

IBAPE – XXII UPAV / XIII COBREAP – FORTALEZA/CE – ABRIL/2006.

**AVALIAÇÃO DE TANQUES, VASOS E EQUIPAMENTOS DE PROCESSO
INDUSTRIAL SEGUNDO CRITÉRIOS DE INTEGRIDADE E VIDA ÚTIL
REMANESCENTE DO API RP 579 (FITNESS FOR SERVICE).**

Autor:

1) Morato, Paulo César Vidal

Eng.Mecânico, Crea/RJ 83-1-07037-5, Petrobras 016758-0.

Rua Eng.Coelho Cintra, 345/102, Rio de Janeiro/RJ; tel. 21-24623625;

fax: 21-32293516; e-mail: paulovidal@petrobras.com.br

INDICE

1 - INTRODUÇÃO

2- ETAPAS DO MÉTODO

3- CASO PRÁTICO

4-CONCLUSÕES

1- INTRODUÇÃO.

Por ser uma empresa que possui muitos tanques, vasos e equipamentos de processo em suas instalações, a Petróleo Brasileiro S. A. (Petrobras) tem desenvolvido o conceito de “Fitness-For-Service” (traduzindo = adequação ao uso) segundo as recomendações da norma API RP 579, ou seja, verificar a integridade estrutural e vida útil remanescente de um equipamento em serviço após uma inspeção, baseado nos padrões de aceitação da norma.

Assim, pela norma, um levantamento de integridade rigoroso de um equipamento envolve diversos questionamentos, tais como:

- Quais os limites para uma região com perda de espessura por corrosão?
- Qual o intervalo entre inspeções?
- Como determinar a probabilidade de falha?
- Como avaliar equipamentos sujeitos à baixas temperaturas (fratura frágil)?
- Quais os fatores de segurança adequados para equipamentos com alto risco operacional e danos acumulados?
- Como saber a necessidade de análise por mecânica da fratura?
- A qualificação dos inspetores de equipamentos atende aos requisitos da norma?

Para equipamentos em operação não existem regras tão definidas como no caso de equipamentos novos. Torna-se necessário, em muitos casos, conviver com o dano, identificar sua extensão e acompanhar sua progressão. Não existem padrões para reparo e sim critérios que permitem levantar a extensão do dano e sua influência no risco operacional do equipamento. Ou seja, o engenheiro de manutenção era obrigado a conviver eternamente com um dilema: se parasse o equipamento antes do necessário, ele estava dando prejuízo à empresa em função do não aproveitamento total do bem e também pelo lucro cessante (a fábrica parava). Se por outro lado, o engenheiro prolongava além do permitido a campanha (vida útil) do equipamento, ele fazia com que a empresa corresse um risco desnecessário de acidentes de grandes proporções, que podiam trazer prejuízos não só pelo lucro cessante, mas também pela perda de vidas e pela deterioração da imagem da empresa no mercado.

O “Estado da Arte” atual da atividade de avaliação de integridade exige “mais” Engenharia e “menos” intervenção no equipamento (paradas desnecessárias).

Em resumo, o principal objetivo da atividade de adequação ao uso (Fitness-for-service) seria manter a integridade estrutural e quantificar o risco associado à operação de equipamentos usados.

Neste trabalho vamos abordar como calcular a vida útil remanescente de um equipamento usado segundo os critérios do API RP 579 e com esse dado técnico, calcular qual seria o **VALOR DEPRECIADO** do mesmo, ao invés de se utilizar tabelas tradicionais de vida útil. Com isso, por ser uma metodologia mais científica, consegue-se uma maior precisão no Laudo, objetivo de todo avaliador.



PLANTA DE PROCESSO TÍPICA.



EQUIPAMENTO DE PROCESSO: ESFERAS PARA ARMAZENAMENTO DE GÁS

2- ETAPAS DO MÉTODO.

O procedimento proposto é composto pelas seguintes etapas:

2.1- Verificação de Aplicabilidade.

