatura do reservatório.
- b) As chapas que não requeiram calandragem devem ter um diâmetro superior ao mínimo indicado na Tabela 11, para as espessuras de chapas indicadas.

Tabela 11: Mínimo diâmetro para chapas não calandradas

espessura da chapa(mm)		diâmetro(m)
mín.	máx.	
>9.5	9.5	12
>12.7	12.7	18
>15.8	15.8	36

Devem ser calandradas para todos os diâmetros

c) Chapas de dupla curvatura

Chapas que são curvadas em duas direções devem ser prensadas a frio ou a quente ou podem ser prensadas em forma.

d) Fresamento das colunas

As extremidades das colunas devem ser fresadas para obter um apoio satisfatório, a menos que o projeto requeira solda suficiente.

## 14. MONTAGEM DE CAMPO

A contratada deve fornecer toda mão de obra, ferramentas, máquinas de solda, andaimes e outros materiais de montagem do reservatório além de equipamentos de segurança.

### 14.1. - Soldas

Todas as soldas do reservatório e partes estruturais devem ser executadas de tal maneira que assegurem a completa fusão com o material base dentro dos limites especificados para cada junta e estruturalmente de acordo com o procedimento qualificado.

### 14.2. - Condições do Tempo

A soldagem não poderá ser executada quando as superfícies das partes estiverem úmidas pela chuva ou em período de grandes ventanias, a menos que o soldador ou operador de solda e o local da soldagem estejam adequadamente protegidos.

### 14.3. - Preparações das superfícies a serem soldadas

As superfícies a serem soldadas devem estar livres de escamas soltas, escórias, ferrugem, graxas e pintura e de qualquer material estranho exceto a firme escória de laminação.

Um filme leve de dióxido de alumínio bem como respingos ou equivalentes, podem ser desprezados. Tais superfícies deverão também ser alisadas e niveladas uniformemente e livres de rebarbas, gotas e outros defeitos que afetem negativamente a soldagem.

Um filme leve de ferrugem aderido no corte depois escovado com escova de aço não necessita ser removido.

### 14.4. - Recobrimentos Protetores

Se um recobrimento protetor ou equivalente for usado na superfície a ser soldada, então o tal recobrimento protetor deve ser incluído na parte de qualificação do procedimento de solda quanto a formulação e a máxima espessura do revestimento a ser aplicado, exceto se a camada protetora não exceder 2 milésimo de polegada quando então a qualificação com ou sem proteção são aceitáveis.

### 14.5. - Pré-aquecimento

Quando a espessura do material a ser soldado exceder 38.7 mm e a temperatura do material for inferior a 21°C, as superfícies distantes dentro de um mínimo 4 vezes a espessura nas partes da bordas onde a soldagem começou devem ser aquecidas a uma temperatura de 94°C, e finalmente esta temperatura deve ser mantida por uma distância de 4 espessura em cada lado do arco enquanto a soldagem avança.

#### 14.6. - Eletrodos de Baixo Hidrogênio

#### 14.7. - Reforços de Solda

O reforço de solda de topo deve ser o mínimo praticamente possível e preferivelmente não superior a 1.6 mm.

Em nenhum caso a face da solda deve ficar abaixo da superfície a ser soldada.

O cinzelamento na raiz da solda e o cinzelamento da solda para remover defeitos deve ser realizado com uma ferramenta arredondada ou por arco ou por cinzelamento por soldagem.

#### 14.8. - Limpeza entre camadas

Cada camada de soldagem, de uma soldagem múltipla deve ser limpa de escórias e outros depósitos soltos antes da próxima camada ser aplicada.

#### 14.9. - Abertura de arco

Não é permitida a abertura de arco nas chapas e elementos estruturais do reservatório para auxiliar a montagem

#### 14.10. - Orelhas

Orelhas ou quaisquer peças próximas soldadas ao reservatório devem ser removidas sem deixar vestígio ou causar danos às chapas da peça da base.

#### 14.11. - Anéis de contraventamento

Durante a montagem do costado até a colocação do teto e eventuais anéis de contraventamento, o costado deve ser escorado convenientemente para não correr o risco de colapso por ação do vento ou peso próprio.

#### 14.12. - Cortes no costado

Os cortes feitos nos costados ou em chapas de reforço, para inserção de conexões e acessórios devem ser esmerilhados e as arestas arredondadas; quando a superfície de corte for completamente coberta de solda posterior é dispensável o arredondamento da arestas.

#### 14.13. - Tolerâncias Dimensionais

A falta de prumo máximo admissível entre o topo e borda inferior do costado é de 1/150 da altura total do reservatório, e a falta de prumo de cada chapa no costado não deve exceder o valor especificado como tolerância das chapas de acordo com a Tabela 12.

Diâmetros medidos a partir de 300mm acima da solda de canto entre o fundo e o costado devem observar as tolerâncias indicadas na Tabela 12.

Tabela 12 - Tolerâncias

Diâmetro nominal do reservatório (m)	Tolerância diametral (mm)
até 10	+ - 30
entre 10 e 30	+ - 50
> 30	+ - 80

Notas:

- a) Barrigas horizontais e verticais, medidas por meio de gabarito de 1000mm, não devem exceder 20mm.
- b) As tolerâncias acima fixadas devem ser comparadas por medições antes do teste.

#### 14.14. - Identificação

O reservatório deve ser identificado por peça de placa de material resistente a corrosão nas dimensões mínimas de 150mmx100mmx2mm colocado junto a boca de visita e contendo no mínimo as informações abaixo:

- a) Nome das contratadas;
- b) Ano de fabricação;
- c) Diâmetro nominal;
- d) Altura útil;
- e) Capacidade nominal; e
- f) Sobreesspessura de corrosão.

## 15. INSPEÇÕES E TESTES

### 15.1 - Inspeção na Oficina

Se esta inspeção é solicitada pelo comprador, esta consistirá de uma inspeção visual das práticas e operações para determinar a adequação com este manual.

Soldas feitas na oficina que estejam submetidas a tensão resultante do peso ou pressão dos componentes do reservatório podem ser inspecionadas por métodos radiográficos ou por seções de segmentos.

### 15.2 - Inspeção de Campo

A qualidade da solda de campo deve ser determinada por radiografia ou secção de segmento ou amostras em número e localização especificada na seção 15.3.

O inspetor do comprador pode designar o local a ser radiografado ou onde os segmentos devem ser removidos. Tais locais devem ser prontamente acessíveis pelos andaimes da contratada que deverá ser avisada do término dos serviços antes de retirar tais andaimes.

É recomendável que a inspeção de radiografia de secção de segmentos seja feita imediatamente depois da primeira solda vertical para evitar-se possível recusa de soldagem que teria posteriormente ser removida.

### 15.3. - Inspeção de Solda

#### 15.3.1. - Inspeção de soldas de topo

- a) a inspeção da qualidade das juntas soldadas horizontais do costado, quando exigida penetração total, e das juntas verticais do costado, devem ser feitas por método radiográfico, conforme descrito em 15.5.; a mesma exigência se aplica às juntas do fundo de reservatórios elevados;
- b) juntas de topo, quando não exigida a penetração total, podem ser inspecionadas por método de seccionamento conforme descrito em 15.6.

