

## Readequação de um Vaso de Pressão Conforme a Norma Regulamentadora NR 13

Eduardo S. Fernandes, Fernando C. S. Rocha, Luiz G. S. Fernandes, Fábio S. Gomes & Rosemberg F. N. Rodrigues

Vasos de pressão são equipamentos com aplicações variadas, sendo uma de suas principais o acúmulo de ar comprimido. Irregularidades provenientes dos vasos de pressão, em desacordo com a Norma Regulamentadora NR 13, podem afetar a integridade do equipamento e também a segurança do trabalhador. Portanto, é fundamental que estes equipamentos funcionem de acordo com a sua Pressão Máxima de Trabalho Admissível (PMTA). Assim, este trabalho objetiva redimensionar a PMTA de um vaso de pressão, tendo como parâmetro as medidas de sua parede. Os resultados apresentaram uma PMTA de 10,75 kgf/cm<sup>2</sup>, valor que foi mantido adequado conforme a norma supramencionada.

**Palavras-chave:** *irregularidades; vaso de pressão; pressão máxima; integridade.*

Pressure vessels are equipment with varied applications, one of its main being the accumulation of compressed air. Irregularities arising from pressure vessels in disagreement with Regulatory Standard NR 13, can affect the integrity of the equipment and also the safety of the worker. It is therefore essential that these equipments operate according to their Maximum Permissible Working Pressure (PMTA). Thus, this work aims to resize the PMTA of a pressure vessel, having as parameter the measurements of its wall. The results showed a PMTA of 10.75 kgf/cm<sup>2</sup>, a value that was maintained adequate according to the above-mentioned standard.

**Keywords:** *irregularities; pressure vessel; maximum pressure; integrity.*

## Introdução

Os vasos de pressão são equipamentos com bastante aplicabilidade nas indústrias, onde normalmente são utilizados em diversos processos, estes vasos exigem alto grau de responsabilidade da empresa na qual o equipamento está instalado. Os vasos de pressão são capazes de manter fluidos em pressão desejável, de acordo com a necessidade do processo, contando com a sua vasta gama de aplicação nas indústrias de refinarias de petróleo, petroquímicas, indústrias alimentícias e farmacêuticas. Os acidentes oriundos de falhas nesses vasos são de grande proporção e, na maioria dos casos, fatais. Os riscos relacionados a esse tipo de equipamento são tratados de forma específica pela NR13 (Norma Regulamentadora da Secretaria do Trabalho) a fim de manter a integridade tanto do equipamento quanto a segurança do operador e demais seres humanos envolvidos<sup>1</sup>.

As paredes cilíndricas sofrem tensões de membrana e flexão por conta da pressão e esforço em que são submetidas. Essas tensões de membrana são denotadas como normais e tem influência uniforme na seção transversal da parede. As tensões de flexão também são normais, porém modificam linearmente em relação ao eixo neutro da seção transversal da parede do dispositivo<sup>2</sup>.

Para um vaso de pressão se enquadrar na NR13, seu produto P.V deve ser maior que 8 com o valor de P em KPA e o V em m<sup>3</sup>. Caso o resultado obtido esteja dentro deste parâmetro, é obrigatório que o equipamento seja projetado em caráter da norma vigente. Os vasos de pressão são reservatórios com dimensões e finalidades variadas, contendo fluidos, projetados para suportar com segurança pressões internas diferentes da pressão atmosférica. Além disso, são equipamentos utilizados para o armazenamento de gases sob determinada pressão, acumulação intermediária de gases e líquidos ou processamento de gases e líquidos nos quais a transformação apenas seja possível sob pressão e são fundamentais para o desenvolvimento dos processos de esterilização de materiais, lavanderia e nutrição<sup>3</sup>.

As irregularidades provenientes do uso incorreto do vaso de pressão em desacordo com a NR13 ou falta de inspeções, podem não só afetar a integridade do equipamento com

surgimento de descontinuidades e vazamentos, mas também a segurança do trabalhador.

O uso do equipamento fora das condições adequadas e sem a realização de inspeções periódicas pode aumentar as perdas de fluido de trabalho durante a operação, ocasionando um processo ineficiente que consome maiores quantidades de fluido para gerar uma condição equivalente à ideal de trabalho, conseqüentemente mais gastos econômicos tanto com a perda de produtividade tanto com o aumento na necessidade de manutenções corretivas no equipamento. Além de, na observância de alguma não conformidade no vaso de pressão ao ser realizada inspeção pelo órgão competente, a empresa estará sujeita a pagar multas equivalentes à não conformidade observada e correr o risco de ser obrigada a cessar suas atividades até a adequação dos equipamentos no âmbito da norma vigente<sup>4</sup>.

