

# Memória de Cálculo

*ASME VIII Divisão 1, Edição 1995*



**TAG: CLD6-08**

**CILINDRO**

**Área: D6**

**Cliente: Klabin – Suzano/SP**



[www.conerge-engenharia.com.br](http://www.conerge-engenharia.com.br)

Rua Dr. Manuel Tourinho, 10 \* Vila Mathias \* Santos \* SP \* CEP 11015-030 \* Voip: (13) 3466-7187

e-mail: [comercial@conerge-engenharia.com.br](mailto:comercial@conerge-engenharia.com.br)

## 1 - Dados de Entrada

|                                                |                            |
|------------------------------------------------|----------------------------|
| Tipo de Vaso.....                              | Horizontal                 |
| Material do casco.....                         | SA-285 Grau C (ADOTADO)    |
| Material do tampo esquerdo.....                | SA-285 Grau C (ADOTADO)    |
| Material do tampo direito.....                 | SA-285 Grau C (ADOTADO)    |
| Tampo esquerdo.....                            | Tampo Plano ASME           |
| Tampo direito.....                             | Tampo Plano ASME           |
| Diâmetro interno.....                          | 888,00 mm                  |
| Comprimento do casco.....                      | 1800,0 mm                  |
| Pressão interna.....                           | 14,000 kgf/cm <sup>2</sup> |
| Pressão externa.....                           | 0,0000 kgf/cm <sup>2</sup> |
| Vácuo.....                                     | 0,0000 kgf/cm <sup>2</sup> |
| Temperatura de Projeto.....                    | 200,00 °C                  |
| Densidade do produto ( $\rho$ ).....           | 1500,0 kg/m <sup>3</sup>   |
| Densidade do fluido de teste ( $\rho_T$ )..... | 1000,0 kg/m <sup>3</sup>   |

## 2 - Cálculo do Casco

|                                                       |                                        |
|-------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Material.....                                         | SA-285 Grau C (ADOTADO)                |
| Pressão Interna ( $P_i$ ).....                        | 14,000 kgf/cm <sup>2</sup>             |
| Temperatura Interna de Projeto ( $T_D$ ).....         | 200,00 °C                              |
| Diâmetro interno (D).....                             | 888,00 mm                              |
| Sobre-espessura de Corrosão Interna ( $t_{ic}$ )..... | 5,000 mm                               |
| Sobre-espessura de Corrosão Externa ( $t_{ec}$ )..... | 0,0000 mm                              |
| Junta longitudinal.....                               | Categoria A, Tipo 1, Sem Rad. UW-11(c) |
| Junta circunferencial.....                            | Categoria C, Tipo 7, Sem Rad. UW-11(c) |
| Junta Casco x Tampo Esquerdo.....                     | Categoria C, Tipo 7, Sem Rad. UW-11(c) |
| Junta Casco x Tampo Direito.....                      | Categoria C, Tipo 7, Sem Rad. UW-11(c) |

### 2.1 - Seção Cilíndrica 1

#### 2.1.1 - Dados Básicos

|                                                    |           |
|----------------------------------------------------|-----------|
| Comprimento ( $L_s$ ).....                         | 1800,0 mm |
| Eficiência da junta longitudinal ( $E_l$ ).....    | 0,70000   |
| Eficiência da junta circunferencial ( $E_c$ )..... | 1,0000    |

#### 2.1.2 - Cálculo da Coluna de Líquido

|                                                                                            |                             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Pressão Estática - Operação - $P_s$ ( $H_s = 574,00$ mm).....                              | 0,13470 kgf/cm <sup>2</sup> |
| Pressão Estática - Teste Hidrostático de Fábrica - $P_{th}$ ( $H_{th} = 888,00$ mm).....   | 0,08880 kgf/cm <sup>2</sup> |
| Coluna de Líquido para Teste Hidrostático de Campo - $P_{tv}$ ( $H_{tv} = 888,00$ mm)..... | 0,08880 kgf/cm <sup>2</sup> |

#### 2.1.3 - Cálculo da Pressão Interna

|                                                     |                            |
|-----------------------------------------------------|----------------------------|
| Raio Interno da Seção do Casco Corroída (R).....    | 449,00 mm                  |
| Pressão Interna de Projeto ( $P = P_i + P_s$ )..... | 14,135 kgf/cm <sup>2</sup> |
| Espessura Mínima sob Pressão Interna (t).....       | 9,4627 mm                  |