O avaliador somente poderá aplicar os critérios do API RP 579 em equipamentos projetados e fabricados conforme os códigos a seguir citados:

- ASME B&PV Code, Section VIII, Division 1
- ASME B&PV Code, Section VIII, Division 2
- ASME B&PV Code, Section 1
- ASME B31.3 Piping Code
- ASME B31.1 Piping Code
- API-650
- API-620

2.2- Dados Técnicos do Equipamento.

O avaliador deve solicitar os principais dados técnicos do equipamento a ser avaliado, dados esses que variam em função do tipo de equipamento.

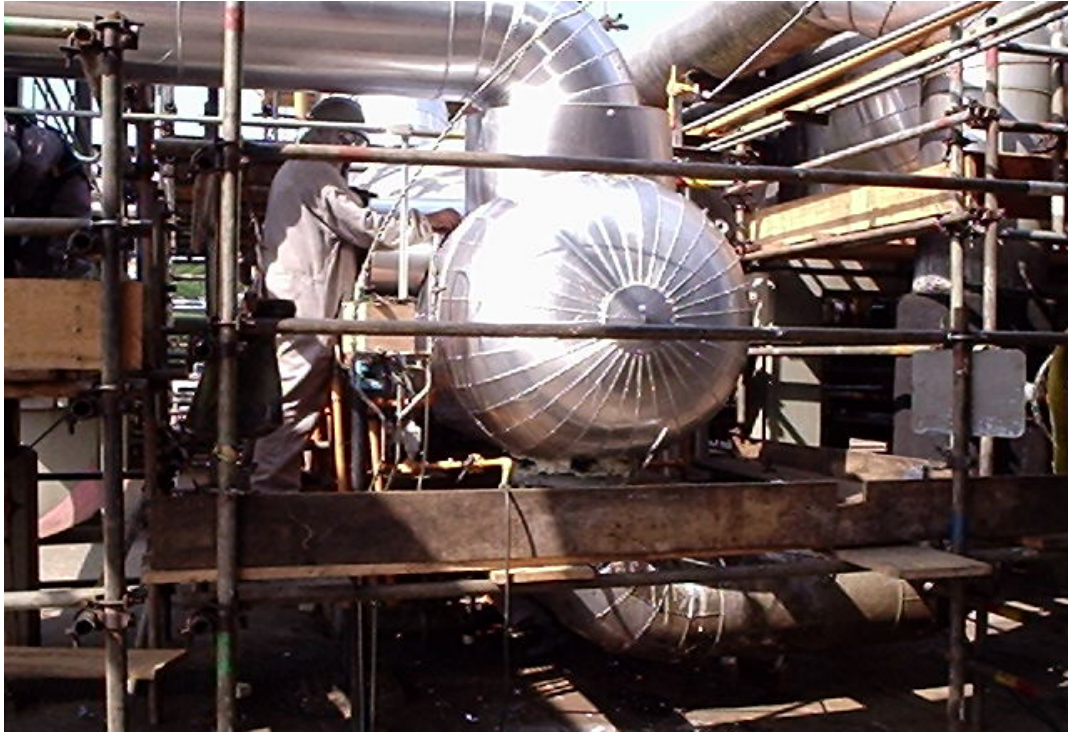
2.3- Levantamentos das Espessuras Mínimas da Chaparia do Equipamento ao Longo dos Anos.

O Avaliador deve pedir todos os levantamentos de espessura da chaparia do equipamento feitos desde a entrada em operação até a data da avaliação, a fim de se determinar as espessuras mínimas medidas.

Tais levantamentos normalmente são feitos através de ensaios de ultrassom, por empresas e/ou profissionais especializados e certificados para esse tipo de trabalho.

O objetivo é obter um quadro de Valores Mínimos Medidos como o abaixo:

ANO	t min (mm)
1984	16
1986	15,5
1990	14
1992	13,5
1994	13,3
1998	13
2000	12,8
2002	12
2004	11,8



Exemplo de Medição de Espessuras da Chaparia em um Trocador de Calor.