Um dos possíveis desgastes que normalmente são encontrados em vasos de pressão é a corrosão que em outras palavras é a degradação e a perda de material devido à ação química ou eletroquímica do meio ambiente aliada ou não a esforços mecânicos, ocasionando a perda de espessura e vida útil do equipamento. Os vasos, em geral, são projetados para determinada vida útil, dependendo da sua classificação, que considera o custo, tipo de equipamento, sua importância para a instalação em que opera e a corrosão a qual estará sujeito o vaso, que no projeto mecânico é compensada com a sobre espessura para corrosão<sup>2</sup>.

O objetivo deste estudo é a readequação de um vaso de pressão que estava operando a uma pressão de 10 kgf/cm<sup>2</sup> sem prontuário e placa de identificação, dimensionando a sua pressão máxima de trabalho admissível em função da parede do cilindro e realizando inspeções periódicas para que o equipamento retorne ao seu funcionamento dentro dos parâmetros estabelecidos na norma regulamentadora NR13.

## Revisão de Literatura

### PRESSÃO

Segundo Halliday e Resnick a pressão em qualquer ponto do fluido é o limite dessa razão quando a área de um

êmbolo com o centro nesse ponto tende a zero, entretanto, se a força é uniforme em uma superfície plana de área A, a fórmula pode ser descrita da seguinte forma<sup>5</sup>:

$$P = \frac{\delta F_N}{\delta A} \quad (\text{Eq. 01})$$

Em que: P = Pressão; F = Força; A = Área

Porém, em um vaso de pressão essas pressões são comportadas de maneiras diferentes da descrita, pelo fato de possuírem formas e geometrias diferentes, além disso, influenciam diretamente no desgaste da parede do cilindro em condições em que não estão apropriadas para seu uso. A pressão é um elemento fundamental para o funcionamento e operação dos vasos, por esse motivo é de extrema importância que a pressão de trabalho esteja abaixo da pressão máxima de trabalho admitida pelo vaso e a sua instrumentação esteja com a calibração e aferição em dia para exatidão e segurança do processo.

## DEFINIÇÃO VASOS DE PRESSÃO

São definidos vasos de pressão os equipamentos ou componentes cuja a sua principal característica seja armazenar fluido pressurizável. Há diversas listas de vasos que são de uso diário com seu pequeno porte até enormes vasos com estruturas de vários andares para uma empresa ou até mesmo reatores nucleares. A Imagem 1 ilustra o vaso de pressão utilizado no estudo.



**Imagem 1:** Vaso de pressão. **Fonte:** Autoral

Conforme Telles, os vasos de pressão constituem não só os equipamentos mais importantes da maioria das indústrias de processos, como também são geralmente os itens de maior tamanho, peso e custo unitário nessas indústrias, representando em média de 60% do custo total dos materiais e equipamentos de uma unidade de processo. Esses mesmos equipamentos são igualmente presentes, como itens de maior ou menor importância, em muitas outras indústrias de outros ramos<sup>1</sup>.

## CLASSIFICAÇÃO DOS VASOS DE PRESSÃO

De acordo com a NR13, estes equipamentos são classificados em função da classe do fluido e grupo potencial de risco, conforme imagem 2. No entanto, quando se tratar de mistura deve ser considerado para fins de classificação o fluido que apresentar maior risco aos trabalhadores e instalações, considerando se sua toxicidade, inflamabilidade e concentração são de maiores riscos.

### CATEGORIA DE VASOS DE PRESSÃO

Classe de Fluido	Grupo de Potencial de Risco				
	1 P.V ≥ 100	2 P.V < 100 P.V ≥ 30	3 P.V < 30 P.V ≥ 2,5	4 P.V < 2,5 P.V ≥ 1	5 P.V < 1
Categorias					
A - Fluidos inflamáveis, e fluidos combustíveis com temperatura igual ou superior a 200 °C - Tóxico com limite de tolerância ≤ 20 ppm - Hidrogênio - Acetileno	I	I	II	III	III
B - Fluidos combustíveis com temperatura menor que 200 °C - Fluidos tóxicos com limite de tolerância > 20 ppm	I	II	III	IV	IV
C - Vapor de água - Gases asfixiantes simples - Ar comprimido	I	II	III	IV	V
D - Outro fluido	II	III	IV	V	V

Notas:

a) considerar volume em m<sup>3</sup> e pressão em MPa;

b) considerar 1 MPa correspondente a 10,197 kgf/cm<sup>2</sup>.