#### 15.3.2. - Inspeção de soldas de ângulo

- a) a inspeção de soldas de ângulo é vertical;
- b) soldas consideradas insatisfatórias à inspeção visual, são aceitas ou rejeitadas após análise de seu corte feito por meio de talhadeira de ponta arredondada.

### 15.3.3. - Inspeção de Juntas sobrepostas

As Juntas sobrepostas das chapas do fundo do reservatório apoiado e do teto do reservatório, a critério da contratante, devem ser testadas a vácuo usando espuma de sabão, óleo de linhaça ou outro material adequado para indicação de vazamentos, conforme descrito em 15.7.

15.4. - Todos os reparos de solda devem ser reexaminadas pelo mesmo método que apontou o defeito.

15.5. - Método radiográfico de inspeção de Juntas soldadas

15.5.1. - A inspeção radiográfica por raio-X ou raio-Gama fica restrita às Juntas verticais do costado e às Juntas do fundo de reservatórios elevados, nos casos de solda de penetração total e fusão completa; e a critério da contratante, aplica-se também às Juntas de topo de chapas inseridas no costado.

15.5.2. - Respingos de solda e outras irregularidades da superfície da solda, de ambos os lados da junta, devem ser removidos por processo mecânico adequado; as irregularidades remanescentes não devem prejudicar a interpretação da radiografia.

15.5.3. - A superfície da solda a radiografar deve concordar suavemente com a superfície da chapa; a superfície acabada do eventual reforço de solda deve ter curvatura uniforme com altura limitada aos valores da Tabela 9.

15.5.4. - A quantidade e localização das radiografias deve obedecer os seguintes critérios:

- a) nas Juntas verticais, para cada soldador ou máquina automática, deve ser tirada uma radiografia dos primeiros três metros de solda das Juntas de cada tipo e espessura; em seguida, deve ser tirada uma radiografia adicional a cada 30 metros ou fração de Junta vertical de mesmo tipo e espessura; no mínimo 25 por cento dos pontos selecionados devem estar nas interseções de Juntas verticais e horizontais;
- b) nas Juntas horizontais, deve ser tirada uma radiografia dos primeiros três metros de solda das Juntas de mesmo tipo e espessura, baseada na espessura da chapa mais fina, independentemente do número de soldadores ou máquinas envolvidas; em seguida, deve ser tirada uma radiografia adicional de cada 60 metros ou fração de Junta horizontal de mesmo tipo e espessura;
- c) as Juntas de topo da periferia das chapas inseridas de boca de visita devem ser completamente



radiografadas.

15.5.5. - Cada radiografia deve mostrar nitidamente um comprimento mínimo de 75 mm de cordão de solda; o filme deve estar centrado na solda e ter largura suficiente para a colocação das marcas de identificação e dos indicadores de espessura ou penetrômetros.

15.5.6. - O filme deve ser colocado o mais próximo possível da superfície da solda, e as radiografias devem ser isentas de defeitos de revelação e arranhões que prejudiquem a correta interpretação dos resultados.

15.5.7. - São consideradas inaceitáveis as soldas cujas radiografias apresentem qualquer um dos seguintes defeitos:

- a) trinca, fusão incompleta ou penetração incompleta;
- b) inclusão alongada de comprimento maior que dois terços da espessura da chapa mais fina da junta;
- c) inclusão alongada de comprimento maior que 19 mm;
- d) grupo de inclusões em linha tal que a soma das maiores dimensões de todas as inclusões resulte maior do que a espessura da chapa mais fina num comprimento de seis vezes tal espessura; esta condição não se aplica se cada um dos trechos entre inclusões for maior do que três vezes o comprimento da maior das inclusões adjacentes;
- e) porosidade excessiva, de acordo com especificações da contratante.

15.5.8. - Quando a solda radiografada for inaceitável, por qualquer razão exposta em 15.5.7., e os limites da solda defeituosa não estiverem contidos na radiografia, devem ser tiradas duas ou mais radiografias adjacentes à região em análise, para delimitar a extensão da solda defeituosa.

15.5.9. - Os defeitos de solda devem ser reparados removendo-se a zona defeituosa por meios mecânicos ou por fusão, de um ou ambos os lados da junta, se necessário, e soldando-se novamente; deve ser removido o material estritamente necessário para a correção do defeito.

15.5.10. - Deve ser feito um cadastro das radiografias executadas, com marcas de identificação, num desenho de desenvolvimento do costado e, se aplicável, numa planta do fundo do reservatório.

15.6. - Método de seccionamento para inspeção de juntas soldadas

15.6.1. - O método de seccionamento aplica-se às juntas

horizontais do costado para as quais não tenham sido especificadas fusão e penetração completa; este método não se aplica às soldas entre o fundo do reservatório apoiado e o primeiro anel do costado, soldas da cantoneira de reforço ao costado ou ao teto, e soldas de bocas de visita e outros acessórios.

15.6.2. - Os corpos de provas são discos cortados com ferramenta de corte cilíndrico, de modo que contenham parte de ambas as chapas soldadas, obtendo-se duas seções transversais completas de junta soldada.

15.6.3. - Deve-se cortar um corpo de prova dos primeiros três metros de junta horizontal de cada tipo e espessura da chapa mais grossa, independentemente do número de soldadores ou máquinas envolvidas; em seguida, deve ser cortado um corpo de prova adicional para cada 60 metros de junta horizontal do mesmo tipo e espessura.

15.6.4. - O diâmetro do corpo de prova não deve ser menor que a largura da solda acabada mais 3 mm, e nunca inferior a 13 mm.

15.6.5. - O corpo de prova deve ser retirado de tal modo que contenha, no mínimo, 1.5 mm de chapa original de cada lado.

15.6.6. - O corpo de prova deve ser imerso em solução de ácido clorídrico a 50 por cento, em ebulição, por cerca de 30 minutos, até se obter uma definição completa da estrutura da solda; a superfície das soldas deve ser tratada por lavagem em água doce, imersão em álcool, secagem e aplicação opcional de fina camada de verniz transparente.

15.6.7. - São consideradas inaceitáveis as soldas que apresentem qualquer um dos seguintes defeitos:

- a) trinca, fusão incompleta entre solda e metal base ou penetração insuficiente, abaixo dos valores especificados;
- b) inclusões de escória, exceto quando estiverem situadas entre camadas de solda, distribuídas paralelamente às superfícies das chapas e com largura menor que a metade da largura da solda; inclusões normais às chapas somente são admitidas quando não excederem 10 por cento da espessura da chapa mais fina;
- c) porosidade excessiva, de acordo com especificações da contratante.

15.6.8. - Quando um corpo de prova apresentar defeito de solda inaceitável, outros corpos de prova devem ser retirados de juntas feitas pelo mesmo soldador ou operador, a distâncias de cerca de 60 cm de cada lado do local da primeira amostra; caso algum destes corpos de prova adicionais apresente defeitos

inaceitáveis, outros corpos de prova devem ser cortados, a intervalos de aproximadamente 60 cm, até a delimitação da extensão da solda defeituosa.

