

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
MECÂNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA TÉRMICA E DE FLUIDOS**

Regulamentos Técnicos de Apoio para Atendimento à NR13

Autor: **Rodrigo De Vecchi**
Orientador: **Prof. Dr. Caio Glauco Sánchez**

Curso: Engenharia Mecânica
Área de Concentração: Térmica e Fluidos

Dissertação de mestrado acadêmico apresentada à comissão de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

Campinas, 2009
S.P. – Brasil

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE -
UNICAMP

V491r Vecchi, Rodrigo de
Regulamentos técnicos de apoio para atendimento à
NR13 / Rodrigo de Vecchi. --Campinas, SP: [s.n.], 2009.

Orientador: Caio Glauco Sánchez.
Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Vasos de pressão. 2. Caldeiras. I. Sánchez, Caio
Glauco. II. Universidade Estadual de Campinas.
Faculdade de Engenharia Mecânica. III. Título.

Título em Inglês: Support technical standards to attend NR13

Palavras-chave em Inglês: Pressure vessels, Boilers

Área de concentração: Engenharia Térmica e de Fluidos

Titulação: Mestre em Engenharia Mecânica

Banca examinadora: Luis Augusto Barbosa Cortez, Roberto Ferraboli Júnior

Data da defesa: 11/08/2009

Programa de Pós Graduação: Engenharia Mecânica

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
MECÂNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA TÉRMICA E DE FLUIDOS**

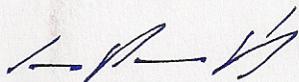
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO

**Regulamentos Técnicos de Apoio para
Atendimento à NR13**

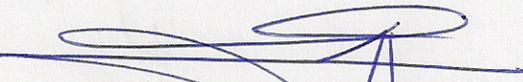
Autor: **Rodrigo De Vecchi**

Orientador: **Prof. Dr. Caio Glauco Sánchez**

A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Dissertação:



Prof. Dr. Caio Glauco Sánchez
FEM, UNICAMP



Prof. Dr. Luis Augusto Barbosa Cortez
FEAGRI, UNICAMP



Prof. Dr. Roberto Ferraboli Júnior
Universidade São Judas Tadeu

Campinas, 11 de Agosto de 2009.

Dedicatória:

Dedico este trabalho ao meu querido irmão, uma das pessoas a quem mais amo e pela qual me esforço para alcançar os melhores resultados e também às milhares de crianças nordestinas que vivem descalças, passam fome e não tem sequer um brinquedo, mas que desde cedo nos dão exemplo de fé e resignação, sempre orando e confiando que um dia tudo vai melhorar em suas vidas.

Agradecimentos

Este trabalho não poderia ser terminado sem a ajuda de diversas pessoas às quais presto minha homenagem:

A Deus e a Jesus que me mostraram o caminho seguro para a superação pessoal.

Aos meus avós pelo exemplo de vida que demonstram.

Aos meus pais pela educação correta que me proporcionaram.

A minha noiva pelo apoio e auxílio em todos os momentos da vida.

Aos meus amigos da Mooca, que sempre me incentivaram neste desafio.

Ao meu orientador, que me mostrou os caminhos a serem seguidos.

A todos os professores e colegas do departamento, que ajudaram de forma direta e indireta na conclusão deste trabalho.

Sonho que se sonha só é só um sonho que se sonha só,
mas sonho que se sonha junto é realidade.

Resumo

Vecchi, Rodrigo, *Regulamentos Técnicos de Apoio para Atendimento à NR13*, Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2009. 159 p. Dissertação Mestrado.

Procurou-se neste trabalho, reunir uma grande quantidade de normas técnicas de inspeção, de projeto e de ensaios não destrutivos a fim de serem sugeridos e principalmente fornecer dados e critérios necessários para a realização segura e apropriada dos exames e testes tidos como mandatórios ou alternativos na NR13. Para isto foi necessária uma pesquisa detalhada do acervo de normas técnicas existentes em nosso país e também em outros países, a fim de obter informações que pudessem ser confrontadas com casos específicos e reais, cujos dados foram coletados com profissionais qualificados e certificados. Três aspectos foram analisados: os requisitos da norma NR13, que é compulsória e tem abrangência geral, critérios específicos utilizados por normas de enfoque singular, ou seja, para uma única linha de equipamento, de teste ou de inspeção e a experiência prática que trouxe a realidade encontrada em muitos estabelecimentos através do resultado de inspeções realizadas para garantir a segurança na operação de vasos de pressão e caldeiras. Vale frisar que tais inspeções fazem parte de nosso acervo técnico pessoal e estão devidamente registradas no CREA através de mais de 600 ART's recolhidas em 8 diferentes estados brasileiros. Também foram apresentados alguns acidentes gerados, talvez, pela execução errônea de testes e inspeções, seguidos por sugestões que poderiam evitar a ocorrência dos mesmos. Os resultados desse trabalho são de grande importância nos futuros estudos e revisões normativas.

Palavras Chave:

NR13, Vasos de Pressão, Caldeiras

Abstract

Vecchi, Rodrigo, *Support Technical Standards to Attend NR13*, Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2009. 159 p. Dissertação (Mestrado)

It was intended to group a large amount of technical standards that treat about Boilers and Pressure Vessel design and inspections and also non destructive examinations in order to suggest and supply data and criteria to perform appropriate and safe inspections and examinations mentioned as mandatory or alternative at NR13. It was necessary an extensive research into Brazilian and foreign standards to collect information which could be confronted with real and specific cases described by qualified and certificated professionals. Three aspects have been analyzed: NR13 requirements which are mandatory and have only a global sight, criteria used in specific situations for unique kind of equipment, test or examination and practical experience that brought the reality of many companies through the result of inspections performed to guarantee a safe operation of pressure vessels and boilers. It is important to emphasize that these inspections belong to a personal technical performance and are registered at CREA through more than 600 ART's paid in 8 different Brazilian states. It was also presented some accidents probably caused by wrong execution of tests and inspections, followed by suggestions which could avoid them. The results obtained from this job are very important in future studies and revisions of normative standards.

Key Words

NR13, Pressure Vessels, Boilers

Índice

Folha de Rosto	i
Ficha Catalográfica	ii
Folha de Aprovação	iii
Dedicatória	iv
Agradecimentos	v
Epígrafe	vi
Resumo	vii
Abstract	viii
Lista de Figuras	xviii
Lista de Tabelas	xxii
Nomenclatura	xxiv
1. Apresentação	1
1.1 Introdução	1
1.2 Origem deste trabalho	2
1.3 Objetivo	2

2. Revisão Bibliográfica	3
2.1 NR13	3
2.2 Metodologia Similar	11
2.3 Normas de Apoio	11
2.3.1 Normas Nacionais de Apoio a Vasos de Pressão	15
2.3.1.1 NBR12231 – Inspeção Periódica de Tanques Utilizados para Acondicionamento e Estocagem de CO ₂ .	15
2.3.1.2 NBR12228 – Tanque Estacionário Destinado à Estocagem de Gases Altamente Refrigerados – Inspeção Periódica.	15
2.3.1.3 NBR11696 – Trocadores de Calor – Classificação.	15
2.3.1.4 NBR12555 – Trocadores de Calor – Terminologia.	15
2.3.1.5 NBR13598 – Vasos de Pressão para Refrigeração.	15
2.3.1.6 NBR15371 – Evaporadores Tipo Circulação Forçada para Refrigeração.	16
2.3.1.7 NBR12193 – Unidades Condensadoras Comerciais.	16
2.3.1.8 NBR7821 – Tanques Soldados para Armazenamento de Petróleo e Derivados.	16
2.3.1.9 NBR15417 – Vasos de Pressão – Inspeção de Segurança em Serviço.	16
2.3.1.10 NBRISO17020 – Avaliação de Conformidade – Critérios Gerais para o Funcionamento de Diferentes Tipos de Organismos que Executam Inspeção.	16
2.3.2 Normas Internacionais de Apoio sobre Vasos de Pressão	17
2.3.2.1 ASME Seção VIII Divisão 1 – Design and Fabrication of Pressure Vessels.	17
2.3.2.2 API650 – Welded Steel Tanks for Oil Storage.	17

2.3.2.3 TEMA – Tubular Exchangers Manufacturers Association.	17
2.3.2.4 ASME B31 – Pressure Piping.	17
2.3.3 Normas Nacionais de Apoio sobre Ensaio Não Destrutivos	18
2.3.3.1 NBRNMISO9712 – Ensaio Não Destrutivo – Certificação de Pessoal.	18
2.3.3.2 ABENDI PR-001 – Procedimento de END – Líquido Penetrante.	18
2.3.3.3 NBR15357 – Ensaio Não Destrutivos – Ultra-Som em Solda.	19
2.3.3.4 NBR10150 – Radiografia – Inspeção em Soldas de Topo em Vasos de Pressão e Tanques de Armazenamento – Critérios de Aceitação.	19
2.3.4 Normas Internacionais de Apoio sobre Ensaio Não Destrutivos	19
2.3.4.1 ASME Seção V – Non Destructive Examinations.	19
2.3.4.2 ASTM A609 – Ultra-Som Examination for Casting Materials.	19
2.3.4.3 ASTM E165 – Standard Practice for Liquid Penetrant.	19
2.3.4.4 ASTM E797 – Standard Practice for Thickness Measurement with Ultrasonic Examination.	20
2.3.5 Normas Nacionais de Apoio sobre Caldeiras	20
2.3.5.1 NBR12177-1 – Caldeiras Flamotubulares – Inspeção de Segurança.	20
2.3.5.2 NBR12177-2 – Caldeiras Aquotubulares – Inspeção de Segurança.	20
2.3.5.3 NBR13203 – Caldeiras Elétricas – Inspeção de Segurança.	20
2.3.5.4 NBR11096 – Caldeiras Aquotubulares e Flamotubulares – Terminologia.	20
2.3.5.5 NBR10794 – Caldeira Auxiliar a Óleo para Uso Naval.	21
2.3.5.6 NBR10795 – Caldeira a Óleo para Uso Naval – Ensaio.	21
2.3.6 Norma Internacional de Apoio a Caldeiras	21

2.3.6.1 ASME Seção I – Rules for Construction of Power Boilers.	21
2.3.7 Normas Nacionais de Apoio a Dispositivos de Segurança	22
2.3.7.1 NBR14105 – Manômetros com Sensor de Elemento Elástico.	22
2.3.7.2 NBR8189 – Manômetros com Sensor de Elemento Elástico – Terminologia.	22
2.3.7.3 IBP10 – Inspeção de Válvulas de Segurança e Alívio.	22
2.3.8 Normas Internacionais de Apoio a Dispositivos de Segurança	22
2.3.8.1 API576 – Inspection of Pressure Relieving Devices.	22
2.3.8.2 ASME Seção I – Rules for Construction of Power Boilers.	23
2.3.8.3 ASME Seção VIII Divisão 1 – Design and Fabrication of Pressure Vessels.	23
2.4 Relatos de Acidentes	23
2.4.1 Introdução – Criação da ASME e da National Board	23
2.4.2 Causa Provável: Falta de Treinamento do Operador	24
2.4.2.1 Itauba – MT	24
2.4.2.2 Sananduva – RS	27
2.4.3 Causa Provável: Falha na Válvula de Segurança	28
2.4.3.1 Refinaria Duque de Caxias – RJ	28
2.4.4 Causa Provável: Corrosão	29
2.4.4.1 Fortaleza – CE	29
2.4.5 Causa Desconhecida	29
2.4.5.1 Belém – PA	29
2.4.5.2 Belo Horizonte – MG	30

2.4.6 Causa Provável: Falta de Manutenção e Inspeção	30
2.4.6.1 Curitiba – PR	30
2.4.6.2 Campo Grande – MS	32
2.4.6.3 Contagem – MG	32
2.4.7 Causa Provável: Mau Funcionamento	33
2.4.7.1 Tóquio – Japão	33
2.4.8 Causa Provável: Falha de Construção	33
2.4.8.1 Local Desconhecido	33
2.4.9 Causa Provável: Falha Mecânica	35
2.4.9.1 Shangai – China	35
2.4.10 Causa Provável: Falha no Procedimento de Teste Hidrostático	37
2.4.10.1 Temperatura Não Conforme / Local Desconhecido	37
2.4.10.2 Causa Provável: Pressão Excessiva / Local Desconhecido	38
3. Análise	39
3.1 Método Utilizado	39
3.2 Análise de Peculiaridades entre a NR13 e o Material de Apoio	40
3.2.1 NBR12231 e NR13	40
3.2.2 NBR12228 e NR13	42
3.2.3 NBR11696 e NR13	44
3.2.4 NBR12555 e NR13	47
3.2.5 NBR13598 e NR13	48

3.2.6 NBR15371 e NR13	52
3.2.7 NBR12193 e NR13	55
3.2.8 NBR7821 e NR13	58
3.2.9 NBR15417 e NR13	60
3.2.10 NBRISO17020 e NR13	61
3.2.11 ASME Seção VIII Divisão 1 e NR13	63
3.2.11.1 ASME Seção VIII Divisão 1 Item U-1 (c) 2 e NR13	63
3.2.11.2 ASME Seção VIII Divisão 1 Item UG-27 e NR13	67
3.2.11.3 ASME Seção VIII Divisão 1 Item UG-99 e NR13	70
3.2.11.4 ASME Seção VIII Divisão 1 Item UG-100 e NR13	71
3.2.12 API650 e NR13	72
3.2.13 TEMA e NR13	73
3.2.14 ASME B31.3 e NR13	75
3.2.15 Ensaaios Não Destrutivos e NR13	76
3.2.15.1 ABENDI PR-001 e NR13	77
3.2.15.2 NBR15357 e NR13	78
3.2.15.3 NBR10150 e NR13	78
3.2.15.4 ASME Seção V Artigo 5 e NR13	79
3.2.15.5 ASTM E165 e NR13	79
3.2.15.6 ASTM E797 e NR13	80
3.2.15.7 ASME Seção VIII Divisão 1 Apêndice 8 e NR13	80

3.2.15.8 ASME Seção VIII Divisão 1 Apêndice 12 e NR13	80
3.2.16 NBR12177-1 e NR13	80
3.2.17 NBR12177-2 e NR13	81
3.2.18 NBR13203 e NR13	81
3.2.19 NBR11096 e NR13	82
3.2.20 NBR10794 e NR13	82
3.2.21 NBR10795 e NR13	82
3.2.22 ASME Seção I e NR13	83
3.2.23 NBR14105 e NR13	84
3.2.24 NBR8189 e NR13	86
3.2.25 IBP10 e NR13	86
3.2.26 API576 e NR13	88
3.2.27 ASME Seção I Item PG-69 e NR13	89
3.2.28 ASME Seção VIII Divisão 1 Item UG-129 e NR13	89
3.3 Estudo de Casos	90
3.3.1 Caldeiras Aquotubulares	90
3.3.2 Caldeiras Flamotubulares	91
3.3.3 Tanques Criogênicos	93
3.3.4 Prontuário Técnico	95
3.3.5 Teste Hidrostático em Vasos de Pressão	101
3.3.5.1 Acidente x Prevenção	101

3.3.5.2 Exemplo de Realização Correta	101
3.3.6 Teste Hidrostático em Tubulação	102
3.3.7 Teste Pneumático	105
3.3.7.1 Acidente x Prevenção	105
3.3.7.2 Exemplo de Controle de Tempo de Pressurização	106
3.3.7.3 Alternativa para Teste Pneumático	107
3.3.8 Categorização de Vasos de Pressão	108
3.3.9 Tanques de CO ₂	109
3.3.10 Fabricação de Vasos de Pressão	113
3.3.10.1 Acidente x Prevenção	113
3.3.10.2 Exemplo de Fabricação Correta	113
3.3.11 Trocadores de Calor	114
3.3.12 PMTA	116
3.3.12.1 Acidente x Prevenção	116
3.3.12.2 Exemplo de Cálculo Correto	116
3.3.13 Medição de Espessura	117
3.3.13.1 Acidente x Prevenção	117
3.3.13.2 Exemplo de Medição de Espessura	118
3.3.13.3 Alternativa para Medição de Espessura	119
3.3.14 Líquido Penetrante	120
3.3.15 Válvulas de Segurança	122

3.3.15.1 Acidente x Prevenção	122
3.3.15.2 Exemplo de Calibração	122
3.3.15.3 Alternativa para Calibração de Válvulas de Segurança	123
4. Resultados e Discussões	124
4.1 Resultados	124
4.2 Discussões	126
5. Conclusões e Sugestão para Futuros Trabalhos	127
5.1 Conclusões	127
5.2 Sugestão para Futuros Trabalhos	128
Bibliografia	129

Lista de Figuras

Figura 2.1	O que restou da casa de caldeira.	25
Figura 2.2	Cilindro de 8 toneladas.	25
Figura 2.3	Espelho Traseiro.	26
Figura 2.4	Parte da Fornalha.	26
Figura 2.5	Destroços após explosão.	27
Figura 2.6	Bombeiros trabalhando após acidente.	31
Figura 2.7	Tanque de armazenamento de óleo.	34
Figura 2.8	Tanque de armazenamento de óleo sendo retirado.	34
Figura 2.9	Flange que falhou.	36
Figura 2.10	Conseqüências do acidente.	36
Figura 2.11	Acidente em teste hidrostático.	37
Figura 2.12	Evidência de quebra de material.	37
Figura 2.13	Explosão de Vaso durante teste hidrostático 1.	38
Figura 2.14	Explosão de Vaso durante teste hidrostático 2.	38
Figura 3.1	Vaso de CO ₂ fabricado em 1994.	41
Figura 3.2	Vaso de CO ₂ fabricado em 1988.	42

Figura 3.3	Vasos Criogênicos.	44
Figura 3.4	Trocador de Calor Tipo Duplo Tubo.	46
Figura 3.5	Trocador de Calor Tipo Casco Tubo.	46
Figura 3.6	Feixe tubular de um trocador de calor tipo casco tubo.	46
Figura 3.7	Trocador de Calor tipo placas.	47
Figura 3.8	Fluxo de troca de calor no interior de um trocador de calor tipo placas.	48
Figura 3.9	Chiller Industrial.	54
Figura 3.10	Evaporador de um chiller industrial.	55
Figura 3.11	Condensador de um chiller industrial.	57
Figura 3.12	Exemplo de um vaso cilíndrico.	69
Figura 3.13	Exemplo de um vaso esférico.	69
Figura 3.14	Características construtivas de um trocador de calor.	75
Figura 3.15	Caldeira naval modelo Mission OC.	83
Figura 3.16	Manômetro padrão instalado em uma balança comparadora hidráulica.	85
Figura 3.17	Manômetro calibrado.	85
Figura 3.18	Válvula de segurança de um trocador de calor.	87
Figura 3.19	Válvula de segurança de uma caldeira.	87
Figura 3.20	Caldeira Aquotubular.	91
Figura 3.21	Caldeira Flamotubular.	92
Figura 3.22	Vaso de Nitrogênio Líquido.	94
Figura 3.23	Vaso de Argônio Líquido.	94

Figura 3.24	Tanque de CO ₂ .	95
Figura 3.25	Exame Visual Interno.	96
Figura 3.26	Exame por Líquido Penetrante.	96
Figura 3.27	Exame por Ultra-som.	97
Figura 3.28	Indicação das Chapas Medidas no Ensaio por Ultra-som.	97
Figura 3.29	Indicação dos Tampos Medidos no Ensaio por Ultra-som.	98
Figura 3.30	Cópia da 1° Parte do Relatório de Medição de Espessura por Ultra-Som.	98
Figura 3.31	Cópia da 2° Parte do Relatório de Medição de Espessura por Ultra-Som.	99
Figura 3.32	Cópia da 3° Parte do Relatório de Medição de Espessura por Ultra-Som.	100
Figura 3.33	Esfera de GLP da Petrobras.	102
Figura 3.34	Máquina laminadora.	103
Figura 3.35	Unidade de controle de temperatura da água (Vista Frontal).	103
Figura 3.36	Unidade de controle de temperatura da água (Vista Superior).	104
Figura 3.37	Trocador de calor da unidade de controle.	104
Figura 3.38	Tubulação de interligação dos trocadores.	105
Figura 3.39	Acumuladores Hidráulicos.	107
Figura 3.40	Vaso para estocagem de etanol.	108
Figura 3.41	Vaso fabricado em 1971.	109
Figura 3.42	Vaso fabricado em 1995.	110
Figura 3.43	Cópia do Relatório de Medição de Espessura do vaso fabricado em 1971.	111
Figura 3.44	Cópia do Relatório de Medição de Espessura do vaso fabricado em 1995.	112

Figura 3.45	Vaso para aquecimento de água.	114
Figura 3.46	Placa do Fabricante de um Trocador de Calor.	115
Figura 3.47	Trocador de Calor.	115
Figura 3.48	PMTA na Placa do Fabricante.	116
Figura 3.49	Prensa Vulcanizadora de Pneus.	117
Figura 3.50	Reservatório de Ar Comprimido	118
Figura 3.51	Mapa de Medição de Espessura.	119
Figura 3.52	Revelação do Líquido Penetrante na solda do cabeçote de um trocador.	120
Figura 3.53	Revelação do Líquido Penetrante na solda do respiro de um trocador.	121
Figura 3.54	Revelação do Líquido Penetrante na solda traseira de um trocador.	121
Figura 3.55	Válvulas de Segurança de uma Prensa Vulcanizadora.	123

Lista de Tabelas

Tabela 2.1	Resumo das Disposições Gerais de Caldeiras.	3
Tabela 2.2	Resumo da Instalação de Caldeiras.	4
Tabela 2.3	Resumo da Operação de Caldeiras.	4
Tabela 2.4	Resumo da Manutenção de Caldeiras.	5
Tabela 2.5	Resumo da Inspeção de Segurança de Caldeiras.	5
Tabela 2.6	Resumo Disposições Gerais de Vasos de Pressão.	6
Tabela 2.7	Resumo das Instalações de Vasos de Pressão.	6
Tabela 2.8	Resumo da Operação de Vasos de Pressão.	7
Tabela 2.9	Resumo da Manutenção de Vasos de Pressão.	7
Tabela 2.10	Resumo da Inspeção de Vasos de Pressão.	8
Tabela 2.11	Categorização de Vasos de Pressão.	10
Tabela 2.12	Normas de Apoio à NR13.	12
Tabela 3.1	Pressão Absoluta de Projeto Mínima.	49
Tabela 3.2	Periodicidade de Inspeção Conforme NR13.	51
Tabela 3.3	Dimensões Típicas e Capacidade Nominal.	59
Tabela 3.4	Espessuras de Chapa de Costado.	60

Tabela 3.5	Classificação de Trocadores de Calor.	74
Tabela 3.6	Procedimentos da ABENDI	77
Tabela 3.7	Classificação para Tipos e Métodos de Ensaio Penetrante.	79
Tabela 4.1	Guia de Referências Normativas para Apoio à NR13.	124

Nomenclatura

Abreviações

NR13 – Norma Regulamentadora n°13

ART – Anotação de Responsabilidade Técnica

NBR – Norma Brasileira

PR-001 – Procedimento n°001

CO₂ – Dióxido de Carbono

PMTA – Pressão Máxima de Trabalho Admissível

ppm – Partes por Milhão

P – Valor da Pressão Máxima de Operação de um Vaso de Pressão [kPa]

V – Volume Geométrico do Vaso de Pressão [m³]

END – Ensaio Não Destrutivo

S/A – Sociedade Anônima

Ltda – Limitada

DP – Distrito Policial

GNL – Gás Natural Liquefeito

E – Eficiência de Junta Soldada

t – Espessura Mínima

S – Tensão Admissível do Material

R – Raio Interno

e – Espessura

GLP – Gás Liquefeito de Petróleo

Siglas

SP – São Paulo

MT – Mato Grosso

RS – Rio Grande do Sul

CE – Ceará

PA – Pará

MG – Minas Gerais

PR – Paraná

MS – Mato Grosso do Sul

CREA – Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia

ISO – International Organization for Standardization

ASME – American Society of Mechanical Engineers

API – American Petroleum Institute

TEMA – Tubular Exchangers Manufacturers Association

ABENDI – Associação Brasileira de Ensaio Não Destrutivos e Inspeção

ASTM – American Society for Testing Materials

IBP – Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e BioCombustíveis

SRTE – Secretaria Regional do Trabalho e Emprego

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

PQU – Petroquímica União

COMCER – Comissão de Certificação Tripartite

RBC – Rede Brasileira de Calibração

AFNOR – Association Française de Normalisation

BS – British Standards

JIS – Japanese Industrial Standards

DIN – Deutsches Institut für Normung

Unidades Dimensionais

km – Quilômetros

m – metros

cm – Centímetros

mm - Milímetros

°C – Grau Celsius

°F – Grau Fahrenheit

min – Minuto

s – Segundo

l – Litro

kgf – Quilograma-força

psi – Pounds Square Inches

kPa – Quilo Pascal

MPa – Mega Pascal

kW – Quilo Watt

BTU – British Thermal Unit

1. Apresentação

1.1 Introdução

Uma norma é um documento estabelecido por consenso e aprovado por um organismo reconhecido, que fornece regras, linhas, diretrizes ou características para atividades ou resultados, garantindo um nível de ordem, um padrão ou uma metodologia para um dado contexto. As normas técnicas são processos de simplificação, pois reduzem a crescente variedade de procedimentos e produtos. Assim, elas eliminam o desperdício, o retrabalho e facilitam a troca de informações entre fornecedor e consumidor ou entre clientes internos. Outra finalidade importante de uma norma técnica é a proteção ao consumidor, especificando critérios e requisitos que aferem o desempenho do produto ou serviço. Contribuem em quatro aspectos: Qualidade, Produtividade, Tecnologia e Marketing. Normas Regulamentadoras são regulamentos compulsórios que o Ministério do Trabalho utiliza em auditorias rotineiras como forma de auxiliar na averiguação de práticas obrigatórias de segurança e medicina do trabalho. Dentre estas últimas, está a NR13 que traz informações e exigências mandatórias para instalação, manutenção, operação e inspeção de segurança de caldeiras e vasos de pressão. Verificou-se que a NR13 tem uma abrangência apropriada para um âmbito global de caldeiras e vasos de pressão, o que gera certos tipos de aberturas causadas por falta de informação para casos específicos. Sabe-se que para as atividades anteriormente mencionadas como abrangência da NR13, existem várias normas técnicas, não mandatórias, mas que especificam como realizar tais atividades através de riquíssimos conteúdos e outros parâmetros fundamentais para confiavelmente realizar testes e inspeções a fim de manter vasos de pressão e caldeiras sob funcionamento seguro. Verificou-se que isto não acontece sempre, pois foram

encontradas várias reportagens e publicações de inúmeros relatos de acidentes com vítimas fatais. Serão trazidos na revisão bibliográfica, 13 acidentes que resultaram na morte de mais de 38 pessoas, além da contaminação do meio ambiente com mais de 30.000 litros de óleo derramados. Nos estudos de caso, serão apresentadas algumas inspeções contidas em acervo técnico pessoal que, conforme mencionado anteriormente, possui mais de 600 inspeções devidamente registradas no CREA através de ART's recolhidas em 8 diferentes estados brasileiros, realizadas conforme a NR13 e as normas inseridas neste trabalho como material de apoio, sendo que os resultados de tais inspeções sugerem que os acidentes mencionados poderiam ter sido evitados. Serão expostas formas alternativas para realização do método tradicional de teste pneumático e Ensaio Não Destrutivo e também diversas fotos exemplificando cada item mencionado neste trabalho.

1.2 Origem deste Trabalho

A NR13 é um regulamento compulsório. Uma norma com abrangência nacional e de aplicação obrigatória, dirigida à regularização de inspeções em vasos de pressão e caldeiras. Define, além de inúmeros aspectos pertinentes a estes tipos de equipamentos, os intervalos máximos em que devem ser realizadas as inspeções externa e interna e o teste hidrostático nos mesmos. Porém, não define “como fazer” estas inspeções. Com isso, os Profissionais Habilitados, responsáveis pelas inspeções, devem buscar informações e diretrizes técnicas em normas brasileiras e internacionais existentes, como: NBR, ASME, API, ASTM, TEMA, BS, AFNOR, JIS, DIN, entre outras.

1.3 Objetivo

Pretende-se com este trabalho, criar um facilitador, um guia com grande quantidade de informações concentradas e organizadas, para que Engenheiros recém formados, Profissionais Habilitados, inspetores e todos aqueles que tenham qualquer tipo de ligação com a inspeção de vasos de pressão e caldeiras possam recorrer para garantir segurança de operação, qualidade de inspeção e por conseguinte, segurança nas instalações que os possuam.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 NR13

A norma regulamentadora NR13, conforme mencionado anteriormente, contém os requisitos e definição de períodos mínimos para inspeções externa, interna e teste hidrostático em vasos de pressão e caldeiras, que são verificados pelos fiscais do Ministério do Trabalho em suas fiscalizações rotineiras, sendo assim mandatório o cumprimento de todos os seus itens. Está dividida em duas partes distintas e mais quatro anexos; a primeira parte trata exclusivamente de Caldeiras, enquanto que a segunda trata de Vasos de Pressão.

