



www.relainep.ufr.br



# COST-BENEFIT EVALUATION FOR MAINTENANCE IN TRANSFER AND STORAGE HYDROCARBON TANKS

## AVALIAÇÃO DE CUSTO-BENEFÍCIO PARA MANUTENÇÃO EM TANQUES DE HIDROCARBONETOS DE TRANSFERÊNCIA E ESTOCAGEM

Aluisio S. Monteiro<sup>1</sup>, Denise L. S. Monteiro<sup>2</sup>, João O. R. Menezes<sup>3</sup>, Marcello G. Castro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (Cefet/RJ), Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil

<sup>2</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil

<sup>3</sup>Universidade Veiga de Almeida (UVA), Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil

 [monteiro.aluisio@gmail.com](mailto:monteiro.aluisio@gmail.com)

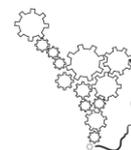
Recebido: 01 outubro 2017 / Aceito: 16 junho 2018 / Publicado: 20 junho 2018

**ABSTRACT.** For oil refining installations, tanks are fundamental assets and have the function of allowing the storage of intermediate products in order to preserve their fundamental characteristics. This study correlates with the decline phase of some wells in the Campos Basin and its consequences in the refining park. For this, a case study was carried out, focusing on the technical-economical feasibility for the maintenance of hydrocarbon storage tanks. The equipment inspection and maintenance data for two different tanks were analyzed, as well as the financial aspects based on the Cost-Benefit Ratio and the Net Present Value (NPV) analysis. The analysis performed on the separate tanks demonstrated that replacing the top cover material is an economical and technically feasible solution.

**Keywords:** Industrial Maintenance; Oil Industry; Technical and Economic Viability

**RESUMO.** Para instalações de refino de petróleo, os tanques são ativos fundamentais e têm como função possibilitar o armazenamento de produtos intermediário de forma a preservar suas características fundamentais. Este estudo faz correlação com a fase de declínio de alguns poços na Bacia de Campos e suas consequências no parque de refino. Para isto, foi realizado um estudo de caso, com enfoque na viabilidade técnico-econômica para manutenção de tanques de armazenamento de hidrocarboneto. Foram analisados os dados de inspeção e manutenção de equipamentos para dois tanques distintos, bem como os aspectos financeiros a partir da análise da Relação Custo-Benefício e o Valor Presente Líquido (VPL). A análise efetuada nos tanques distintos demonstrou que a substituição do material da tampa superior é uma solução econômica e tecnicamente viável.

**Palavras-chave:** Manutenção Industrial; Indústria de Petróleo; Viabilidade Técnica e Econômica



## 1. INTRODUÇÃO

Para instalações de refino de petróleo os tanques são ativos fundamentais que possibilitam o armazenamento de produtos intermediário e final, preservando as características fundamentais do produto, como temperatura, teor de água e homogeneidade. A indústria de petróleo tem por prática o armazenamento de matéria-prima, produto intermediário e produto acabado em tanques. Um mesmo tanque pode armazenar diversos produtos, bastando para isso ter alinhamento, isto é, malha de tubulações disponível, porém, não se costuma variar muito a classe de produtos. As classes mais encontradas são: óleo cru, óleo lubrificante, óleo escuro e combustível.

O parque de refino brasileiro conta com 12 refinarias e um complexo petroquímico. Contando apenas as refinarias, no país existem aproximadamente 2600 tanques. A refinaria estudada possui uma área de tancagem composta por 200 tanques de armazenamento, e o processo petroquímico ocorre entre unidades operacionais. O tanque serve como pulmão entre estas unidades, uma vez que cada uma trabalha com limite de vazão diferente, além do que em determinadas unidades processa-se a mistura de dois ou mais produtos.

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Em tanques de armazenamento é possível encontrar uma variedade de equipamentos e estes devem estar contidos dentro de uma bacia de contenção que possa conter eventuais derrames em caso de sinistros. A NBR 7505, que regulamenta a armazenagem de produtos, prevê a sua necessidade, bem como estabelece os critérios para sua construção (CARDOSO, 2004).