15.6.9. - Os defeitos de solda devem ser reparados removendo-se a zona defeituosa por meios mecânicos ou por fusão, de um ou ambos os lados da junta, se necessário, e soldando-se novamente; deve ser removido o material estritamente necessário para a correção do defeito.

15.6.10. - Todos os cortes feitos nas juntas do costado para exame por seccionamento devem ser fechados por inserção de um disco no furo e posterior soldagem completa, ou diretamente por soldagem.

15.6.11. - Deve ser feito um cadastro dos corpos de prova retirados, devidamente marcados, num desenho de desenvolvimento do costado.

#### 15.7. - Testes de Juntas sobrepostas

O ensaio a vácuo, para juntas sobrepostas, pode ser executado com caixa metálica de teste provida de tampa de vidro e conexões para válvulas e manômetros; o fundo da caixa deve ser selado junto à superfície das chapas, aplicando-se em seguida vácuo de pelo menos 10 mm Hg; a junta é considerada aprovada se não apresentar borbulhamento ou espuma no material de teste aplicado no cordão de solda.

#### 15.8. - Teste do costado

Após a conclusão das soldas e seus respectivos testes, e antes de se conectar qualquer tubulação ao reservatório, o mesmo deve ser testado por um dos seguintes métodos:

##### 15.8.2. - Teste hidrostático

- a) o teste hidrostático consiste no enchimento completo do reservatório com água à temperatura ambiente, para verificação de vazamentos, distorções e recalques da fundação;
- b) para boas condições de fundação, o reservatório pode ser enchido até a metade de forma rápida, contínua e uniforme; antes de prosseguir o enchimento são medidas as cotas de pelo menos quatro pontos de referência de nível, para verificação de recalques exagerados ou desiguais;
- c) caso os recalques assim medidos sejam aceitáveis, o enchimento prossegue até três quartos da capacidade do reservatório, quanto então se fazem novas medições de nível;
- d) caso os recalques continuem dentro dos limites

esperados, o reservatório é enchido completamente, permanecendo cheio por 48 horas, no mínimo; fazem-se novas medições de nível e verifica-se a existência de vazamentos:

- e) para condições desfavoráveis de fundação, o procedimento básico é o mesmo descrito acima, mas a velocidade de enchimento do reservatório não deve exceder 0.6 m por dia na primeira semana, aumentando-se esta velocidade de enchimento para até 1.2 m por dia se os recalques observados forem aceitáveis;
- f) o reservatório está aprovado no teste hidrostático se os recalques observados estiverem dentro dos valores previstos no projeto da fundação e se não tiverem sido observados vazamentos.

### 15.8.3. - Outros métodos

Não sendo possível executar o teste hidrostático, por indisponibilidade de água, admite-se que o teste do costado seja feito por um dos seguintes métodos:

- a) pintura das juntas, pelo lado interno, com óleo de grande penetração, e exame cuidadosa da parte externa para verificação de vazamentos;
- b) aplicação de vácuo às juntas, conforme descrito em 15.7., ou aplicação de ar internamente, examinando-se a ocorrência de vazamentos no lado externo das juntas mediante espuma de sabão, óleo de linhaça ou outro material adequado.

### 15.9. - Teste do teto

Após a montagem, o teto deve ser testado por pressão interna de ar, ou vácuo externo às juntas, conforme descrito em 15.7..

### 15.10. - Reparos

15.10.1. - Os defeitos de solda detectados pelos testes radiográficos e de seccionamento, devem ser reparados como recomendado em 15.5.9. e 15.6.9.

15.10.2. - Os defeitos detectados pelos testes das juntas sobrepostas, do costado e do teto, conforme seções 15.5., 15.6. e 15.7., devem ser reparados como segue:

- a) pequenos vazamentos e porosidades nas juntas do fundo do reservatório apoiado são reparados aplicando-se cordão de solda adicional sobre a área defeituosa;
- b) pequenos vazamentos nas juntas do teto podem ser

corrigidos por calafetagem mecânica; no caso de porosidade excessiva ou trinca, deve ser feita solda adicional sobre a região afetada;

- c) defeitos revelados pelo teste hidrostático podem ser corrigidos com o nível da água rebaixado no mínimo 300 mm do ponto a ser reparado, aplicando-se cordão de solda adicional ou, no caso de vazamento importante conforme recomendado em 15.3.9 e 15.4.9..

15.10.3. - Todos os reparos devem ser reexaminados pelo mesmo processo usado na detecção da falha.

REVOGADA

## 16. SISTEMA DE PINTURA

O sistema de pintura quer interior quer exterior deve ser um dos que se apresentam nas seções 2 e 3 na Norma AWWA-D102 última edição, devendo ser escolhida a que melhor se adapte as condições de operação, localização e ao meio ambiente do local da instalação do reservatório. (Uma tradução parcial da AWWA D-102 é apresentada em anexo).

A especificação adotada pode ter pequenas variações, desde que aceitas pela contratante e garantida pela contratada de que estas diferenças não alterarão o desempenho da pintura especificada.

### 16.1. MATERIAIS DE PINTURA

16.1.1. Quando os materiais de pintura são determinados segundo especificações governamentais ou outra norma de referência, estas devem definir o tipo geral e a qualidade requerida, mas não se deve aceitar materiais que estejam no limite das formulações.

Pequenas variações na formulação podem ser aceitáveis se o fabricante providenciar a certificação de que o material apresenta "performance" equivalente à formulação definida em norma, sendo adequada para as condições de serviço.

Os materiais para pintura devem ter certificado expedido por órgão público ou laboratório credenciado, de que ditos materiais não provoquem alterações na água armazenada.

Nota: Normalmente ensaios para estes fins são conhecidos como "prova de cessão".

### 16.1.2. Vasilhame

A menos que haja combinação entre fornecedor e fabricante os materiais de pintura líquidos devem ser fornecidos em vasilhame de aço de 5 galões (19.4 litros).

### 16.1.3. Marcação

O vasilhame no qual é acondicionado o material de pintura deve conter:

- a) Nome do produto;
- b) Nome do fabricante;
- c) Número do lote; e
- d) Data da fabricação.

### 16.1.4. Informações do fabricante sobre produto

Cada material de pintura deve conter as informações abaixo relacionadas no rótulo, ou podem ser fornecidas através de um

manual de instruções.

#### 16.1.5. Instruções para mistura

Devem ser fornecidas informações completas incluindo os materiais de diluição, pigmentos corantes aceitáveis e identificação dos componentes acondicionadas em vasilhame separados.

#### 16.1.6. Diluição

A qualidade e o tipo de diluente (thinner) recomendado para cada método de aplicação devem ser definidos.

As recomendações de diluição devem cobrir as faixas extremas de temperatura permissível para a aplicação.

A viscosidade ótima para cada tipo de aplicação deve ser indicadas em unidades que possam ser determinadas no campo como por exemplo o viscosímetro de funil.

#### 16.1.7. Percentagem de sólidos

A percentagem de sólidos por volume para materiais líquidos.

#### 16.1.8. Taxa de cobertura

O cobrimento teórico em m<sup>2</sup> por litro para uma espessura filme seco de 25.4 micra(1 mil.) de filme seco.