Os requisitos de caldeiras iniciam-se no item 13.1 com as disposições gerais mencionadas nos subitens 13.1.1 a 13.1.8, que são apresentados resumidos na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – RESUMO DAS DISPOSIÇÕES GERAIS DE CALDEIRAS

Subitem	Assunto
13.1.1	Definição de Caldeira
13.1.2	Especifica o profissional habilitado para atuar dentro da NR13.
13.1.3	Definição de PMTA.
13.1.4	Dita 5 itens cuja falta constitui risco grave e iminente.
13.1.5 e 13.1.5.1	Traz a identificação necessária à Caldeira.
13.1.6, 13.1.7 e 13.1.8	Explica toda documentação exigida para a Caldeira.

Em seguida há o item 13.2 que trata da instalação das Caldeiras nos subitens 13.2.1 a 13.2.7, os quais se apresentam resumidos na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 – RESUMO DA INSTALAÇÃO DE CALDEIRAS

Subitem	Assunto
13.2.1	Define quem pode realizar o Projeto de Instalação da Caldeira.
13.2.2	Menciona onde deve ser instalada uma Caldeira.
13.2.3	Traz as especificações de instalação em uma Área de Caldeira.
13.2.4	Traz as especificações de instalação em uma Casa de Caldeira.
13.2.5	Cita itens cujo não atendimento caracteriza risco grave e iminente.
13.2.6	Menciona o Projeto Alternativo de Instalação de Caldeiras.
13.2.7	Define a instalação do painel de controle de Caldeiras cuja categoria é “A”.

O item 13.3 trata da segurança na operação de Caldeiras nos subitens 13.3.1 a 13.3.12, que são apresentados resumidamente na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 – RESUMO DA OPERAÇÃO DE CALDEIRAS

13.3.1	Menciona o conteúdo necessário do Manual de Operação de Caldeiras.
13.3.2	Frise a necessidade de calibração dos instrumentos e controles da Caldeira.
13.3.3	Discorre sobre a qualidade da água utilizada na Caldeira.
13.3.4	Fixa quem pode operar uma Caldeira.
13.3.5	Determina requisitos para um Operador de Caldeira.
13.3.6	Cita um pré-requisito para o “Treinamento na Operação de Caldeiras”.
13.3.7 e 13.3.8	Estipula quem pode fornecer o “Treinamento de Segurança na Operação de Caldeiras” e impedimentos futuros em caso de não conformidades.
13.3.9	Determina a carga horária do estágio prático para a operação de Caldeiras.
13.3.10	Fornece itens a serem informados à devida representação sindical sobre o estágio prático obrigatório.
13.3.11	Discorre sobre a reciclagem de operadores de Caldeira.
13.3.12	Menciona riscos graves e iminentes na operação de Caldeiras.

Seguindo o conteúdo, há o item 13.4 que trata da segurança na manutenção de Caldeiras nos subitens 13.4.1 a 13.4.4, os quais se apresentam resumidos na Tabela 2.4.

Tabela 2.4 – RESUMO DA MANUTENÇÃO DE CALDEIRAS

Subitem	Assunto
13.4.1, 13.4.1.1	Divulga um roteiro a ser seguido em caso da necessidade de reparo ou alteração na concepção original da Caldeira.
13.4.2	Estipula quando realizar o “Projeto de Alteração ou Reparo” de uma Caldeira.
13.4.3	Determina o conteúdo e responsabilidade do “Projeto de Alteração ou Reparo”.
13.4.4	Define a responsabilidade e situações em que um Teste Hidrostático se faz necessário.

Finalizando o assunto Caldeiras, está o item 13.5 que trata da inspeção de segurança em Caldeiras nos subitens 13.5.1 a 13.5.14, os quais se apresentam resumidos na Tabela 2.5.

Tabela 2.5 – RESUMO DAS INSPEÇÕES DE SEGURANÇA DE CALDEIRAS

Subitem	Assunto
13.5.1	Determina quais tipos de inspeção que as Caldeiras devem ser submetidas.
13.5.2	Menciona o conteúdo e ocasião da inspeção inicial de uma Caldeira.
13.5.3 e 13.5.4	Menciona o conteúdo e periodicidade de inspeção para todas as categorias de Caldeira.
13.5.5	Estipula condições para que uma Caldeira seja considerada como Especial.
13.5.6 e 13.5.6.1	Fixam um prazo máximo para a avaliação de integridade em Caldeiras.
13.5.7	Cita o tipo e a periodicidade de inspeção das válvulas de segurança da Caldeira.
13.5.8	Cita a periodicidade do teste de acumulação das válvulas da Caldeira.
13.5.9	Determina as ocasiões em que se faz necessária à realização de uma inspeção extraordinária em uma Caldeira.
13.5.10	Estipula quem pode realizar uma inspeção de segurança em Caldeiras.

13.5.11 e 13.5.12	Discorre sobre o “Relatório de Inspeção” da Caldeira e fixa um prazo máximo para que a devida representação sindical seja informada sobre tal inspeção.
13.5.13	Determina o conteúdo do “Relatório de Inspeção” da Caldeira.
13.5.14	Discorre sobre alteração da Placa de Identificação da Caldeira.

Posteriormente ao assunto Caldeiras, há parte que trata exclusivamente de Vasos de Pressão. Essa parte inicia-se no item 13.6 e traz as disposições gerais dos vasos de pressão nos subitens 13.6.1 a 13.6.6, os quais se apresentam resumidos na Tabela 2.6.

Tabela 2.6 – RESUMO DAS DISPOSIÇÕES GERAIS DE VASOS DE PRESSÃO

Subitem	Assunto
13.6.1.1 e 13.6.1.2	Definem o que são Vasos de Pressão, o campo de aplicação e a forma de categorização dos mesmos conforme NR13.
13.6.2	Dita 3 itens cuja falta constitui risco grave e iminente.
13.6.3 e 13.6.3.1	Traz a identificação necessária ao Vaso de Pressão.
13.6.4 a 13.6.6	Explica toda documentação exigida para um Vaso de Pressão, onde deve ser arquivada e para quem deve estar disponível.

Em seguida há o item 13.7 que trata da instalação dos Vasos de Pressão nos subitens 13.7.1 a 13.7.7, os quais se apresentam resumidos na Tabela 2.7.

Tabela 2.7 – RESUMO DAS INSTALAÇÕES DE VASOS DE PRESSÃO

Subitem	Assunto
13.7.1	Cita a forma de instalação de certos componentes de um Vaso de Pressão.
13.7.2 a 13.7.4	Determina critérios para a instalação de Vasos de Pressão.
13.7.5 e 13.7.5.1	Estipula quando realizar e como registrar o “Projeto Alternativo de Instalação” de Vasos de Pressão.
13.7.6 e 13.7.7	Fixa a responsabilidade e conteúdo mínimo exigido em “Projeto de Instalação” de Vasos de Pressão.

Após, há o item 13.8 que trata da segurança na operação de Vasos de Pressão nos subitens 13.8.1 a 13.8.11, os quais se apresentam resumidos na Tabela 2.8.

Tabela 2.8 – RESUMO DA OPERAÇÃO DE VASOS DE PRESSÃO

Subitem	Assunto
13.8.1	Menciona o conteúdo necessário num Manual de Operação de Vasos de Pressão.
13.8.2	Frisa a mandatoriedade de calibração dos instrumentos e controles dos Vasos de Pressão.
13.8.3	Fixa quem pode operar uma Unidade de Processo que tenha Vasos de Pressão.
13.8.4	Determina requisitos para um Operador de uma Unidade de Processo.
13.8.5	Cita um pré-requisito mínimo para participação no “Treinamento de Segurança na Operação de Unidades de Processo”.
13.8.6 e 13.8.7	Estipula quem pode fornecer o “Treinamento de Segurança na Operação de Unidades de Processo” e impedimentos futuros em caso de não cumprimento do respectivo item desta norma.
13.8.8	Determina a carga horária do estágio prático obrigatório para a operação de uma Unidade de Processo.
13.8.9	Fornecer itens a serem informados à devida representação sindical sobre o estágio prático obrigatório.
13.8.10	Discorre sobre a reciclagem de operadores de Unidades de Processo.
13.8.11	Menciona riscos graves e iminentes na operação de Unidades de Processo.

Seguindo o conteúdo, há o item 13.9 que trata da segurança na manutenção de Vasos de Pressão nos subitens 13.9.1 a 13.9.4, os quais se apresentam resumidos na Tabela 2.9.

Tabela 2.9 – RESUMO DA MANUTENÇÃO DE VASOS DE PRESSÃO

Subitem	Assunto
13.9.1 a 13.9.1.2	Divulga um roteiro a ser seguido em caso da necessidade de reparo ou alteração na concepção original de um Vaso de Pressão.
13.9.2	Estipula quando realizar o “Projeto de Alteração ou Reparo” de um Vaso de Pressão.

13.9.3	Determina o conteúdo e responsabilidade do “Projeto de Alteração ou Reparo”.
13.9.4 e 13.9.4.1	Define a responsabilidade e situações em que um Teste Hidrostático se faz necessário.

Finalizando a parte de Vasos de Pressão, está o item 13.10 que trata da inspeção de segurança em Vasos de Pressão nos subitens 13.10.1 a 13.10.9, os quais se apresentam resumidos na Tabela 2.10.

Tabela 2.10 – RESUMO DA INSPEÇÃO DE VASOS DE PRESSÃO

Subitem	Assunto
13.10.1	Determina quais tipos de inspeções Vasos de Pressão devem ser submetidos.
13.10.2	Fixa o conteúdo e ocasião da inspeção inicial de um Vaso de Pressão.
13.10.3	Menciona o conteúdo e periodicidade de inspeção para todas as categorias de Vasos de Pressão.
13.10.3.1	Dita condições específicas em que há impossibilidade de realização de Exame Visual Externo e Interno.
13.10.3.2	Discorre sobre Vasos com enchimento interno ou com catalisador.
13.10.3.3	Discorre sobre Vasos com Revestimento Interno Higroscópico.
13.10.3.4	Estipula a ocasião em que o Teste Hidrostático pode ser substituído por Ensaios Não Destrutivos.
13.10.3.5	Determina razões técnicas que inviabilizam o Teste Hidrostático.
13.10.3.6	Discorre sobre vasos com temperatura de operação inferior a 0°C.
13.10.3.7	Menciona a responsabilidade e ocasião de um Teste Pneumático.
13.10.4	Fixa o momento de inspeção das válvulas de segurança dos Vasos de Pressão.
13.10.5	Determina as ocasiões em que se faz necessária a realização de uma inspeção extraordinária em um Vaso de Pressão.
13.10.6	Estipula quem pode realizar uma inspeção de segurança em Vasos de Pressão.
13.10.7	Menciona o “Relatório de Inspeção” e onde arquivá-lo.
13.10.8	Determina o conteúdo do “Relatório de Inspeção” do Vaso de Pressão.
13.10.9	Discorre sobre alteração da Placa de Identificação do Vaso de Pressão.

Finalizando a Norma Regulamentadora nº13 há a seção dos anexos:

Anexo I-A – Currículo Mínimo para Treinamento de Segurança na Operação de Caldeiras;

Anexo I-B – Currículo Mínimo para Treinamento de Segurança na Operação de Unidades de Processo;

Anexo II – Requisitos para Certificação de Serviço Próprio de Inspeção de Equipamentos;

Anexo III – Inclusões e exclusões da NR13;

Anexo IV – Sistema de categorização dos Vasos de Pressão feito a partir da Tabela 2.11 apresentada a seguir:

Tabela 2.11 – CATEGORIZAÇÃO DE VASOS DE PRESSÃO

Classe de Fluido	<i>Grupo de Potencial de Risco</i>				
	1	2	3	4	5
	P.V \geq 100	P.V < 100	P.V < 30	P.V < 2,5	P.V < 1
	P.V \geq 30	P.V \geq 2,5	P.V \geq 1		
	Categorias				
"A" - Fluidos inflamáveis e/ou combustíveis com temperatura igual ou superior a 200 °C; - Tóxico com limite de tolerância \leq 20 ppm;	I	I	II	III	III
"B" - Combustível com temperatura menor que 200 °C; e - Tóxico com limite de tolerância > 20 ppm.	I	II	III	IV	IV
"C" - Vapor de água; - Gases asfixiantes simples; e - Ar comprimido.	I	II	III	IV	V
"D" - Outro Fluido.	II	III	IV	V	V

Onde P = PMTA [MPa] e V = Volume Geométrico Interno [m³].

2.2 Metodologia Similar

Ruela, 2004 em sua tese “Proposta de Guia de Sistema de Gestão Integrada – O Caso da Indústria de Refino de Petróleo Brasileira”, aprovada em dezembro de 2004 na Universidade Federal Fluminense, também propôs a elaboração de um guia de referências normativas através de um trabalho comparativo entre normas do sistema de gestão integrada, mostrando que esta metodologia é viável e pode trazer bons resultados.

2.3 Normas de Apoio

Após extensa pesquisa, foram encontradas mais de 30 normas que podem ser utilizadas para auxiliar o Profissional Habilitado no atendimento aos requisitos da NR13, em suas exigências de inspeções e verificações. Dentre estas, normas nacionais e internacionais foram mencionadas como referencia. Tais normas são apresentadas na Tabela 2.12 e após, comentadas separadamente. Estão divididas em 8 classes para facilitar a relação entre elas e a NR13, como segue:

- Normas Nacionais de Apoio Sobre Vasos de Pressão;
- Normas Internacionais de Apoio Sobre Vasos de Pressão;
- Normas Nacionais de Apoio Sobre Ensaios Não Destrutivos;
- Normas Internacionais de Apoio Sobre Ensaios Não Destrutivos;
- Normas Nacionais de Apoio Sobre Caldeiras;
- Norma Internacional de Apoio Sobre Caldeira;
- Normas Nacionais de Apoio Sobre Dispositivos de Segurança; e
- Normas Internacionais de Apoio Sobre Dispositivos de Segurança.

Normas nacionais são aquelas publicadas por organismos brasileiros como ABNT, IBP, ABENDI e outros. Além das referências normativas citadas existem muitas outras que podem ser consultadas pelos Profissionais Habilitados, como por exemplo, normas da PETROBRAS, como: N2368 – Inspeção de Válvulas de Segurança e Alívio, N2619 – Inspeção em Serviço de Vasos de Pressão, N2658 – Avaliação de Integridade de Caldeira, entre outras.

Neste trabalho, discussões foram concentradas em normas americanas, pois são as referências mais utilizadas pelas empresas do Brasil. Porém, é sabido que há outros regulamentos técnicos poderosos que são um grande apoio e devem ser consultados e aplicados como referência sempre que um Profissional Habilitado assim entender. Como exemplos podem ser citados os regulamentos: AFNOR Standard NF-EM-13445-3-A10, a norma francesa para projetos de vasos de pressão; BS5500, o código britânico para vasos de pressão; BS3264, o código britânico para trocadores de calor; JIS B8265, a norma japonesa para construção de caldeiras e vasos de pressão; DIN EM 13445-6/A1, a norma alemão para vasos de pressão, além de outras normas americanas como a ISO 15614-1, norma criada para vasos de pressão simples, projetados para trabalhar com ar ou nitrogênio e a API 510, norma específica para inspeção de vasos de pressão em serviço.

Tabela 2.12 – NORMAS DE APOIO À NR13

Normas Nacionais de Apoio sobre Vasos de Pressão		
Norma	Nome	Publicação
NBR 12231	Inspeção Periódica de Tanques Estacionários utilizados para acondicionamento e Estocagem de CO ₂ .	01.04.1986
NBR 12228	Tanque estacionário destinado à estocagem de gases altamente refrigerados - Inspeção periódica.	01.05.1997
NBR 11696	Trocadores de calor - Classificação	01.08.1991
NBR 12555	Trocadores de calor - Terminologia	01.12.1991
NBR 13598	Vasos de pressão para refrigeração.	01.04.1996
NBR 15371	Evaporadores tipo circulação forçada para refrigeração, requisitos de desempenho e identificação.	24.07.2006
NBR 12193	Unidades condensadoras comerciais.	01.01.1977
NBR 7821	Tanques Soldados para Armazenamento de Petróleo e Derivados	30.04.1983
NBR 15417	Vasos de pressão - Inspeção de segurança em serviço.	15.01.2007
NBRISO 17020	Avaliação de Conformidade – Critérios gerais para o funcionamento de diferentes tipos de organismos que executam inspeção.	30.04.2006

Normas Internacionais de Apoio sobre Vasos de Pressão		
ASME Seção VIII	American Society of Mechanical Engineers - Section VIII – Division 1 - Design and Fabrication of Pressure Vessels.	01.07.2007
API 650	American Petroleum Institute - Practice 650 – Welded Steel Tanks for Oil Storage.	11.1998
TEMA	Tubular Exchanger Manufacturers Association	2007
ASME B31.3	American Society of Mechanical Engineers – Process Piping – ASME Code For Pressure Piping	2004
Normas Nacionais de Apoio sobre Ensaios Não Destrutivos		
NBRNM-ISO9712	Ensaio Não Destrutivo – Qualificação e Certificação de Pessoal	04.06.2007
ABENDI PR-001	Procedimento de END - Líquido Penetrante.	10.2008
NBR 15357	Ensaios não destrutivos - Ultra-som em solda Procedimento.	30.04.2006
NBR 15194	Ensaios não destrutivos - Emissão acústica em vasos de pressão durante o ensaio de pressão – Procedimento.	28.02.2005
NBR 10150	Radiografia - Inspeção de soldas de topo em vasos e tanques de armazenamento - Critérios de aceitação.	01.11.1987
Normas Internacionais de Apoio sobre Ensaios Não Destrutivos		
ASME Seção V	American Society of Mechanical Engineers - Section V – Nondestructive Examinations.	01.07.2007
ASTM SA609	American Society for Testing and Materials A609 – Ultra-som examination for Casting Materials	2007
ASTM SE165	American Society for Testing and Materials E165 – Standard Practice for Penetrant Examination	2007
ASTM SE797	American Society for Testing and Materials E797 – Standard Practice for Thickness Measurement with Ultra-som	2007

ASME Seção VIII	American Society of Mechanical Engineers - Section VIII – Division 1 - Design and Fabrication of Pressure Vessels.	01.07.2007
Normas Nacionais de Apoio sobre Caldeiras		
NBR 12177-1	Caldeiras estacionárias a vapor - Inspeção de segurança - Parte 1: Caldeiras Flamotubulares.	01.11.1999
NBR 12177-2	Caldeiras estacionárias a vapor - Inspeção de segurança - Parte 2: Caldeiras Aquatubulares.	01.11.1999
NBR 13203	Caldeiras estacionárias elétricas a vapor - Inspeção de segurança.	30.10.2000
NBR 11096	Caldeiras estacionárias aquatubulares e flamotubulares a vapor – Terminologia.	01.10.2000
NBR 10794	Caldeira Auxiliar a Óleo para uso Naval	01.11.1989
NBR 10795	Caldeira Auxiliar a Óleo para uso Naval - Ensaios	30.11.1989
Norma Internacional de Apoio sobre Caldeiras		
ASME Seção I	American Society of Mechanical Engineers - Section I – Rules for Construction of Power Boilers.	01.07.2007
Normas Nacionais de Apoio sobre Dispositivos de Segurança		
NBR 8189	Manômetro com sensor de elemento elástico.	02.06.1995
NBR 14105	Manômetros com sensor de elemento elástico – Recomendações de fabricação e uso.	30.07.1998
IBP-10	Inspeção de Válvulas de Segurança e Alívio.	03.2002
Norma Internacional de Apoio sobre Dispositivos de Segurança		
API-576	American Petroleum Institute - Practice 576 –Inspection of Pressure Relieving Devices.	01.12.2000
ASME Seção I	American Society of Mechanical Engineers - Section I – Rules for Construction of Power Boilers.	01.07.2007
ASME Seção VIII	American Society of Mechanical Engineers – Sec.VIII – Division 1 - Design and Fabrication of Pressure Vessels.	01.07.2007

2.3.1 Normas Nacionais de Apoio sobre Vasos de Pressão

2.3.1.1 NBR12231

Esta norma fixa condições exigíveis de rotina a serem seguidas na inspeção de tanques estacionários, utilizados para acondicionamento e estocagem de dióxido de carbono no estado líquido sob pressão. Estes equipamentos têm a característica de vasos de pressão.

2.3.1.2 NBR12228

Esta norma fixa requisitos mínimos exigíveis para inspeção periódica dos tanques estacionários destinados à estocagem de gases altamente refrigerados. Não se aplica aos tanques sem inter-espaco. Estes equipamentos têm a característica de vasos de pressão.

2.3.1.3 NBR11696

Esta norma classifica, quanto à utilização e a forma construtiva, os trocadores de calor utilizados nas indústrias de petróleo, petroquímica, química, farmacêutica, alimentícia, de geração de energia e naval.

2.3.1.4 NBR12555

Esta norma define termos e parâmetros empregados em trocadores de calor dos tipos: casco e tubo, duplo tubo, placas e resfriador a ar.

2.3.1.5 NBR13598

Esta norma estabelece um conjunto de recomendações e requisitos mínimos a serem utilizados na fabricação de vasos de pressão para uso em refrigeração.

2.3.1.6 NBR15371

Esta norma estabelece para evaporadores do tipo “circulação forçada”, utilizados em refrigeração: a classificação, os requisitos mínimos de desempenho, os ensaios, e as informações de catálogo e de identificação.

2.3.1.7 NBR12193

Esta norma Fixa requisitos mínimos a serem atendidos pelos projetos de unidades condensadoras comerciais e estabelece seus padrões de qualidade e capacidade.

2.3.1.8 NBR7821

Esta norma fixa exigências mínimas que devem ser seguidas para materiais, projetos, fabricação, montagem e testes de tanques de aço-carbono, soldados, cilíndricos, verticais, não enterrados, com teto fixo ou flutuante, destinados ao armazenamento de petróleo e seus derivados líquidos.

2.3.1.9 NBR15417

Esta norma fixa os requisitos mínimos para a inspeção de segurança de vasos de pressão em serviço. Aplica-se à inspeção de segurança de vasos de pressão classificados conforme NR13. Contém requisitos necessários para verificação das condições operacionais de vasos de pressão em serviço.

2.3.1.10 NBRISO 17020

Esta norma especifica critérios gerais para a competência de organismos imparciais que executam inspeção, independentemente do setor envolvido. Especifica também critérios de independência.

2.3.2 Normas Internacionais de Apoio sobre Vasos de Pressão

2.3.2.1 ASME Seção VIII Divisão 1

A American Society of Mechanical Engineers – ASME, em sua seção número VIII define critérios para requerimentos mandatórios, proibições específicas e orientação técnica para materiais, projeto, fabricação, prova, inspeção, teste, alívio de pressão e certificação de vasos de pressão, construídos por soldagem.

2.3.2.2 API 650

A American Petroleum Institute, ou Instituto de Petróleo Americano, tem seu próprio padrão para os tanques de aço soldados, não pressurizados, para estocagem de petróleo, cujo número é 650. Este documento é baseado no acúmulo de experiência e conhecimento de compradores e fabricantes de tanques de aço soldado para estocagem, com vários tamanhos e capacidades internas. Este padrão foi estabelecido com o intuito de ser uma especificação de compra, para facilitar a aquisição e fabricação de tanques para armazenamento de produtos da indústria de petróleo.

2.3.2.3 TEMA

A norma TEMA (Tubular Exchangers Manufacturers Association) ou Associação dos Fabricantes de Trocadores de Calor, tem a norma que padroniza a fabricação de todos os tipos de trocadores de calor com cálculos, classificações, especificações e inúmeras outras informações que facilitam e asseguram a fabricação, instalação e inspeção de trocadores de calor.

2.3.2.4 ASME B31

O código ASME B.31 para tubulações pressurizadas consiste de um número de publicações individuais, sempre dentro dos padrões nacionais dos Estados Unidos e sob a

direção de um comitê ASME. As regras para cada seção refletem os tipos de instalações consideradas conforme seu desenvolvimento:

B31.1 – Tubulação de Força

B31.3 – Tubulação de Processo

B31.4 – Dutos de Transporte para Hidrocarbonetos Líquidos e outros

B31.5 – Tubulação de Refrigeração

B31.8 – Sistema de Tubulação para Distribuição e Transporte de Gás

B31.9 – Tubulação de Serviço em Prédios

2.3.3 Normas Nacionais de Apoio sobre Ensaios Não Destrutivos

2.3.3.1 NBRNM-ISO 9712

Esta norma estabelece uma sistemática para a qualificação e certificação de pessoal para realizar ensaios não destrutivos (END). Também especifica os níveis de qualificação que profissionais devem ter para realizar ensaios como ultra-som, partículas magnéticas, líquido penetrante, radiografia, teste de vazamento, exame visual de soldas e outros ensaios não destrutivos. Empresas de grande porte exigem que qualquer ensaio não destrutivo realizado dentro de suas plantas de serviço seja feito por profissional certificado e qualificado.

2.3.3.2 ABENDI PR-001

A ABENDI disponibiliza em seu site vários procedimentos para realização de ensaios não destrutivos, dentre eles está o PR-001 que trata especificamente de ensaios por Líquido Penetrante. Vale lembrar que a ABENDI possui muitos outros procedimentos para Ensaios Não Destrutivos que serão mencionados posteriormente neste trabalho.

2.3.3.3 NBR15357

Esta norma estabelece as condições mínimas exigíveis para a realização do ensaio não destrutivo por meio do método de ultra-som em junta soldada.

2.3.3.4 NBR10150

Esta norma fixa condições exigíveis para aceitação de soldas de topo em vasos de pressão e tanques de armazenamento.

2.3.4 Normas Internacionais de Apoio sobre Ensaio Não Destrutivos

2.3.4.1 ASME Seção V

Esta seção do código ASME contém requerimentos e métodos para ensaios não destrutivos. Estes métodos são elaborados para identificar imperfeições superficiais e internas em materiais, soldas, peças fabricadas e componentes.

2.3.4.2 ASTM A609

Esta norma cobre padrões e procedimentos para exames ultrassônicos em fundidos de aço carbono, aço baixa liga e aço martensítico. Contém dois procedimentos padrões a serem utilizados para os materiais acima mencionados.

2.3.4.3 ASTM E165

Esta norma cobre procedimentos para o exame por líquido penetrante em materiais. Ensaio não destrutivo para detecção de descontinuidades expostas à superfície como trincas, falta de fusão, laminação e outras. Pode ser efetivamente utilizado para ensaios em materiais metálicos e não porosos, ferrosos ou não e também para materiais não metálicos como cerâmicas, certos tipos de plásticos não porosos e vidro.

2.3.4.4 ASTM E797

Esta norma fornece um guia para medição de espessura por ultra-som em materiais cujas temperaturas não excedam 200°C.

2.3.5 Normas Nacionais de Apoio sobre Caldeiras

2.3.5.1 NBR12177-1

Esta norma Fixa as condições exigíveis para realizar as inspeções de segurança das caldeiras estacionárias flamotubulares a vapor, sujeitas ou não à chama. Destina-se exclusivamente às caldeiras estacionárias, novas ou não, sujeitas ou não à chama, já instaladas. Não se aplica à inspeção de caldeiras durante a respectiva construção.

2.3.5.2 NBR12177-2

Esta norma fixa as condições exigíveis para realizar as inspeções de segurança das caldeiras estacionárias aquotubulares a vapor, sujeitas ou não à chama. Destina-se exclusivamente às caldeiras estacionárias, novas ou não, aquotubulares, sujeitas ou não à chama, já instaladas. Não se aplica à inspeção de caldeiras durante a respectiva construção.

2.3.5.3 NBR13203

Esta norma fixa as condições exigíveis para realizar as inspeções de segurança de caldeiras estacionárias elétricas a vapor, bem como especifica as principais condições exigíveis.

2.3.5.4 NBR11096

Esta norma define os termos empregados em caldeiras aquotubulares e flamotubulares, para serviço estacionário, sujeita ou não à chama.

2.3.5.5 NBR10794

Esta norma fixa condições e requisitos exigíveis para aceitação e/ou recebimento de caldeiras auxiliares a óleo para uso naval.

2.3.5.6 NBR10795

Esta norma prescreve métodos de ensaio e inspeções de caldeiras auxiliares a óleo para uso naval.

2.3.6 Norma Internacional de Apoio sobre Caldeiras

2.3.6.1 ASME Seção I

Este código traz regras para a construção de caldeiras a vapor, caldeiras elétricas, caldeiras miniaturas (protótipos) e caldeiras de água super aquecida para serem utilizadas em serviços estacionários e inclui aquelas caldeiras usadas em locomotivas e serviços portáteis e de tração.

2.3.7 Normas Nacionais de Apoio a Dispositivos de Segurança

2.3.7.1 NBR14105

Esta norma estabelece os critérios para a fabricação e uso dos manômetros, vacuômetros e manovacuômetros com sensor de elemento elástico para indicação de pressão e/ou vácuo para uso industrial, no que concerne aos aspectos de:

- Classificação em classes de exatidão e faixas de pressão;
- Requisitos das condições a serem aplicadas na fabricação dos instrumentos;

- Padronização de diâmetros nominais, do conteúdo mínimo de dimensões da conexão de pressão e das graduações das escalas;
- Método de calibração para verificação das condições metrológicas;
- Método de ensaio; e
- Condições mínimas para a utilização dos indicadores, visando garantir durabilidade e segurança.

2.3.7.2 NBR8189

Esta norma define termos aplicáveis a instrumentos indicadores de pressão e/ou vácuo, dotados de ponteiro e escala graduada, tendo como sensor um elemento elástico, não incluindo, portanto, os do tipo de peso morto, pistão de flutuação em mercúrio ou outras construções que não utilizem um elemento elástico.