**Imagem 2:** Categoria de vasos de pressão. **Fonte:** Referência<sup>3</sup>.

Existem as seguintes classificações usuais segundo Martins, vasos não sujeitos às chamas e vasos sujeito às chamas. Os vasos não sujeitos às chamas são denominados da seguinte forma: vasos de armazenamento e de acumulação, torres de destilação fracionada, retificação, absorção, reatores, esferas de armazenamento de gases e trocadores de calor. Os vasos sujeitos às chamas são os mais usuais em indústrias de grande porte como caldeiras e fornos<sup>6</sup>.

## TIPOS DE VASOS DE PRESSÃO

Os vasos horizontais são muito comuns e geralmente utilizados para trocadores de calor e vasos de acumulação como, tanque de condensado de uma caldeira ou tanque pulmão de ar comprimido por exemplo. Os vasos verticais são utilizados quando é necessária a ação da gravidade como em torres de resfriamento ou reatores de fabricação. Os vasos inclinados são utilizados somente quando a operação necessitar, como por exemplo o escoamento por gravidade de um fluido difícil viscoso.

Os vasos de pressão são definidos de acordo com a posição de instalação em verticais, horizontais e inclinados, como mostrado na Imagem 3.

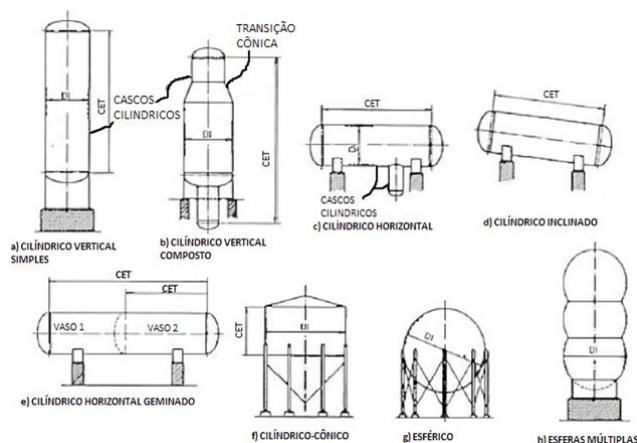


Imagem 3: Tipos de Vasos de pressão. Fonte: Referência<sup>1</sup>.

As dimensões que caracterizam um vaso de pressão são o diâmetro interno e o comprimento entre tangentes. O diâmetro interno ( $D_i$ ) é aplicável a qualquer formato do vaso e é o diâmetro medido nas faces internas da parede. O comprimento entre tangentes (CET) é o comprimento total do corpo cilíndrico ou a soma dos comprimentos dos corpos cilíndricos e cônicos sucessivos. Nos vasos em posição vertical, é regra usual tomar-se a linha de tangência inferior, como plano de referência para todas as cotas verticais<sup>7</sup>.

## PRESSÃO DE TRABALHO MÁXIMA ADMISSÍVEL

A norma regulamentadora explica que a pressão de trabalho máxima admissível é o maior valor de pressão que um equipamento pode ser submetido continuamente, de acordo com o código de projeto, a resistência dos materiais utilizados, as dimensões do equipamento e seus parâmetros operacionais<sup>3</sup>.

A PMTA (Pressão Máxima de Trabalho Admissível) tende a ser revisada conforme o tempo de operação ou modificações das condições de projeto, ou seja, quando o vaso de pressão sofre deformações que podem gerar o seu desgaste como por exemplo a oxidação da parede cilíndrica, é necessário que seja feito um redimensionamento para que o vaso continue operando dentro das especificações sem causar riscos à segurança física e ao processo. A PMTA deve ser determinada para pressão interna ou externa em cada componente, descontando-se a pressão devida à coluna de líquido correspondente ao componente analisado, e considerando-se duas condições:

- Equipamento novo e frio, com corrosão zero e tensões admissíveis na temperatura ambiente. Esta PMTA serve basicamente para determinar a pressão de teste hidrostático ou pneumático do vaso novo;
- Equipamento corroído e quente, descontando-se a espessura de corrosão e com tensões admissíveis na temperatura de projeto. Esta PMTA determina as condições de segurança do equipamento. A PMTA final do equipamento será a menor das pressões máximas de cada componente, medida no ponto mais alto (topo) do vaso<sup>2</sup>.

## ENSAIOS UTILIZADOS PARA DETECÇÃO DE POSSÍVEIS IRREGULARIDADES

### ENSAIO HIDROSTÁTICO

O teste consiste na pressurização do vaso com um líquido até um nível de pressão estabelecido com base nas condições de projeto, cujo valor no ponto mais alto do vaso é denominado de “pressão de teste hidrostático” (PTH). Tem por principal finalidade a detecção de possíveis vazamentos, falhas ou defeitos em soldas, roscas, partes mandriladas e em outras ligações do próprio vaso ou em seus acessórios internos e externos ou se acarretará rupturas das juntas soldadas<sup>8</sup>.

### ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

Segundo Oliveira são técnicas utilizadas nas indústrias na análise de falhas, que possuem a finalidade de detectar características e verificar propriedades mecânicas dos materiais. Caracteriza-se o ensaio não destrutivo aquele que não agride ou modifica a integridade do material, ou seja, são ensaios que, ao serem aplicados, não afetam ou causam prejuízo no funcionamento posterior da peça, total ou parcialmente<sup>9</sup>.

Os END (Ensaio Não Destrutivo) são bastante utilizados em inspeções de materiais metálicos, em que seu uso pode auxiliar na identificação de falhas e descontinuidades que não são percebidas inicialmente a olho nu. Existem diferentes tipos de ensaios não destrutivos, como por exemplo: ultrassom, líquido penetrante, partículas magnéticas, inspeção visual, radiografia, correntes parasitas, entre outros. Esses ensaios possuem graus de dificuldade e equipamentos diferentes para serem realizados, o que acaba tornando-os específicos para cada situação aplicada.

## INSTRUMENTAÇÃO REQUERIDA EM UM VASO DE PRESSÃO

### VÁLVULA DE SEGURANÇA

Válvulas de segurança são utilizadas para serviços com fluidos compressíveis, como gases e vapores estas válvulas aliviam o excesso de pressão de forma rápida e instantânea,

são importantes para garantir a segurança do operador, do equipamento e do local de instalação. Aliado a isso, todo vaso de pressão sujeito à pressão positiva superior a 15 psi é essencial a instalação de pelo menos uma válvula de segurança ajustada na pressão máxima de trabalho admissível (PMTA) do vaso ou abaixo cuja capacidade de vazão seja igual ou superior ao volume do fluido fornecido<sup>10</sup>.

No caso do equipamento em questão o cenário do alívio para que válvula é projetada com uma sob pressão de 10% em vasos de pressão, conforme as seções I e VIII da ASME. A pressão de fechamento é cerca de 5 a 7% menor que a pressão de ajuste. A Imagem 4 demonstra a válvula de segurança utilizada em vasos de pressão<sup>11</sup>.



**Imagem 4:** Válvula de segurança. **Fonte:** Referência<sup>12</sup>.

A função de toda válvula de segurança instalada em vasos de pressão de processos industriais é aliviar a grande quantidade de pressão, devido ao aumento da pressão de operação acima de um limite pré-estabelecido no projeto do equipamento por ela protegido. As consequências de sua falha podem ocasionar a grandes eventos catastróficos, mortes, danos materiais e prejuízo financeiro<sup>13</sup>.

### MANÔMETRO

É um instrumento que mede a pressão de fluidos em sistemas fechados, como vasos de pressão e tubulações.

Existem diversos tipos de manômetros, o principal tipo utilizado na indústria são os Manômetros metálicos ou Aneroides demonstrado na Imagem 5, que geralmente consistem em um tubo metálico, laminado, hermético, fechado em uma extremidade e enrolado em espiral. A extremidade aberta se comunica com o depósito que contém o fluido cuja pressão se deseja medir; então, ao aumentar a pressão no interior do tubo, este tende a desenrolar-se, e põe em movimento uma agulha indicadora frente a uma escala calibrada em unidades de pressão. Estes manômetros são para aplicações de 0,6 até 7000 bar<sup>14</sup>.



Imagem 5: Manômetro. Fonte: Referência<sup>15</sup>.

De acordo com a alínea “a” do subitem 13.3.1 da norma, a falta de um instrumento que indique a pressão de operação do vaso, constitui risco grave e iminente<sup>3</sup>.

## Materiais e Métodos

O estudo de caso será realizado sobre um vaso de pressão disponibilizado por empresa especializada nesse ramo de atuação e de grande engajamento nesse segmento. A Imagem 6 demonstra como é realizado o diagnóstico do equipamento passo a passo.

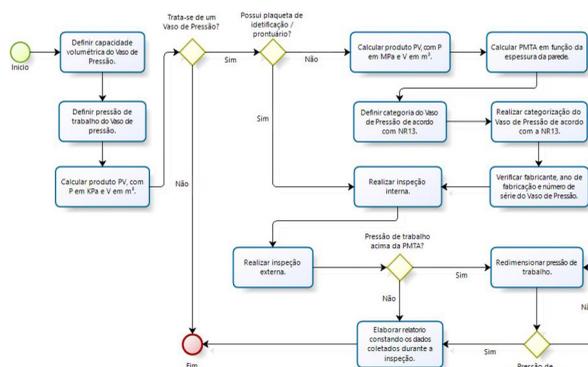


Imagem 6: Fluxograma do diagnóstico do equipamento. Fonte: Autoral

Antes de qualquer análise para readequação de um vaso de pressão conforme a norma regulamentadora, é necessário classificar o vaso segundo a norma vigente NR13, calcular a pressão máxima de trabalho (PMTA) em função da espessura da parede, categorizar o vaso e por fim realizar inspeções externas e internas que são obrigatórias e periódicas. Após estas etapas, caso seja necessário, o vaso é readequado para estar apto para operação dentro dos parâmetros estabelecidos em norma.