#### 16.1.9. Pêso

O pêso líquido do material.

#### 16.1.10. Tempo de secagem

Recomendação do tempo de secagem entre demão e tempo antes do uso.

O tempo de secagem deve ser estabelecido como o número de horas a 21°C e 50% de umidade relativa, e limites superior e inferior de temperatura, e umidade relativa para aplicação.

#### 16.1.11. Tempo útil para uso da mistura

O tempo útil de uso após a mistura deve ser fornecido, bem como uma descrição das variações causadas pela temperatura, umidade e outras condições ambientais.

#### 16.1.12. Precauções de segurança

Todas as informações quanto a inflamabilidade, toxidez e propriedades alergicas ou quaisquer outras características que requeiram precauções de segurança no campo, devem ser especificadas, bem como as práticas específicas de segurança a serem adotadas.

Para aplicações no interior do reservatório deve ser especificado a ventilação requerida.

## 16.2. PREPARAÇÃO da SUPERFÍCIE

### 16.2.1. Geral

Esta seção cobre o preparo de superfície de aço exceção feita a "Pintura interna N<sup>o</sup> 7", o que é coberto pela seção 3.8.2. da AWWA-D102, ou onde o preparo de superfície é especificado pelo contratante.

A vida útil da pintura depende inteiramente de uma apropriada e adequada preparação da superfície.

### 16.2.2. Superfície Externa

#### 16.2.2.1. Reservatórios Novos

Para reservatórios novos, a superfície externa deve ser limpa segundo a especificação SSPC-SP6 "Commercial Blast Cleaning" ou por SSPC-SP8 "Pickling".

Toda escória de usinagem bem como toda ferrugem deve ser removida.

#### 16.2.2.2. Repintura

Onde existir pintura que não esteja deteriorada, as superfícies externas devem ser limpas localmente segundo a especificação SSPC-SP3 "Power Tool Cleaning" ou SSPC-SP6 "Commercial Blast Cleaning".

A remoção da ferrugem e pinturas soltas seguido de limpeza de toda superfície deve ser feita segundo a SSPC-SP7 "Bureau Off Blast Cleaning" ou por lavagem de um removedor alcalino conforme descrito no apêndice A3 da SSPC-SP1 "Solvent Cleaning", para remoção de inclusões, ferrugem, descoramento e partículas estranhas.

A pintura deteriorada deve ser removida e a superfície limpa segundo a SSPC-SP6 "Commercial Blast Cleaning".

### 16.2.3. Superfícies Internas

#### 16.2.3.1. Reservatórios Novos

As superfícies internas dos reservatórios novos devem ser limpas segundo a SSPC-SP10 "Near-White Blast Cleaning" ou SSPC-SP8 "PICKLING". Toda escória de laminação, e a ferrugem devem ser removidas.



#### 16.2.3.2. Repintura

Quando da existência de pintura não seriamente deterioradas e o novo sistema de pintura é compatível com o existente, todo produto de corrosão deve ser removido por jateamento e toda a superfície limpa segundo a SSPC-SP7 "Brush-Off Blast Cleaning".

Onde existir pintura deteriorada ou o novo sistema de pintura não aderir à existente, toda pintura existente deve ser removida e as superfícies limpas segundo a SSPC-SP10 "Near-White Blast Cleaning".

#### 16.2.4. Solda de Campo e Abrasão

Toda a área de solda, bem como toda área sobre as quais a pintura original tiver sido danificada, deve ser limpa depois que a soldagem de campo tiver sido concluída.

##### 16.2.4.1. Superfícies Externas

Superfícies externas devem ser limpas segundo a SSPC-SP6 "Commercial Blast Cleaning" exceção feita onde a especificação SSPC-SP3 "Power Tool Cleaning" possa ser usada, quando este é um método satisfatório para preparo de superfície para o primer que será aplicado.

##### 16.2.4.2. Superfície Internas

Superfícies internas devem ser limpas segundo a SSPC-SP10 "Near-White Blast Cleaning"

### 16.3. APLICAÇÃO

#### 16.3.1. Geral

Os requisitos da especificação SSPC-PA1, devem ser seguidos no que se refere a estocagem de tinta, "Thinner", mistura, diluente, superfície de contato da pintura, aplicação na fábrica e pintura no campo e secagem da pintura de chapa de aço.

Recomendações das aplicações para o sistema de pintura interna N<sup>o</sup> 5, não são cobertos pela seção 3.6.3. e para sistema de pintura interna N<sup>o</sup> 7 são cobertas pela seção 3.8.3, ambas da Norma AWWA-D102.

#### 16.3.2. Revestimento de Primer

O material de pintura deve ser aplicado imediatamente após o preparo da superfície. (e o "wash primer" quando requerida) e antes de qualquer ocorrência de oxidação e qualquer aderência de poeira.

O revestimento do primer em fábrica pode ser aplicada por qualquer método que proporcione uma cobertura adequada.

As demãos do primer em campo devem ser aplicadas por pincel ou spray para superfícies internas, e por pincel, rolo ou spray para superfícies externas.

Quando as chapas tiverem sido pintadas (primeira demão) em fábrica, toda área de solda em que a pintura for danificada, deve ser limpa novamente em campo e pintada com o mesmo "primer" na mesma espessura de camada seca obtida na fábrica.

#### 16.3.3. Camadas intermediárias e de cobertura

As superfícies externas devem ser pintadas por pulverização ou rolo. As superfícies internas devem ser pintadas por pulverização.

Pulverização convencional, sem ar e a quente são métodos aceitáveis.

#### 16.4. PRECAUÇÕES DE SEGURANÇA

##### 16.4.1. Geral

Ventilação, aterramento e cuidados no manejo de tintas, solventes e equipamento são precauções importantes durante a pintura.

##### 16.4.2. Acessos

Todas as escadas, andaimes e outros acessórios devem ser destinados para seus usos específicos.

Cintos de segurança e cabos de segurança devem ser usados pelos trabalhadores e, redes de proteção devem ser usadas quando for impraticável o uso de equipamentos de segurança.

##### 16.4.3. Ventilação

É essencial que os vapores dos solventes liberados durante e depois da aplicação do revestimento sejam removidos do tanque.

Durante a aplicação do revestimento a capacidade do ventilador deve ser de no mínimo 300cfm (510m<sup>3</sup>/h) por galão de revestimento aplicado por hora.

A continuidade da ventilação forçada a uma taxa de no mínimo uma completa troca de ar a cada 4 horas, deverá se estender no mínimo por 48 horas depois do término da aplicação até a cura completa de acordo com as recomendações do fabricante.

O reservatório deve permanecer aberto por um período adicional de 7 dias (a ventilação não se aplica para sistema de pintura interna N<sup>o</sup> 7).

O ar deve ser exaurido desde o fundo do reservatório com as aberturas superiores conservadas abertas e desobstruídas.

Durante a operação do jateamento, os operadores devem usar máscaras respiratórias com suprimento de ar e estanques, e todas as outras pessoas expostas à poeira do jato devem usar máscaras respiratórias e óculos protetores de segurança.