2.3.7.3 IBP N°10

Este guia orienta sobre as condições exigíveis e práticas recomendadas que serão aplicadas nas inspeções e testes de válvulas de segurança e alívio.

2.3.8 Normas Internacionais de Apoio sobre Dispositivos de Segurança

2.3.8.1 API 576

Esta prática recomendada descreve as práticas de reparo e inspeção para dispositivos automáticos de alívio de pressão, geralmente utilizados na indústria petroquímica e de petróleo. Como um guia para inspeção e reparo destes dispositivos, pretende-se assegurar sua alta performance. Esta publicação também cobre dispositivos automáticos como válvulas de alívio, válvulas piloto, disco de ruptura e outros.

2.3.8.2 ASME Seção I

O código ASME I traz dentre tantas outras informações, todas as características e requerimentos para as válvulas de segurança que irão atuar especificamente em caldeiras ou vasos que operem com vapor.

2.3.8.3 ASME Seção VIII Divisão 1

O código ASME VIII apresenta prescrições sobre as válvulas de segurança que irão trabalhar em todos os tipos de vaso de pressão, com exceção daqueles que operem com vapor.

2.4 Relatos de Acidentes

A seguir são apresentados vários acidentes ocorridos que resultaram na morte de inúmeras pessoas, assim como em grande contaminação do meio ambiente. Posteriormente nos estudos de caso, são relacionados tais acidentes com medidas que possivelmente poderiam ter evitado os mesmos. Também são apresentadas inspeções realizadas de acordo com manancial técnico efetivo, através das quais foi garantida a segurança na construção, operação e manutenção de vasos de pressão e caldeiras existentes.

Vale lembrar que acidentes com vasos de pressão e caldeiras não são recentes e também não têm caráter nacional, já que são encontrados relatos ao longo da história e por todo o mundo. Para comprovar esta afirmação são apresentados acidentes ocorridos em vários países, há muito tempo ou recentemente.

2.4.1 Introdução – Criação da ASME e da National Board

Foi a partir do acidente mencionado a seguir, que houve a criação destes órgãos, hoje mundialmente reconhecidos, que lideram preferência no âmbito de projetos e inspeção de equipamentos.

“Em um acidente acontecido em Massachusetts-USA, em 1905, um prédio de cinco andares literalmente implodiu com centenas de funcionários dentro, que estavam trabalhando naquele momento, quando uma caldeira que funcionava no subsolo de uma fábrica de calçados explodiu, ou por excesso de pressão, ou por deficiência de projeto, ou por deficiência de construção ou ainda, por falha do material de sua construção. Este acidente levou o governo americano a fundar e constituir alguns anos depois, um comitê de engenheiros para pesquisar e desenvolver normas de projeto e fabricação, materiais e procedimentos de soldagem para equipamentos que deveriam trabalhar sob pressão. Este comitê autônomo foi chamado de “American Society of Mechanical Engineers” ASME. Estes engenheiros passaram a trabalhar no assunto e, após alguns anos, tiveram vários livros publicados, cada um dedicado especificamente a uma finalidade (por exemplo, para vasos de pressão temos o livro seção VIII, divisões 1, 2 e 3, para área nuclear o livro seção III, para materiais o livro seção II, para soldagem o livro seção IX, dentre outros). Houve necessidade ainda naquela época de se criar um órgão de auditoria e certificação, para garantir que as normas acima fossem aplicadas corretamente, garantindo assim a segurança do equipamento, foi criado então o National Board Institute.”

Fonte: <http://www.meiofiltrante.com.br/materias.asp?action=detalhe&id=56>

Acesso: 28.05.09 – 14:00hs.

2.4.2 Causa Provável: Falta de Treinamento do Operador

2.4.2.1 Itauba – MT

Acidente: Explosão de Caldeira

Data: Dezembro de 1998

Mortes: 4 Pessoas

As Figuras 2.1, 2.2, 2.3 e 2.4 apresentadas a seguir, trazem conseqüências deste trágico acidente.



Figura 2.1 – O que Restou da Casa de Caldeira.



Figura 2.2 – Cilindro de 8 Toneladas.



Figura 2.3 – Espelho Traseiro.



Figura 2.4 – Parte da Fornalha.

Fonte: http://www.alvig.com.br/explosao_cald_vasos.htm

Acesso: 28.05.09 – 14:00hs.

2.4.2.2 Sananduva - RS

Acidente: Explosão de Caldeira

Data: 1986

Mortes: 1 Pessoa

A Figura 2.5 apresentada a seguir, mostra os estragos realizados pela explosão nos arredores de onde a caldeira estava instalada.



Figura 2.5 – Destroços após Explosão.

Fonte: http://www.alvig.com.br/explosao_cald_vasos.htm

Acesso: 28.05.09 – 14:00hs.

2.4.3 Causa Provável: Falha na Válvula de Segurança

2.4.3.1 Refinaria de Duque de Caxias - RJ

“A explosão de uma das cinco caldeiras de óleo diesel usadas na geração de energia de Fabrica de Borracha Sintética da Petroflex, Indústria e Comércio S/A Ltda., no Parque Industrial da Refinaria Duque de Caxias, da Petrobrás, em Campos Elíseos, Caxias, matou ontem de madrugada três operários e feriu 16. Dos 16 operário feridos, nove estão hospitalizados em estado grava nos hospitais Getúlio Vargas e do Inamps do Andaraí e da Lagoa Rodrigo de Freitas, com queimaduras nos corpos. A fábrica que produz de 12 a 15 toneladas por mês, paralisou as atividades com a explosão, às 3 horas da madrugada e voltou a funcionar a partir das 13 horas. Morreram os operários Luiz Gonzaga de França, Adailton Guimarães, logo após serem levados ao Hospital Getúlio Vargas, e Adilson Gonçalves Monteiro, este junto à caldeira que explodiu. O perito Josimar Gonçalves Pinto, do Instituto de Criminalística Carlos Éboli (ICE) disse que a explosão foi causada pelo rompimento da tubulação interna de água da caldeira, deflagrando brusca pressão de gás, não contida por uma válvula que não se abriu. Qualificou de fortuita a origem da explosão, que pode ter sido por falha técnica ou humana. Ele acrescentou que a caldeira foi completamente destruída, transformando-se num monte de ferros retorcidos e que os operários mortos e feridos trabalhavam na manutenção de uma caldeira ao lado, que não estava funcionando. Técnicos do Departamento de investigações Especiais (DIE) estiveram de madrugada na fabrica e anteciparam a causa de explosão, afirmando que estava afastada qualquer hipótese de sabotagem. O delegado da 60.^a DP (Campos Elíseos) instaurou inquérito, frisando ser uma medida de rotina e que não há hipótese de sabotagem. O assistente de relações públicas, Carlos Luciano Licurci Motta, disse que a explosão não tem qualquer relação com a Refinaria Duque de Caxias.”

Fonte: www.proquim.com.br/proq_informativo_cont_acid08.htm

Acesso: 28.05.09 – 16:00hs.

2.4.4 Causa Provável: Corrosão

2.4.4.1 Fortaleza - CE

“Corrosão. Esta a causa da explosão de uma caldeira no último dia cinco, na Usina Lindoya Limitada do grupo Quirino Rodrigues, em Fortaleza, que resultou na morte de 11 pessoas e ferimentos em mais de 30. A conclusão, de responsabilidade do departamento de Polícia Técnica, da Secretaria de Segurança, assinada pelos peritos Ranvier Feitosa e Vicente Damasceno de Oliveira, foi encaminhada ontem à justiça, anexada ao inquérito policial que apurou o acidente. Segundo os peritos, na ocasião da explosão da caldeira a Usina Lindoya tinha em seu interior 437 operários. A caldeira no momento em que atingiu seu ponto crítico, seguindo-se da explosão, estava com 130 libras.”

Fonte: www.proquim.com.br/proq_informativo_cont_acid07.htm

Acesso: 28.05.09 – 15:00hs.

2.4.5 Causa Desconhecida

2.4.5.1 Belém - PA

“A explosão de uma caldeira no Pará provocou a morte de uma pessoa e deixou outras 14 feridas. Segundo o Corpo de Bombeiros, o acidente aconteceu na terça-feira (7), numa fábrica de palmito localizada no bairro de Guamá, em Belém (capital do Estado). Os bombeiros levaram nove vítimas --com ferimentos graves-- para o pronto-socorro do Guamá. Outras cinco --com ferimentos leves-- foram transferidas para outro pronto-socorro. O funcionário da fábrica, Antônio Maria Pereira Oliveira, morreu na hora. O Corpo de Bombeiros informou que já realizou uma perícia no local para descobrir a causa do acidente.”

Fonte: Publicação da “Folha On Line”

Data: 08 de junho de 2005 – 12:15hs

2.4.5.2 Belo Horizonte – MG

“Sete operários morreram e outros 3 foram internados em estado grave, todos em decorrência de queimaduras causadas pela explosão, às 8h30min de ontem, de uma caldeira da usina de açúcar Rio Grande, a 27 Km de Passos, no sul de Minas. A usina Rio Grande, maior produtora de açúcar de Minas havia paralisado suas atividades na noite de Sábado, devido a fortes chuvas que impediam o fluxo de cana até a unidade industrial e, no momento em que a equipe de onze técnicos da empresa acionava o gerador para reativar a produção, a caldeira explodiu, causando as vítimas por queimaduras e, possivelmente, também por choque elétrico. A perícia realizada logo em seguida ao acidente, como parte do inquérito policial aberto pelo delegado de Passos, Adan dos Santos, não havia apurado ainda as causas. O médico Pedro Messias da Silva, que prestou os primeiros socorros, disse que queimaduras foram causadas por violentos jatos de vapor liberados pela explosão, com temperatura em torno de 170 °C. Um outro funcionário da usina, que preferiu não se identificar, disse que, ao ser acionado um gerador de energia elétrica para reativar a usina o tubo de vapor rompeu-se numa das extremidades. A previsão da usina Rio Grande era uma produção este ano de 1,2 milhão de sacas de açúcar. Somente dentro de uma semana, quando estiverem concluídos os reparos técnicos, a empresa terá condições de operar normalmente. A mesma fonte informou que o defeito que conduziu à explosão é , por enquanto, inexplicável.”

Fonte: www.proquim.com.br/proq_informativo_cont_acid06.htm

Acesso: 28.05.09 – 15:00hs.

2.4.6 Causa Provável: Falta de Inspeção e Manutenção

2.4.6.1 Curitiba – PR

“A explosão de uma caldeira no barracão central da Indústria Índio Ltda causou a morte de dois funcionários e ferimentos em outros oito. O acidente ocorreu às 17 horas de 26 de outubro de 2000, na Avenida República Argentina, 4.500, no Novo Mundo, em Curitiba. O barracão foi totalmente destruído e casas e empresas, num raio de 200 metros,

chegaram a ser atingidas por peças da caldeira, telhas, tijolos e pedaços de madeira. A caldeira funcionava a 150 graus para aquecer as máquinas de secagem de madeira. A empresa, também conhecida como Madeireira Gasparim, funcionava há 47 anos naquele local. Cerca de 15 funcionários estavam no local, no momento do acidente, inclusive o proprietário. Alguns observaram que saiu bastante vapor da caldeira e ouviram um barulho estranho antes da explosão. A estrutura de todo o barracão ficou abalada e o local poderá ser interditado. Nos prédios mais próximos também ocorreram danos, como a sede do HSBC, cujo telhado desabou, ferindo levemente alguns funcionários. Nos fundos, onde funciona uma revenda de veículos seminovos, o susto foi grande, segundo os proprietários. Os carros expostos ficaram bastante danificados, ocorrendo o mesmo com automóveis que estavam estacionados na rua ou que passavam pelo local no momento. Quatro viaturas do Corpo de Bombeiros e quatro ambulâncias foram deslocadas à madeireira para atender os feridos. Onze homens do CB trabalharam até a noite para resfriar o local e verificar se havia riscos de desabamentos. Também o chefe da área de segurança no trabalho do Ministério do Trabalho fez levantamentos no local, juntamente com peritos do Instituto de Criminalística. Eles tentarão diagnosticar a causa do acidente e apurar as responsabilidades. Falta de manutenção e erro humano foram as hipóteses aventadas para o acontecido. A Figura 2.6 abaixo, mostra bombeiros trabalhando no local após o acidente.”



Figura 2.6 – Bombeiros trabalhando após acidente.

Fonte: http://www.proquim.com.br/proq_informativo_cont_acid09.htm

Acesso: 28.05.09 – 17:00hs

2.4.6.2 Campo Grande – MS

“Duas pessoas morreram e outras treze ficaram feridas após a explosão de uma caldeira na Indústria e Comércio de Couros Pantanal (Induspan) em Campo Grande (MS), na manhã deste sábado. A explosão ocorreu por volta das 8h20. No local havia cerca de 60 trabalhadores. Os que estavam mais próximos à caldeira tiveram traumatismo craniano, após serem arremessados com a explosão. Outras vítimas tiveram entre 30% e 70% dos seus corpos queimados, sendo que duas pessoas sofreram queimaduras de terceiro grau. De acordo com o torneiro mecânico João Cordeiro Filho, a explosão pode ter sido causada pelo estouro do "Auto-Clave", um dispositivo submetido a alta pressão que serve para dissolver o óleo. A empresa não se manifestou sobre a possível negligência com a inspeção da caldeira e a segurança dos trabalhadores.”

Fonte: Publicação da Causa Operária On Line

Data: 16 de fevereiro de 2008 – 18hs.

2.4.6.3 Contagem – MG

“A Superintendência Regional do Trabalho e Emprego registrou no ano de 2008, dois acidentes de vaso de pressão com 3 vítimas fatais e 2 trabalhadores em estado grave. Em um dos acidentes, ocorrido em Contagem no dia 31 de janeiro a análise dos auditores da SRTE-MG apontou que o acidente ocorreu em decorrência da explosão sem fogo de um vaso de pressão (autoclave). A explosão arremessou a tampa da autoclave, vindo esta a atingir o trabalhador que faleceu. Outros trabalhadores foram atingidos por mesas e cavaletes, projetados pelo impacto da tampa. A inspeção revelou severas falhas da empresa na instalação, operação e manutenção do vaso de pressão causador do acidente, em desacordo com as determinações da NR13. Neste caso, a autoclave foi adquirida de terceiros e instalada pela empresa sem projeto de instalação e inspeção inicial, ou seja não foi realizada por um profissional legalmente habilitado. Outra irregularidade grave foi de que o vaso não dispunha da documentação exigida na NR13, ou seja não havendo comprovação da calibração dos

instrumentos de medição de pressão e das válvulas de segurança. Neste caso não ficou comprovado que os operadores tenham também recebido o treinamento prático.”

Fonte: Publicação da AAFIT-MG (Associação dos Auditores Fiscais do Trabalho)

Data: 27 de Agosto de 2008

2.4.7 Causa Provável: Mau Funcionamento

2.4.7.1 Tóquio – Japão

“Três pessoas morreram hoje por causa da explosão de uma caldeira numa casa de banho para mulheres situada na região central de Tóquio, informou o Corpo de Bombeiros da capital japonesa. Mais três pessoas ficaram feridas. A casa de banho foi totalmente destruída. Apenas sua estrutura metálica ficou em pé. Duas pessoas morreram na hora. Das três pessoas feridas, pelo menos uma passava pela rua e foi atingida por estilhaços espalhados pela explosão da caldeira. A explosão ocorrida na tarde de hoje, pelo horário local, foi provocada pelo mau funcionamento da caldeira no anexo da popular casa de banho "Shiespa", disse o oficial de polícia Junko Tada. A edificação principal do imóvel não foi danificada, mas está sendo inspecionada por autoridades locais.”

Fonte: <http://verdesmares.globo.com/v3/canais/noticias.asp?codigo=182411&modulo=965>

Acesso: 28.05.09 – 14:00hs.

2.4.8 Causa Provável: Falha na Construção

2.4.8.1 Local Desconhecido

A seguir são apresentadas as Figuras 2.7 e 2.8 que mostram um breve resumo do conteúdo de uma apresentação, contida no Anexo 2 deste trabalho, recebida por e-mail, que cita um tanque de armazenamento de óleo, construído erroneamente com uma chapa de espessura muito menor do que a exigida, na verdade, quase a metade do especificado.



Figura 2.7 – Tanque de armazenamento de óleo.



Figura 2.8 – Tanque de armazenamento de óleo sendo retirado.

Fonte: E-mail recebido

Data: 05.02.09

2.4.9 Causa Provável: Falha Mecânica

2.4.9.1 Shangai - China

“A explosão ocorreu durante a execução de teste pneumático de equipamentos no Terminal de GNL, que estava previsto para iniciar suas operações este ano com recebimento de cerca de 3 milhões ton/ano de GNL, nesta primeira fase. Quando terminado, o GNL importado da Malásia seria transportado por dutos de gás natural até o centro de Shanghai. Os trabalhadores estavam comprimindo ar no sistema quando houve a ruptura catastrófica de um trecho de aproximadamente 500 m de tubulação, gerando a projeção de fragmentos ao redor de toda área. Considerações:

- Este acidente gerou uma fatalidade e 16 feridos - todos pelo atingimento por fragmentos de equipamentos;
- A causa da explosão foi atribuída a uma falha catastrófica de um flange, localizado no final da seção de teste. A falha ocorreu durante a pressurização de uma linha de 36”, com cerca de 600m de comprimento, para condução do teste pneumático. Este flange seria usado para conexões futuras;
- A pressão de teste era de 15.6MPa (159 kgf/cm²) e a explosão ocorreu quando a pressão no sistema atingiu 12.3 MPa (125 kgf/cm²);
- A ruptura ocorreu no corpo do flange, de 30 a 40 mm de distância entre o flange e a solda da tubulação. Há relatos de ocorrência de fratura frágil do corpo do flange, entretanto a causa da falha do flange ainda está sob investigação;
- O trabalhador que faleceu, atingido por uma tubulação de andaime, estava próximo a porta de entrada do dormitório, cerca de 350m de distância do local do acidente;
- Os trabalhadores feridos estavam distantes cerca de 100m do local do acidente; e
- Estima-se que o acidente cause um atraso no início das operações em 6 meses.”

A seguir, são apresentadas as Figuras 2.9 e 2.10, contidas no boletim técnico inserido no Anexo 3 deste trabalho, que mostram respectivamente, a flange que falhou e as conseqüências de tal acidente.



Figura 2.9 – Flange que falhou.



Figura 2.10 – Conseqüências do acidente.

2.4.10 Causa Provável: Falha no Procedimento de Teste Hidrostático

2.4.10.1 Temperatura não Conforme / Local e Fonte Desconhecidos

A seguir são apresentadas as Figuras 2.11 e 2.12 que mostram o resultado de um acidente ocorrido durante um teste hidrostático devido à temperatura da água estar abaixo do estipulado, o que fragilizou o material do tanque que veio a trincar e falhar durante o teste.



Figura 2.11 – Acidente em teste hidrostático.



Figura 2.12 – Evidência de quebra de material.

2.4.10.2 Causa Provável: Pressão Excessiva / Local e Fonte Desconhecidos

A seguir são apresentadas as Figuras 2.13 e 2.14 que mostram o resultado de um acidente ocorrido durante um teste hidrostático devido à aplicação de pressão excessiva durante o teste, o que resultou no rompimento das soldas e conseqüente explosão do vaso.



Figura 2.13 – Explosão de vaso durante teste hidrostático 1.



Figura 2.14 – Explosão de vaso durante teste hidrostático 2.

3. Análise

3.1 Método Utilizado

Foi adotada uma metodologia de análise das peculiaridades entre a NR13, todo material de apoio mencionado na Tabela 2.12 e situações reais de inspeções realizadas. A demonstração das análises, resultados e comentários seguiram o seguinte roteiro: primeiramente um item relevante de uma norma técnica foi exposto, seguido por um item equivalente contido na NR13, mostrando sempre um aspecto complementar. Logo após, foram extraídos da NR13 os itens mais relevantes e relatados num estudo de caso referente, proveniente de uma situação real, vivida em alguma inspeção realizada. Em certos casos, onde foram referenciados os acidentes mencionados na revisão bibliográfica deste trabalho, foram sugeridas ações técnicas que poderiam ter evitado tais acontecimentos e também apresentadas outras técnicas de inspeção e teste. Os itens considerados relevantes foram organizados na Tabela 3.9, tomada como base para elaboração do guia normativo apresentado na Tabela 4.1 da conclusão deste trabalho. É importante ressaltar que a NR13 é um regulamento compulsório, ou seja, uma norma mandatória que exige a realização de inspeções, mas que traz somente quais tipos de inspeção realizar, em quais equipamentos e em qual periodicidade. A forma com que tais inspeções serão realizadas fica totalmente sob responsabilidade do Profissional Habilitado que pode utilizar o material de apoio apresentado, ou também muitas outras normas existentes. Sendo assim, não está sendo comparada uma norma compulsória, no caso a NR13, com normas técnicas de projeto, de inspeção ou de ensaios não destrutivos apresentadas como material de apoio, mas está sendo gerado um guia normativo para servir de subsídio a profissionais inexperientes ou iniciantes que precisam inspecionar equipamentos

para garantir a segurança na instalação, operação e manutenção de vasos de pressão e caldeiras, atendendo assim aos requisitos da NR13.

3.2 Análise de Peculiaridades entre a NR13 e o Material de Apoio

Serão analisadas tais peculiaridades e apresentadas as situações em que estas podem ser utilizadas em conjunto com a NR13, ou seja, servir de apoio mesma.

3.2.1 NBR12231 e NR13

Verificou-se que o item 3.1 da NBR12231 especifica claramente a frequência e o tipo de inspeção e o item 4.3.1 da mesma, estipula situações em que o Teste Hidrostático faz-se obrigatório, enquanto que o item 13.10.3.6 da NR13 trata de tais situações exclusivamente para vasos que operam a menos de 0°C, o que se aplica a vasos de CO₂:

NBR12231 Item 3.1 - Frequência de inspeções:

3.1.a – Inspeção Externa – a cada 5 anos

3.1.b – Inspeção Interna – a cada 10 anos

NBR12231 Item 4.3.1 - Situações em que o Teste Hidrostático faz-se obrigatório:

Este ensaio deve ser requerido, quando a critério do inspetor, houver dúvidas quanto à integridade e segurança dos componentes estruturais do tanque para suportarem os esforços devidos à pressão e massa do conteúdo em serviço.

Neste caso, o Profissional Habilitado pode também utilizar uma série de outros ensaios tradicionalmente aplicados como: Ultra-som, Emissão Acústica, Partícula Magnética, Líquido Penetrante, entre outros.

NR13 Item 13.10.3.6:

Vasos com temperatura de operação inferior a 0°C e que operem em condições nas quais a experiência mostra que não ocorre deterioração, ficam dispensados do teste hidrostático periódico, sendo obrigatório exame interno a cada 20 (vinte) anos e exame externo a cada 2 (dois) anos.

Estes exames devem ser minuciosos, buscando avaliar a integridade do vaso, principalmente em elementos internos, em partes como tampos conformados e nas soldas da boca de visita, do corpo e bocais associados ao costado.

Com relação à frequência de realização do Teste Hidrostático, os limites estabelecidos pelo regulamento compulsório (NR13) devem ser atendidos em virtude das conseqüências impostas pela legislação. Cabe ao Profissional Habilitado o discernimento para sua adequada aplicação. As Figuras 3.1 e 3.2 mostram exemplos de vasos para estocagem de CO₂, fabricados respectivamente em 1994 e 1988.



Figura 3.1 – Vaso de CO₂ fabricado em 1994.



Figura 3.2 – Vaso de CO₂ fabricado em 1988.

3.2.2 NBR12228 e NR13

Verificou-se que os itens 4.1.1, 4.1.4 e 4.1.5 da NBR12228 especificam claramente a frequência máxima de inspeção periódica dos tanques estacionários destinados à estocagem de gases altamente refrigerados e de suas válvulas de segurança, enquanto que a NR13 também traz em seus itens 13.10.3.6 e 13.10.4, referências sobre os mesmos tópicos:

NBR12228 Item 4.1.1:

As inspeções periódicas dos tanques estacionários devem ser feitas em um prazo máximo de cinco anos, entre duas inspeções consecutivas, após a inspeção de instalação.

NBR12228 Item 4.1.4:

A verificação das válvulas de segurança deve ser feita em um prazo máximo de 30 meses pelo proprietário do vaso.

NBR12228 Item 4.1.5:

A calibração das válvulas de segurança deve ser feita em um intervalo máximo de 60 meses.

NR13 Item 13.10.3.6:

Vasos com temperatura de operação inferior a 0°C e que operem em condições nas quais a experiência mostra que não ocorre deterioração, ficam dispensados do teste hidrostático periódico, sendo obrigatório exame interno a cada 20 anos e exame externo a cada 2 anos.

NR13 Item 13.10.4:

As válvulas de segurança dos vasos de pressão devem ser desmontadas, inspecionadas e recalibradas por ocasião do exame interno periódico.

Porém, entenda-se que há meios de analisar a calibração de uma válvula de segurança em serviço, através de equipamentos patenteados que checam seu “set point” e sua calibração.

A análise dos itens que trazem a periodicidade de inspeção, mostra que a NBR12228 estipula um prazo máximo de 5 anos, enquanto que a NR13 fixa em dois anos, o que de certa forma deixa as duas normas alinhadas, mas a análise destas normas em relação à periodicidade de inspeção das válvulas de segurança, mostra que ambas determinam prazos muito extensos, visto que a maioria das empresas qualificadas para calibrar válvulas valida suas calibrações por apenas um ano, pois tais instrumentos são os principais protetores dos tanques criogênicos em caso de sobre pressão. Cabe portanto, aos técnicos envolvidos no processo, a avaliação dos melhores processos a serem utilizados, levando em conta dados históricos, experiências e todas as informações e registros que possam ser aplicados para a garantia da integridade dos itens inspecionados.

A Figura 3.3 mostra exemplos de vasos criogênicos instalados na fábrica São Paulo da Goodyear.



Figura 3.3 – Vasos Criogênicos.

3.2.3 NBR11696 e NR13

A NR13 apenas menciona a necessidade de inspeção em trocadores de calor em seu anexo III item 1 a, enquanto que esta norma traz os tipos existentes de trocadores de calor, com suas respectivas classificações quanto à utilização e forma construtiva nos itens 3.1 e 3.2, além de conter também notas explicativas sobre o funcionamento de cada um.

NR13 Anexo III Item 1 a:

Qualquer vaso cujo produto $P \times V$ seja superior a 8 (oito) onde P é a PMTA em kPa e V é o volume geométrico interno em m^3 , incluindo:

- Permutadores de calor, evaporadores e similares;
- Vasos de pressão encamisados, incluindo refervedores e reatores;
- autoclaves e caldeiras de fluido térmico que não o vaporizem.

NBR11696 Item 3.1:

Classificação quanto à utilização:

- Resfriador;
- Refrigerador;
- Condensador;
- Aquecedor;
- Vaporizador;
- Evaporador.

NBR11696 Item 3.2:

Classificação quanto à forma construtiva:

- Tipo Casco e Tubo (Figura 4.19);
- Tipo Duplo Tubo (Figura 4.21);
- Tipo Serpentina;
- Tipo Placas; e
- Tipo Resfriador a Ar.

A seguir, são apresentadas as Figuras 3.4 e 3.5 que mostram características funcionas de dois tipos de trocadores e também a Figuras 3.6 que traz o conteúdo interno de um deles, ou seja, os tubos para troca térmica:

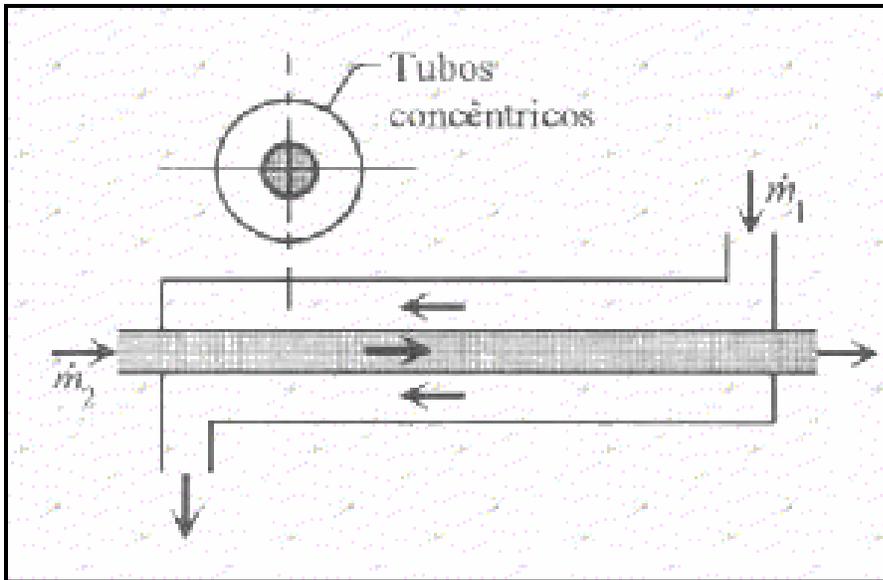


Figura 3.4 – Trocador de Calor Tipo Duplo Tubo.