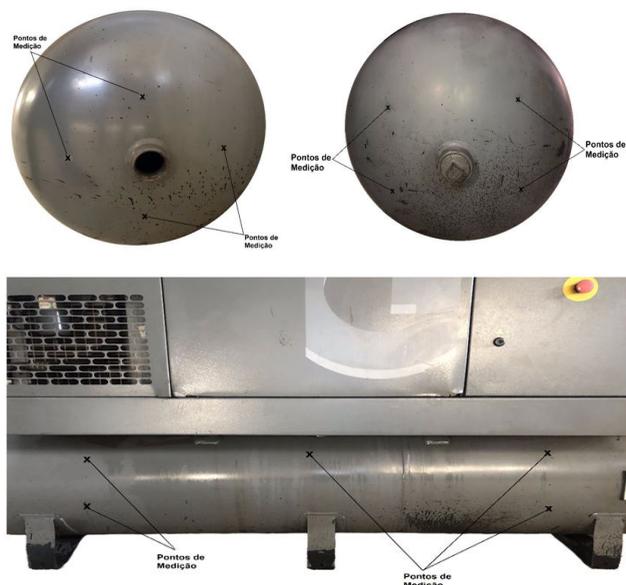
## ENSAIO ULTRASSOM

Para possibilitar realizar a readequação do vaso de pressão analisado, foi executado o teste de ultrassom. O teste em questão, consiste no uso de um aparelho demonstrado na Imagem 7, denominado Ultrasonic Thickness Gauge, em que inicialmente é realizada a medição de uma espessura padrão de 4,1mm, utilizada para checagem da calibração do aparelho.



Imagem 7: Ultrasonic Thickness Gauge. Fonte: Autoral

Após confirmada a calibração do instrumento, é realizada a aferição da espessura do vaso de pressão em pontos determinados, durante a avaliação inicial do vaso por meio de um transdutor conectado ao aparelho e um gel para minimizar os pontos de ar entre o transdutor e a parede do vaso, a fim de verificar as discontinuidades nas paredes do vaso causadas pelo uso contínuo do mesmo. A Imagem 8 ilustra como foram desenvolvidas as medições com o aparelho ultrassom e quais pontos são utilizados para o andamento do estudo.



**Imagem 8:** Pontos de medição do vaso. **Fonte:** Autoral

Em casos nos quais o vaso não possui a plaqueta de identificação indelével, é possível utilizar a espessura obtida após a realização do teste de ultrassom, para definição da pressão máxima de trabalho admissível em que poderá ser submetido o vaso de pressão.

## TEMPERATURAS E PRESSÕES DE OPERAÇÃO, PROJETO E MÁXIMAS DE UM VASO DE PRESSÃO

Um vaso de pressão tem a sua operação dependente de temperatura e da pressão, e a possibilidade de qualquer vaso

de pressão manter sempre a mesma pressão e temperatura por todo o seu ciclo de vida ou trabalho é raro podendo variar tanto acima ou abaixo do normal previsto para o equipamento. Considera-se pressão e temperatura de projeto os valores nas condições de projeto do vaso de pressão, ou seja, valores considerados em cálculos utilizados no projeto do vaso.

Adota-se a pressão de projeto a pressão correspondente às condições mais severas de pressão e temperatura coincidentes que possam ser previstas em serviço normal.

Segundo Telles, no caso de vasos projetados para pressão interna, é usual adotar-se para a pressão de projeto a maior dos seguintes valores:

- Pressão máxima de operação, acrescida de 5%, quando o dispositivo de alívio de pressão for operado por válvula piloto e 10% nos demais casos;
- 1,5 kg/cm<sup>2</sup>, manométricos. A pressão máxima de trabalho admissível pode se referir a cada uma das partes de um vaso, ou ao vaso considerado como um todo<sup>1</sup>.