Quando o revestimento é aplicado no interior do tanque, todas as pessoas expostas a vapores tóxicos devem usar máscaras com suprimento de ar.

#### 16.4.4. Aterramento

O tanque de jateamento e os bicos devem ser aterrados para evitar o acúmulo de carga estática.

#### 16.4.5. Iluminação

Iluminação artificial à prova de explosão deve ser usadas em todo o trabalho interno no tanque.

Os bulbos das lâmpadas devem ser protegidos, para a prevenção de prováveis quebras.

A iluminação deve estar de acordo com o requerido na norma brasileira NBR-5410 ou de acordo com a NFPA 70 - NEC, para o tipo das condições atmosféricas em que será usada.

#### 16.4.6. Toxidez

Os solventes usados com vinil, epoxi, borracha clorada e coal-tar são explosivos em baixa concentração e altamente tóxicos.

Devido a toxidez a máxima concentração de vapor para a maioria dos solventes é de 100 mg/l.

A concentração máxima do solvente deve ser mantida abaixo de uma concentração inócua para 8 horas de exposição.

#### 16.4.7. Roupas Protetoras

O material de pintura pode irritar a pele e os olhos, particularmente os agentes de cura de epoxi e os produtos de coal-tar.

Quando do manuseio e mistura de tintas, os operadores devem usar luvas e óculos de proteção.

#### 16.4.8. Proteção contra fogo

Durante a mistura e aplicação da pintura, toda chama, solda e cigarro deve ser proibido na vizinhança.

Um tipo apropriado de extintor de incêndio deve estar no local de

operação.

## 16.5. TESTES

### 16.5.1. Geral

A espessura de pintura deve ser verificada medindo-se a espessura de filme úmido para cada demão quando é aplicada e a espessura do filme final seco.

Quando a espessura do filme é indicado sem tolerância, a tolerância do aparelho deve ser duas vezes a precisão indicada para medida, isto é, para medidas com um precisão indicada de  $\pm 0.25$  milésimos a tolerância permissível seria de  $\pm 0.25$  milésimos.

### 16.5.2. Espessura do filme úmido

A espessura do filme úmido deve ser medida com um instrumento que meça a espessura úmida com uma precisão de  $\pm 0.5$  milésimos.

Uma medida de filme úmida deve ser feita para cada 10 m<sup>2</sup> de superfície pintada.

### 16.5.3. Espessura do filme seco

A espessura do filme seco deve ser feita de acordo com SSPC-PA2, com instrumentos magnéticos que devem medir a espessura seca do filme com uma precisão de  $\pm 0.25$  milésimos.

Cada medida deve ser feita a cada 10 m<sup>2</sup> de superfície pintada.

O representante do comprador, se presente, deve observar as medidas que serão feitas nos locais por ele escolhidos.

Uma cobertura ampla de medidas após o filme seco não será necessário se um número suficiente de medidas dos locais testados estão de acordo com a espessura especificada ou superior a esta.

Demãos adicionais devem ser aplicadas a fim de manter a espessura especificada.

### 16.5.4. Holiday Test

Para todo o sistema de pintura interna exceto os 1-2-A, 1-4-A e 1-5-CT e 1-7-Z, a pintura de toda a superfície interna abaixo do extravasor deve ser testada com Holiday Detector de baixa voltagem e esponja úmida, depois da cura da pintura por pelo menos 5 dias.

A esponja deve permanecer saturada com o eletrólito (5% de cloreto de sódio) e um surfactante (2% de detergente domésticos).

Durante o teste a esponja úmida deve ser conservada em contato

contínuo com a superfície pintada.

Quando o sistema de pintura 1-5-CT for usado deve ser usado um Holiday Detector funcionando em alta voltagem, cuja voltagem deve ser 1000 vezes a raiz quadrada da espessura do filme seco em "mils".

Os locais em que forem detectadas falhas pelo aparelho, devem ser marcados para reparo e reteste depois da execução do trabalho de reparo.

#### 16.5.5. Relatório de Teste

Um relatório conclusivo final dos testes realizados deve ser preparado e submetido ao proprietário indicando:

- a) O aparelho de teste usado;
- b) Locais onde foram realizados os testes;
- c) Espessura encontrada; e
- c) Nome do operador.

O relatório de teste deve ser certificado pelo representante da contratada que for testemunha do teste.

Se o representante do comprador estiver presente durante o teste seu nome deve ser indicado .

#### 16.6. Inspeção após um ano

##### 16.6.1. Geral

Quando especificado, as superfícies internas e externas do tanque devem ser inspecionadas pelos representantes do proprietário e do contratante, aproximadamente um ano após os trabalhos de pintura terem sido completados, e para determinar se quaisquer outros trabalhos de reparo são necessários.

##### 16.6.2. Organização

O proprietário deve estabelecer a data de inspeção e notificar o fabricante com antecedência de 30 dias.

Se a data da inspeção não tiver sido estabelecida dentro de 13 meses de completados os trabalhos de pintura, a inspeção do primeiro aniversário deve ser considerada dispensada.

O proprietário deve drenar o reservatório e providenciar adequada iluminação e ventilação interior para a inspeção do tanque.

##### 16.6.3. Recomposição dos trabalhos

Qualquer local onde a pintura apresentar camadas descoladas, bolhas ou trincas e qualquer local onde a ferrugem for visível, deve ser considerado falha do sistema de pintura.

O contratante deve reparar todos os pontos, onde são observadas as falhas e remover a cobertura deteriorada, limpar a superfície e recobrir com o mesmo sistema de pintura.

Se o total com falhas excede 25% da área dessa parte da superfície do reservatório, então para essa parte, toda a pintura deve ser removida e posteriormente recomposta.

Com vistas à determinação da necessidade de repintura completa, a superfície interna do teto, superfícies laterais e do fundo devem ser consideradas separadamente.

#### 16.6.4. Relatório de Inspeção

O contratante deve preparar ao proprietário um relatório da inspeção de 1<sup>o</sup> aniversário onde constará:

- a) O número e tipo de falhas observadas;
- b) A porcentagem da área onde as falhas foram observadas;
- c) Nome das pessoas que fizeram a inspeção; e
- d) Fotos a cores ilustrando cada tipo de falha.

## 17. - RELATÓRIO FINAL DE CONSTRUÇÃO DO RESERVATÓRIO

Por ocasião da entrega do reservatório pela contratada(s) esta(s) deve(m) fornecer à contratante um relatório final de construção do reservatório que conterà no mínimo:

- a) desenhos empregados na construção;
- b) memórias de cálculos;
- c) relação de materiais empregados e dos respectivos certificados de conformidade;
- d) relatórios de inspeção de solda, onde conste locais inspecionados e reparos efetuados;
- e) relatório de inspeção do teste hidrostático;
- f) relatório de inspeção da fundação e seus comportamentos durante o teste hidrostático;
- g) relatório de inspeção da pintura conforme item 16.5.5;
- h) nomes dos inspetores quer da(s) contratada(s) quer da contratante que assistiram aos diversos testes de inspeção com os respectivos datas de inspeção; e
- i) certificado de garantia citado no ítem 4.