Fonte: <http://www.demec.ufmg.br/disciplinas/ema003/trocador/coaxial.htm>

Acesso: 29.09.06 as 15:35hs.

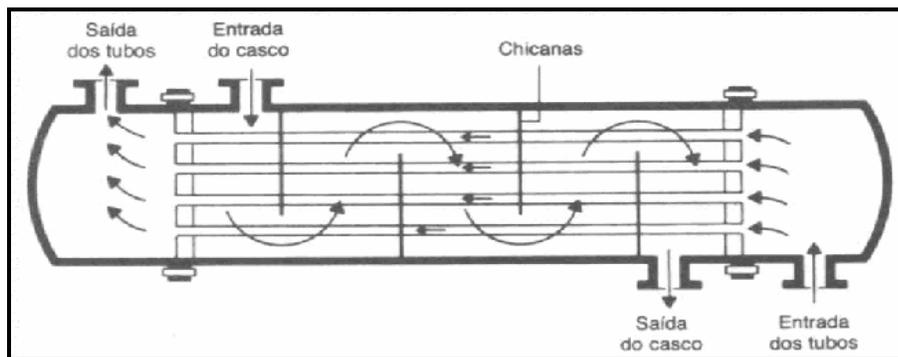


Figura 3.5 – Trocador de Calor Tipo Casco e Tubos.

Fonte: <http://www.demec.ufmg.br/disciplinas/ema003/trocador/cascotub.htm>

Acesso: 29.06.09 as 15:20hs.

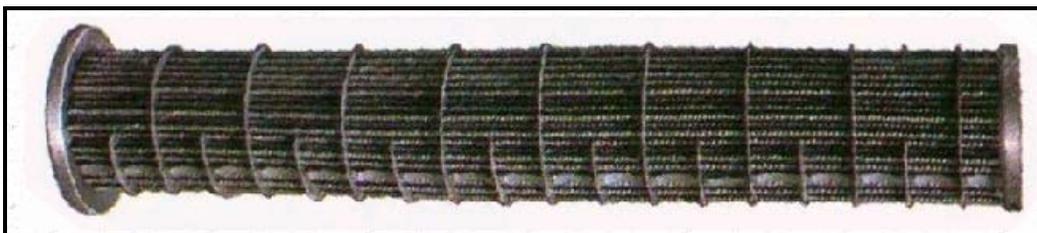


Figura 3.6 – Feixe tubular de um trocador de calor tipo casco e tubos.

Fonte: <http://www.demec.ufmg.br/disciplinas/ema003/trocador/cascotub.htm>

Acesso: 29.06.09 as 15:20hs.

3.2.4 NBR12555 e NR13

Esta norma foi mencionada, pois se entende ser de grande valia à padronização de termos e nomenclaturas utilizadas por inspetores, proprietários e operadores de unidades de processo que contenham trocadores de calor. Além da padronização de termos, esta norma traz notas explicativas e figuras com cada componente dos tipos de trocadores de calor mencionados anteriormente. A verificação da NR13 mostra que a mesma apenas menciona a necessidade de inspeção em trocadores de calor, conforme exposto no item anterior, já que não tem caráter de classificar ou prover detalhamento técnico de nenhuma classe de equipamento.

Como exemplo é apresentado o item 4.4 que discorre sobre trocadores de calor do tipo placas, trazendo os termos técnicos utilizados para cada peça.

A Figura 3.7 demonstra as peças de um trocador de calor do tipo “Placas” e a Figura 3.8 mostra o esquema do fluxo e o “caminho” de troca de calor no interior de um trocador do tipo placas.

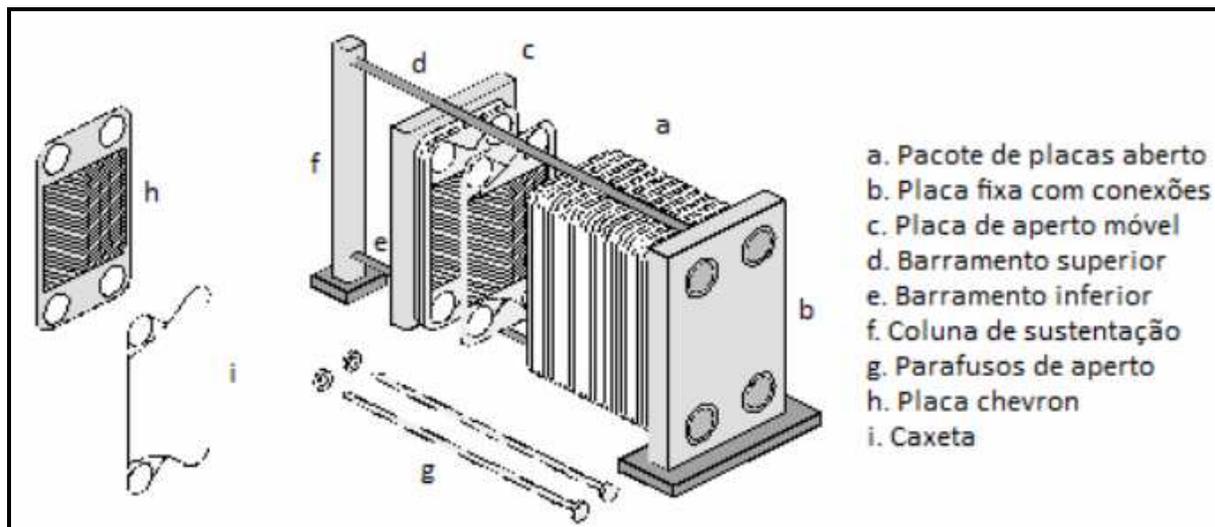


Figura 3.7 – Trocador de Calor tipo placas.

Fonte: <http://www.scribd.com/doc/18282071/Trocadores-de-calor-tipo-placa-relatorio>

Acesso: 10.08.09 as 15:40hs.

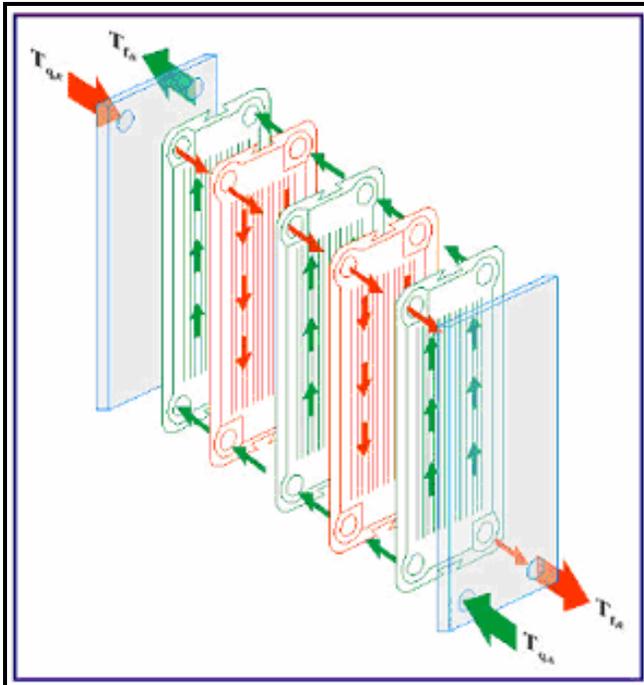


Figura 3.8 – Fluxo de troca de calor no interior de um trocador de calor tipo placas.

Fonte: www.ucs.br/ccet/demc/craltafi/TrocadoresdeCalor.pdf

Acesso: 29.06.09 as 15:00hs

3.2.5 NBR13598 e NR13

Visto que a NR13 aplica-se a todos os tipos de vasos de pressão, tem caráter geral e não cita situações específicas, é de relevante importância referenciar a norma NBR13598 que trata exclusivamente de vasos destinados à refrigeração e traz informações importantíssimas de operação, manutenção e segurança, além de ser clara quanto ao tipo e frequência de inspeções, lembrando-se que os prazos máximos estabelecidos pela NR13 devem ser atendidos.

A Tabela 3.1, encontrada na NBR13598, traz a especificação da pressão mínima que vários agentes frigorígenos podem trabalhar, além de citar nome químico e a notação ou código de cada um. Isto facilita a classificação dos agentes para posterior categorização dos vasos, visto que a tabela do anexo IV da NR13 não menciona nenhum agente frigorígeno.

Tabela 3.1 – PRESSÃO ABSOLUTA DE PROJETO MÍNIMA

Agente Frigorígeno		PAPM [KPa]		
Notação	Nome	Baixa Pressão	Cond. a Ar	Cond. a Água
R11	Tricloromono Fluormetano	205	361	267
R12	Dicloro Difluormetano	1088	1707	1341
R12B1	Bromo Cloro Difluormetano	472	775	595
R22	Monocloro Difluormetano	1721	2687	2116
R114	Dicloro Tetrafluormetano	392	659	500
R500	Dicloro Difluoretano	1281	2016	1581
R502	Monocloro Difluoretano	1880	2884	2292
R290	Propano	1531	2345	1866
R1290	Propileno	1845	2795	2237
R123	Dicloro Trifluoretano	182	330	240

O item 8.3 da NBR13598 quantifica o número de dispositivos de alívio de pressão necessários para cada vaso, atendendo de maneira eficaz a determinação definida no item 13.6.2.a da NR13 que requer a existência de dispositivos que protejam o vaso contra excesso de pressão.

NR13 Item 13.6.2 - Constitui risco grave e iminente a falta dos seguintes itens:

a) Válvula ou outro dispositivo de segurança com pressão de abertura ajustada em valor igual ou inferior a PMTA, instalada diretamente no vaso ou no sistema que o inclui.

NBR13598 Item 8.3 - Quantidade mínima de dispositivos de alívio de pressão:

a) Vasos com volume interno bruto inferior a 100 litros:

- 1) $\varnothing > 152\text{mm}$: Uma Válvula de Segurança
- 2) $152\text{mm} \geq \varnothing \geq 76\text{mm}$: Uma válvula de segurança
- 3) $\varnothing < 76\text{mm}$: Não há obrigação de dispositivo

b) Vasos com volume entre 100 e 300 litros: Uma válvula de segurança

c) Vasos com volume superior a 300 litros:

- 1) Duas válvulas de segurança conectadas a uma válvula de 3 vias, tendo cada válvula de segurança capacidade de descarga voltada para a atmosfera, ou
- 2) Uma válvula de segurança com a descarga para baixo.

Obs.: É notado que para a alínea a.3 da NBR13598, item 8.3, não há a recomendação da aplicação do dispositivo, porém sua aplicação é obrigatória segundo determinação da NR13.

O item 8.7.4 da NBR13598 fixa um prazo máximo para a inspeção das válvulas de segurança. O item 13.10.4 da NR13 define limites máximos, portanto, ficando sob a responsabilidade do Profissional Habilitado a definição da frequência de inspeção e recalibração das válvulas.

NR13 Item 13.10.4 – As válvulas de segurança dos vasos de pressão devem ser desmontadas, inspecionadas e recalibradas por ocasião do exame interno periódico do vaso, porém, não implica que sua recalibração não possa ser realizada antes, inclusive por meios de calibração em serviço.

NBR13598 Item 8.7.4 – Recomenda-se que as válvulas de segurança sejam inspecionadas, reensaiadas ou substituídas pelo fabricante ou pessoal competente em intervalos não superiores a 5 anos ou conforme recomendado pelo fabricante.

Para vasos de categoria III, IV e V, de acordo com a NR13, o exame visual interno deve ser realizado com limites máximos respectivos de 6, 8 e 10 anos. Porém, tais limites podem ser reduzidos devido à utilização severa dos dispositivos, ao histórico de manutenção ou a critério do Profissional Habilitado. Vale lembrar que as válvulas de segurança são itens de extrema importância para a garantia de que um equipamento não opere com pressões superiores às estipuladas pelo projeto. Portanto, cabe ao Profissional Habilitado ou responsável pela instalação providenciar sua inspeção e recalibração em prazos adequados

à experiência operacional, às recomendações dos fabricantes e nunca ultrapassando prazos recomendados por regulamentos técnicos ou normas compulsórias como a NR13.

Os itens 13.2, 13.3, 13.4 e 13.5 da NBR13598 trazem os tipos e periodicidade de cada inspeção a ser realizada em vasos destinados à refrigeração.

Como exemplo de comparação entre estas recomendações de limites é apresentado na Tabela 3.2 os prazos máximos de inspeção de vasos para estabelecimentos que não possuem SPIE – Serviço Próprio de Inspeção em Equipamentos.

Tabela 3.2 – PERIODICIDADE DE INSPEÇÃO CONFORME NR13

Categoria do Vaso	Exame Externo	Exame Interno	Teste Hidrostático
I	1 ano	3 anos	6 anos
II	2 anos	4 anos	8 anos
III	3 anos	6 anos	12 anos
IV	4 anos	8 anos	16 anos
V	5 anos	10 anos	20 anos

NBR13598 Item 13.2 – Frequência de Inspeções:

A frequência e o tipo de inspeção dos vários tipos de vasos variam conforme as condições particulares que afetam a aplicação do equipamento. Os intervalos recomendados entre inspeções são indicados nos itens 13.3 a 13.5.

NBR13598 Item 13.3 – Inspeção Anual:

Em intervalos não superiores a 12 meses, onde os vasos estão em operação contínua, é recomendado que um exame detalhado da superfície externa ou isolamento aplicado sobre o vaso seja realizado. Esta inspeção deve ser realizada por pessoal não vinculado à área de operação do sistema, mas sim, por técnicos com reconhecida “expertise” em Inspeção de Equipamentos.

NBR13598 Item 13.4 – Inspeção Total:

Pelo menos a cada 5 anos, a inspeção total do vaso deve ser feita por pessoal habilitado, credenciado e desvinculado da área operacional, o qual deve realizar exames e ensaios que considerar necessários, de modo a garantir a continuidade de sua utilização e integridade física.

Porém, de acordo com a avaliação do histórico do equipamento e análise dos parâmetros de sua operação, o Profissional Habilitado pode decidir por aplicar os prazos máximos estabelecidos na NR13.

NBR13598 Item 13.5 – Ensaio Hidrostático:

Somente deve ser realizado na eventualidade de reparos e/ou ocorrências que comprometam a integridade do equipamento.

3.2.6 NBR15371 e NR13

Apresenta-se aqui mais um caso específico, que a NR13 não faz menção especial, mas que está dentro das exigências da mesma, pois evaporadores, desde que atendam aos requisitos de enquadramento da NR13, são vasos de pressão e devem conter as obrigações previstas de identificação, documentação, inspeção, instalação e operação nela mencionadas. Por esta razão, são apresentadas algumas especificações da norma NBR15371 neste trabalho, a fim de mostrar características específicas sobre evaporadores, não expostas na NR13. Os itens 6.3 e 7 da NBR15371, trazem especificações que devem constar no catálogo e na placa de identificação de evaporadores, complementares ao mínimo exigido nos itens 13.6.3 e 13.6.3.1 da NR13.

NBR13571 Item 6.3 – Informações Adicionais:

As capacidades de catálogo devem ser acompanhadas das seguintes informações:

- a) Modelo e tipo de unidades;
- b) Vazão de ar, em metros cúbicos por segundo;
- c) Potência do motor em watts;
- d) Corrente do motor, em ampéres;
- e) Tensão elétrica, em volts;
- f) Freqüência. Em hertz;
- g) Potência do aquecedor de degelo, em watts;
- h) Área de troca térmica, em metros quadrados;
- i) Volume interno, em litros; e
- j) Relação área primária / área secundária, em metros quadrados.

NBR13571 Item 7 – Placa de Identificação:

As seguintes informações mínimas devem ser indicadas em placas metálicas gravadas, firmemente fixadas no equipamento em local visível:

- a) Nome do fabricante ou marca comercial;
- b) Freqüência. Em hertz;
- c) Potência elétrica total, em watts;
- d) Corrente elétrica, em ampéres;
- e) Fluido refrigerante; e
- f) Data de fabricação.

NR13 Item 13.6.3:

Todo vaso de pressão deve ter afixado em seu corpo em local de fácil acesso e bem visível placa de identificação indelével com no mínimo as seguintes informações:

- a) fabricante;
- b) número de identificação;
- c) ano de fabricação;

- d) pressão máxima de trabalho admissível;
- e) pressão de teste hidrostático; e
- f) código de projeto e ano de edição.

NR13 Item 13.6.3.1:

Além da placa de identificação deverá constar em local visível, a categoria do vaso, conforme Anexo IV, e seu número ou código de identificação.

Verifica-se que as duas normas chamam informações a mais, portanto, o ideal seria confeccionar uma placa de identificação que atenda a ambas, deixando assim o vaso em total conformidade, o que facilitará futuras inspeções, testes, ensaios e outros serviços a serem executados para garantir a segurança operacional do mesmo.

A Figura 3.9 mostra um equipamento muito conhecido na área de refrigeração industrial; o “Chiller”, composto pelo evaporador mostrado na Figura 3.10 e um condensador, mencionado posteriormente.



Figura 3.9 – Chiller Industrial.



Figura 3.10 – Evaporador do Chiller Industrial.

3.2.7 NBR12193 e NR13

Apresenta-se aqui outro caso específico em que a NR13 não faz menção especial, mas sabe-se estar dentro das exigências da mesma, pois condensadores, desde que se atendam aos requisitos de enquadramento nela mencionados, são vasos de pressão e devem conter suas obrigatoriedades de identificação, documentação, inspeção, instalação e operação. Por esta razão são apresentadas algumas especificações da norma NBR12193 neste trabalho, a fim de mostrar características específicas e complementares sobre condensadores, não expostas na NR13.

Os itens 2 e 3 da NBR12193, trazem o campo de aplicação e algumas definições, que explicam e direcionam técnicos menos experientes na área de condensadores complementares.

NBR12193 Item 2 – Campo de Aplicação:

Esta norma se aplica às unidades condensadoras que atendam às seguintes limitações:

- O refrigerante só pode ser produto halogenado;
- O máximo deslocamento do compressor é 250m³/h.

NBR12193 Item 3 – Definições:

3.1 - Unidade Condensadora:

É o conjunto de componentes frigoríficos montados na mesma base, consistindo de um ou mais compressores acionados por motor, condensador, recipiente de líquido, tubulação e acessórios.

3.2 - Segundo o método de resfriamento utilizado no condensador, diferencia-se:

- Unidade condensadora resfriada a ar;
- Unidade condensadora resfriada a água.

3.3 - Segundo a construção do compressor, diferencia-se:

- Unidade condensadora do tipo aberto;
- Unidade condensadora do tipo semi-hermético;
- Unidade condensadora do tipo hermético.

Já o item 7 da NBR12193, traz requisitos ou dispositivos mínimos de segurança que as unidades condensadoras devem possuir. Pode-se verificar uma peculiaridade com o item 13.6.2 da NR13, que também cita a obrigatoriedade de dispositivos de segurança.

NBR12193 Item 7 – Requisitos de Segurança:

7.1 - No tanque de líquido:

Os tanques de líquido deverão ser protegidos por “Plug-Fusível”, que deverá fundir a uma temperatura de 93 a 98°C.

7.2 - Nos condensadores a água:

As unidades condensadoras resfriadas a água devem ser equipadas com válvula de segurança ou alívio, destinadas a abrir com pressão não superior à máxima pressão de serviço admissível.

NR13 Item 13.6.2:

Constitui risco grave e iminente a falta de qualquer um dos seguintes itens:

- a) válvula ou outro dispositivo de segurança com pressão de abertura ajustada em valor igual ou inferior à PMTA, instalada diretamente no vaso ou no sistema que o inclui;
- b) dispositivo de segurança contra bloqueio inadvertido da válvula quando esta não estiver instalada diretamente no vaso;
- c) instrumento que indique a pressão de operação.

Verifica-se neste caso que a NR13 é mais rigorosa que a NBR12193, exigindo mais dispositivos de segurança, uma prática vista com bons olhos, pois a segurança operacional de equipamentos como condensadores e também de todos os vasos de pressão, deveria sempre ser prioridade em todos os locais.

A Figura 3.11 mostra o condensador de um “Chiller Industrial” mencionado anteriormente:

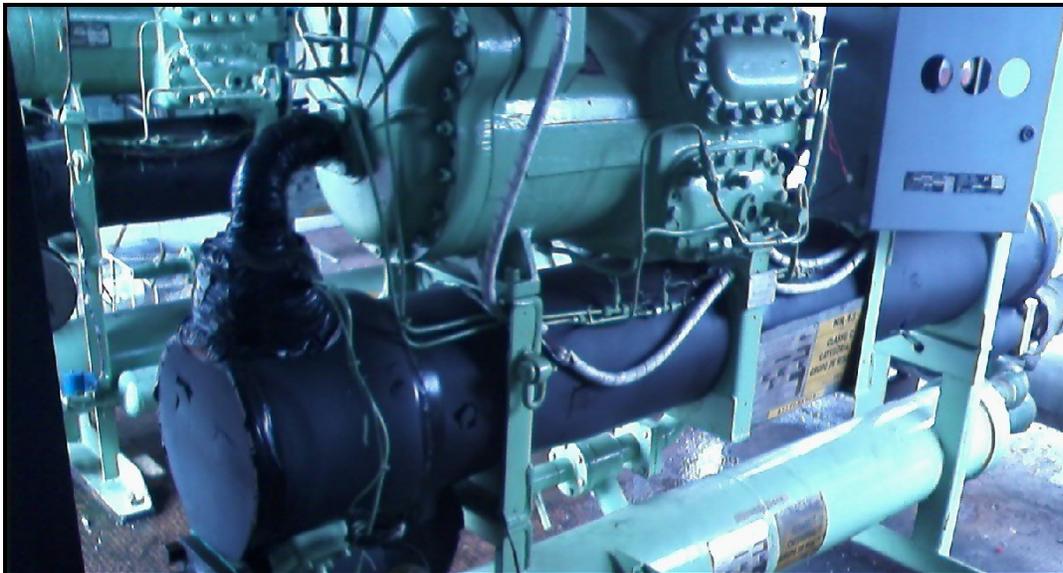


Figura 3.11 – Condensador do Chiller Industrial.

3.2.8 NBR7821 e NR13

A norma NBR7821 informa características construtivas fundamentais, que padronizam vasos produzidos com a finalidade de estocar derivados de petróleo. Entende-se que tais características fornecem dados que podem ser tomados como base nos exames e no teste exigido pela NR13.

As Tabelas 3.3 e 3.4 contidas nesta NBR trazem respectivamente a capacidade nominal e a espessura das chapas de tanques destinados ao armazenamento de petróleo e seus derivados. Porém, a definição precisa destas espessuras nominais deve ser feita pela correta aplicação do projeto mecânico suportado por Regulamento Técnico reconhecido e consistente.

As informações contidas nas tabelas apresentadas a seguir, como volume, espessura de chapa, altura do equipamento e outras, serão fundamentais para a determinação de sua PMTA, como também categorizá-lo conforme a NR13.

Tabela 3.3 – DIMENSÕES TÍPICAS E CAPACIDADE NOMINAL

Diâmetro do Tanque (m)	Capacidade por metro de altura (m³)	Número de Anéis do Tanque						
		2	3	4	5	6	7	8
		Altura do Tanque (m)						
		4,80	7,20	9,60	12,00	14,40	16,80	19,20
Capacidade Nominal (m³)								
5	20	95	140	190	235	280	330	375
10	79	375	565	755	940	1130	1320	1610
15	177	850	1270	1700	2120	2550	2970	3400
20	314	1510	2250	3020	3770	4530	5260	6030
25	492	2630	3540	4710	5880	7060	8250	9520
30	707	3390	5080	6780	8480	10200	11870	13560
35	962	4610	6920	9220	11550	13650	16150	18450
40	1260	6050	9070	12100	15100	18150	21200	24200
45	1590	7630	11450	15250	19100	22900	26700	30500
50	1960	9400	14100	18800	23500	28200	32900	37600
50,5	--	--	--	--	--	--	--	45700
55	2380	11400	17100	22800	28600	34300	40000	--
58	--	--	--	--	--	--	47500	--
60	2830	13600	20400	27200	3400	40800	--	--
65	3320	16000	23950	31950	39800	47630	--	--
68	--	--	--	--	--	55400	--	--
70	3650	18500	27700	37000	48200	--	--	--
75	4420	21200	31800	42400	53000	--	--	--
80	5030	24200	36200	48500	60430	--	--	--

Tabela 3.4 – ESPESSURAS DE CHAPA DE COSTADO

Diâmetro do Tanque (m)	Número de Anéis do Tanque								Altura Máxima Permitida (m)
	1	2	3	4	5	6	7	8	
	Altura do Tanque (m)								
	2,40	4,60	7,20	9,60	12,00	14,40	15,80	19,20	
	Espessura da Chapa do Costado (mm)								
5	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	--	--	--	--
10	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	5,80	6,70	7,50	--
15	6,30	6,30	6,30	6,30	7,10	8,50	10,00	11,20	--
20	6,30	6,30	6,30	7,50	9,50	11,20	13,20	15,00	--
25	6,30	6,30	7,10	9,50	11,80	14,00	16,00	19,00	--
30	6,30	6,30	8,50	11,20	14,00	17,00	20,00	23,60	--
35	6,30	6,30	10,00	13,20	17,00	20,00	23,60	26,50	--
40	8,00	8,00	11,20	15,00	19,00	22,40	26,50	30,00	--
45	8,00	8,50	12,60	17,00	21,20	26,50	30,00	35,50	21,50
50	8,00	9,00	14,00	19,00	23,60	30,00	33,50	37,50	19,40
55	8,00	10,00	16,00	21,20	26,50	31,50	37,50	--	17,60
60	8,00	11,20	17,00	22,40	28,00	35,50	--	--	16,20
65	9,50	11,50	18,00	25,00	31,50	37,50	--	--	15,00
70	9,50	13,20	20,00	26,50	33,50	--	--	--	13,90
75	9,50	14,00	21,00	28,00	35,50	--	--	--	13,00
80	9,50	15,00	22,00	30,00	37,50	--	--	--	12,20

3.2.9 NBR15417 e NR13

Apesar da NR13 mencionar a utilização dos ensaios não destrutivos somente em situações que a realização do teste hidrostático se faz impossibilitado, situações estas listadas em seu item 13.10.3.4, sabe-se que os ensaios não destrutivos devem sempre ser utilizados, como no exame visual interno, na avaliação da integridade física e em diversas outras ocasiões, inclusive em conjunto com o Teste Hidrostático. Para isto, o Profissional Habilitado pode basear-se na norma NBR15417, que especifica claramente tipos de ensaios não destrutivos, responsabilidades e suas utilizações no item 5.3 e seus subitens 5.3.1 e 5.3.3 a 5.3.8, ou em qualquer outro regulamento técnico destinado à orientação de como aplicar os ensaios. No fundo, o responsável técnico deve definir quais são os ensaios que devem compor o processo de inspeção aplicado ao equipamento em todas as situações que o mesmo é submetido à inspeção.

NR13 Item 13.10.3.4:

Quando for tecnicamente inviável e mediante anotação no “Registro de Segurança” pelo “Profissional Habilitado”, citado no item 13.1.2, o teste hidrostático pode ser substituído por outra técnica de ensaio não destrutivo ou inspeção que permita obter segurança equivalente.

NBR 15517 Item 5.3 – Ensaio Não Destrutivos (END):

5.3.1 – O END deve ser executado por profissionais qualificados e certificados conforme o Sistema Nacional de Qualificação e Certificação de Pessoal em END (ABENDI) ou por outros Sistemas Internacionais em conformidade com a norma ISO9712.

5.3.3 – Medição de Espessura

5.3.4 – Partículas Magnéticas (PM)

5.3.5 – Alternating Current Field Measurement (ACFM)

5.3.6 – Ultra-som (US)

5.3.7 – Líquido Penetrante (LP)

5.3.8 – Emissão Acústica

A NR13 credita adequadamente ao Profissional Habilitado toda responsabilidade de definição dos ensaios não destrutivos a serem aplicados em determinado processo de inspeção. Vale lembrar que existem casos em que a empresa possui o Serviço Próprio de Inspeção em Equipamentos e portanto, os profissionais que realizam Ensaio Não Destrutivos devem ter certificação nacional.

3.2.10 NBRISO 17020 e NR13

A NR13, em seu anexo II, traz a possibilidade de realizar as inspeções sob responsabilidade interna aos estabelecimentos, ou seja, criar um “Serviço Próprio de Inspeção” e menciona que este Serviço Próprio tem que ser acreditado pelo INMETRO. Para isso, sabe-se que a NBRISO 17020 é a norma específica, utilizada pelo INMETRO, para acreditar organismos de inspeção. Seguindo seus requisitos a empresa receberá a acreditação

INMETRO e poderá realizar suas próprias inspeções. Porém, sabe-se que o processo de certificação é complexo e rigoroso, composto por auditoria baseada nos procedimentos do IBP – Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e BioCombustíveis e nas definições contidas nas Portarias 78 e 79 do MIDC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio. Após recomendação feita pela equipe auditora, o processo passa pela homologação da COMCER – Comissão de Certificação TRI-PARTITE (Representantes dos Trabalhadores, Indústria e Governo) e só após esta autorização o SPIE – Serviço Próprio de Inspeção em Equipamentos pode usufruir das prerrogativas estabelecidas pela NR13.