2.4- Cálculo da Taxa Média Anual de Corrosão (t_c).

Á partir da tabela anterior, pode o avaliador calcular uma taxa média de corrosão que tem atuado sobre o equipamento.

Pelos dados da tabela acima, teríamos:

$$t_c = (16 - 11,8) / (2004 - 1984) = 0,1 \text{ mm/ano.}$$

2.5- Cálculo da Espessura Mínima Requerida Segundo os Critérios do API RP 579 (t_r).

a) Verificação pelas Tensões Circunferenciais Atuantes no Equipamento:

$$t_{r \text{ circ}} = \frac{P \cdot R}{S \cdot E - 0,6 \cdot P}$$

b) Verificação pelas Tensões Longitudinais Atuantes no Equipamento:

$$t_{r \text{ long}} = \frac{P \cdot R}{2 \cdot S \cdot E + 0,4 \cdot P}$$

c) Espessura Mínima Requerida: t_r
será o maior valor entre os dois calculados: $t_r = \text{máximo} (t_{r \text{ circ}} ; t_{r \text{ long}})$

2.6- Cálculo da Vida Útil Remanescente (n_r).

Para esse cálculo, o avaliador utilizar-se-á da seguinte fórmula:

$$n_r = (t_f - t_r) / t_c$$

Onde:

n_r = vida útil remanescente, em anos.

t_f = espessura mínima medida no equipamento após a última inspeção.

t_r = espessura mínima requerida segundo critérios do API RP 579.

t_c = taxa média anual de corrosão.

2.7- Cálculo do Valor Depreciado do Equipamento (V_d).

Para o cálculo do valor de usado do equipamento, devemos utilizar o Método do Custo de Reprodução, no qual parte-se do Valor de Novo (V_n) e deduz-se a parcela devida à depreciação.

Para o cálculo dessa parcela devida à depreciação, existem diversas fórmulas na literatura, a maioria delas utilizando-se de fatores como vida útil total e vida útil remanescente do equipamento (Ex.: Depreciação Linear, Fundo de Amortização, Cole, Ross Heidecke, etc).

A vida útil total é normalmente tabelada para diversos tipos de equipamentos, e a vida útil remanescente será calculada conforme o item 2.6 acima (maior precisão).

Para os objetivos desse trabalho poderíamos utilizar qualquer uma das fórmulas citadas. Assim, optamos pela fórmula da Depreciação Linear, por ser de fácil aplicabilidade e entendimento.

Assim, temos: $V_d = V_n \times \text{Coef. Deprec.}$

Onde:

V_n = Valor de Novo do equipamento.

$$\text{Coef. Deprec.} = \frac{(T + n_r) - T}{(T + n_r)} \text{ FD} + \text{FR}$$

T = idade do bem.

n_r = vida útil remanescente do equipamento (ver item 2.6).

FR = fração residual do valor de novo = normalmente de 0,01 à 0,10.

FD = fração depreciável do valor de novo = $1 - \text{FR} = 0,99$ à $0,9$.

3- CASO PRÁTICO

Avaliação de um vaso cilíndrico horizontal com tampos semi-elípticos, localizado em uma indústria de processo.

Trata-se de um equipamento caro, cujo similar novo possui um preço estimado de R\$ 5.000.000,00 (cinco milhões de reais), assim como foram fornecidos pelo setor de manutenção da fábrica as seguintes informações técnicas ao avaliador:

- vaso construído segundo a norma API-650
- ano de construção = 1995
- diâmetro interno do vaso = 1981mm
- material do costado do vaso = aço AS-285 Grau C
- temperatura de projeto = 90 °C
- temperatura de operação = 42 °C
- pressão máxima de operação = 19 kgf/cm²
- tensão admissível do material = 970 kgf/cm²
- tensão de escoamento do material = 2109,7 kgf/cm²
- limite de resistência do material = 3868 kgf/cm²
- eficiência das juntas do costado (dado de projeto) = 0,85
- valores mínimos medidos de espessura na chaparia do vaso através de ensaios de ultrassom, desde a entrada em operação até hoje:

ANO	t _f (mm)
1995	35
1997	33,6
1999	32,3
2000	31,4
2001	30,7
2002	30,0
2003	29,3
2004	28,6
2005	28,0

Ver abaixo foto do Vaso tirada no campo.