## PINTURA DE TANQUES DE AÇO PARA ARMAZENAMENTO DE ÁGUA

### Seção 1 - Geral

#### Seção 1.1. - Campo de Aplicação

Esta norma abrange os sistemas de pintura de superfície internas e externas de tanques de aço usadas para armazenamento de água.

#### Seção 1.2. Definição

1.2.1. Proprietário. A pessoa, firma, corporação, municipalidade, ou agência governamental que possui o tanque a ser pintado.

1.2.2. - Contratada. A firma, pessoa ou corporação que concorda em fornecer o material e executar o serviço descrito nessa norma.

1.2.3. - Tanque. Como identificado nesta norma, tanque inclui "stand-pipe", reservatórios e tanques elevados.

#### Seção 1.3. Dados a serem fornecidos pela Contratante

1.3.1. - Fabricante da tinta.  
O nome da companhia que fabrica a tinta a ser aplicada.

1.3.2. Método de Aplicação.  
O método de aplicação da pintura interna ou externa, por trincha rolo ou spray.

1.3.3. Materiais.  
Certificado do fabricante de que o material de pintura, está de acordo com a norma estabelecida.

#### Seção 1.4. Certificado de Conformidade.(Garantia).

Nas especificações suplementares, o proprietário pode exigir que a contratada forneça um certificado de que o trabalho e o material fornecido enquadram-se nas diretrizes dessa norma e atende os requisitos preconizados.

### Seção 2. - Sistema de Pintura Externa.

#### Seção 2.1. Geral

Esta seção cobre os tipos de tinta para pintura das superfícies externas dos tanques de aço, expostas ao tempo e intempéries.



Seção 2.2. - Sistema N<sup>o</sup> 1 de Pintura Externa.

Este é um sistema alquídico de três coberturas consistindo de uma camada de primer de tinta zarcão, com pigmento alquídico seguido de duas camadas de pintura alquídica. Os seguintes sistemas de pintura estão inclusos:

Sistema	Camada Intermediária e final
0-1-A	Alumínio
0-1-C	Quadriculado (Internacional alaranjado e branco)
0-1-M	Cor Metálica
0-1-W	Branco
0-1-S	Cor especial selecionada pelo proprietários

## 2.2.1. Materiais

A primeira camada deve ser um primer de tinta zarcão com pigmento alquídico de acordo com os tipos abaixo :

- (1) Primer 1 - Tipo II da Especificação Federal TT-P-86,
- (2) Primer 2 - Tipo III da Especificação Federal, ou
- (3) Primer 3 - Primer compatível com o tipo de tinta selecionado pelo proprietário.

Para sistema 0-1-A - a camada final deverá ser uma das duas abaixo:

(1) Tinta 1 - tinta alumínio alquídica misturado, de acordo com SSPC tinta 101 ou (2) Tinta 2 - tinta alumínio rapidamente misturada consistindo de pasta de alumínio de acordo com a Especificação Federal TT-P-320, Tipo II classe 2 e misturado verniz de acordo com a Especificação Federal TT-V-81, Tipo II misturada na proporção de 2 lbs de pasta de alumínio por galão de verniz para mistura.

Para sistema 0-1-C a tinta para painel branco deverá ser com esmalte alquídico de acordo com Tipo I do SSPC-104 e tinta para painel laranja deverá ser esmalte alquídico brilhante de acordo com a Especificação Federal TT-E-489, cor 12197.

Para sistema 0-1-M - a camada final deverá ser de tinta alumínio alquídica com corante (phthocyanina) azul ou verde.

Para sistema 0-1-W a camada final deverá ser de esmalte branco alquídico de acordo com Tipo I de SSPC - Tinta 104.

Para sistema 0-1-S, a camada final deverá ser de esmalte brilhante de acordo com a Especificação Federal TT-E-489 ou com esmalte alquídico, registrado com cor especial escolhida pelo proprietário.

## 2.2.2. Espessura.

A espessura da camada em "mil", deve ser:

Sistema	Primer	Cobertura Final	Sistema Total
0-1-A	1,5	2,0	3,5
0-1-C	1,5	3,0	4,5
0-1-M	1,5	2,0	3,5
0-1-W	1,5	3,0	4,5
0-1-S	1,5	3,0	4,5

## Seção 2.3. Sistema de Pintura Externa Nº 2

Este é um sistema de cobertura com 3 camadas sendo um primer de tinta vinílica seguida de duas camadas adicionais de tinta vinílica. Os seguintes sistemas de pinturas são inclusos:

Sistema	Camada intermediária e final
0-2_A	Alumínio
0-2_W	Branco
0-2-S	Cor especial selecionada pela contratante

## 2.3.1. Materiais

A primeira camada deve ser de tinta vinil cinza de acordo com a especificação VR-3 do Bureau of Reclamation. A cor da tinta para uma segunda ou terceira demão deve ser a mesma e a tinta formulada de acordo com a especificação VR-3 do Bureau of Reclamation.

## 2.3.2. Espessura.

A espessura da camada de tinta em "mil" deve ser:

Sistema	Primer	Camada de Cobertura	Sistema Total
0-2_A	1,5	3,0	4,5
0-2-W	1,5	3,0	4,5
0-2-S	1,5	3,0	4,5

## Seção 2.4. Sistema de Pintura Externa Nº 3

Este sistema de 3 camadas consiste de um primer de zarcão alquídico vermelho seguido de uma camada intermediária de tinta alquídica e cobertura de tinta silicone alquídica. Os sistemas abaixo são inclusos:

Sistema Camadas intermediária e final

- 0-3-C Quadriculado (Internacional) laranja e branco
- 0-3-W Branco
- 0-3-S Cor especial selecionado pelo proprietário

2.4.1. Materiais.

A primeira camada deve ser de zarcão alquídico entre as seguintes: (1) Primer 1 - Tipo II da Especificação Federal TT-P-86, (2) Primer 2 - Tipo III da Especificação Federal TT-P-86 ou (3) Primer 3 - primer registrado compatível com sistema de pintura selecionado pelo proprietário.

O material para a camada intermediária deve ser um esmalte alquídico de acordo com SSPC - Tinta 104 (1), Tinta 1 - Tipo I - tinta branca (2) Tinta 2 - Tipo II - cinza clara para médio ou bronzeada ou (3) Tinta 3 - Tipo III - Verde claro para cinza verde podendo ser usado com sistema 0-3-S dependendo da cor de cobertura.

Para sistema 0-3-C a camada de cobertura deve ser de tinta alquídica silicone de acordo com o Tipo I da SSPC - Tinta SA 1 em branco e laranja internacional, cor 12197.

Para sistema 0-3-W a camada de cobertura deve ser de tinta alquídica-silicone de acordo com Tipo I da SSPC tinta SA 1.

Para sistema 0-3-S a camada de cobertura deve ser de tinta alquídica silicone de acordo com Tipo I ou II da SSPC - Tinta SA 1 com pigmento apropriado.