NR13 Anexo II - Requisitos para Certificação de "Serviço Próprio de Inspeção de Equipamentos":

Antes de colocar em prática os períodos especiais entre inspeções, estabelecidos nos subitens 13.5.4 e 13.10.3 desta NR, os "Serviços Próprios de Inspeção de Equipamentos" da empresa, organizados na forma de setor, seção, departamento, divisão, ou equivalente, devem ser certificados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO diretamente ou mediante "Organismos de Certificação" por ele credenciados, que verificarão o atendimento aos seguintes requisitos mínimos expressos nas alíneas "a" a "g". Esta certificação pode ser cancelada sempre que for constatado o não-atendimento a qualquer destes requisitos:

- a) existência de pessoal próprio da empresa onde estão instalados caldeiras ou vaso de pressão ou caldeiras, com dedicação exclusiva a atividades de inspeção, avaliação de integridade e vida residual, com formação, qualificação e treinamento compatíveis com a atividade proposta de preservação da segurança;
- b) mão-de-obra contratada para ensaios não-destrutivos certificada segundo regulamentação vigente e para outros serviços de caráter eventual, selecionada e avaliada segundo critérios semelhantes ao utilizado para a mão-de-obra própria;

- c) serviço de inspeção de equipamentos proposto - possuir um responsável pelo seu gerenciamento formalmente designado para esta função;
- d) existência de pelo menos 1 (um) "Profissional Habilitado", conforme definido no subitem 13.1.2;
- e) existência de condições para manutenção de arquivo técnico atualizado, necessário ao atendimento desta NR, assim como mecanismos para distribuição de informações quando requeridas;
- f) existência de procedimentos escritos para as principais atividades executadas;
- g) existência de aparelhagem condizente com a execução das atividades propostas.

3.2.11 ASME Seção VIII Divisão 1 e NR13

A ASME VIII, uma norma de projeto de vasos de pressão, é bem abrangente e traz inúmeras informações com respaldos técnicos indispensáveis. Justamente por isso, pode ser utilizada pelo Profissional Habilitado como base para realização de suas inspeções. Portanto, serão citados seus itens mais relevantes para enriquecer tecnicamente este trabalho.

3.2.11.1 ASME Seção VIII Divisão 1 Item U-1 (c) 2 e NR13

Tanto o item U-1 (c) 2 da ASME VIII quanto o Anexo III da NR13 trazem critérios para enquadrar ou não um equipamento como vaso de pressão. Estes itens serão expostos para demonstrar a paridade de informações existentes em tais normas, nunca esquecendo que a ASME é uma norma de projeto e a NR13, um regulamento compulsório que deve ser tomado como mandatório em todas as suas exigências, ou seja, se houver alguma divergência entre estas normas, deve-se sempre atender à NR13.

ASME VIII U-1 (c) (2):

Baseado na consideração do comitê, as seguintes classes de vasos não estão incluídas no escopo desta divisão; no entanto, qualquer vaso que satisfaça todos os requerimentos aplicáveis desta divisão pode ser estampado com o símbolo “Código U”:

(a) Aqueles dentro do escopo de outras seções;

(b) Aquecedores tubulares com processos sujeitos a chama;

(c) Recipientes de pressão que sejam partes integrais ou componentes de equipamentos mecânicos rotativos, como bombas, compressores, turbinas, geradores, motores e cilindros hidráulicos ou pneumáticos, onde as tensões e considerações do projeto primário sejam derivadas dos requerimentos funcionais do equipamento;

(d) Exceto aquelas mencionadas em U-1 (f), estruturas cuja função primária é o transporte de fluidos de um local para outro, dentro de um sistema ao qual seja parte integrante, ou seja, sistema de tubulação;

(e) Componentes de tubulação, como tubos, flanges, parafusos, juntas, válvulas, juntas de expansão, acoplamentos e partes de recipientes de pressão de outros componentes como peneiras e outros dispositivos que tenham proposta de misturar, separar, parar, distribuir e medir ou controlar o fluxo, precavendo-se que as partes sob pressão destes componentes sejam geralmente reconhecidas como acessórios ou componentes de tubulação;

(f) Um vaso para contenção de água sob pressão, incluindo aqueles que contêm ar e que a compressão deste sirva apenas como amortecimento, onde nenhuma das seguintes limitações seja excedida:

(1) Uma pressão de projeto de 300 psi (2 MPa);

(2) Uma temperatura de projeto de 210 °F (99 °C);

(g) Um tanque de estocagem de água quente para suprimento, aquecida por vapor ou qualquer outro meio indireto, onde nenhuma das seguintes limitações seja excedida:

- (1) Uma entrada de calor de 200.000 Btu/h (58,6 kW);
- (2) Uma temperatura de água de 210 °F (99 °C);
- (3) Uma capacidade nominal de contenção de água de 120 gal (450 L);

(h) Vasos que não excedam a pressão de projeto no topo do vaso, as seguintes limitações, sem limite de tamanho:

- (1) Vasos com pressão interna ou externa, não excedendo a 15 psi (100 kPa);
- (2) Unidades de combinação tendo pressão interna ou externa não excedente à 15 psi (100kPa) e pressão diferencial nos elementos comuns não excedente à 15 psi (100 kPa);

(i) Vasos com diâmetro interno, largura, altura ou diagonal de seção cruzada interna, não excedente a 6 ” (152 mm), sem limitações de comprimento do vaso;

(j) Vasos para ocupação humana.

NR13 ANEXO III:

1. Esta NR deve ser aplicada aos seguintes equipamentos:

a) qualquer vaso cujo produto "PxV" seja superior a 8 (oito), onde "P" é a máxima pressão de operação em kPa e "V" o seu volume geométrico interno em m³, incluindo:

- permutadores de calor, evaporadores e similares;
- vasos de pressão ou partes sujeitas a chama direta que não estejam dentro do escopo de outra NR, nem do item 13.1 desta NR;
- vasos de pressão encamisados, incluindo refervedores e reatores;
- autoclaves e caldeiras de fluido térmico que não o vaporizem;

b) vasos que contenham fluido da classe "A", especificados no Anexo IV, independente das dimensões e do produto "PxV".

2. Esta NR não se aplica aos seguintes equipamentos:

a) cilindros transportáveis, vasos destinados ao transporte de produtos, reservatórios portáteis de fluido comprimido e extintores de incêndio;

b) os destinados à ocupação humana;

c) câmara de combustão ou vasos que façam parte integrante de máquinas rotativas ou alternativas, tais como bombas, compressores, turbinas, geradores, motores, cilindros pneumáticos e hidráulicos e que não possam ser caracterizados como equipamentos independentes;

d) dutos e tubulações para condução de fluido;

e) serpentinas para troca térmica;

f) tanques e recipientes para armazenamento e estocagem de fluidos não enquadrados em normas e códigos de projeto relativos a vasos de pressão;

g) vasos com diâmetro interno inferior a 150 mm (cento e cinquenta milímetros) para fluidos das classes "B", "C" e "D", conforme especificado no Anexo IV.

Obs.: Independente de qualquer item enquadrável ou não nas regras estabelecidas pelos regulamentos mencionados, é de obrigação de todos os Serviços de Inspeção, ou todos os profissionais que trabalham com integridade de equipamentos, a garantia desta integridade dirigida a todos os equipamentos que controlam, com a aplicação de Planos e Programas de Inspeção, consistentes a estes equipamentos.

3.2.11.2 ASME Seção VIII Divisão 1 Item UG-27 e NR13

Identificou-se este item na norma ASME, que se mostra importante para a segurança operacional dos vasos de pressão, pois especifica além da espessura mínima que um vaso deve ter para trabalhar sob uma PMTA pré-estabelecida, a metodologia para obtenção de tal valor. Esta informação pode ser usada por Profissionais Habilitados para atender a algumas exigências da NR13 quanto ao exame visual interno, estimativa da vida remanescente, elaboração de prontuário técnico (item 13.6.4.a da NR13) e outras.

Independentemente de qualquer item, enquadrável ou não nas regras estabelecidas pelos regulamentos mencionados, é obrigação de todos os Serviços de Inspeção, ou de todos os Profissionais Habilitados, garantir a integridade de todos as classes de equipamentos sob seu controle, através de planos e programas consistentes de inspeção.

ASME VIII D1 UG-27:

Espessura de Casco sob pressão interna:

(a) A espessura mínima de cascos sob pressão interna não deve ser menor do que aquela calculada pelas seguintes fórmulas, exceto se permitido no apêndice 32. Em adição, uma provisão deve ser feita para qualquer das cargas listadas em UG-22, quando tais cargas são esperadas. A espessura dos cascos deve também estar de acordo com os requerimentos de UG-16, exceto se permitido no apêndice 32.

(b) Os símbolos definidos abaixo são usados nas fórmulas deste parágrafo:

E = Eficiência de junta apropriada em cascos esféricos ou cilíndricos ou eficiência de ligações entre aberturas, o que for menor.

P = Pressão interna de projeto.

R = Raio interno do vaso.

S = Tensão máxima admissível pelo material.

t = Espessura mínima requerida para o vaso.

c) Cascos cilíndricos.

A espessura mínima ou pressão máxima de trabalho permissível de cascos cilíndricos deve ser a maior espessura ou menor pressão calculada por (1) ou (2) dados abaixo:

(1) Tensão circunferencial (Juntas longitudinais):

Quando a espessura não excede metade do raio interno ou a pressão não excede $0,385E$, as seguintes fórmulas devem ser aplicadas:

$$t = \frac{PR}{SE - 0,6P} \quad \text{or} \quad P = \frac{SEt}{R + 0,6t}$$

(2) Tensão longitudinal (Juntas circunferenciais):

Quando a espessura não excede metade do raio interno ou a pressão não excede $1,25SE$, as seguintes fórmulas devem ser usadas:

$$t = \frac{PR}{2SE + 0,4P} \quad \text{or} \quad P = \frac{2SEt}{R - 0,4t}$$

d) Cascos esféricos:

Quando a espessura do casco de um vaso totalmente esférico não excede $0,356R$ ou a pressão não exceda $0,665SE$, as seguintes fórmulas devem ser usadas:

$$t = \frac{PR}{2SE - 0,2P} \quad \text{or} \quad P = \frac{2SEt}{R + 0,2t}$$

As Figuras 3.12 e 3.13 mostram um vaso cilíndrico e um vaso esférico, ambos com espessura mínima de projeto calculada conforme este código ASME.



Figura 3.12 – Exemplo de um Vaso Cilíndrico.



Figura 3.13 – Exemplo de um Vaso Esférico.

Vale reforçar, que se utilizam fórmulas e valores de códigos consagrados como este, para uma atuação comprometida com a segurança, respeitando a vida de trabalhadores e garantindo sucesso em todos os projetos. É importante ressaltar que todo vaso de pressão, tanque, caldeira ou tubulação em serviço deve ter sido projetado, fabricado e construído a partir de um código consagrado de projeto, como: ASME, DIN GIS, AFNOR, BS ou ter seu memorial reconstituído a partir de um destes regulamentos.

3.2.11.3 ASME Seção VIII Divisão 1 Item UG-99 e NR13

O subitem *(b)* deste item da norma ASME traz informações fundamentais para a realização de um teste hidrostático como o cálculo para determinação da pressão de teste e o patamar de observação e o subitem *(h)* traz a temperatura dos fluidos envolvidos no teste. Tais informações podem ser consultadas por Profissionais Habilitados que forem responsáveis pela realização de algum Teste Hidrostático para atender aos itens 13.10.2 e 13.10.3 da NR13 que menciona a obrigação da realização de tal teste nas inspeções inicial e periódica.

ASME VIII UG-99 (b):

Exceto se permitido no subitem (a) acima, vasos projetados para pressão interna devem ser sujeitos à pressão de teste hidrostático em cada ponto do vaso pelo menos igual a 1,3 vezes à pressão máxima de trabalho permitida estampada no vaso multiplicada pelo menor valor da tensão admissível à temperatura de projeto do vaso, especificada em UG-21.

ASME VIII UG-99 (h):

Qualquer líquido não perigoso a qualquer temperatura pode ser utilizado no teste hidrostático se abaixo de seu ponto de ebulição. Líquidos combustíveis tendo ponto de fulgor menor do que 110°F (43°C), como destilados de petróleo, podem ser utilizados somente para testes a temperatura próxima à atmosférica. É recomendado que a temperatura do metal durante o teste hidrostático seja mantida pelo menos a 30°F (17°C) acima da temperatura mínima de projeto

do metal, mas não podendo exceder a 120°F (48°C), para minimizar o risco de fratura frágil. A pressão de teste não deve ser aplicada até que o vaso e seu conteúdo estejam aproximadamente à mesma temperatura. Se a temperatura de teste exceder a 120°F (48°C), é recomendado que o teste seja adiado até que a temperatura seja reduzida a 120°F (48°C) ou menos.

Apesar da possibilidade de serem realizados Testes Hidrostáticos com fluidos hidrocarbonetos, é recomendado que, sempre que possível seja utilizada água como fluido de teste e evitar a realização de Testes Pneumáticos, pois suas conseqüências, em caso de falha, podem ser desastrosas conforme descrito no acidente de Shanghai – China.

NR13 item 13.10.2:

A inspeção de segurança inicial deve ser feita em vasos novos, antes de sua entrada em funcionamento, no local definitivo de instalação, devendo compreender exame externo, interno e teste hidrostático, considerando as limitações mencionadas no subitem 13.10.3.5.

NR13 item 13.10.3:

A inspeção de segurança periódica, constituída por exame externo, interno e teste hidrostático.

3.2.11.4 ASME Seção VIII Divisão 1 Item UG-100 e NR13

O subitem (b) deste item da norma ASME traz informações fundamentais para a realização de um teste pneumático como o cálculo para determinação da pressão de teste e o patamar de observação e o subitem (c) traz a temperatura dos fluidos envolvidos no teste. Tais informações podem ser consultadas por Profissionais Habilitados que forem responsáveis pela realização de algum Teste Pneumático em substituição ao Teste Hidrostático, conforme previsto no item 13.10.3.7 da NR13.

É importante ressaltar que o teste pneumático deve ser utilizado somente se não houver alternativa, conforme mencionado na NR13, pois este tipo de teste se faz extremamente perigoso com alto risco de graves acidentes. Esta condição ocorre porque o

teste pneumático é realizado com fluidos compressíveis, capazes de armazenar alto grau de energia e em caso de qualquer ruptura na estrutura do equipamento em teste, esta energia armazenada tende a fluir com enorme potência pela região rompida, gerando explosões de diversos níveis. Portanto, ao realizar um teste pneumático, o Profissional Habilitado deve garantir que um efetivo sistema de controle e monitoramento seja utilizado.

ASME VIII UG-100 (b):

Exceto para vasos sem identificação, para os quais a pressão de teste pneumático deve ser pelo menos igual, mas nunca exceder a pressão máxima de trabalho permitida, o teste pneumático deve ser pelo menos igual, mas nunca exceder 1,1 vezes a pressão máxima de trabalho permitida, multiplicada pelo menor valor da tensão admissível “S” à temperatura de projeto do vaso, especificada em UG-21.

ASME VIII UG-100 (c):

A temperatura do metal durante o teste pneumático deve ser mantida pelo menos 30°F (17°C) acima da temperatura de projeto do metal, minimizando o risco de fratura do material.

NR13 item 13.10.3.7:

Quando não houver outra alternativa, o teste pneumático pode ser executado, desde que supervisionado pelo "Profissional Habilitado", citado no subitem 13.1.2, e cercado de cuidados especiais por tratar-se de atividade de alto risco.

3.2.12 API650 e NR13

Encontra-se nesta norma, dirigida somente para tanques de armazenamento, uma informação muito interessante que não foi mencionada até então e que pode ser utilizada por Profissionais Habilitados para realização de testes hidrostáticos. O item 3.6.3.2 traz a espessura mínima do casco para realização de um teste hidrostático.

API650 Item 3.6.3.2 - Pressão de Teste Hidrostático:

$$t_t = \frac{4,9D(H-0,3)}{S_t}$$

Onde: t_t – Espessura Mínima do Casco para realização do Teste Hidrostático [mm]

D – Diâmetro Nominal do Tanque [mm]

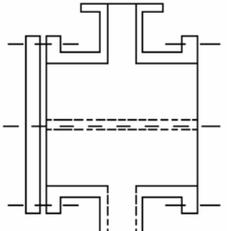
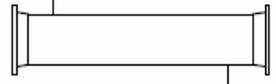
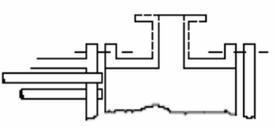
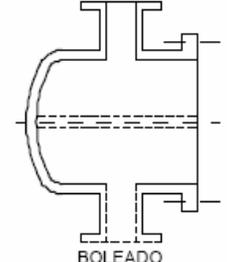
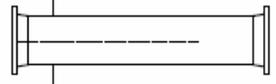
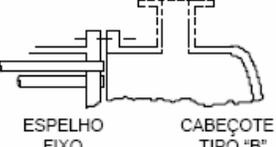
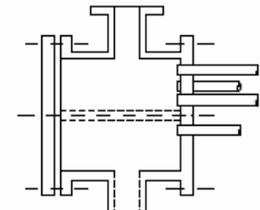
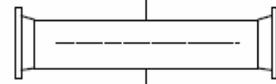
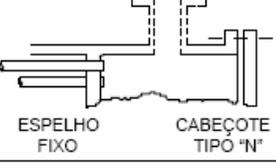
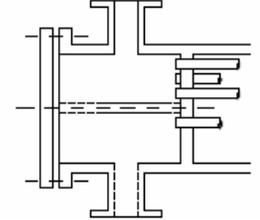
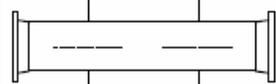
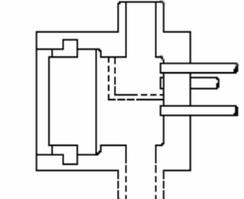
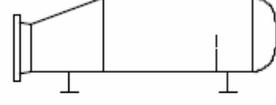
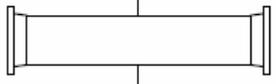
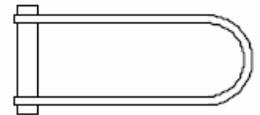
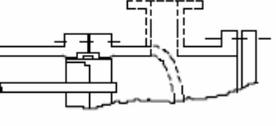
S_t - Tensão Permissível para Teste Hidrostático [MPa]

H – Altura da Coluna D'água [mm]

3.2.13 TEMA e NR13

Como a NR13 menciona a necessidade de inspeções em trocadores de calor, faz-se importantíssima a menção da norma TEMA que traz um guia completo de informações fundamentais para quem queira comprar, fabricar, inspecionar e apurar a experiência sobre trocadores de calor. Tais prescrições são dirigidas ao projeto e à inspeção inicial de trocadores, mas podem ser aplicadas pelos Profissionais Habilitados em suas inspeções de serviço. Dentre tais informações, é apresentada como exemplo a Tabela 3.6, contida nesta norma, que classifica trocadores de calor do tipo casco-tubo pelos tipos de componentes com os quais o trocador tenha sido fabricado. Tal tabela se faz conhecidíssima, visto que a maioria dos vendedores de trocador de calor possui a mesma inserida dentro de seus catálogos e vendem seus produtos com identificação conforme. A Figura 3.14, retirada de um catálogo, mostra um trocador cujo fabricante classifica e vende seu produto de acordo com a tabela da norma TEMA, mencionada anteriormente, além de trazer a mesma inserida em suas folhas:

Tabela 3.5 – CLASSIFICAÇÃO DE TROCADORES DE CALOR

	TIPO DE CABEÇOTE DE ENTRADA		TIPO DE CASCO		TIPOS DE FEIXE E CABEÇOTE DE RETORNO
A	 CARRETEL (COM TAMPO REMOVÍVEL)	E	 1 (UM) PASSE NO CASCO	L	 ESPELHO FIXO CABEÇOTE TIPO "A"
B	 BOLEADO (COM TAMPO INTEGRAL)	F	 2 (DOIS) PASSES NO CASCO	M	 ESPELHO FIXO CABEÇOTE TIPO "B"
C	 CARRETEL INTEGRAL AO ESPELHO (COM TAMPO REMOVÍVEL)	G	 FLUXO BIPARTIDO	N	 ESPELHO FIXO CABEÇOTE TIPO "N"
D	 CARRETEL INTEGRAL AO ESPELHO E AO CASCO (COM TAMPO REMOVÍVEL)	H	 DUPLO FLUXO BIPARTIDO	P	 TAMPO FLUTUANTE COM VEDAÇÃO POR PREME-GAXETA
	 CABEÇOTE PARA ALTA PRESSÃO	J	 FLUXO DIVIDIDO	S	 TAMPO FLUTUANTE COM ANEL BIPARTIDO
		K	 TIPO REFERVEDOR (KETTLE)	T	 TAMPO FLUTUANTE COM LIGAÇÃO APARAFUSADA NO ESPELHO
		X	 FLUXO CRUZADO	U	 FEIXE DE TUBOS EM "U"
				W	 ESPELHO FLUTUANTE COM VEDAÇÃO POR PREME-GAXETA

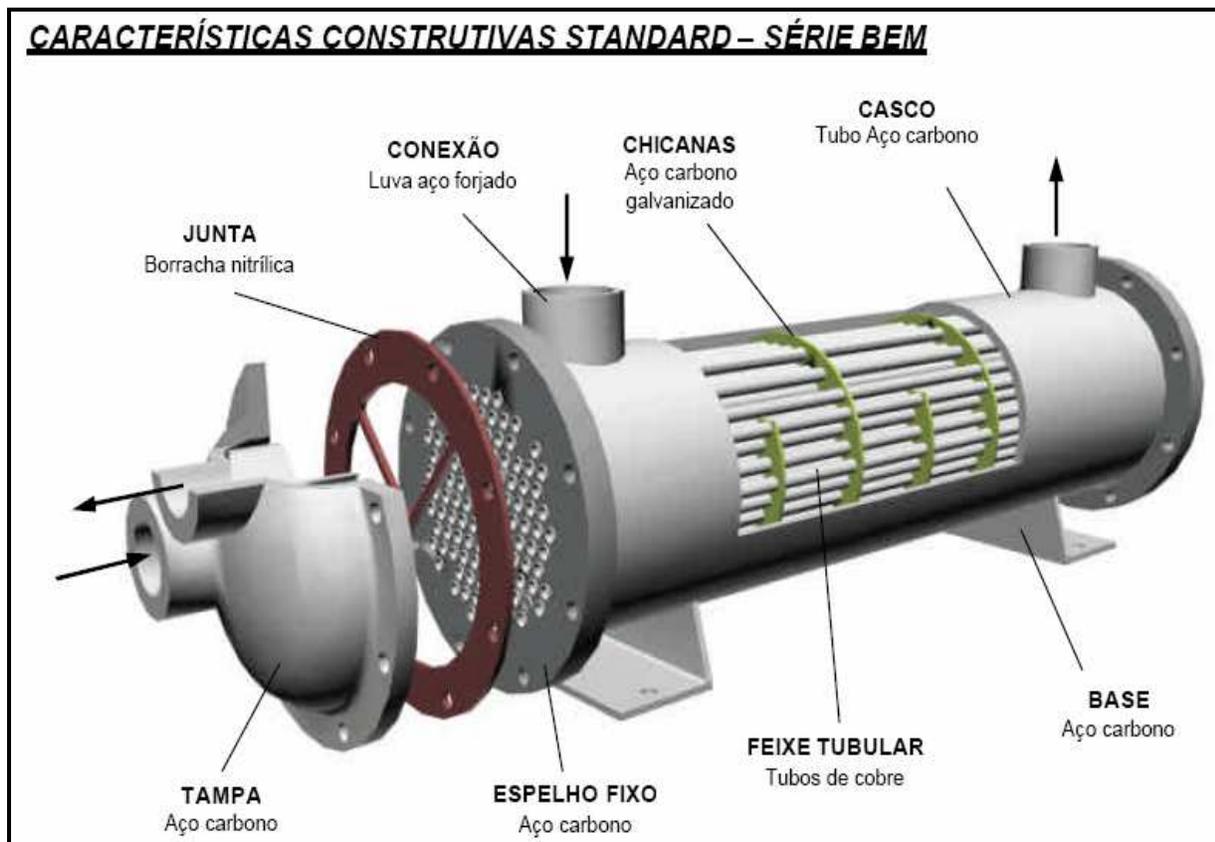


Figura 3.14 – Características Construtivas de um Trocador de Calor.

3.2.14 ASME B31.3 e NR13

Sabe-se que a NR13 foca somente os equipamentos, vasos de pressão e caldeiras, mas a experiência mostra que durante o atendimento aos seus requisitos, outros componentes são afetados. Como exemplos, são citadas as tubulações que interligam vasos de pressão em unidades de processo. Dia a dia, testes hidrostáticos são realizados em vasos de pressão interligados, aplicando-se a pressão no sistema como um todo. Após encher de água todo sistema, vasos e tubos de ligação são submetidos a uma pressão pré-estipulada. Portanto, é de extrema importância garantir a integridade de tais tubulações. O item 345.4.3 da seção B31.3 do código ASME para tubulação de processo trata diretamente sobre circunstâncias como esta.

ASME B31.3 Item 345.4.3:

Teste Hidrostático de Tubulação com Vaso como um sistema:

(a) Onde a pressão de teste da tubulação fixada em um vaso é igual ou menor do que a pressão de teste do vaso, a tubulação pode ser testada com o vaso, sob a pressão de teste da tubulação.

(b) Onde a pressão de teste da tubulação excede a pressão de teste do vaso e não seja considerado viável o isolamento da mesma, a tubulação e o vaso podem ser testados em conjunto sob a pressão de teste do vaso, desde que aprovado pelo proprietário e que a pressão de teste do vaso não seja menor do que 77% da pressão de teste da tubulação.

O item (b) exposto acima, traz embasamento normativo para a realização segura de testes hidrostáticos em equipamentos interligados conforme um código de renome que certamente já verificou inúmeros testes antes de assumir tal situação.

3.2.15 Ensaios Não Destrutivos e NR13

Apresenta-se agora um pouco sobre ensaios não destrutivos, já que a NR13 menciona a possibilidade de substituição do teste hidrostático pela realização de tais ensaios no item 13.10.3.4, mas é importante frisar que os Ensaios Não Destrutivos devem ser sempre utilizados para garantir a integridade do equipamento e não somente em substituição ao Teste Hidrostático.

NR13 Item 13.10.3.4:

Quando for tecnicamente inviável e mediante anotação no "Registro de Segurança" pelo "Profissional Habilitado", citado no subitem 13.1.2, o teste hidrostático pode ser substituído por outra técnica de ensaio não-destrutivo ou inspeção que permita obter segurança equivalente.

É considerado de muito valor, trazer para este trabalho a especificação de tal qualificação mencionada em uma das normas técnicas brasileiras. Também são mostrados alguns critérios e informações sobre a maioria dos ensaios não destrutivos que se fazem úteis para o atendimento às inspeções prescritas na NR13, como: Ultra-som, Líquido Penetrante, Radiografia e Medição de Espessura por Ultra-som e até Emissão Acústica. É sempre muito importante lembrar, que a menção de tais critérios e informações será feita de maneira sucinta e breve, visto que o aprofundamento destes fica por conta de consulta a regulamentos específicos.

3.2.15.1 ABENDI PR-001 e NR13

A Associação Brasileira de Ensaios Não Destrutivos e Inspeção - ABENDI é uma entidade técnico-científica, sem fins lucrativos, de direito privado, com sede em São Paulo, fundada em Março de 1979, com a finalidade de difundir as técnicas de END e Inspeção, através de ações voltadas ao aprimoramento da tecnologia e, conseqüentemente, do pessoal e das empresas envolvidas no tema. Possui vários procedimentos criados especificamente para as técnicas não destrutivas mais convencionais. Como exemplo é mencionado o PR-001, procedimento para ensaio por Líquido Penetrante.

Conforme mencionado anteriormente, além do PR-001 existem vários outros procedimentos para Ensaios Não Destrutivos. A Tabela 3.6 traz tais procedimentos.

Tabela 3.6 – PROCEDIMENTOS DA ABENDI

NÚMERO	TÍTULO
PR-002	Procedimento de END por Partículas Magnéticas - Técnica dos Eletrodos
PR-003	Procedimento de END por Partículas Magnéticas - Técnica do Yoke
PR-004	Procedimento de END por Partículas Magnéticas - Máquina Estacionária
PR-007	Procedimento de END por Raios X e Gama
PR-011	Procedimento de END por Ultra-Som – Solda
PR-015	Procedimento de END por Ultra-Som - Ensaio de Chapas
PR-036	Procedimento de END por Ultra-Som - Medição de Espessura

PR-042	Procedimento de END por Ultra-Som - Ensaio Automático de Soldas
PR-046	Inspeção com emissão acústica em vasos de pressão metálicos durante o teste de pressão
PR-048	Ensaio por emissão acústica terminologia
PR-049	Montagem de sensores piezelétricos de contato para emissão acústica
PR-050	Procedimento de END - Ensaio Visual e Dimensional de Soldas
PR-053	Caracterização da instrumentação de emissão acústica
PR-054	Emissão acústica em cestas áreas isoladas
PR-055	Procedimento para determinação da reprodutibilidade da resposta
PR-056	Prática Normalizada para ensaio de emissão acústica e tubos reforçados de resina termocurada
PR-057	Procedimento para testes de emissão acústica em vasos/tanques de plásticos reforçados com fibra de vidro
PR-058	Monitoração contínua por emissão acústica
PR-099	Monitoração contínua por emissão acústica

3.2.15.2 NBR15357 e NR13

Esta norma para ensaios ultrassônicos pode ser utilizada como apoio à NR13 para avaliação das juntas soldadas e também do material de construção do vaso no momento do exame visual interno. Ao analisar tal norma, encontra-se no item 5.2.1.4 a especificação dos ângulos de cabeçote que devem ser usados para diferentes situações. Também encontra-se o item 5.1.9 desta norma, com a especificação do que deve conter o relatório final, após o término do exame ultrassônico.