Durante a campanha de um tanque, os defeitos aparecem naturalmente nas estruturas auxiliares, uma falha comum é a corrosão na tampa superior, também chamado de teto do tanque. De todos os defeitos e falhas normais de um tanque, a deterioração de sua tampa superior é a de mais complexa solução, além do que, é a que consome mais recurso das equipes de manutenção. Quando há perda da integridade do teto, é normal se deparar com os seguintes problemas: insegurança operacional; perda por evaporação; contaminação ambiental; produto contaminado por água; e redução da flexibilidade operacional.



O presente artigo tem como objetivo de pesquisa avaliar, sob o enfoque de vida econômica de ativos, qual a escolha mais apropriada para manutenção das tampas superiores de tanques de armazenamento de uma indústria petroquímica. Como objetivos tem-se:

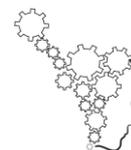
- Fazer levantamento de dados de confiabilidade, orçamento, e especificações técnicas da família de tanques de armazenamento de derivados de petróleo, e estimar o nível de confiabilidade da tampa do tanque;
- Analisar o custo-benefício e a viabilidade técnico-econômica do atual sistema de manutenção em tanques;
- Ponderar aspectos críticos e favoráveis à substituição de material das tampas superiores dos tanques.

A manutenção de um tanque de armazenamento consome tempo de disponibilidade de operação e recurso financeiro da companhia. A média de tempo gasto na manutenção em um tanque é um ano, com isso, qualquer modificação no processo de manutenção de tanque que resulte em uma diminuição de disponibilidade, custos de manutenção ou aumento do tempo de campanha tem grande impacto na indústria petroquímica, dada seu tamanho e importância no cenário econômico.

## 2.2 O PROCESSO DE TOMADA DE DECISÃO EM MANUTENÇÃO

O objetivo da manutenção preventiva é minimizar, ou eliminar, as paradas não programadas; estas quando acontecem não permitem um planejamento pormenorizado da situação (KARDEC, 2002). O reparo é feito, em alguns casos, com uso de material indevido e técnicas não apropriadas. Um estudo básico que se faz necessário é a definição do tempo de vida útil. A definição do tempo de vida útil de uma máquina ou equipamento não é uma tarefa meramente quantitativa. Para se alcançar um valor considerado ótimo, muitas escolhas são feitas. Escolhas estas que passam por um processo de tomada de decisão. Neste momento é definido que parâmetros ela pretende alcançar, ou suportar.

Varáveis como confiabilidade, produção, custos de manutenção e segurança industrial, nem sempre são de fácil estimação. Independente de se conseguir estimar o custo, as escolhas precisam definir o ponto que se pretende alcançar. Com isso, o estudo de investimento é um tradicional campo de aplicação da Engenharia Econômica. A escolha do momento ótimo de se



fazer a substituição de máquinas e equipamentos passa pelo ponto da tomada de decisão (ABENSUR, 2015).

O Modelo de Gerenciamento e Técnicas de Manutenção proposto por Márquez et al. (2009), apresenta algumas técnicas e conceitos que podem auxiliar o gestor no ato de decidir. O intuito de Márquez foi elaborar um PDCA (Plan, Do, Check and Act) da Manutenção. A Tabela 1 apresenta o modelo adaptado do gerenciamento proposto por Marquez et al (2009).

TABELA 1 - MODELO DE GERENCIAMENTO E TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO.

<b>Etapas</b>	<b>Estratégia</b>	<b>Técnicas</b>
1	Definição de indicadores chave	Indicador de desempenho (KPI) e Indicadores Balanceados de Desempenho (BSC)
2	Estratégia de definição de ativos prioritários e manutenção	Análise de Criticidade (CA) e Matriz de Criticidade (CM)
3	Intervenção imediata nos pontos fracos de maior impacto	Análise Causa-Raiz de Falhas (FRCA), Método de Análise e Solução de Problemas (MASP) e Análise do Modo e Efeito de Falha (FMEA)
4	Planejamento de planos e recursos da manutenção preventiva	Manutenção Centrada em confiabilidade (RCM) e Análise do Modo, Efeito e Criticidade de Falha (FMECA)
5	Plano preventivo, otimização da programação e recursos	Análise de Risco e Otimização de Custo (RCO)
6	Avaliação e controle da manutenção	Análise de Confiabilidade (RA) e Método do Caminho Crítico (CPM)
7	Análise de ciclo de vida dos ativos, otimização e substituição	Análise do Custo e Ciclo de Vida (LCCA)
8	Melhoria contínua e utilização de novas técnicas	Manutenção Produtiva Total (TPM)

Fonte: (Adaptado de Mays, 1996 apud Greenhalg, 1997).