2.4.2. Espessura.

A espessura do filme seco em "mil" da tinta deve ser:

Sistema	Cobertura			Sistema Total
	Primer	Inter- mediária	Final	
0-3-C	1,5	1,5	1,0	4,0
0-3-W	1,5	1,5	1,0	4,0
0-3-S	1,5	1,5	1,0	4,0

Seção 2.5. Sistema de Pintura Externa N.º 4

Este é um sistema que consiste de quatro coberturas alquídicas, sendo que as duas primeiras camadas serão de zarcão alquídico seguido de duas camadas de tinta alquídica. Os sistemas de

pintura abaixo estão inclusos:

Sistema Camada intermediária e de cobertura

0-4-A Alumínio  
0-4-C Quadriculado (internacional laranja e branca)  
0-4-M cor metálica  
0-4-W Branco  
0-4-S cor especial selecionado pelo proprietário

### 2.5.1. Materiais

A primeira camada deve ser de zarcão alquídico dentre os seguintes: (1) Primer 1 - Tipo II da Especificação Federal TT-P-86, ou (2) Primer 2 - Tipo III da Especificação Federal TT-P-86, ou (3) Primer 3 - primer compatível com o sistema de pintura escolhido pelo proprietário.

Para o sistema 0-4-A a camada de cobertura deve ser (1) Tinta 1 - mistura de tinta alumínio alquídico de acordo com SSPC - Tinta 101 ou (2) Tinta 2 - mistura pronta de tinta alumínio consistindo de pasta de alumínio de acordo com a Especificação Federal TT-P-320 - Tipo II, Classe 2 e Verniz de mistura de acordo com a Especificação Federal TT-V-81, Tipo II e misturado na proporção de 2 lbs de pasta de alumínio por galão de verniz de mistura.

Para sistema 0-4-C a tinta para painéis brancos devem ser de esmalte alquídico conforme Tipo I da SSPC- Tinta 104 e a tinta para painéis laranja deve ser de esmalte alquídico brilhante de acordo com a especificação TT-E-489, cor 12197.

Para sistema 0-4-M a camada de cobertura deve ser uma camada única de tinta alumínio clorada com corante (phthalocynine) azul ou verde.

Para sistema 0-4-W a camada de cobertura deve ser de esmalte alquídico branco de acordo com tipo I da SSPC-Tinta 104.

Para sistema 0-4-S a camada de cobertura deve ser alquídica brilhante de acordo com a Especificação Federal TT-E-489 ou um esmalte alquídico registrado de cor especial escolhido pelo proprietário.

## 2.5.2. Espessura.

A espessura do filme seco em "mil" da tinta deve ser:

Sistema	Primer	Camada de Cobertura	Sistema Total
0-4-A	3,0	2,0	5,0
0-4-C	3,0	3,0	6,0
0-4-M	3,0	2,0	5,0
0-4-W	3,0	3,0	6,0
0-4-S	3,0	3,0	6,0

## Seção 2.6. Sistema de Pintura Externa No 5

Este sistema consiste de 3 camadas sendo a primeira cobertura de primer orgânico rico em zinco seguido de duas coberturas de tinta de borracha clorada alquídica. Os sistemas de pintura abaixo são inclusos:

## Sistema Camadas Intermediárias e Cobertura

0-5-W	Branco
0-5-S	Cor especial escolhida pelo proprietário

## 2.6.1. Materiais

A primeira camada deve ser de tinta orgânica rica em zinco de acordo com seção 3.1 da AWWA C-204.

## 2.6.2. Espessura

A espessura da tinta seca em "mil" deve ser:

Sistema	Primer	Camadas Intermediária e cobertura	Sis-tema total
0-5-W	3,0	3,0	6,0
0-5-S	3,0	3,0	6,0

## Seção 3 - Sistema de Pintura Interna.

## Seção 3.1. Geral

Esta seção cobre o sistema de pintura de superfícies internas que tem contato com água.

O sistema de pintura interna deve ser usado por toda superfície em contato com a água ou exposta ao vapor d'água.

Seção 3.2. Sistema de Pintura Interna Nº 1

Este sistema tem duas ou três coberturas utilizando tinta epoxi catalizada.

Os sistemas abaixo são inclusos:

Sistema	Camada de Cobertura
1-1-W	Branco
1-1-S	cor especial escolhido pelo proprietário

3.2.1. Materiais

Os materiais devem ser adequados para o serviço de água potável.

Eles devem ter sido avaliados para resistir longo tempo a água doce e serem satisfatórios para esse serviço por um mínimo de 18 meses.

Os materiais devem consistir de:(1) Tinta 1 - sistema de três camadas de acordo com MIL-P24441, incluindo um primer verde, Fórmula 150, e cobertura intermediária de cinza escuro, Fórmula 151, e cobertura branca, Fórmula 152, com todo os produtos qualificados por inclusão na QPL 24441;(2)Tinta 2 - sistema de duas coberturas de acordo com MIL-C-4556 incluindo primer e camada de cobertura, em torno do branco com os produtos qualificados segundo QPL 4556; ou (3) Tinta 3 - um sistema equivalente para cada documentação consistindo de: data do teste, descrição dos serviços e informações toxicológicas que devem ser fornecidos pelo fabricante. A aprovação por uma agência governamental para utilização com água potável deve ser feita e satisfazer as condições toxicológicas com o equivalente sistema epoxi.

A tinta epoxi deve ser embalada em caixa de diâmetro adequado , de modo que uma caixa de cada componente é usado para mistura das tintas nas proporções determinadas.

3.2.2. Espessura.

A espessura da camada seca em "mil" deve ser:

Sistema	Primer	Camada de Cobertura	Sistema Total
1-1-W	3	5	8
1-1-S	3	5	8

Seção 3.3. Sistema de Pintura Interna Nº 2

Este sistema apresenta cinco camadas, consistindo de uma camada de "wash primer", e duas camadas intermediárias de tinta vinil.

Os sistemas abaixo são inclusos:

Sistema Camada de cobertura

1-2-A Alumínio  
 1-2-W Branco  
 1-2-S cor especial selecionado pelo fabricante

3.3.1. Materiais

O primer consiste de cobertura de cromato de zinco vinil butílico de acordo com SSPC-PT-3.

As primeiras duas coberturas de tinta vinil consiste de primer vinil de acordo com SSPC com Tinta No 9. As duas coberturas finais para o Sistema 1-2-A deve ser SSPC Tinta No 8. As duas coberturas finais de tinta vinílica para sistema 1-2-W e sistema 1-2-S deve ser de acordo com o Bureau de Reclamation, Especificação VR-3 com cor com pigmento de cor apropriada.

3.3.2. Espessura.

A espessura da camada seca em "mil" deve ser:

Sistema	Primer	Cobertura		
		Inter- mediária	Final	Sistema Total
1-2-A	0,3*	2,5	2,0	4,5
1-2-W	0,3*	2,5	2,5	5,0
1-2-S	0,3*	2,5	2,5	5,0

\*A espessura do primer não deve exceder 0.5 "mils".

A cor na alternância das camadas deve proporcionar um contraste para obtenção de uma cobertura completa.

3.3.3. Mistura.

O primer é composto por duas porções que devem ser misturadas antes do uso.

Qualquer primer que tenha sido misturado por mais de 8 horas não deve ser usado.