3.2.15.3 NBR10150 e NR13

O item 3.2.11.2 deste trabalho traz a espessura mínima da chaparia dos vasos de pressão. Dentro deste está a fórmula para se adquirir tal valor e um dos itens desta fórmula é a eficiência de solda (E). Este valor de eficiência depende justamente do tipo e

abrangência de ensaio que foi realizado nas juntas soldadas. Como exemplo, é citado um vaso em que foi realizado o exame radiográfico em 100% das juntas. O valor “E” para este caso é igual a 1, ou seja, não há redução alguma no valor da espessura mínima. Para isso, encontram-se nos itens 5.1 e 6 desta NBR, os critérios de aceitação para soldas totalmente radiografadas.

3.2.15.4 ASME Seção V e NR13

A Seção V da ASME está dividida em artigos, sendo que o primeiro deles traz uma lista de imperfeições e os respectivos ensaios que devem ser utilizados para detectá-las. Posteriormente, vêm os demais artigos desta seção que tratam separadamente de todos os ensaios não destrutivos.

3.2.15.5 ASTM E165 e NR13

Dentre tantas importantes informações, esta norma traz a Tabela 3.7 que classifica os tipos e métodos de ensaios por líquido penetrante.

Tabela 3.7 – CLASSIFICAÇÃO DE TIPOS E MÉTODOS DE ENSAIO PENETRANTE

Tipo I – Penetrante Fluorescente	
Método A	Lavável a Água
Método B	Pós Emulsificável - Lipofílico
Método C	Removível a Solvente
Método D	Pós Emulsificável -Hidrofílico
Tipo II – Penetrante Visível	
Método A	Lavável a Água
Método C	Removível a Solvente

3.2.15.6 ASTM E797 e NR13

O item 8.5 desta norma fala sobre correções que devem ser feitas nos valores achados em medições realizadas a temperaturas que excedem 200°C, situação habitual vivida por Profissionais Habilitados no momento em que, no exame visual interno dos vasos, coleta informações para calcular a vida remanescente do equipamento.

3.2.15.7 ASME Seção VIII Divisão I Apêndice 8 e NR13

Este apêndice descreve critérios que devem ser empregados sempre que exames por líquido penetrante forem realizados em vasos de pressão. Encontram-se no item 8.4 deste apêndice, os critérios de aceitação para os exames realizados.

3.2.15.8 ASME Seção VIII Divisão I Apêndice 12 e NR13

Este apêndice descreve métodos que devem ser empregados sempre que exames por ultra-som forem realizados nas soldas de vasos de pressão. Encontram-se no item 12-3 deste apêndice, os critérios de aceitação para os exames realizados.

3.2.16 NBR12177-1 e NR13

A NBR12177-1 em seu item 6.7.4 traz a validade do teste hidrostático:

NBR12177 Item 6.7.4 – O ensaio hidrostático é de realização obrigatória nos seguintes casos:

- a) Na inspeção inicial;
- b) sempre que após a última inspeção tenham ocorrido vazamentos ou reparos em partes pressurizadas;
- c) A pedido do profissional habilitado, mediante justificativa técnica adequada;
- d) A cada 10 anos a contar da data do último ensaio, se não ocorrer nenhum dos eventos acima e a critério do profissional habilitado.

O item 13.5.2 da NR13 traz os tipos de inspeções e ensaios a serem realizados na inspeção inicial de caldeiras flamotubulares.

NR13 Item 13.5.2:

A inspeção de segurança inicial deve ser feita em caldeiras novas, antes da entrada em funcionamento, no local de operação, devendo compreender exame interno e externo, teste hidrostático e de acumulação.

Como a NR13 não especifica a validade do teste hidrostático e a realidade em campo mostra várias empresas de inspeção realizando o teste hidrostático anualmente, acompanhando a periodicidade das inspeções periódicas, elevando o grau de “stress” nos componentes da caldeira e reduzindo sua vida útil, é sugerida a norma NBR12177-1 como apoio ao Profissional Habilitado.

3.2.17 NBR12177-2 e NR13

Esta norma trata de caldeiras aquotubulares e traz o mesmo conteúdo da NBR12177-1, inclusive o número do item 6.7.4 que especifica a periodicidade do teste hidrostático para tais tipos de caldeiras.

3.2.18 NBR13203 e NR13

Esta norma apresenta uma classificação semelhante à classificação definida pela NR13. Cabe ao usuário determinar a utilização, lembrando que as orientações prescritas na NR13 são compulsórias e devem ser aplicadas em todos os casos.

3.2.19 NBR11096 e NR13

Esta norma é mencionada, pois se entende a importância de padronização dos termos e nomenclaturas utilizadas por inspetores, proprietários e operadores de caldeiras. Além da padronização de termos, esta norma traz notas explicativas sobre todos os termos utilizados em caldeiras aquo e flamotubulares, divididos em 5 partes:

Item 3.1 – Termos gerais, com 127 subitens;

Item 3.2 – Combustíveis e combustão, com 53 subitens;

Item 3.3 – Água e vapor, com 73 subitens;

Item 3.4 – Cinzas e escórias, com 14 subitens; e

Item 3.5 – Miscelânea, com 11 subitens.

Traz também um índice alfabético em português de todos os termos, com o correspondente termo em inglês, o que se avalia ser muito proveitoso visto que a língua universal, o inglês, invade cada vez mais todos os lugares, deixando defasado qualquer um que não tenha ao menos um conhecimento básico da mesma.

3.2.20 NBR10794 e NR13

Esta norma deve ser utilizada por Profissionais Habilitados que sejam responsáveis pela inspeção inicial e de fabricação da caldeiras navais, visto que seu conteúdo especifica quais os testes e verificações devem ser feitas durante a fabricação e no momento do recebimento de uma destas caldeiras.

3.2.21 NBR10795 e NR13

Esta norma complementa a NBR10794 mencionada anteriormente, pois especifica como realizar os testes e inspeções nela sugeridos.

A Figura 3.15, retirada de um catálogo de venda mostra uma Caldeira Naval Modelo Mission OC.



Figura 3.15 – Caldeira Naval Modelo Mission OC.

3.2.22 ASME Seção I e NR13

A ASME I é composta por uma série de informações indispensáveis para a fabricação, teste e inspeção de caldeiras. Dentre estas, destaca-se o item PG-27.2 que mostra como calcular a PMTA de uma caldeira.

Sempre que haja necessidade de calcular a PMTA de uma caldeira, como exigido no item 13.1.6.a da NR13, o qual menciona que o prontuário da caldeira deve possuir a especificação de como foi calculada a PMTA, normas de projeto como a ASME I devem ser consultadas pelos Profissionais Habilitados no momento de suas inspeções, elaboração ou reconstituição de prontuários técnicos.

3.2.23

NBR14105 e NR13

A NBR14105 traz em seu item 8.1.1, a informação da faixa de pressão em que os manômetros devem trabalhar:

8.1.1 Pressão de Trabalho

Para manômetros deve situar-se preferencialmente em 50% da faixa de indicação. A pressão máxima não deve ultrapassar 75% do valor da mesma.

Como a norma NR13 determina em seu corpo a necessidade da existência de um indicador de pressão calibrado atuando no sistema, pode-se utilizar a especificação acima mencionada como instrumento de verificação nas inspeções realizadas para atendimento à NR13.

A calibração dos manômetros em geral deve ser definida a partir de um plano de manutenção e calibração específico para cada estabelecimento. No entanto, a NBR cita as formas de calibração que podem ser utilizadas, ou seja, com um manômetro de coluna líquida (item 6.1.1), balança de pressão ou balança de peso morto (item 6.1.2) ou manômetro padrão montado em uma bomba comparadora hidráulica ou pneumática (item 6.1.3). Porém, é fato que a calibração deve ser feita utilizando-se padrão rastreável, com calibração feita pela Rede Brasileira de Calibração, RBC.

Conclui-se que a falta de informação quanto à periodicidade de calibração dos instrumentos que indiquem a pressão de operação de vasos e caldeiras deixa uma perigosa abertura para que estes trabalhem com instrumentos descalibrados, aumentando assim o risco de graves acidentes, portanto cabe ao estabelecimento estabelecer um plano de calibração efetivo para evitar tais riscos.

A Figura 3.16, mostra um manômetro padrão instalado em uma balança comparadora hidráulica e a Figura 3.17 traz o manômetro que foi calibrado.



Figura 3.16 – Manômetro padrão instalado em uma balança comparadora hidráulica.



Figura 3.17 – Manômetro Calibrado.

3.2.24 NBR8189 e NR13

Apresenta-se esta norma para complementar a norma NB14105, exposta anteriormente, pois é fato que a padronização de termos técnicos é muito válida para mitigar riscos de erro de informação, inspeção e manutenção.

3.2.25 IBP-10 e NR13

O item 13.10.4 da NR13 mostra o prazo máximo em que as válvulas de segurança podem ser inspecionadas, enquanto que o item 5 do IBP-10 traz o programa e a periodicidade de calibração, por isso pode ser utilizado como apoio ao controle de manutenção nas válvulas de segurança.

NR13 Item 13.10.4:

As válvulas de segurança dos vasos de pressão devem ser desmontadas, inspecionadas e recalibradas por ocasião do exame interno periódico (sempre).

A periodicidade do exame interno periódico conforme NR13 varia de 3 a 10 anos, dependendo da categoria do vaso. No entanto, estes são limites máximos, sendo que a calibração das válvulas de segurança pode e deve ter uma periodicidade reduzida em virtude do histórico de manutenção, de utilização severa ou a critério do Profissional Habilitado.

O guia do IBP apresenta sugestão de prazos que podem ser aplicados, porém o plano e programa de calibração devem ser itens analisados e concebidos por cada estabelecimento em especial.

As Figuras 3.18 e 3.19 mostram exemplos de válvulas de segurança.



Figura 3.18 – Válvula de Segurança de um Trocador de Calor.



Figura 3.19 – Válvula de Segurança de uma Caldeira.

3.2.26

API 576 e NR13

Conforme exposto anteriormente, a NR13 menciona a ocasião de inspeção nas válvulas de segurança em seu item 13.10.4. A API576 cita entre outras informações, os tipos de inspeção que podem ser executados em válvulas de segurança nos itens 6.4.2, 6.5.2, 6.5.3 e 6.5.4, e se configura em um importante apoio para a garantia da integridade física dos equipamentos que protegem.

API576 Item 6.4.2 – Inspeção Visual em Serviço:

Inspeções Visuais em Serviço são feitas com o propósito de detectar problemas nas práticas de manutenção e operação em componentes que estão ligados às válvulas.

API576 Item 6.5.2 – Inspeção em Novas Instalações:

Esta inspeção é feita para determinar qualquer dano ou mudança no ajuste da fábrica devido ao transporte, confirmar a pressão de ajuste e iniciar registros apropriados.

API576 Item 6.5.3 – Inspeção Não Programada:

Tem extrema urgência quando a válvula não abre dentro de sua tolerância de pressão. Se a válvula abre na correta pressão de ajuste mas falha ao fechar, a urgência da inspeção depende do tipo e quantidade de vazamento, de seu impacto ambiental e humano e das características da substância, se é tóxica, inflamável ou incruastante.

API576 Item 6.5.4 – Inspeção Depois de Paradas Extensivas

Realizada obrigatoriamente depois que a válvula fica aberta por um longo período para assegurar que problemas como corrosão, incrustação, tamponamento e outros que impediriam um funcionamento adequado do dispositivo, não ocorram durante as próximas aberturas.

3.2.27 ASME Seção I Item PG-69 e NR13

O item PG-69 menciona a necessidade de um certificado de capacidade de alívio destas válvulas, algo muito importante e que dificilmente é encontrado na realidade das empresas que utilizam vapor gerado por suas próprias caldeiras.

ASME Item PG-69 – Certificação da Capacidade de Alívio das Válvulas de Segurança:

Antes que o símbolo do código ASME seja estampado nas válvulas de segurança, o fabricante deve ter certificado a capacidade de alívio de suas válvulas.

3.2.28 ASME Seção VIII Divisão 1 Item UG-129 e NR13

O item UG-129 estipula quais informações técnicas devem existir gravadas no corpo da válvula.

ASME VIII Item UG-129:

Todos os tipos de válvula de segurança devem ser planamente gravadas pelo fabricante com os dados requeridos, de tal forma que esta gravura não se adultere em serviço. A gravação pode ser feita no corpo da válvula ou em uma placa fixada no mesmo para trazer as seguintes informações:

- (1) Nome ou abreviação aceitável do fabricante;
- (2) Número de série;
- (3) Bitola da Válvula;
- (4) Ajuste de pressão; e
- (5) Capacidade de Alívio.

3.3 Estudo de Casos

Nos estudos de casos, será exposta a experiência adquirida em mais de 5 anos de inspeções realizadas e registradas em acervo técnico pessoal do CREA através de mais de 600 ART's recolhidas em 8 diferentes estados, além do resultado de uma longa pesquisa que mostrará técnicas alternativas de inspeção e também o conhecimento de vários inspetores. O objetivo é auxiliar os Profissionais Habilitados a realizar sólidas inspeções e garantir a segurança de operação e manutenção de vasos de pressão e caldeiras. Vale lembrar que em muitos estudos apresentados, serão referenciados acidentes mencionados anteriormente na revisão bibliográfica, sempre sugerindo ações que poderiam ter evitado os mesmos.

3.3.1 Caldeiras Aquotubulares

Caldeiras aquotubulares são assim denominadas porque dentro de seus tubos circula água. Atualmente existem cinco caldeiras deste tipo instaladas na casa de força da Fábrica São Paulo da Goodyear. No final de 2008, foi elaborada a reconstituição do prontuário técnico, exigido no item 13.1.6.1 da NR13, para tais caldeiras. Ao analisar as documentações pertinentes para levantamento de dados, notou-se uma falha na periodicidade de realização do teste hidrostático. Tal teste vinha sendo realizado anualmente. O importante a ser ressaltado é que o teste hidrostático realizado anualmente pode contribuir negativamente e pode ser desnecessário se nenhuma parte pressurizada sofrer alteração. Esta ocorrência, já observada anteriormente em outras empresas, se faz possível pelo fato de que o item 13.5.2 da NR13 menciona apenas a necessidade de realização do teste hidrostático na inspeção de segurança inicial da caldeira, ou seja, antes da mesma entrar em operação, mas não estipula sua periodicidade e é produto do responsável em aplicá-lo, principalmente quando alguma parte fundamental sofre alteração significativa, uma mudança de projeto, por exemplo.

Prazos estipulados pela NBR 12177-2 podem ser utilizados como referência. Esta mudança proporcionou menor ciclo de tensões desnecessárias ao equipamento, contribuindo para o aumento de vida remanescente, diminuição à exposição de riscos de acidente, além de uma redução significativa no custo de manutenção. A Figura 3.20 mostra uma das caldeiras cujo prontuário técnico foi reconstituído e a periodicidade do teste hidrostático padronizada em 10 anos.

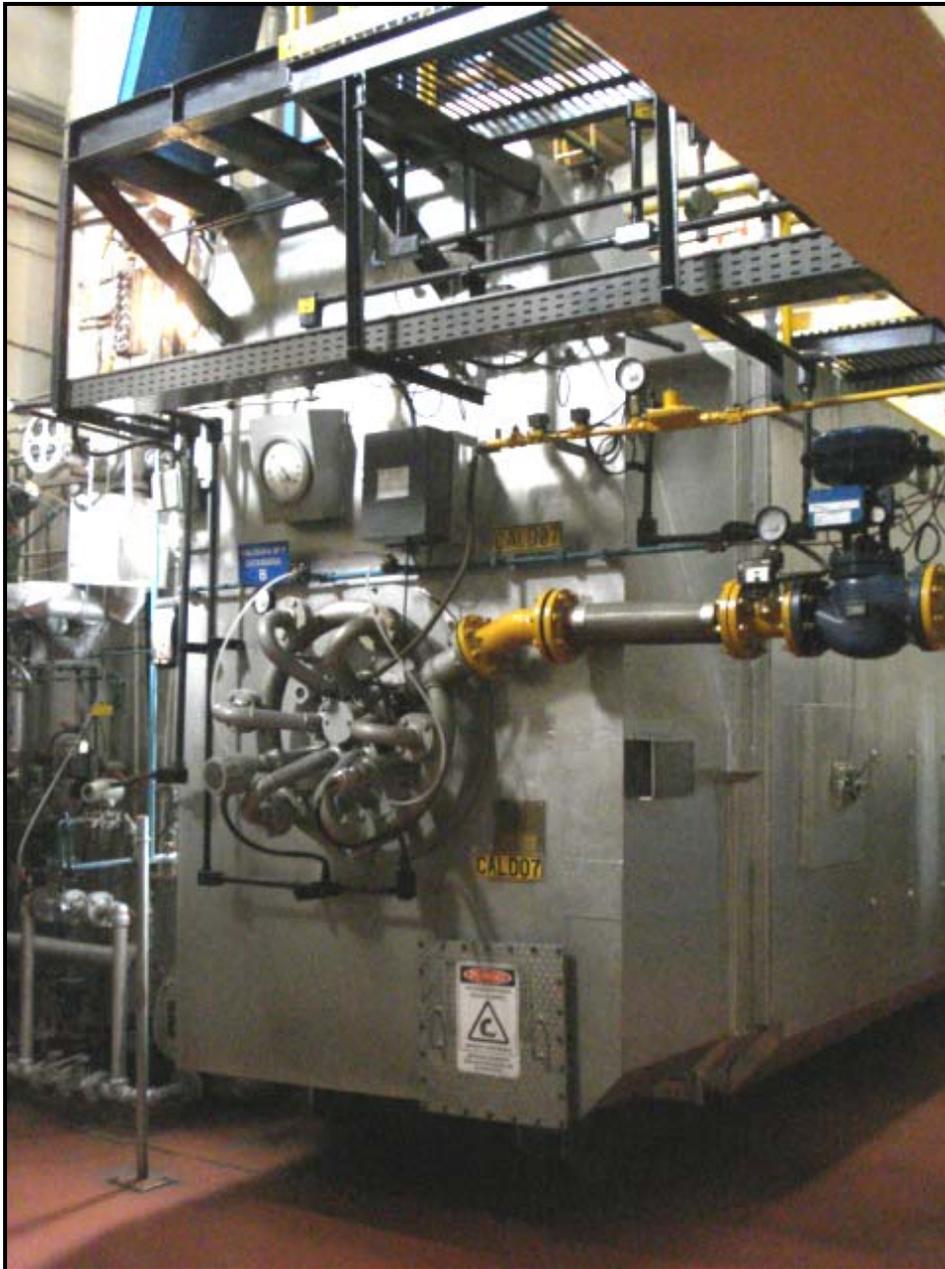


Figura 3.20 – Caldeira Aquotubular.

3.3.2 Caldeiras Flamotubulares

Caldeiras flamotubulares são assim denominadas porque dentro de seus tubos fluem os gases quentes provenientes da combustão. Foi realizado em 2007, o “start-up” de uma caldeira deste tipo instalada dentro do pátio industrial da ACHÉ Laboratórios localizada na Rodovia Presidente Dutra na região de Guarulhos. Na ocasião, seguiram-se à risca todas as exigências

da NR13, como elaboração de toda documentação e identificação, projeto de instalação, acompanhamento de estágio obrigatório, execução da inspeção inicial, constituída pelos exames visuais externo e interno e pelos testes hidrostático e de acumulação e também o registro protocolado de toda documentação gerada no devido sindicato, para atender especificamente ao item 13.5.12 da NR13.

Esta caldeira ainda se encontra em operação contínua, sem ter dado qualquer indício de falha ou acidente. Acredita-se que isto se deve pelo fato de que os responsáveis da ACHÉ Laboratórios tratam com seriedade a segurança e conseqüentemente, a vida de seus funcionários, através de inspeções e manutenções realizadas no prazo, por empresas qualificadas para tal. A Figura 3.21 a caldeira flamotubular instalada na ACHÉ, de fabricação da empresa dinamarquesa Aalborg.



Figura 3.21 – Caldeira Flamotubular.

3.3.3 Tanques Criogênicos

São denominados tanques criogênicos aqueles que trabalham com gases altamente refrigerados em estado líquido, com temperatura de operação na ordem de 176°C negativos. Argônio, Oxigênio e Nitrogênio, são fluidos comumente utilizados neste tipo de tanque. A White Martins, uma das maiores distribuidoras destes gases, é também uma grande fabricante de tanques criogênicos. Ao longo de 4 anos, foram realizadas inspeções na maioria dos tanques criogênicos da White Martins da região da base de Campinas. Serão apresentados dois exemplos deste tipo de vaso de pressão, nos quais foram atendidas as exigências da NR13. O item 13.10.3.6 da NR13 menciona que vasos com temperatura de operação menor que zero grau e que operem em condições comprovadas de não haver deterioração, ficam dispensados do teste hidrostático periódico, sendo obrigatório o exame visual interno a cada 20 anos e o exame visual externo a cada 2 anos. Como os tanques criogênicos não possuem boca de visita, pois são constituídos por um tanque interno e um interespaço entre este e a camisa externa, torna-se impossível realizar tal exame. Consultando o item 13.10.3.1, vemos que vasos que não permitam o exame visual interno por impossibilidade física, ou seja, ausência de boca de visita, devem ser testados hidrosticamente em substituição, mas a experiência nos mostra que o contato de qualquer resquício de água com tais gases provoca o congelamento imediato de todo sistema, o que torna o teste hidrostático tecnicamente inviável. Foi solucionado tal problema pela execução do teste pneumático, previsto no item 13.10.3.7 da NR13 para substituir o teste hidrostático que por sua vez substitui o exame visual interno exigido a cada 20 anos para tanques criogênicos, restando apenas a necessidade do exame visual externo a cada 2 anos de acordo com o item 13.10.3.6 da NR13. As Figuras 3.22 e 3.23 mostram exemplos deste tipo de equipamento com mais de 20 anos de existência, que foram inspecionados conforme descrição acima.



Figura 3.22 – Vaso de Nitrogênio Líquido.



Figura 3.23 – Vaso de Argônio Líquido.

3.3.4 Prontuário Técnico

Em janeiro de 2008, foi solicitada a elaboração do prontuário técnico de um tanque para armazenamento de Dióxido de Carbono (CO_2) de fabricação White Martins que seria instalado dentro da Petroquímica União na região de Capuava no estado de São Paulo. A PQU, muito criteriosa para aquisição de qualquer vaso de pressão, exigiu o prontuário de tal vaso para verificação, antes da entrada do mesmo dentro de suas dependências. Para isto, deveriam constar os dados mínimos especificados no item 13.6.4.a da NR13. A White Martins forneceu o código de projeto com ano de edição, procedimentos utilizados na fabricação e montagem, memorial de cálculos, as características funcionais do equipamento e o ano de fabricação do mesmo. Realizou-se então o Exame Visual Interno, o Ensaio por Líquido Penetrante, o Ensaio por Ultra-Som, o Teste Hidrostático, a Medição de Espessura da chapas e o desenho dimensional do vaso. Atendidas todas as exigências, foi elaborado o prontuário técnico e liberada, após análise e aprovação da documentação, a instalação do equipamento. A Figura 3.24 traz o vaso em questão.



Figura 3.24 – Tanque de CO_2

As Figura 3.25, 3.26, 3.27, 3.28, 3.29, 3.30, 3.31 e 3.32 mostram respectivamente a realização do exame visual interno, o ensaio por líquido penetrante, o ensaio por ultra-som e o resultado da medição de espessura deste vaso.



Figura 3.25 – Exame Visual Interno.

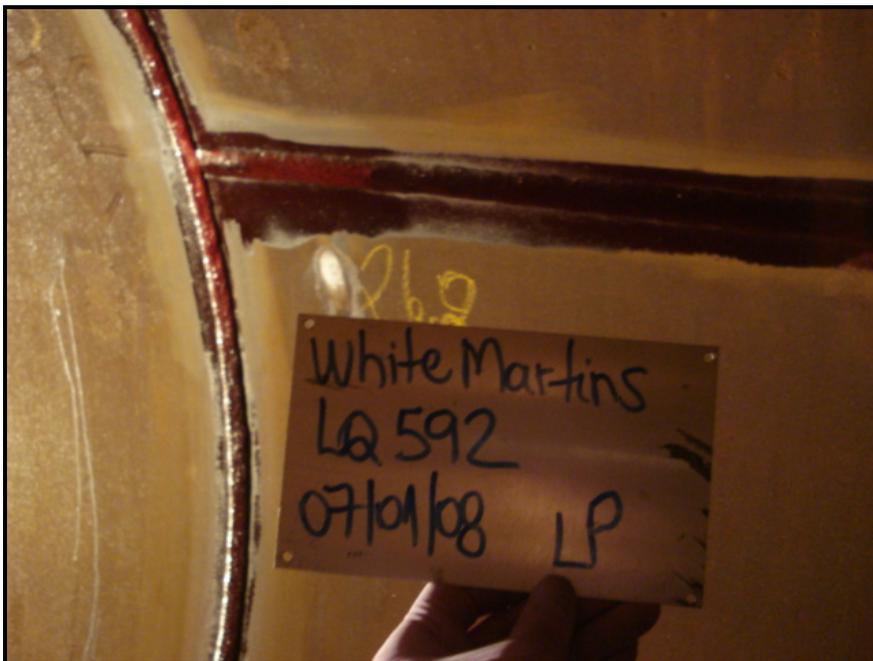


Figura 3.26 – Exame por Líquido Penetrante.



Figura 3.27 – Ensaio por Ultra-som.

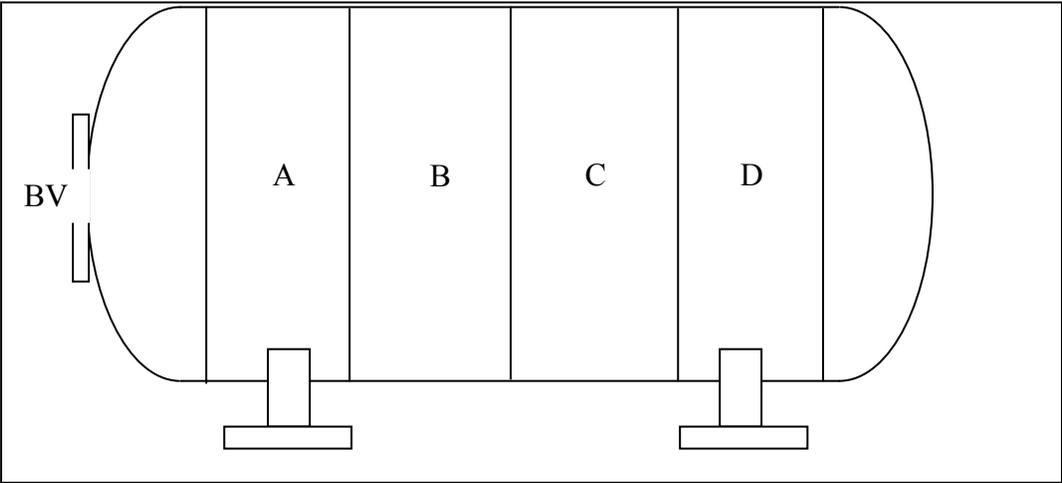


Figura 3.28 – Indicação das chapas medidas no ensaio por Ultra-som.

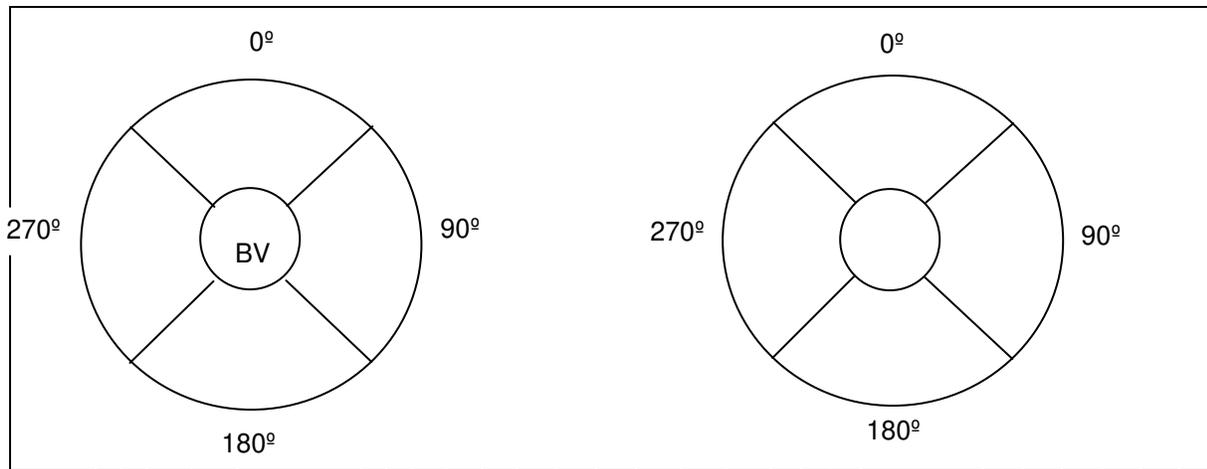


Figura 3.29 – Indicação dos tampos medidos no ensaio por Ultra-som.