Solução:

3.1- Verificação de Aplicabilidade.

Podemos utilizar os critérios do API RP 579, pois o vaso foi projetado e fabricado segundo um dos códigos permitidos para a sua aplicabilidade (API-650).

3.2- Dados Técnicos do Equipamento.

Já fornecidos pelo setor de manutenção da fábrica.

3.3- Levantamentos das Espessuras Mínimas da Chaparia do Equipamento ao Longo dos Anos.

Também já fornecido pelo setor de manutenção.

3.4- Cálculo da Taxa Média Anual de Corrosão (t_c).

Pelos dados da tabela fornecida, teríamos:

$$t_c = (35 - 28) / (2005 - 1995) = 0,7 \text{ mm/ano.}$$

3.5- Cálculo da Espessura Mínima Requerida Segundo os Critérios do API RP 579 (t_r).

Verificação pelas Tensões Circunferenciais:

$$t_{r \text{ circ}} = \frac{P \cdot R}{S \cdot E - 0,6 \cdot P} = \frac{19 \cdot (1981 / 2)}{970 \cdot 0,85 - 0,6 \cdot 19} = 23,1 \text{ mm}$$

Verificação pelas Tensões Longitudinais:

$$t_{r \text{ long}} = \frac{P \cdot R}{2 \cdot S \cdot E + 0,4 \cdot P} = \frac{19 \cdot (1981 / 2)}{2 \cdot 970 \cdot 0,85 + 0,4 \cdot 19} = 11,4 \text{ mm}$$

Espessura Mínima Requerida: t_r
 será o maior valor entre os dois calculados. No caso $t_r = 23,1 \text{ mm}$

3.6- Cálculo da Vida Útil Remanescente (n_r).

Para esse cálculo, o avaliador utilizar-se-á da seguinte fórmula:

$$n_r = (t_f - t_r) / t_c$$

Onde:

n_r = vida útil remanescente, em anos.

t_f = espessura mínima medida no equipamento após a última inspeção = 28mm.

t_r = espessura mínima requerida segundo critérios do API RP 579 = 23,1mm.

t_c = taxa média anual de corrosão = 0,7 mm/ano.

$$n_r = (28 - 23,1) / 0,7 = 7 \text{ anos}$$

3.7- Cálculo do Valor Depreciado do Equipamento (V_d).

Assim, temos: $V_d = V_n \times \text{Coef. Deprec.}$

Onde:

V_n = Valor de Novo do equipamento = R\$ 5.000.000,00

$$\text{Coef. Deprec. (linear)} = \frac{(T + n_r) - T}{(T + n_r)} \text{ FD} + \text{FR}$$

T = idade do bem = 2005 – 1995 = 10 anos.

n_r = vida útil remanescente do equipamento = 7 anos (calculado acima).

FR = fração residual do valor de novo = normalmente de 0,01 à 0,10. Vamos adotar = 0,05

FD = fração depreciável do valor de novo = 1 - FR = 1 - 0,05 = 0,95.

$$\text{Coef. Deprec.} = \frac{(10 + 7) - 10}{(10 + 7)} \cdot 0,95 + 0,05 = 0,44$$

$$V_d = 5.000.000 \times 0,44 = \boxed{\text{R\$ 2.200.000,00}}$$

Comparação de Resultados:

Apenas a título de curiosidade, faremos o mesmo cálculo do valor depreciado do equipamento, porém agora considerando uma das mais tradicionais tabelas de vida útil existente na literatura, qual seja, o Boletim F do Serviço de Rendas Internas do Dep. de Tesouro dos EUA.