As equações que calculam a PMTA são regidas pela mesma norma de projeto adotada para cálculo do vaso. Pela definição do código ASME, Seção VIII, Divisão 1 o cálculo da PMTA deve ser realizado em função das espessuras corroídas. Em que,  $P_c$  = PMTA de casco cilíndricos;  $P_t$  = PMTA de tampos semi esféricos;  $E$  = coeficiente de eficiência de solda;  $S$  = tensão admissível básica do material;  $R$  = raio interno do cilindro;  $t$  = espessura mínima para pressão interna.

$$P_c = SEt R + 0,6t \quad (\text{Eq.02})$$

$$P_t = 2SEt R + 0,2t \quad (\text{Eq.03})$$

Existem equações para diferentes tipos de geometria de vasos, podendo citar como exemplo a Equação 2, referente para cálculo para casco cilíndrico e a Equação 3, referente ao cálculo de tampos semiesféricos<sup>16</sup>.

## INSPEÇÃO INTERNA E EXTERNA

Segundo norma, deve-se inspecionar todo o vaso de pressão tanto interno quanto externo para avaliar as conformidades e as não conformidades para o seguimento do estudo. A inspeção consiste em visualizar todo o

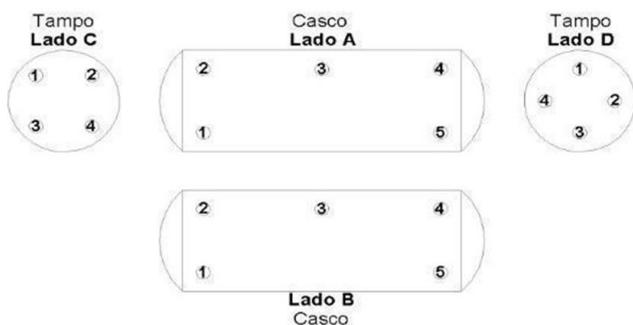
equipamento e relatar todas as informações encontradas. As verificações periódicas devem ser estipuladas conforme suas categorias e obedecendo aos parâmetros, sendo estes dependentes de duas situações: empresas que possuem SPIE (REQUISITOS PARA CERTIFICAÇÃO DE SERVIÇO PRÓPRIO DE INSPEÇÃO DE EQUIPAMENTOS) e outras que não possuem. Essa certificação determina o prazo estipulado para cada inspeção interna e externa.

Após os cálculos finalizados e os dados encontrados é necessário a reconstituição do prontuário e a placa de identificação utilizando a menor pressão de trabalho máxima admissível, essa readequação deve atender ao processo ao qual o equipamento será submetido.

## Resultados e Considerações

### RESULTADOS DO ENSAIO ULTRASSOM

A Imagem 9 abaixo apresenta as medições realizadas para detectar a espessura mínima do tampo e casco do vaso de pressão adotando o critério da necessidade de números de pontos em locais dispersos e facilidade de medição. As informações referentes à espessura do vaso de pressão foram encontradas por meio do ensaio ultrassom e são apresentadas na Tabela 1 a seguir.



**Imagem 9:** Medições e número de pontos do casco e tampo. **Fonte:** Autoral

**Tabela 1:** Pontos de aferição do exame ultrassom. **Fonte:** Autoral

Pontos	Aferições (mm)
A1	4,5
A2	4,5
A3	4,6
A4	5,0
A5	5,1
B1	4,5
B2	4,5
B3	4,6
B4	5,2
B5	5,1
C1	5,0
C2	5,0
C3	5,0
C4	4,8
D1	5,1
D2	5,0
D3	5,0
D4	5,2

As marcações em amarelo são as medidas no casco, azul as medidas no tampo e a vermelha demonstra as menores medições encontradas.

## CÁLCULO DA PRESSÃO MÁXIMA DE TRABALHO ADMISSÍVEL (PMTA)

Esse dispositivo está submetido a uma pressão de 10bar em uma área crítica com gases óxidos que dificultam a sua operação, danificando assim as paredes internas devido à diferença de pressão interna do vaso e externa do ambiente. Para que ele mantenha o devido funcionamento e seja adequado à norma NR13, é necessário que a PMTA seja dimensionada. Um dos principais problemas encontrados é a falta da placa de identificação indelével contendo as informações necessárias. Com isso, o método para definir a pressão máxima de trabalho admitida projetada inicialmente pelo fabricante, dá-se por meio de cálculos que envolvem o diâmetro interno, altura interna que são encontrados por meio do perímetro e a espessura do tampo e do casco do cilindro por meio dos resultados das mensurações realizadas no ensaio de ultrassom demonstrado na Tabela 1 e seu raio igual a 40 cm, esses resultados são encontrados, são anotados na Tabela 2. Após todos os dados encontrados é utilizadas as equações 2 e 3 para admitir o menor valor da PMTA. O equipamento é do tipo casco cilíndrico horizontal demonstrado na Imagem 1 e tem o seu código de projeto segundo a norma ASME SEC. VIII DIV. 1