JCB				RELATÓRIO DE ULTRA SOM				N°: 40238 A			
				MEDIÇÃO DE ESPESSURA				PÁG.: 1/1			
CLIENTE: WHITE MARTINS GASES INDUSTRIAIS				OP/OS: -				DATA: 7/1/2008			
Norma: ASME V				Procedimento Rev.: ME-P-001		0		Temperatura da Peça Medida (°C) 30 °C			
Aparelho: Modelo/Fabricante USE 100 / Eddytronic				Identificação/N° Série: 988		Certificado de Calibração: 0160/07					
Transdutor: Modelo/Fabricante Especifico do aparelho				N° Série/Frequência: 5 Mhz		Acoplante: Metil					
Bloco Padrão: Escada				Identificação: JCB-BLP-01		Certificado de Calibração: 120/07					
Identificação da Peça: VASO DE DIÓXIDO CARBONO-CO2				Especificação do Material Base: ASTM A-516-70		Ajuste do Aparelho (m/s) 5920					
Número da Medição	Medida Mínima (mm)	Medida Encontrada (mm)	Laudo	Número da Série	Medida Mínima (mm)	Medida Encontrada (mm)	Laudo	Número da Série	Medida Mínima (mm)	Medida Encontrada (mm)	Laudo
ANEL A				ANEL B				.....	.....	.....	.....
1	25,90	26,10	A	1	25,90	26,00	A	.....	.....	.....	.....
2	25,90	26,00	A	2	25,90	26,10	A	.....	.....	.....	.....
3	25,90	26,10	A	3	25,90	25,90	A	.....	.....	.....	.....
4	25,90	26,20	A	4	25,90	26,00	A	.....	.....	.....	.....
5	25,90	26,10	A	5	25,90	26,10	A	.....	.....	.....	.....
6	25,90	26,10	A	6	25,90	26,20	A	.....	.....	.....	.....
7	25,90	26,20	A	7	25,90	26,10	A	.....	.....	.....	.....
8	25,90	26,20	A	8	25,90	26,20	A	.....	.....	.....	.....
9	25,90	26,30	A	9	25,90	26,00	A	.....	.....	.....	.....
10	25,90	26,10	A	10	25,90	26,10	A	.....	.....	.....	.....
11	25,90	26,10	A	11	25,90	25,90	A	.....	.....	.....	.....
12	25,90	26,00	A	12	25,90	26,00	A	.....	.....	.....	.....
.....

Figura 3.30 – Cópia da 1ª parte do relatório de Medição de Espessura por Ultra-som.

JCB				RELATÓRIO DE ULTRA SOM				N°: 40238 B			
				MEDIÇÃO DE ESPESSURA				PÁG.: 1/1			
CLIENTE: WHITE MARTINS GASES INDUSTRIAIS				OP/OS: -							
Norma: ASME V				Procedimento Rev.: ME-P-001 | 0				Temperatura da Peça Medida (°C) 30° C			
Aparelho: Modelo/Fabricante USE 100 / Eddytronic				Identificação/N° Série: 988				Certificado de Calibração: 0160/07			
Transdutor: Modelo/Fabricante Especifico do aparelho				N°Série/Frequência: 5 Mhz				Acoplante: Metil			
Bloco Padrão: Escada				Identificação: JCB-BLP-01				Certificado de Calibração: 120/07			
Identificação da Peça: VASO DE DIÓXIDO CARBONO-CO2				Especificação do Material Base: ASTM A-516-70				Ajuste do Aparelho (m/s) 5920			
Número da Medição	Medida Mínima (mm)	Medida Encontrada (mm)	Laudo	Número da Série	Medida Mínima (mm)	Medida Encontrada (mm)	Laudo	Número da Série	Medida Mínima (mm)	Medida Encontrada (mm)	Laudo
ANEL C				ANEL D				.....	.....	.....	.....
1	25,90	26,40	A	1	25,90	26,30	A	.....	.....	.....	.....
2	25,90	26,20	A	2	25,90	26,40	A	.....	.....	.....	.....
3	25,90	26,30	A	3	25,90	26,20	A	.....	.....	.....	.....
4	25,90	26,40	A	4	25,90	26,50	A	.....	.....	.....	.....
5	25,90	26,50	A	5	25,90	26,30	A	.....	.....	.....	.....
6	25,90	26,30	A	6	25,90	26,40	A	.....	.....	.....	.....
7	25,90	26,30	A	7	25,90	26,40	A	.....	.....	.....	.....
8	25,90	26,20	A	8	25,90	26,30	A	.....	.....	.....	.....
9	25,90	26,40	A	9	25,90	26,50	A	.....	.....	.....	.....
10	25,90	26,20	A	10	25,90	26,40	A	.....	.....	.....	.....
11	25,90	26,40	A	11	25,90	26,40	A	.....	.....	.....	.....
12	25,90	26,30	A	12	25,90	26,30	A	.....	.....	.....	.....
.....

Figura 3.31 – Cópia da 2ª parte do relatório de Medição de Espessura por Ultra-som.

JCB				RELATÓRIO DE ULTRA SOM				N°: 40238 - C			
				MEDIÇÃO DE ESPESSURA				PÁG.: 1/1			
CLIENTE: WHITE MARTINS GASES INDUSTRIAIS				OP/OS: -				DATA: 7/1/2008			
Norma: ASME V				Procedimento Rev.: ME-P-001 | 0				Temperatura da Peça Medida (°C) 30 °C			
Aparelho: Modelo/Fabricante USE 100 / Eddytronic				Identificação/N° Série: 988				Certificado de Calibração: 0160/07			
Transdutor: Modelo/Fabricante Especifico do aparelho				N°Série/Frequência: 5 Mhz				Acoplante: Metil			
Bloco Padrão: Escada				Identificação: JCB-BLP-01				Certificado de Calibração: 120/07			
Identificação da Peça: VASO DE DIÓXIDO CARBONO-CO2				Especificação do Material Base: ASTM A-516-70				Ajuste do Aparelho (m/s) 5920			
Número da Medição	Medida Mínima (mm)	Medida Encontrada (mm)	Laudo	Número da Série	Medida Mínima (mm)	Medida Encontrada (mm)	Laudo	Número da Série	Medida Mínima (mm)	Medida Encontrada (mm)	Laudo
TAMPO - LADO BOCA DE VISITA				TAMPO				.....	.....	.....	.....
1	10,50	10,60	A	1	10,50	10,80	A	.....	.....	.....	.....
2	10,50	10,80	A	2	10,50	10,90	A	.....	.....	.....	.....
3	10,50	10,90	A	3	10,50	11,00	A	.....	.....	.....	.....
4	10,50	10,80	A	4	10,50	10,80	A	.....	.....	.....	.....
5	10,50	10,90	A	5	10,50	10,80	A	.....	.....	.....	.....
6	10,50	10,90	A	6	10,50	10,90	A	.....	.....	.....	.....
7	10,50	10,80	A	7	10,50	11,00	A	.....	.....	.....	.....
8	10,50	10,60	A	8	10,50	10,80	A	.....	.....	.....	.....
9	10,50	10,70	A	9	10,50	10,80	A	.....	.....	.....	.....
10	10,50	10,70	A	10	10,50	10,90	A	.....	.....	.....	.....
11	10,50	10,90	A	11	10,50	10,80	A	.....	.....	.....	.....
12	10,50	10,80	A	12	10,50	10,80	A	.....	.....	.....	.....
.....

Figura 3.32 – Cópia da 3ª parte do relatório de Medição de Espessura por Ultra-som.

3.3.5 Teste Hidrostático em Vasos de Pressão

3.3.5.1 Acidente x Prevenção

O item 2.4.10.1 deste trabalho trouxe um acidente provavelmente ocorrido devido à temperatura errada na execução do teste hidrostático. Sabe-se que o item 13.10.2 da NR13 exige a realização de tal teste e deixa toda responsabilidade sobre o Profissional Habilitado que deve buscar informações em outras normas para aquisição dos parâmetros necessários. Para isto existe o item UG-99 da norma ASME VIII Divisão 1 que especifica claramente, além de outras especificações, a temperatura mínima e máxima para a realização de testes hidrostáticos, informação esta que se houvesse sido seguida, poderia ter evitado tal acidente.

3.3.5.2 Exemplo de Realização Correta

Foi realizado no final de 2008 na REPLAN, Refinaria do Planalto da Petrobras, o teste hidrostático nas cinco esferas novas para armazenagem de GLP, fabricadas pela CONFAB. Para evitar ocorrências como o acidente mencionado acima, a temperatura interna e externa das esferas foi monitorada através de termopares para garantir que o fluido não atingisse a mínima, nem ultrapassasse a máxima temperatura especificada na ASME. Não somente esta providência foi tomada, mas um procedimento exclusivo para a realização de cada teste foi elaborado e devidamente aprovado pelos responsáveis da Petrobras e da CONFAB. Tal procedimento incluía qual a temperatura e pressão de teste, forma de pressurização e despressurização, dispositivos de segurança e monitoramento do teste, inclusive o local de instalação dos mesmos, registro eletrônico de todo processo, isolamento efetivo da área, cálculo da PMTA e outras informações pertinentes à segurança para mitigar qualquer possibilidade de acidente. Serão mencionadas a título informativo, algumas características da esfera e do teste como os 18,5 metros de diâmetro interno da esfera que tem a PMTA fixada em 17,6 kgf/cm² e a pressão do teste que foi de 22,03 kgf/cm², com aproximadamente 5 horas de pressurização. A Figura 3.33 mostra uma das esferas em que foi realizado o teste hidrostático.



Figura 3.33 – Esfera de GLP da Petrobras.

3.3.6 Teste Hidrostático em Tubulação

Vasos de pressão em unidades de processo trabalham interligados por tubulação. Desde que projetados para a mesma pressão e estejam definidas as mesmas PMTA's, a prática do Teste Hidrostático em conjunto pode ser aplicada quando for garantido que a tubulação que os interliga também dispõe de total integridade para assumir a pressurização sem riscos. Como exemplo é exposta a situação em que foi realizado conjuntamente o Teste Hidrostático em 12 trocadores de calor que formam uma unidade de resfriamento de água de uma máquina laminadora instalada na fábrica São Paulo da Goodyear. Na ocasião, critérios da norma ASME B31.3 foram observados como subsídio técnico para minimização da possibilidade de ocorrência indesejada. As Figuras 3.34, 3.35, 3.36, 3.37 e 3.38 mostram respectivamente a máquina laminadora, a vista frontal e a vista superior da bateria de trocadores, um dos trocadores e uma das tubulações de interligação dos vasos que foram submetidos ao teste hidrostático.



Figura 3.34 – Máquina Laminadora.



Figura 3.35 – Unidade de Controle de Temperatura da Água (Vista Frontal).



Figura 3.36 – Unidade de Controle de Temperatura de Água (Vista Superior).



Figura 3. 37 – Trocador de Calor da Unidade de Controle.

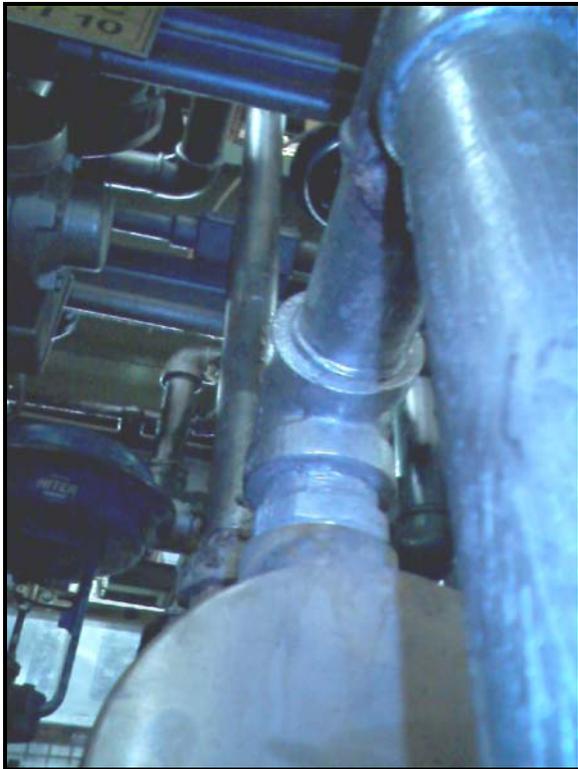


Figura 3.38 – Tubulação de Interligação dos Trocadores.

3.3.7 Teste Pneumático

3.3.7.1 Acidente x Prevenção

O item 2.4.9.1 deste trabalho trouxe um acidente provavelmente ocorrido devido à falha mecânica de um flange durante a execução do teste pneumático.

Sabe-se que o item 13.10.3.4 da NR13 permite que o teste pneumático seja feito em substituição ao teste hidrostático, porém os parâmetros e procedimentos para execução devem ser definidos pelo responsável técnico. Neste caso, o Profissional Habilitado deve buscar em outras normas e procedimentos consagrados, as informações devidas. Para isto existe o item UG-100 da norma ASME VIII Divisão 1 que especifica claramente, além de outros dados, a pressão e a temperatura mínima e máxima para a realização de testes pneumáticos.

3.3.7.2 Exemplo de Controle de Tempo de Pressurização

Como exemplo, é mencionado um teste pneumático efetuado em uma unidade hidráulica instalada na Fábrica São Paulo da Goodyear. Esta unidade possui dois acumuladores de pressão compostos pelo vaso em si e por um diafragma que trabalha dentro dele. O fluido de circulação é óleo e internamente ao diafragma, o nitrogênio. Este sistema funciona como um regulador de pressão. Neste caso, o teste hidrostático com água é tecnicamente inviável, pois o sistema, que trabalha com óleo, não pode ser contaminado. Ensaaios não destrutivos convencionais como Ultra-som e Medição de Espessura podem ser aplicados em complemento a um teste de pressão. Para pressurização poderia ter sido adotado o próprio fluido de trabalho ou o teste pneumático. Optou-se então pelo teste pneumático. Como a pressão de teste foi elevada, na ordem de 110 kgf/cm², gerando assim um grande perigo, elaborou-se um procedimento no qual existia o tempo e velocidade de pressurização do sistema, justamente para evitar riscos de falha.

Como recomendação antes da realização de um teste pneumático, deve-se ter total garantia de que não haja defeitos contidos nas chapas que compõe o equipamento. O equipamento deve ser exaustivamente inspecionado por técnicas não destrutivas para tal constatação. Para garantir a segurança, seria realizar o teste pneumático, se possível, dentro de uma camisa, ou seja, em um compartimento cheio de água para que em caso de falha, esta absorva o impacto gerado pela explosão. A Figura 3.39 mostra a unidade hidráulica com os dois acumuladores referenciados.



Figura 3.39 – Acumuladores Hidráulicos.

3.3.7.3 Alternativa para Teste Pneumático

O monitoramento de um teste pneumático é feito através de um controlador de pressão, que pode ser um transmissor de pressão ou um manômetro. Durante a pressurização e principalmente durante o patamar de observação, depois de atingida a pressão de teste, controla-se qualquer vazamento visualmente, através da aplicação de sabão ou outro produto que acuse qualquer passagem de gás e também pela estabilidade do manômetro, ou seja, se a pressão indicada no manômetro mantiver-se constante, sem queda, não existe vazamento. Porém, ao testar pneumaticamente vasos de grande porte, um pequeno vazamento não é detectado por nenhum dos métodos mencionados. Para isto, uma outra técnica vem sendo aplicada, a detecção de halogênios. A utilização do gás Hélio para pressurização elimina tal problema. O gás Hélio pode ser facilmente registrado com o auxílio de uma luz indicadora quando exposto à atmosfera, tornando qualquer vazamento prontamente perceptível. Com esta técnica, temos um custo maior, mas também o aumento da garantia e confiabilidade de testes pneumáticos.

3.3.8 Categorização de Vasos de Pressão

Para a ASME VIII, vasos que operem com menos de 15 psi não são considerados como vasos de pressão, enquanto que o Anexo III da NR13, que enquadra os equipamentos como sendo ou não vasos de pressão, não menciona tal informação. No entanto, o item 1.b do Anexo III menciona que vasos que operem com fluido de classe A são considerados vasos de pressão independente do produto $P \times V$.

Em 2007, foi realizada a inspeção inicial exigida pela NR13 em um tanque de estocagem de Etanol instalado na ACHÉ Laboratórios, projetado conforme Norma DIN. O Etanol é tido como classe A por ser inflamável, o que enquadra tal equipamento dentro do escopo da NR13, mesmo sendo um tanque de estocagem e operando à pressão inferior a 15 psi. Acredita-se que uma grande quantidade de fluido inflamável estocada em um tanque gera constante perigo de explosão devido à característica da atividade, merecendo cuidados especiais como manutenção preventiva e um bom plano de inspeção para excluir qualquer risco de acidente. Neste caso, ao levar em consideração a norma ASME VIII, se deixaria de inspecionar tal vaso, deixando assim que a sorte cuidasse da segurança operacional do mesmo, mas foi utilizado o que versa no Anexo III da NR13, garantindo assim que inspeções fossem realizadas. A Figura 3.40 mostra este vaso.



Figura 3.40 – Vaso para estocagem de Etanol.

3.3.9 Tanques de CO₂

Entende-se ser de grande valor a exposição da experiência com tanques de CO₂, pois esta mostra a desprezível deterioração deste tipo de tanques ao longo dos anos. Realizou-se em 2008 a inspeção periódica em dois tanques de fabricação White Martins com 24 anos de diferença na data de fabricação. Os resultados mostraram que houve uma desprezível perda de espessura na chaparia e um baixíssimo índice de deterioração dos componentes externos e internos dos mesmos. As Figuras 3.41, 3.42, 3.43 e 3.44 trazem respectivamente um tanque fabricado em 1971, outro fabricado em 1995, o resultado da medição de espessura do tanque mais novo e a medição do mais velho para comprovar o que foi mencionado em termos de deterioração desprezível.



Figura 3.41 – Vaso fabricado em 1971.



Figura 3.42 – Vaso fabricado em 1995.

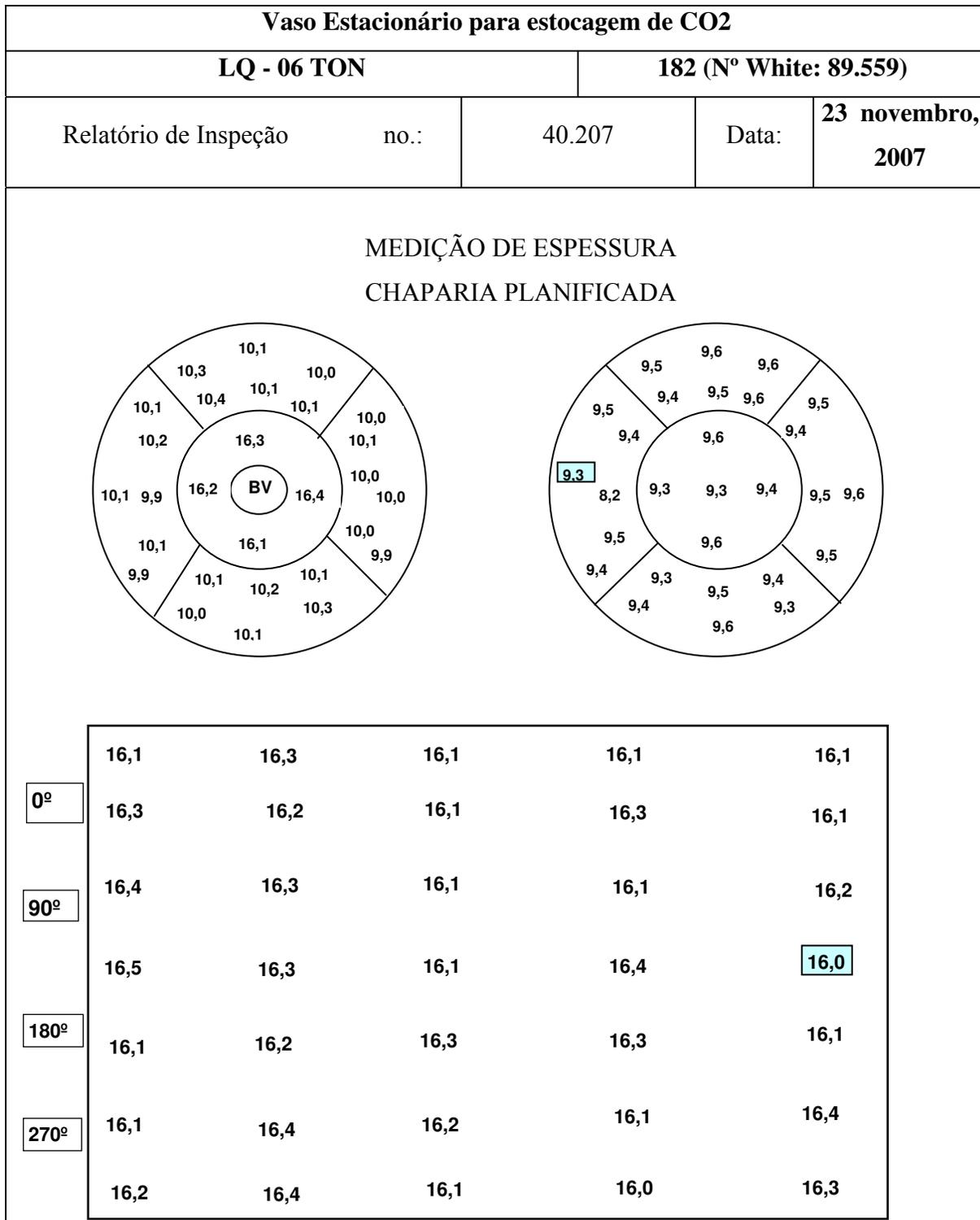


Figura 3.43 – Cópia do relatório de medição de espessura do vaso fabricado em 1971.

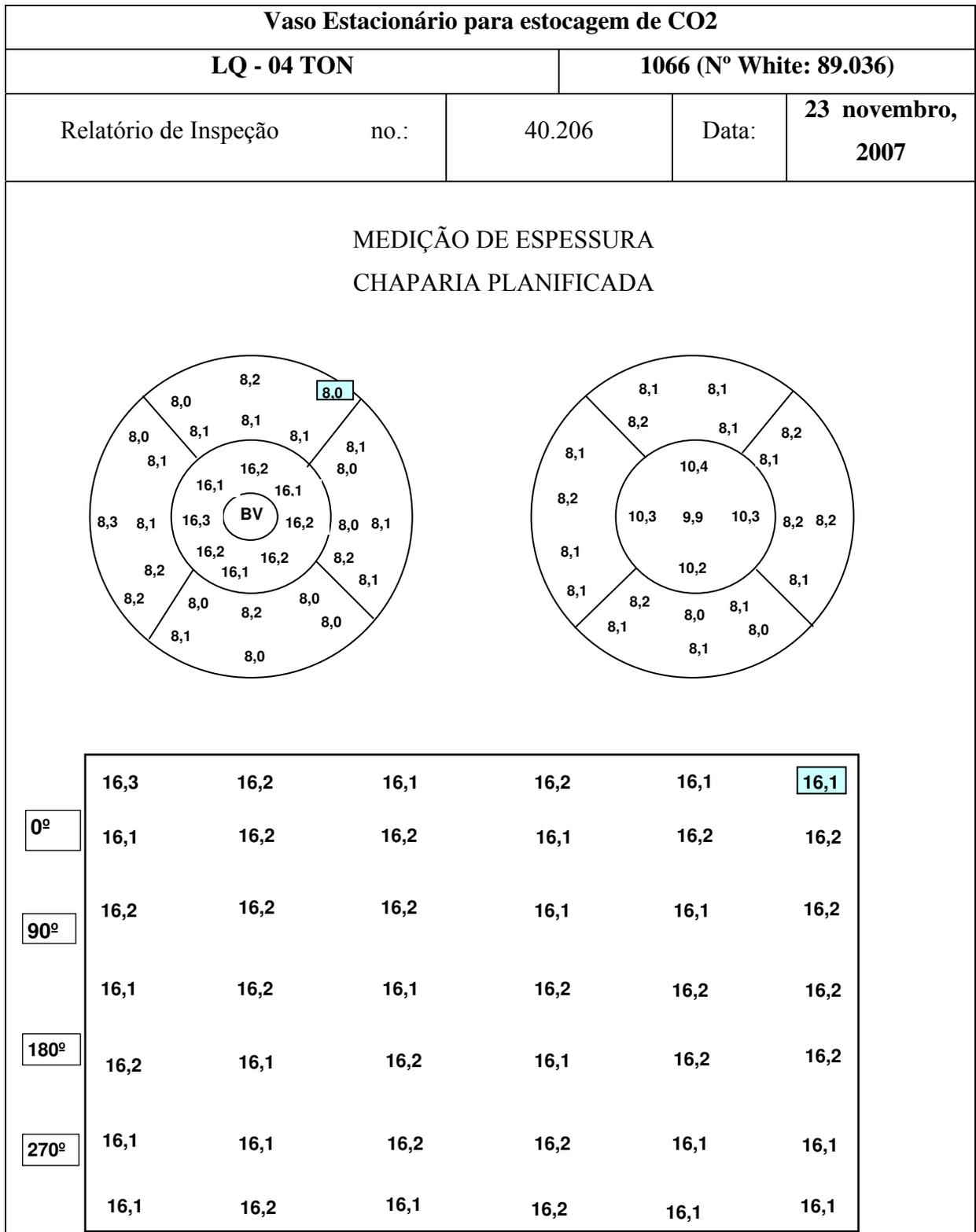


Figura 3.44 – Cópia do relatório de medição de espessura do vaso fabricado em 1995.

3.3.10 Fabricação de Vasos de Pressão

3.3.10.1 Acidente x Prevenção

O item 2.4.8 deste trabalho relata a provável ocorrência de um acidente devido à falha na construção de um tanque de armazenamento de óleo construído com uma chaparia de espessura muito menor que a recomendada, gerando uma contaminação de 30.000 litros de óleo no meio ambiente. Este fato poderia ter sido facilmente evitado se a empresa fabricante de tal tanque seguisse especificações técnicas já consagradas em normas de projeto como a ASME VIII Divisão 1 que traz em seu item UG-27 o cálculo da espessura mínima requerida para a chaparia de vasos de pressão.

3.3.10.2 Exemplo de Construção Correta

Existe na Goodyear um procedimento corporativo, a “CTI – Corporation Technical Information” ou “Informação Técnica da Corporação”, exigindo que a compra de qualquer vaso de pressão seja apenas concretizada mediante a comprovação de que tal equipamento possui o símbolo “U” estampado. A utilização deste símbolo é liberada pela National Board para empresas que comprovem e mantenham sob constante auditoria a fabricação de vasos de pressão conforme a norma ASME VIII Divisão 1 que traz além da espessura mínima requerida, informações de todos os componentes do vaso, necessárias para que o mesmo seja fabricado de maneira segura. Esta exigência elimina o risco de que um vaso de pressão seja instalado dentro de qualquer planta da Goodyear, sem que este tenha sido fabricado de maneira confiável. A Figura 3.45 mostra um aquecedor instalado no vestiário central da Fábrica São Paulo da Goodyear, do qual foi acompanhado todo processo de compra e inspeção inicial, constatando muita seriedade e responsabilidade desta multinacional americana quanto ao cumprimento de normas e procedimentos. Vale lembrar que um bom Plano de Inspeção e Testes pode “cercar” todos os aspectos relevantes de fabricação e projeto de um vaso de pressão, não havendo necessidade de se adquirir, em todas as situações, vasos com selo ASME.

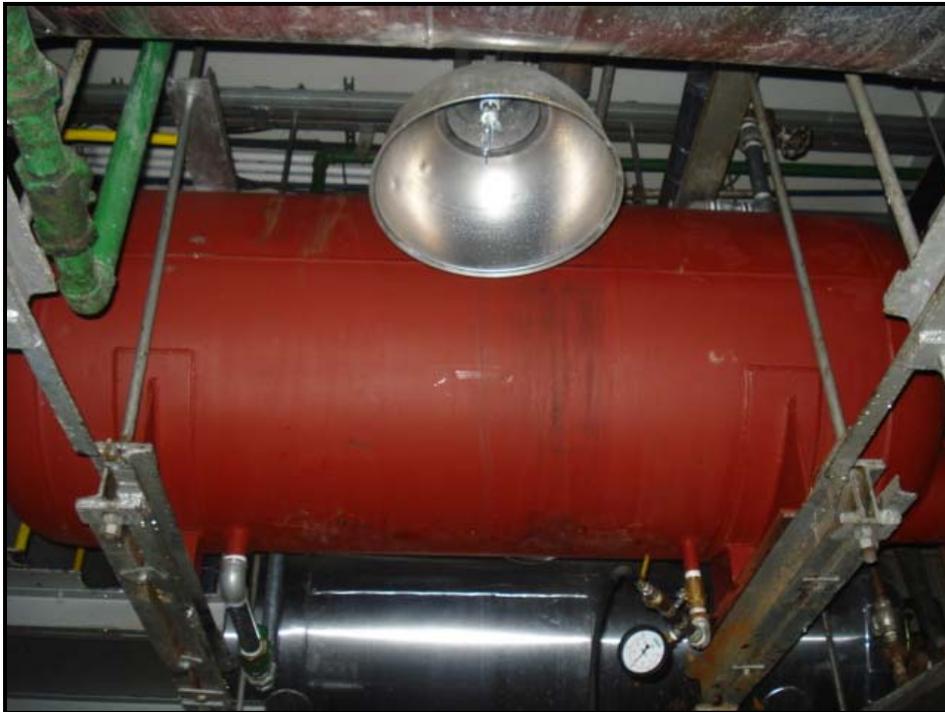


Figura 3.45 – Vaso para aquecimento de água.