Assim, pela referida tabela tal tipo de equipamento poderia ser incluído no grupo de caldeiras, queimadores e tanques, para os quais é prevista uma vida útil de 20 anos.

Refazendo os cálculos para essa nova vida útil, teríamos:

3.7- Cálculo do Valor Depreciado do Equipamento (V_d).

$$V_d = V_n \times \text{Coef. Deprec.}$$

Onde:

V_n = Valor de Novo do equipamento = R\$ 5.000.000,00

$$\text{Coef. Deprec. (linear)} = \frac{(T + n_r) - T}{(T + n_r)} \text{FD} + \text{FR}$$

T = idade do bem = 2005 – 1995 = 10 anos.

n_r = vida útil remanescente do equipamento = 20 – 10 = 10 anos (pela tabela).

FR = fração residual do valor de novo = normalmente de 0,01 à 0,10. Vamos adotar = 0,05

FD = fração depreciável do valor de novo = 1 - FR = 1 – 0,05 = 0,95.

$$\text{Coef. Deprec.} = \frac{(10 + 10) - 10}{(10 + 10)} 0,95 + 0,05 = 0,53$$

$$V_d = 5.000.000 \times 0,53 = \boxed{\text{R\$ 2.650.000,00}}$$

Conclusão:

- cálculo pelo API RP 579 = R\$ 2.200.000,00 (valor menor)
- cálculo pela tabela de vida útil = R\$ 2.650.000,00 (valor maior)

O API RP 579 nesse caso seria mais conservativo em termos de valores, mas o importante é frisar que trata-se de uma metodologia científica e mais precisa que a simples aplicação de uma tabela de vida útil, pois envolve medições de espessuras por ultrassom e o cálculo físico da vida útil remanescente através de conceitos de Resistência dos Materiais.

4- CONCLUSÕES

4.1- Esta metodologia destina-se à avaliação de tanques, vasos e equipamentos de processo usados em plantas industriais segundo o conceito de “Fitness-For-Service” (adequação ao uso), conceito esse baseado nas recomendações da norma API RP 579.

4.2- O objetivo principal da metodologia é estimar a vida útil remanescente de um equipamento usado, baseado nos padrões de aceitação da norma, e com esse dado técnico, calcular qual seria o **VALOR DEPRECIADO** do mesmo, objetivo de todo avaliador de equipamentos.

4.3- Devido ao cálculo apurado e rigoroso da vida útil remanescente, podemos afirmar que tal metodologia teria um grau de precisão superior àquela obtida pelas tradicionais tabelas de vida útil, tão largamente utilizadas e conhecidas pelos avaliadores.

4.4-Embora neste trabalho tenha sido adotada a depreciação pelo método linear, nada impede que qualquer outra fórmula de depreciação seja utilizada, desde que baseada no conceito de vida útil e vida útil remanescente.

BIBLIOGRAFIA

1)API, Norma API RP 579, 2003.

2)Ibape - Engenharia de Avaliações – Pini, 1985.

3)Norma NB-901 – Avaliações de Máquinas, Equipamentos, Instalações e Complexos Industriais - ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), 1984.

4)Dantas, Rubens Alves – Engenharia de Avaliações: Uma Introdução à Metodologia Científica – Pini, 1998.

5)Moreira, Alberto Lélío – Princípios da Engenharia de Avaliações – Pini, 1994.

6)Guedes, Jakson C. , Avaliação de Bens Utilizando Metodologia Científica - Tese de Mestrado - COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1992.

CURRICULUM VITAE

1) PAULO CÉSAR VIDAL MORATO

1.1-Formação:

46 anos, Engenheiro Mecânico, formado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro em 1983.

1.2- Atividades Profissionais:

Trabalha como Engenheiro de Equipamentos Pleno da Petrobras S.A., atuando durante vários anos no setor de Projeto e Instalação de Estruturas Marítimas e Offshore e, atualmente, no setor de Perícias e Avaliações.