Seção 3.4. Sistema de Pintura Interna N.º 3

Este sistema consiste de três camadas, de primer borracha clorada, camada intermediária de borracha clorada e cobertura de tinta borracha clorada.

Os sistemas abaixo são incluídos:

Sistema	Camada de Cobertura
1-3-W	Branco
1-3-S	cor especial escolhido pelo proprietário

3.4.1. Materiais

O primer consiste de tinta borracha clorada de acordo com SSPC - Tinta CR 1.

A camada intermediária deve ser de tinta borracha clorada de acordo com SSPC-Tinta CR2.

A camada de cobertura deve ser de tinta borracha clorada de acordo com SSPC Tinta CR3.

3.4.2. Espessura

A espessura da camada seca em "mil" deve ser:

Sistema	Primer	Camadas Interme- diária e cobertura	Sistema Total
1-3-W	2,0	4,0	6,0
1-3-S	2,0	4,0	6,0

Seção 3.5. Sistema de Pintura Interna N.º 4

Este sistema apresenta quatro coberturas de uma solução simples de tinta vinil.

Os sistemas abaixo são inclusos:

Sistema	Camada de cobertura
1-4-A	Alumínio
1-4-W	Branco
1-4-S	cor especial selecionado pelo fabricante



3.5.1. Materiais

A primeira camada deve ser de tinta vinil de acordo com a especificação VR-3 do Bureau of Reclamation. A segunda, terceira e quarta devem ser de cores contrastantes e devem ser de resina vinilica de acordo com o Bureau of Reclamation VR-3.

3.5.2. Espessura

A espessura da camada sêca em "mil" deve ser:

Sistema	Primer	Inter- mediária	Cober- tura	Siste- ma Total
1-4-A	1,5	3,0	1,5	6,0
1-4-W	1,5	3,0	1,5	6,0
1-4-S	1,5	3,0	1,5	6,0

Seção 3.6. Sistema de Pintura Interna No 5

Este é um sistema de esmalte "coal-tar" consistindo de uma cobertura de secagem rápida e uma cobertura aplicada a quente de esmalte coal-tar.

Os sistemas abaixo estão inclusos:

Sistema	Camada de Cobertura
1-5-CT	Esmalte Coal-tar

3.6.1. Materiais

A primeira camada consiste de uma cobertura de secagem rápida de acordo com AWWA C.203, Tipo B. O esmalte coal-tar aplicado a quente deve ser de acordo com AWWA C.203.

3.6.2. Espessura

A espessura da camada sêca deve ser:

Sistema	- 1-5-CT
Primer	- 1,5 "mil"
Cobertura Final	- 3/32"
Sistema Total	- 3/32 ± 1/32"

### 3.6.3. Aplicação

O esmalte coal-tar deve ser aplicado de acordo com as técnicas descritas em AWWA C.203 exceto o fundo do tanque que pode ser recoberto por piche.

### Seção 3.7. Sistema de Pintura Interna N.º 6

Este tem três coberturas de tinta coal-tar aplicado a frio. Os sistemas abaixo são inclusos:

Sistema	Camada de cobertura
1-6-CT	Coal-tar - Tinta

#### 3.7.1. Materiais

Este sistema consiste de uma cobertura de duas camadas de tinta coal-tar.

O primer deve ser de secagem rápida e deve produzir uma efetiva ligação entre o metal e a tinta coal-tar.

A tinta coal-tar deve ser preparada de esmalte coal-tar conforme AWWA C.203, Tipo 1, e combinada com solventes adequados para produzir a tinta livre de sabores e odores.

#### 3.7.2. Espessura

A espessura da camada seca em "mil", devem ser:

Sistema	Primer	Camada Intermediária e cobertura	Sistema Total
1-6-CT	2,0	18,0	20,0

### Seção 3.8. Sistema de Pintura Interna N.º 7

Este é um sistema de uma camada com pulverização de zinco metálico.

Sistema	Camada de cobertura
1-7-Z	Zinco pulverizado

### 3.8.1. Materiais

O material de cobertura deve conter mais que 99.9 por cento de zinco.

### 3.8.2. Preparação da superfície

A superfície deve ser limpa de acordo com SSPC-SPS-"Jateamento ao metal branco" com as alterações abaixo estabelecidas:

3.8.2.1. A granalha utilizada no jateamento deva se enquadrar em um dos três tipos abaixo:

a) Lavagem com areia silicosa ou granado triturado livre de feldspato ou outros minerais constituintes que tendem a se decompor e permanecer visualmente na superfície.

A areia deve ter diâmetro entre malha 12-30 e não mais de 40 por cento passar pela peneira de malha 20.

b) granalha de aço limpo e razoavelmente aguçada. Granalha velha com ferrugem, visivelmente gasta, ou opaca quando comparada com nova, não deve ser usada. Granalha de aço passando pela peneira segundo SAE G-18 a G-25 deve ser usada, não obstante qualquer um dos dois individualmente ou misturado pode ser utilizado.

c) Óxido de alumínio limpo e livre de excesso de finos.

As partículas de óxido de alumínio devem passar pela peneira com diâmetro de malha entre 12-36, e um mínimo de 40% deve ser retido pela peneira de malha 24.

3.8.2.2. A limpeza por equipamento de jato deve ser de modo convencional de alimentação forçada ou do tipo de pressurização. Cada bocal deve ter um diâmetro tal que a pressão de 75 psi é mantida no compressor.

O suprimento de ar deve ser suficientemente livre de óleo e umidade para que não contamine a superfície jateada.

3.8.2.3. Toda superfície deve ser totalmente pulverizada, limpa e as asperezas retiradas por jateamento.

O abrasivo usado para limpeza, muito contaminado não deve ser usado para limpeza final, mesmo se recuperado.

3.8.2.4. A superfície jateada deve ser inspecionada visualmente. um corpo de prova de aço deve ser jateado e limpo até desaparecimento das rugosidades e asperezas. O corpo de prova deve ser usado para comparação visual, e qualquer área que não estiver de acordo, como rugosidade e limpeza devem ser rejateadas.

### 3.8.3. Aplicação

A cobertura de zinco deve ser aplicado com revólver de metalização. O revólver de metalização deve ser abastecido com ar limpo e seco e pressão controlada acima de 60psi. Não deve apresentar mais que 35 ft de mangueira de 3/8" entre a unidade controladora de pressão e o revólver.

Qualquer superfície que apresentar umidade, ferrugem, incrustação, ou outras contaminações deve ser rejateada antes da pulverização. Pelo menos uma camada de cobertura deve ser aplicada até 4 horas após o jateamento e a espessura mínima especificada para até 8 horas.

A espessura deve ser obtida em camadas múltiplas, e pelo menos dois passes de metalização devem ser aplicados sobre toda a superfície. o metal pulverizado deve sobrepor cada passe para assegurar uma cobertura uniforme.

A cobertura deve aderir firmemente e ser livre de falhas. A superfície depois de pulverizada, deve ser uniforme e livre de protuberâncias e escorrimento.

### 3.8.4. Espessura

A espessura mínima da cobertura em mil deve ser:

Sistema	Sistema total
1-7-Z	7,5

A espessura adequada deve ser, pelo menos de 10 "mils".