**Tabela 2:** Dimensionamento da PMTA. **Fonte:** Referência<sup>1</sup>.

Dimensionamento da PMTA	
De acordo com a tabela UCS - 23:	
Material do Casco e Tampo:	ASTM - SA 516 Grau 60
S = tensão admissível (MPa)	117,89
S = tensão admissível (kgf/cm <sup>2</sup> )	1202,12
Ec = eficiência da Solda casco	0,8
Et = eficiência da Solda tampo:	0,8
D = Diâmetro interno (cm)	80
h = altura interna (cm)	94
K = ASME/VIII/1	1,1521544
(PMTA – Kgf/cm <sup>2</sup> )	
10,75	11,53

## RESULTADOS DA CLASSIFICAÇÃO DO VASO

Todo vaso de pressão deve ser classificado conforme a sua classe, pressão máxima de trabalho admissível, volume, produto PV, grupo de risco e categoria. Essas informações não foram identificadas inicialmente e por esse motivo foram realizados cálculos com a utilização da Imagem 2. Classifica-se o equipamento por meio da NR13 com os resultados informados na Tabela 3

**Tabela 3:** Classificação do vaso. **Fonte:** Referência<sup>3</sup>.

Classe do fluido de armazenamento	C
PMTA (kgf/cm <sup>2</sup> )	Não consta
Volume (m <sup>3</sup> )	0,472
PV	0,497
Grupo potencial de risco	5
Categoria	V

## RESULTADOS DO EXAME EXTERNO

No exame externo são avaliados os seguintes itens: integridade nas conexões, instrumentação, tais como, manômetro e válvula de segurança, regulagem do pressostato, placa de identificação, termômetro e purga. A Tabela 4 demonstra a situação desses itens determinados com a seguinte legenda: conforme, calibrado/conforme ou não possui.

**Tabela 4:** Exame externo. **Fonte:** Autoral

Itens avaliados	Situação (Visual)
Integridades nas conexões	Conforme
Manômetro	Calibrado / Conforme
Válvula(s) de segurança	Calibrado / Conforme
Regulagem do pressostato (kgf/cm <sup>2</sup> ): mín. / máx.	Calibrado / Conforme
Placa de identificação completa (reconstituída por outro profissional)	Não possui
Termômetro	Calibrado / Conforme
Purga	Não possui

## RESULTADOS DO EXAME INTERNO

No exame interno serão avaliados os seguintes itens: integridade do casco, integridade do tampo dianteiro, integridade do tampo traseiro, integridade de soldas e corrosão nas chaparias. A Tabela 5 demonstra a situação desses itens determinados com a seguinte legenda: normal, regular ou ruim.

**Tabela 5:** Exame interno. **Fonte:** Autoral

Itens avaliados	Situação (Visual)
Integridade do casco	Normal
Integridade do tampo dianteiro	Normal
Integridade do tampo traseiro	Normal
Integridade das soldas	Normal
Corrosão nas chaparias	Normal

## RECONSTITUIÇÃO DO PRONTUÁRIO DO EQUIPAMENTO

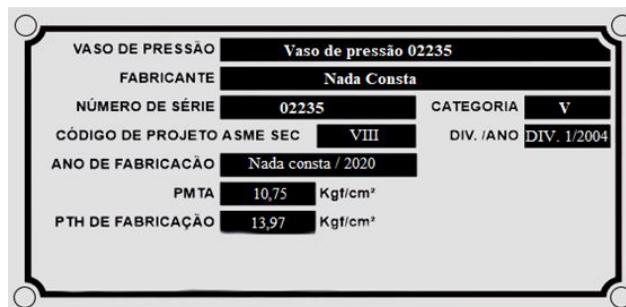
Para reconstituição do prontuário é necessário realizar toda a identificação do vaso constando: identificação da empresa, o tipo do vaso, modelo/posição, fabricante, volume, número de série ou número de ordem se não possui, ano de fabricação/reconstituição e o código de projeto. Na Tabela 6, é apresentado o prontuário reconstituído do vaso de pressão, após todos os estudos realizados.

**Tabela 6:** Prontuário de identificação. **Fonte:** Referência<sup>3</sup>.

Identificação da empresa	Vaso de pressão 02235
Tipo	Vasos de acumulação
Modelo/posição	Cilíndrico / Horizontal
Fabricante	Nada consta
Volume (m <sup>3</sup> )	0,472
Nº de Série (Nº de Ordem)	02235
Ano de Fabricação/Reconstituição	Nada consta / 2020
Código de projeto	ASME/SEÇÃO VIII / DIV. 1 Ed. 2004

## RECONSTITUIÇÃO DA PLACA

Conforme a NR13, todo vaso de pressão deve ter visivelmente a sua placa de identificação indelével, de forma de que seja fácil o acesso e com, no mínimo constando as seguintes informações: fabricante; número de identificação; ano de fabricação; pressão máxima de trabalho admissível; pressão de teste hidrostático; código de projeto e ano de edição.