Desenvolve trabalhos como consultor e prestador de serviços de avaliação de equipamentos, complexos industriais e bens especiais para empresas de avaliação (Aval, BNI, Uniconsult, BVA) e instituições financeiras (Banco do Brasil), assim como Professor dos seguintes cursos:

- Pós-Graduação em Engenharia de Avaliações – Instituto de Eng.^a Legal – Rio de Janeiro/RJ .
- Avaliações de Equipamentos, Complexos Industriais e Bens Especiais – NTT (Núcleo de Treinamento Tecnológico) – Rio de Janeiro/RJ .

1.3- Trabalhos e Artigos apresentados em congressos ou publicados em jornais e revistas:

-Avaliação de Postos de Combustíveis em Situações de Prazo Reduzido com o Uso de Modelos de Regressão Linear (Premiado com o terceiro lugar no 4º Concurso Internacional de Avaliação – Caracas/Venezuela, 2005).

-Avaliação de Navios Petroleiros, Químicos e de Derivados com Uso de Regressão Linear e Comparação de Resultados com Redes Neurais (Premiado com o terceiro lugar no XII Cobreap – Belo Horizonte/MG, 2003).

-Avaliação de Navios Petroleiros, Químicos e de Derivados com Uso de Regressão Linear (Premiado com o segundo lugar no Avaliar 2002 – Curitiba/PR).

-Avaliação de Preços de Contratos de Manutenção de Elevadores e Escadas Rolantes com Uso de Regressão Linear (XX Congresso Panamericano de Avaliação – Buenos Aires/Argentina, 2002).

-Ações: Como Reduzir o Risco e se Aposentar mais Ceddo (Jornal do Comércio/RJ – 2002).

-Avaliação de Preços de Contratos de Manutenção de Elevadores e Escadas Rolantes com Uso de Regressão Linear (XI Cobreap – Guarapari/ES, 2001).

-Avaliação de Complexos Industriais com Uso de Regressão Linear (VIII Cobreap – Florianópolis/SC, 1995).

-Avaliação de Obras de Arte com Uso de Regressão Linear (Caderno Brasileiro de Avaliações e Perícias, Jornal do Ibape/SP, Jornal do Comércio do Rio de Janeiro - 1996).

-Estudo sobre o Mercado de Arte no Brasil (Caderno Brasileiro de Avaliações e Perícias, Jornal do Ibape/SP, Jornal do Comércio do Rio de Janeiro - 1996).

RESUMO.

Por possuir muitos tanques, vasos e equipamentos de processo, a Petrobras tem desenvolvido o conceito de “Fitness- For-Service” (adequação ao uso) segundo a norma API RP 579, ou seja, verificar a integridade estrutural e vida útil remanescente de um equipamento em serviço.

Neste trabalho abordaremos como calcular a vida útil remanescente de um equipamento usado segundo tais critérios e com esse dado técnico, calcular o VALOR DEPRECIADO do mesmo.

Etapas:

I) Verificação de Aplicabilidade.

II) Levantamentos dos Dados Técnicos do Equipamento.

III) Levantamentos das Espessuras Mínimas da Chaparia do Equipamento ao Longo dos Anos.

IV) Cálculo da Taxa Média Anual de Corrosão (t_c).

V) Cálculo da Espessura Mínima Requerida Segundo os Critérios do API RP 579 (t_r).

VI) Cálculo da Vida Útil Remanescente (n_r).

VII) Cálculo do Valor Depreciado do Equipamento (V_d).

Conclusões:

- Destina-se à avaliação de tanques, vasos e equipamentos de processo segundo o conceito de “Fitness- For-Service” do API RP 579.*
- Estima a vida útil remanescente de um equipamento usado, e com esse dado técnico, calcula o VALOR DEPRECIADO do mesmo.*
- Devido ao cálculo apurado da vida útil remanescente, tal metodologia tem um grau de precisão superior àquela obtida pelas tradicionais tabelas de vida útil.*

PALAVRAS-CHAVE: *Máquinas, Equipamentos , Método do Custo de Reprodução.*