**Tensão circunferencial governa para pressão interna.**

Espessura para tensão circunferencial é dada por UG-27(c)(1), como segue:

$$t = \frac{PR}{SE - 0,6 P}$$

$$t = \frac{14,135 \times 449}{970,24 \times 0,7 - 0,6 \times 14,135}$$

$$\therefore t = 9,4627 \text{ mm}$$

Espessura para tensão longitudinal é dada por UG-27(c)(2), como segue:

$$t = \frac{PR}{2 S_l E + 0,4 P}$$

$$t = \frac{14,135 \times 449}{2 \times 970,24 \times 1 + 0,4 \times 14,135}$$

$$\therefore t = 3,2611 \text{ mm}$$

#### 2.1.4 - Tensão de Compressão Admissível por UG-23(b)

| Condição                        | R <sub>0</sub><br>(mm) | T<br>(mm) | Fator A<br>(mm) | Fator B<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | S<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | S <sub>c</sub><br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) |
|---------------------------------|------------------------|-----------|-----------------|-----------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------|
| Temperatura de Projeto/Corroído | 469,40                 | 20,400    | 0,005432        | 1081,0                            | 970,24                      | 970,24                                   |
| Temperatura de Projeto/Novo     | 469,40                 | 25,400    | 0,006764        | 1098,0                            | 970,24                      | 970,24                                   |
| Temperatura de Teste/Corroído   | 469,40                 | 20,400    | 0,005432        | 1210,7                            | 970,24                      | 970,24                                   |
| Temperatura de Teste/Novo       | 469,40                 | 25,400    | 0,006764        | 1214,5                            | 970,24                      | 970,24                                   |

- a) R<sub>0</sub> = raio externo  
 b) t = Espessura com sobre-espessura de corrosão incluída  
 c) A = 0,125/(R<sub>0</sub>/t) - UG-23(b) Step 1  
 d) S = tensão máxima admissível de tração - UG-23(a)  
 e) S<sub>c</sub> = menor entre S e B

#### 2.1.5 - Cálculo da Espessura Nominal Mínima

Espessura mínima (t)..... 9,4627 mm  
 Mínima espessura incluindo a Sobre-espessura de Corrosão (t<sub>c</sub>)..... 14,463 mm  
 Espessura nominal (t<sub>n</sub>)..... 25,400 mm

Como t<sub>n</sub> ∞ t<sub>c</sub>, a espessura nominal é adequada.

#### 2.1.6 - Cálculo da PMTA

Máxima Tensão Admissível na Temperatura de Projeto (S)..... 970,24 kgf/cm<sup>2</sup>  
 Espessura Corroída da Seção do Casco (t)..... 20,400 mm  
 Raio Interno da Seção do Casco Corroída (R)..... 449,00 mm  
 Pressão máxima de trabalho admissível (PMTA)..... 14,00 kgf/cm<sup>2</sup>

### 3 - Teste Hidrostático de Campo baseado na PMTA de acordo com UG-99(b)

#### 3.1 - Dados do Teste

O Teste de Campo é executado com o vaso na..... Posição Horizontal  
 Pressão local durante o teste..... 18,20 kgf/cm<sup>2</sup>  
 Pressão Hidrostática de Teste de Campo a 21,000 °C..... 18,20 kgf/cm<sup>2</sup>  
 Fator de Pressão - UG-99(b)..... 1,5000  
 Relação de Tensões - UG-99(b)..... 1,0000

#### 3.2 - Cálculo do Casco Cilíndrico

##### Seção Cilíndrica 1

Espessura com Sobre-espessura de Corrosão Incluída (t)..... 25,400 mm  
 Raio Interno (R)..... 444,00 mm  
 Pressão de Teste com Coluna de Líquido (P)..... 23,709 kgf/cm<sup>2</sup>  
 Tensão em condições de teste (S)..... 612,39 kgf/cm<sup>2</sup>  
 Tensão circunferencial governa para pressão interna. A tensão em condições de teste é dada por UG-27(c)(1):

$$S = \frac{P(R + 0,6t)}{Et}$$

$$S = \frac{23,709 \times (444 + 0,6 \times 25,4)}{0,7 \times 25,4}$$

$$\therefore S = 612,39 \text{ kgf/cm}^2$$

### 4 - Sumário do Cálculo do Vaso

Temperatura de Projeto..... 200,00 °C  
 Pressão Interna de Projeto..... 14,000 kgf/cm<sup>2</sup>  
 Pressão Máxima de Trabalho Admissível (PMTA) por UG-98(a)..... 14,00 kgf/cm<sup>2</sup>