**Imagem 9:** Placa de identificação indelével reconstituída. **Fonte:** Autoral

A Imagem 9 mostra a placa de identificação reconstituída após a realização da coleta dos dados, realização dos cálculos necessários e definição das características do vaso de pressão.

## Conclusão

As atividades propostas foram realizadas e finalizadas por meio de inspeções internas e externas; ensaio ultrassom; e o dimensionamento da PMTA, obtendo-se a informação do material do vaso (ASTM - SA 516 Grau 60); eficiência das juntas soldadas (do casco 0,8 e do tampo 0,8); reconstituição do prontuário e placa de identificação.

A PMTA encontrada foi de 10,75 kgf/cm<sup>2</sup> ou 10,54 bar, logo, as condições de operação do vaso estudado se enquadram nas características de trabalho do vaso e possibilitam a operação com uma margem de segurança.

Por fim, houve êxito na reconstituição do prontuário, bem como o anexo deste na documentação do equipamento. A sua placa de identificação indelével exibe todas as informações necessárias para constar em um vaso de pressão

apto para o processo e, com isso, elimina a necessidade de redimensionamento da pressão de trabalho ou investimento em um novo vaso de pressão, gerando economia para a empresa e garantindo que esteja trabalhando com um vaso de pressão que se enquadra na norma vigente.

## Referências

1. Telles, P. C. das. Vasos de Pressão. p. 302, **1991**.
2. Falcão, C. PROJETO MECÂNICO VASOS de PRESSÃO E TROCADORES DE CALOR CASCO e TUBOS. p. 151, **2002**.
3. BRASIL, M. DO T. E E. Portaria 1082 de 18 de dezembro de **2018** - NR-13 Caldeiras, Vasos de Pressão, Tubulações e Tanques Metálicos de Armazenamento. v. i, n. 13, p. 1–2, **2018**.
4. Tecnol, U. et al. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Aplicação da Nr-13 Em Vasos De Pressão. n. 13, **2014**.
5. Física, D. Halliday, R. Resnick e K. S. Krane, Livros Técnicos e Científico S.A Fundamentos de Física.
6. Martins, F. J. S. Análise da Possibilidade de Crescimento Subcrítico de Descontinuidades Durante a Realização de Testes Hidrostáticos em Vasos de Pressão e Seus Possíveis Efeitos. p. 111, **2009**.
7. DA, S.; CEFET, F. Análise de Tensões em Vasos de Pressão através do Método de Elementos Finitos. **2014**.
8. Filho, J. D. S. P. Análise de efeitos de teste hidrostático em vaso de pressão. p. 115, **2004**.
9. Oliveira, M. J. de. Indicação de descontinuidades em materiais metálicos e compósitos: uma comparação entre métodos não-destrutivos. **2014**.
10. Disserta, M.; MEC, E. Marcos José Babilonia Pérez. Estudo do comportamento dinâmico de uma válvula de alívio de pressão do tipo mola. **2016**.
11. AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEER., ASME VIII divisão 1 e divisão 2. New York, **2017**.
12. Válvulas de Segurança – ABERKO. Disponível em: <https://www.vasosdepressao.com.br/valvulas-seguranca.php>. Acesso em: 07 de outubro de **2020**.
13. Mathias, A. C. VÁLVULAS DE SEGURANÇA. v. 4777, n. 27, p. 1–52, [s.d.].
14. Marítima, P.; Marítima, P. de. PRESSÃO E TUBULAÇÕES EM UNIDADES DE. **2018**.
15. Turotest. Disponível em: <http://turotest.com.br/pt-produtos/manometro-para-bombas-e-compressores-cod-300147/>. Acesso em: 07 de outubro de **2020**.
16. Torquato, H. M. et al. PROJETO DE INVESTIGAÇÃO E AVALIAÇÃO. **2019**.

---

**Eduardo S. Fernandes\* ,  
Fernando C. S. Rocha, Luiz  
G. S. Fernandes, Fábio S.  
Gomes & Rosemberg F. N.  
Rodrigues**

Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA. Avenida  
Universitária, km 3,5, Centro Universitário, Anápolis, Goiás,  
Brasil.

\*E-mail: [eduardo.silva2188@hotmail.com](mailto:eduardo.silva2188@hotmail.com)