3.3.11 Trocadores de Calor

Trocadores de Calor são equipamentos normalmente compostos, principalmente, por tubos para troca térmica (feixe de tubos) instalados no interior de um vaso de pressão e contidos por cabeçotes frontais e traseiros. O Anexo III da NR13 menciona claramente em seus itens “1.a” e “2.e” que trocadores de calor enquadram-se como vaso de pressão, enquanto que serpentinas para troca térmica não se enquadram. Apesar disto, claro está que o feixe tubular faz parte do trocador e deve ser inspecionado juntamente com o mesmo para que a garantia total do equipamento seja garantida. A maioria das placas de fabricante fixadas no corpo dos trocadores de calor trazem, além de outras informações, a pressão de teste hidrostático dos tubos e do casco. Apesar destes valores terem sido obtidos na inspeção de fabricação, podem ser utilizados como referência ao Profissional Habilitado na ocasião das inspeções periódicas para atendimento às exigências da NR13. A Figura 3.46 traz a placa fixada no corpo do trocador e a Figura 3.47 mostra um trocador instalado na Fábrica São Paulo da Goodyear.



Figura 3.46 – Placa do Fabricante de um Trocador de Calor.

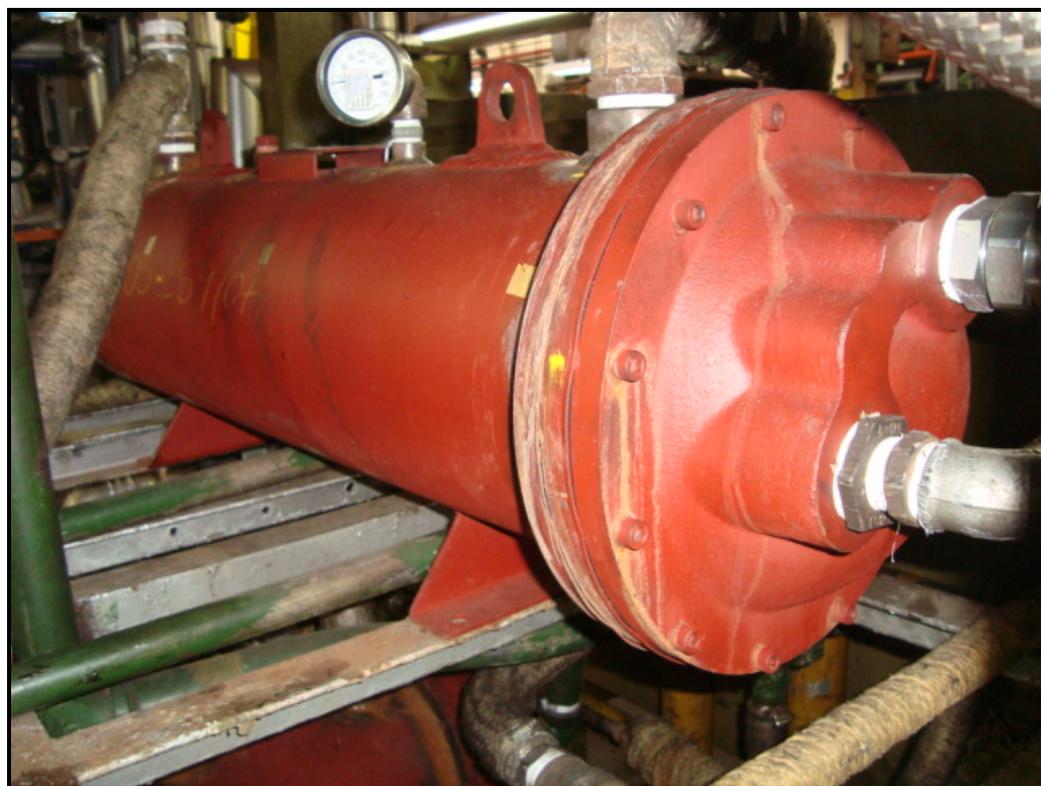


Figura 3.47 – Trocador de Calor.

3.3.12 PMTA

3.3.12.1 Acidente x Prevenção

A PMTA, pressão máxima de trabalho admissível, é um dos itens de segurança mais importantes de todo vaso de pressão, por isso deve ser estabelecida através de cálculos confiáveis como os apresentados na norma ASME VIII Divisão 1. A partir do valor da PMTA é estabelecida a pressão de teste hidrostático e foi provavelmente por excesso de pressão aplicada durante um teste hidrostático que houve a ruptura do vaso apresentado no acidente do item 2.4.10.2 deste trabalho.

3.3.12.2 Exemplo de Cálculo Correto

A FIGURA 3.49 traz como exemplo, uma das 91 prensas de vulcanização de pneus existentes dentro da Fábrica São Paulo da Goodyear. Tal equipamento possui a PMTA exposta na placa do fabricante fixada em seu corpo e a documentação que comprova o cálculo para obtenção de tal valor. Vale lembrar que o item 13.6.4.a da NR13 exige que os cálculos para determinação da PMTA de todo vaso de pressão estejam registrados dentro do prontuário técnico dos mesmos. A PMTA de uma das prensas da Goodyear se encontra à mostra na placa do fabricante conforme a Figura 3.48.

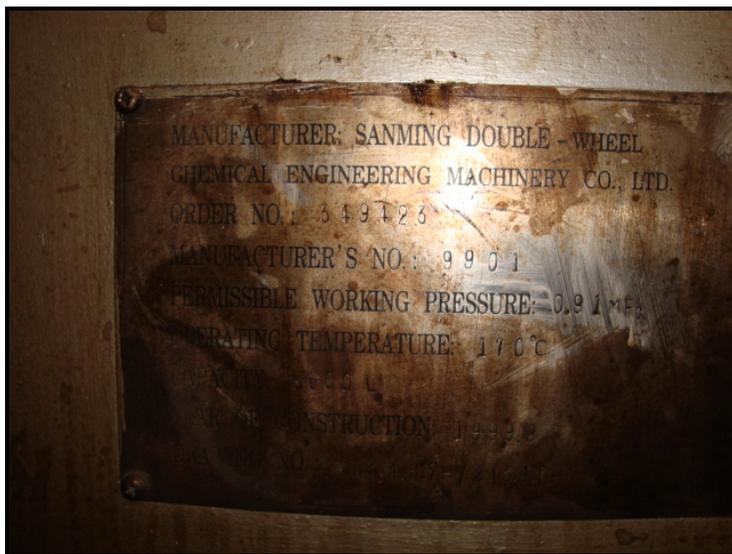


Figura 3.48 – PMTA na Placa do Fabricante.



Figura 3.49 – Prensa Vulcanizadora de Pneus.

3.3.13 Medição de Espessura

3.3.13.1 Acidente x Prevenção

O item 2.4.4 deste trabalho mostra um acidente provavelmente ocorrido pelo rompimento de uma chaparia devido à corrosão da mesma. Este fenômeno é nitidamente perceptível quando localizado no lado externo de vasos de pressão e caldeiras, mas não conseguimos enxergá-lo quando este se dá internamente aos equipamentos. Portanto, evita-se o excesso de corrosão e possíveis acidentes, como o relatado, realizando a medição de espessura da chaparia do equipamento para detectar perda de material e também calcular a vida remanescente do mesmo.

3.3.13.2 Exemplo de Medição de Espessura

A Figura 3.50 mostra um reservatório de ar comprimido no qual foi efetuada a medição de espessura e também o cálculo da vida remanescente do mesmo. É importante enfatizar que para um cálculo de vida remanescente efetivo faz-se necessário que os pontos de medição sejam os mesmos da tomada anterior, por isso é uma boa prática elaborar um mapa de medição para que esta seja sempre executada nos mesmos pontos. A Figura 3.51 mostra o mapa de medição do reservatório mencionado.



Figura 3.50 – Reservatório de Ar Comprimido.

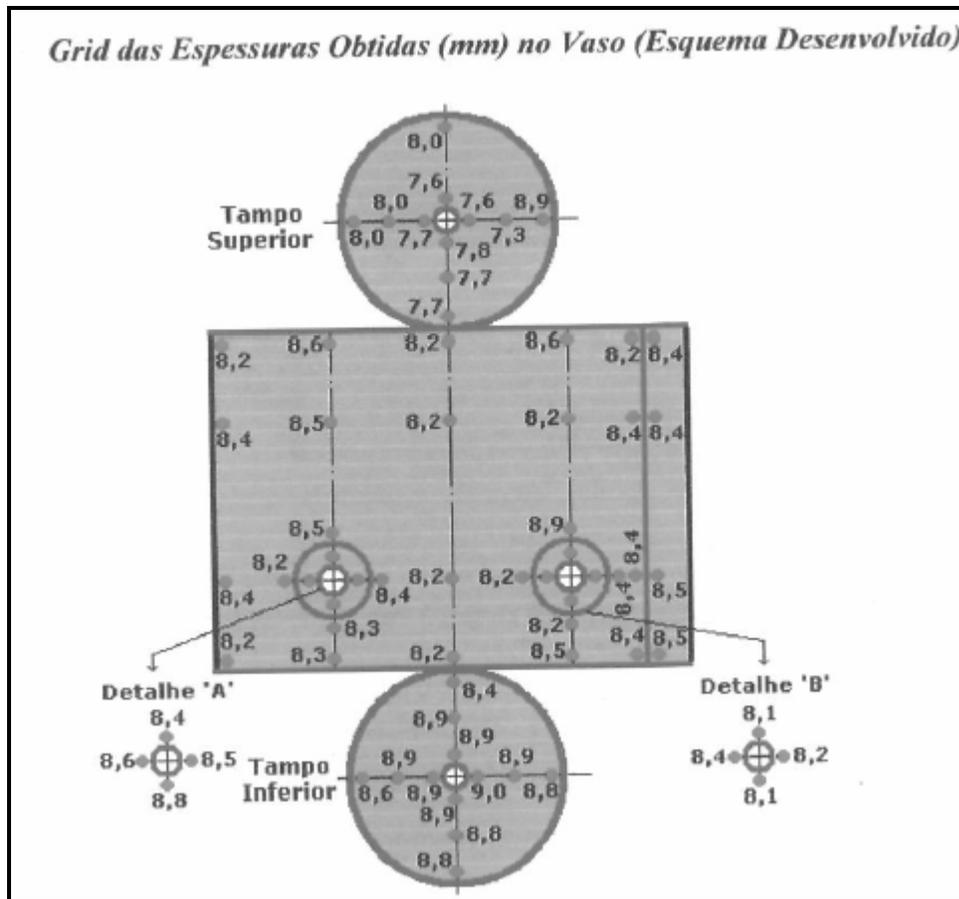


Figura 3.51 – Mapa de Medição de Espessura.

3.3.13.3 Alternativa para Medição de Espessura

Existem vasos de pressão que não possuem boca de visita, tornando impossível a entrada nos mesmos. Nesses casos a medição de espessura é feita externamente, sendo necessária a remoção da tinta que cobre a chapa. Esta prática aumenta o tempo de inspeção e o serviço a ser executado, pois o vaso precisa ser pintado posteriormente. Para isto existe um medidor de espessura que não leva em conta a espessura da tinta, ou seja, mesmo medindo em cima da camada de tinta, o valor obtido é a espessura real da chapa.

3.3.14 Líquido Penetrante

O item 13.10.3.4 da NR13 permite que o teste hidrostático, quando tecnicamente inviável, seja substituído por um conjunto de ensaios que possam fornecer informações sobre a integridade de equipamento. Dentre estes ensaios está o Líquido Penetrante, realizado para detectar trincas ou descontinuidades superficiais. Profissionais Habilitados substituem o teste por técnicas não destrutivas. Foram verificadas, ao longo dos anos, muitas circunstâncias como esta em que foi realizado não somente o ensaio por Líquido Penetrante, mas também o ensaio por Ultra-som em substituição ao hidrostático, como na Kaiser de Jacareí, na White Martins de Campinas, na Kaiser de Ponta Grossa, na ACHÉ Laboratórios de Guarulhos e em muitas outras, inclusive a Fábrica São Paulo da Goodyear, na qual foi feita tal substituição na inspeção do trocador de calor apresentado nas Figuras 3.52, 3.53 e 3.54.

Vale lembrar que um único ensaio não é capaz de garantir a completa integridade do equipamento, sendo necessário um conjunto deles para obter informações que comprovem o real estado do equipamento.



Figura 3.52 – Revelação do LP nas Soldas do cabeçote de um trocador de calor.



Figura 3.53 – Revelação do LP na Solda do respiro de um trocador de calor.

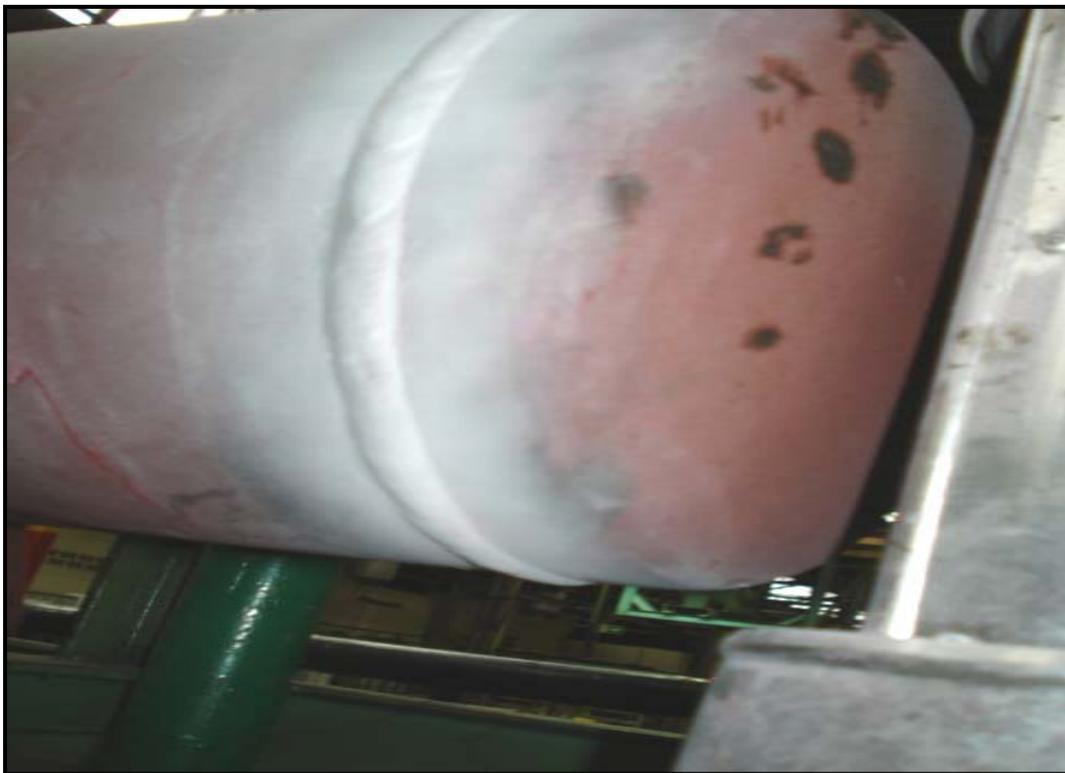


Figura 3.54 – Revelação do LP na solda traseira de um trocador de calor.

3.3.15 Válvulas de Segurança

3.3.15.1 Acidente x Prevenção

O item 2.4.3 deste trabalho relata um acidente provavelmente ocorrido devido à falha de atuação de uma válvula de segurança. Entende-se que este dispositivo é o mais importante na prevenção de falhas por sobre pressão em caldeiras e vasos de pressão, por isso deve ser tratado de maneira criteriosa. Atualmente, é feita a manutenção de 380 válvulas de segurança e alívio que estão instaladas na Fábrica São Paulo da Goodyear, onde existe uma constante revisão do histórico de manutenção de todas elas, justamente para definir a periodicidade de calibração das mesmas. O controle do prazo de manutenção é rigoroso e a calibração feita por uma empresa qualificada e acreditada para tal finalidade. Acredita-se que tais medidas mitigam quase que por completo qualquer risco de falha na atuação das válvulas, reduzindo assim a chance de acidentes como o exposto anteriormente.

3.3.15.2 Exemplo de Calibração

A Figura 3.55 mostra algumas das 380 válvulas de segurança mencionadas anteriormente e que se encontram inseridas dentro do plano de manutenção preventiva dos dispositivos de segurança da Fábrica São Paulo da Goodyear.



Figura 3.55 – Válvulas de Segurança de uma prensa vulcanizadora.

3.3.15.3 Alternativa para Calibração de Válvulas de Segurança

A parada de um vaso de pressão ou caldeira dentro do prazo estabelecido pela norma deve ser cumprido. No mínimo nestas ocasiões seus dispositivos de segurança devem ser revisados, submetidos a manutenção e calibração. Para casos em que se decide pela não disponibilização do equipamento para manutenção e inspeção, pode ser realizado um teste de avaliação e recalibração em serviço. Esta prática não elimina a necessidade de realização de calibração e inspeção em bancada do dispositivo. Vale enfatizar ainda que, mesmo com esta alternativa, a parada periódica do equipamento para inspeção deve ser feita e nesta ocasião, a válvula deve ser retirada e inspecionada.

4. Resultados e Discussões

4.1 Resultados

A Tabela 4.1 traz o resultado de toda análise efetuada anteriormente. Pretendeu-se com isso, criar um guia composto por tópicos específicos seguidos das respectivas referências normativas dar apoio e facilitar a pesquisa e coleta de dados por parte de Profissionais Habilitados, inspetores, proprietários ou qualquer pessoa que queira se interar em aspectos de segurança, operação, manutenção, fabricação e inspeção de vasos de pressão e caldeiras. Este guia fará menção do tipo de inspeção, teste ou equipamento desejado, ligando o mesmo com a respectiva norma a ser consultada para coleta de informação, direcionamento de inspeção, roteiro de execução de testes e outras importantes diretrizes.

Tabela 4.1 – Guia de Referências Normativas para Apoio à NR13

Inspeção / Teste / Equipamento	Normas de Apoio
Caldeiras Aquotubulares	NBR11096
	NBR12177-2
	ASME I
Caldeiras Flamotubulares	NBR11096
	NBR12177-1
	ASME I
Caldeiras Elétricas	NBR13203
	ASME I
Caldeiras Navais	NBR10794
	NBR10795

Condensadores	NBR12193
Emissão Acústica	NBR15194
	ASME V
Evaporadores	NBR15371
Fabricação de Caldeiras	ASME I
Fabricação de Vasos de Pressão	ASME VIII
Inspeção de Vasos de Pressão em Serviço	NBR15417
Líquido Penetrante	ABENDI PR-001
	ASME V
	ASME VIII Divisão 1 Apêndice 5
	ASTM E165
Manômetro	NBR8189
	NBR14105
Medição de Espessura	ASME V
	ASTM E797
Qualificação de Pessoal em END	NBRISO9712
Radiografia	NBR10150
	ASME V
Serviço Próprio de Inspeção	NBRISO17020
Tanques Altamente Refrigerados	NBR12228
Tanques de CO ₂	NBR12231
Tanques de Petróleo	NBR7821
Teste Hidrostático em Caldeiras	ASME I
Teste Hidrostático em Vasos de Pressão	ASME VIII
	ASME B31.3
Teste Pneumático em Vasos de Pressão	ASME VIII
	ASME B31.3
Trocadores de Calor	NBR11696
	NBR12555
	TEMA

Ultra-som	NBR15357
	ASME V
	ASTM A609
Vasos para Refrigeração	NBR13598
Válvulas de Segurança e Alívio	IBP10
	API576
	ASME I
	ASME VIII

4.2 Discussões

O guia apresentado na Tabela 4.1 sugere referências para facilitar o dia a dia de Profissionais Habilitados. É sabido que a NR13 permite que engenheiros recém formados sejam responsáveis técnicos por empresas inspetoras, porém a falta de experiência destes pode gerar, muitas vezes, inspeções inconsistentes. Para isto, o CREA poderia homologar um curso específico para formação de Profissionais Habilitados e exigir tal certificado para aqueles engenheiros que assinem a responsabilidade técnica de inspeções de segurança realizadas para atendimento às exigências da NR13. Este curso poderia incluir uma orientação normativa, como a contida na Tabela 4.1, além de conceitos fundamentais, importantíssimos para melhorar a consistência das inspeções. Aspectos como a diferença entre um tanque de armazenamento e um vaso de pressão, a necessidade de inspeção em equipamentos não enquadrados na NR13, mas que oferecem perigo, orientação para classificar fluidos de operação de vasos de pressão entre outros tópicos poderiam ser apresentados no conteúdo programático de tal curso.

5. Conclusões e Sugestão para Trabalhos Futuros

5.1 Conclusões

Fica nítido, depois de coletar tantas informações que a NR13 é um regulamento compulsório, isto é, uma norma mandatória que apenas cita, para vasos de pressão e caldeiras, obrigatoriedades referentes à documentação, identificação, operação, manutenção, instalação e inspeção. No que concerne às inspeções, ela somente cita como mandatório realizar o exame visual externo, o visual interno e o teste hidrostático. Nela encontramos o que fazer, quando fazer e em quais equipamentos, ficando sob inteira responsabilidade do Profissional Habilitado buscar recursos, informações e métodos para realizar as exigências da NR13 de maneira íntegra e tecnicamente aceitável. Por esta razão, se fez a reunião de tantas normas neste trabalho, para se configurar como material de apoio e contribuir com informações consistentes para facilitar o dia a dia de Profissionais Habilitados, inspetores e proprietários de vasos de pressão e caldeiras. Também ficou claro, que cada vez mais as empresas voltam suas prioridades para a segurança visando fornecer um ambiente saudável e seguro aos seus funcionários. Inspetores devem se especializar e aprofundar nas normas existentes para fazer de suas inspeções, verificações sólidas que localizem situações inseguras.

Se faz necessária uma conscientização geral no sentido de que cada um é responsável pela própria segurança, seja no trabalho, no lar ou no lazer. De nada adianta seguir todas as regras e normas de segurança em nosso emprego, mas ter atitudes irresponsáveis em nossa casa. Devem-se esquecer os “jeitinhos” usuais e trabalhar de maneira correta, sem improvisos, visando sempre o bem estar geral.

5.2 Sugestão para Trabalhos Futuros

Após tantas pesquisas realizadas, será apresentada agora uma dificuldade encontrada no dia a dia de engenheiros que precisam categorizar vasos de pressão conforme a NR13. Tal categorização se dá a partir de três especificações, a PMTA em MPa, o volume em m³ e o fluido de operação do vaso. O anexo IV da NR13 traz uma tabela, através da qual se obtém o Grupo de Potencial de Risco do equipamento com o valor gerado pela multiplicação da PMTA pelo volume do mesmo. Da mesma tabela, extrai-se a categoria do vaso pelo cruzamento do Grupo de Potencial de Risco com a Classe do Fluido de operação. Esta categoria define a periodicidade de inspeções a serem realizadas. Justamente aí está a grande dificuldade, pois não existe em nenhuma literatura uma amostragem ampla de vários grupos de fluidos com suas respectivas classes de acordo com a NR13. O que existe é a menção, na própria tabela, de um número reduzido de fluidos. Fica portanto a sugestão de uma publicação com o nome de vários grupos dos mais utilizados fluidos e suas respectivas classes conforme NR13. Esta publicação pode ser encaminhada ao comitê Tripartite e requerida a participação em futuras revisões da NR13 com sugestões como: novas classificações para fluidos, segurança para tubulação e formação de Profissionais Habilitados e Inspetores.

Bibliografia

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS E INSPEÇÃO. **ABENDI PR001:** Líquido Penetrante, Procedimento de Ensaio Não Destrutivo. Revisão 6, Outubro de 2008. Disponível em: http://www.e-erp.com.br/Ftp/EMPRESA_238/717434108PR-001.pdf. Acesso em: 10 dez. 2008.

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. **API Recommended Practice 576:** Inspection of Pressure Relieving Devices. Washington, 2000.

_____. **API Standard 650:** Welded Steel Tanks for Oil Storage, 10th Edition. Washington, 1998.

AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS. **ASME Section I:** Rules for Construction of Power Boilers. Washington, 2007.

_____. **ASME Section V:** Non Destructive Examination. Washington, 2007.

_____. **ASME Section VIII Division 1:** Rules for Construction of Pressure Vessels. Washington, 2007.

_____. **ASME B31.3:** Process Piping. Washington, 2004.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM SE165:** Standard Test Method for Liquid Penetrant Examination. Washington, 2007.

_____. **ASTM SA609:** Standard Practice for Castings, Carbon, Low-Alloy, and Martensitic Stainless Steel, Ultrasonic Examination Thereof. Washington, 2007.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM SE797**: Standard Practice for Measuring Thickness by Manual Ultrasonic Pulse-Echo Contact Method. Washington, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NB 584**: Amostragem de Água de Caldeira. Rio de Janeiro, 1976.

_____. **ABNT NBR 7821**: Tanques Soldados para Armazenamento de Petróleo e Derivados. Rio de Janeiro, 1983.

_____. **ABNT NBR 8189**: Manômetro com Sensor de Elemento Elástico. Rio de Janeiro, 1995.

_____. **ABNT NBR 10050**: Radiografia - Inspeção de soldas de topo em vasos de pressão e tanques em armazenamento - Critérios de aceitação. Rio de Janeiro, 1987.

_____. **ABNT NBR 10794**: Caldeira Auxiliar a Óleo para uso Naval. Rio de Janeiro, 1989.

_____. **ABNT NBR 10795**: Caldeira Auxiliar a Óleo para uso Naval – Ensaios. Rio de Janeiro, 1989.

_____. **ABNT NBR 11096**: Caldeiras Estacionárias Aquatubulares e Flamotubulares a Vapor – Terminologia. Rio de Janeiro, 2000.

_____. **ABNT NBR 11696**: Trocadores de Calor – Classificação. Rio de Janeiro, 1991.

_____. **ABNT NBR 12177-1**: Caldeiras Estacionárias a Vapor - Inspeção de Segurança - Parte 1: Caldeiras Flamotubulares. Rio de Janeiro, 1999.

_____. **ABNT NBR 12177-2**: Caldeiras Estacionárias a Vapor - Inspeção de Segurança - Parte 2: Caldeiras Aquatubulares. Rio de Janeiro, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12193:** Unidades Condensadoras Comerciais. Rio de Janeiro, 1977.

_____. **ABNT NBR 12228:** Tanque Estacionário Destinado à Estocagem de Gases Altamente Refrigerados - Inspeção Periódica. Rio de Janeiro, 1997.

_____. **ABNT NBR 12231:** Inspeção Periódica de Tanques Estacionários utilizados para acondicionamento e Estocagem de Dióxido de Carbono (CO₂). Rio de Janeiro, 1986.

_____. **ABNT NBR 12555:** Trocadores de Calor – Terminologia. Rio de Janeiro, 1991.

_____. **ABNT NBR 13203:** Caldeiras Estacionárias Elétricas a Vapor - Inspeção de Segurança. Rio de Janeiro, 2000.

_____. **ABNT NBR 13598:** Vasos de Pressão para Refrigeração. Rio de Janeiro, 1996.

_____. **ABNT NBR 14105:** Manômetros com Sensor de Elemento Elástico – Recomendações de Fabricação e Uso. Rio de Janeiro, 1998.

_____. **ABNT NBR 15194:** Ensaio não destrutivos - Emissão Acústica em Vasos de Pressão Metálicos Durante o Ensaio de Pressão – Procedimento. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **ABNT NBR 15357:** Ensaio Não Destrutivos - Ultra-Som em Solda - Procedimento. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **ABNT NBR 15371:** Evaporadores Tipo Circulação Forçada para Refrigeração, Requisitos de Desempenho e Identificação. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **ABNT NBR 15417:** Vasos de Pressão - Inspeção de Segurança em Serviço. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 17020:** Avaliação de Conformidade – Critérios Gerais para o Funcionamento de Diferentes Tipos de Organismos que Executam Inspeção. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **ABNT NBR NM ISO 9712:** Ensaio Não Destrutivo – Qualificação e Certificação de Pessoal. Rio de Janeiro, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO, GÁS E BIOCOMBUSTÍVEIS. **IBP Guia nº10:** Inspeção de Válvulas de Segurança e Alívio. São Paulo, 2002.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Norma Regulamentadora. **NR13 – Caldeiras e Vasos de Pressão.** Brasília, 1984. Disponível em: http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_13.pdf . Acesso em 05 dez. 2008.

RUELLA, N. C. **Proposta de Guia de Gestão Integrada: O Caso da Indústria de Refino de Petróleo Brasileira.** Niterói: Universidade Federal Fluminense, 2004. Disponível em: http://www.btdt.ndc.uff.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=1642 . Acesso em 05 dez. 2008.