### 5 - Resumo da Pressão

| Componentes do Vaso |         | Pressão Interna<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | Pressão<br>Estática<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | Pressão<br>Externa<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | Vácuo<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | Sobre-espessura |         | Esmagamento<br>(mm) |
|---------------------|---------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------|-----------------|---------|---------------------|
|                     |         |                                           |                                               |                                              |                                 | Interno         | Externa |                     |
|                     |         |                                           |                                               |                                              |                                 | (mm)            | (mm)    |                     |
| Casco               | Seção 1 | 14,0000                                   | 0,13470                                       | 0,0000                                       | 0,0000                          | 5,0000          | 0,0000  | ---                 |

| Componentes do Vaso |         | Pressão Interna Total<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | Pressão Externa<br>Total<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | PMTA<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) |
|---------------------|---------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------|
| Casco               | Seção 1 | 14,135                                          | 0,0000                                             | 14,00                          |

#### PMTA: Pressão Máxima de Trabalho Admissível [UG-98(a)]

PMTA é o menor dos valores encontrados para a Pressão Máxima de Trabalho Admissível para qualquer das partes essenciais de um vaso, ajustada para qualquer diferença na coluna de líquido que possa existir entre a parte considerada e o topo do vaso.

Se o cálculo da PMTA não está incluído no relatório de cálculo, então o vaso não precisa ser testado com base na PMTA, e, neste caso, a placa de identificação deve ter a Pressão de Projeto como a PMTA.

a) Pressão Máxima de Trabalho Admissível para o Vaso: 14,00 kgf/cm<sup>2</sup> a 200,00 °C

## 6 - Sumário de Espessuras

| Componentes do Vaso |         | Nominal<br>(mm) | Projeto<br>(mm) | Após Conformação<br>(mm) | Mínima Adotada<br>(mm) | Eficiência da Junta | Carregamento<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) |
|---------------------|---------|-----------------|-----------------|--------------------------|------------------------|---------------------|----------------------------------------|
| Casco               | Seção 1 | 25,400          | 14,463          | 14,463                   | 13,099                 | 0,70                | Pressão Interna                        |

a) Nominal: chapa comercial/espessura schedule

b) Mínima adotada: espessura mínima adotada

c) Projeto: espessura mínima de projeto, inclui corrosão e tolerância de conformação

d) Após conformação: espessura mínima do material após a conformação

## 7 - Teste Hidrostático de Campo baseado na PMTA de acordo com UG-99(b)

A pressão do teste hidrostático de campo é igual a 18,20 kgf/cm<sup>2</sup> a 21,000 °C (PMTA = 14,00 kgf/cm<sup>2</sup>). O teste de campo é executado com o vaso na posição horizontal.

| Componentes do Vaso |         | Pressão Local no Teste<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | Pressão Estática<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | Razão de Tensões | Tensão no Teste<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | Tensão Máxima no Teste<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) |
|---------------------|---------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Casco               | Seção 1 | 23,709                                           | 0,08880                                    | 1,000            | 612,39                                    | 1898,3                                           |

a) Fator de Pressão - UG-99(b): 1,500

b) Relação de Tensões - UG-99(b) : 1,000

c) Pressão Local no Teste = Pressão do Teste + Pressão Estática no Teste

d) Tensão Máxima durante o Teste = 0,9 x Tensão de Escoamento

## CONTROLE DE EMISSÃO

|                            |                                                               |                                                                                                            |                                  |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| <b>Engenheiro Mecânico</b> | <b>KLEBER DOS SANTOS SAMPAIO</b><br><b>CREA SP 5070656258</b> | <br><b>Assinatura</b> | <b>15/12/2021</b><br><b>Data</b> |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|

*"Inspeção com Segurança e Qualidade é nossa Prioridade"*