Outra ferramenta que auxilia o tomador de decisão em gestão de manutenção é o diagrama de Ishikawa, que utiliza a metodologia 6M (método, material, mão de obra, máquina, medida e meio ambiente). A ferramenta pode estruturar as causas potenciais de determinado problema, ou oportunidade de melhoria (YIN, 2005). O ideal é que seja realizado por equipe multidisciplinar para ampliar o diagnóstico das causas. Após a identificação do efeito a ser analisado realiza-se *brainstorming* com os envolvidos para o levantamento das causas. Uma das características do diagrama é auxiliar na visualização da origem de um evento (CARDOSO, 2004).



### 2.3 CUSTOS DE MANUTENÇÃO

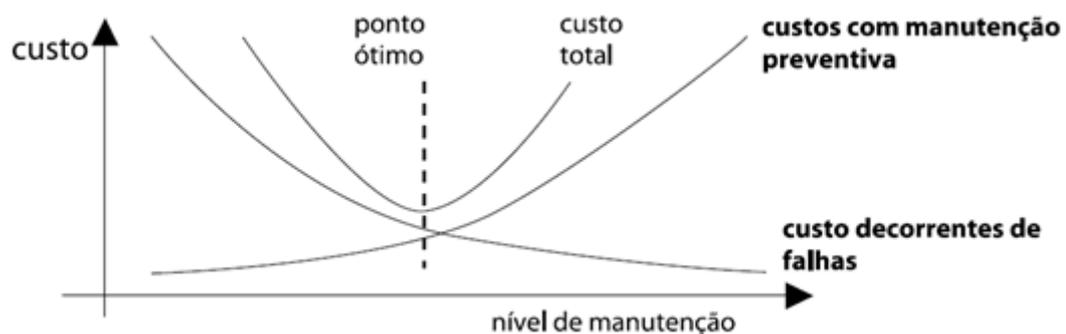
Uma prática muito comum na indústria é considerar o custo de manutenção como os gastos realizados na compra de material, aquisição de ferramentas, hora extra dos funcionários envolvidos e outros que não traduzem o valor correto. Nesse caso, é interessante considerar todos os encargos não da atividade de manutenção em si, mas sim pela perda de produção, pelo não atendimento ao cliente, em casos mais graves pela perda de posição no mercado, todos relacionados pela não manutenção, ou por uma manutenção deficiente.

O levantamento feito por Kardec e Carvalho (2002) mostra que uma pequena parcela do faturamento é consumida na manutenção no setor petroquímico. A análise não discrimina se é manutenção preventiva, corretiva ou preditiva, o que pode induzir a pensar que são as três juntas. A grande dificuldade é mensurar o valor da insatisfação de um cliente que não pode ser atendido.

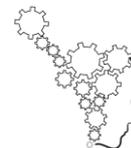
O ideal é que o gestor de manutenção tenha posse dos modos de falhas de todos os equipamentos sob sua tutela, entretanto, os gastos envolvidos em tal processo seriam por demais elevados. Aplica-se, por exemplo, a manutenção corretiva “quando os custos da indisponibilidade são menores do que os custos necessários para evitar a falha” (MARCORIN e LIMA, 2003).

Algumas empresas trabalham com ou em busca do ponto ótimo da manutenção (SILVA, 2016). A Figura 1 ilustra o gráfico custo x nível de manutenção que mostra uma disparidade nos custos decorrentes de falhas e manutenção preventiva, sendo esse tipo de manutenção sempre mais próximo do custo total, de tal maneira que qualquer organização que busca alcançar o ponto ótimo deve tomar como parâmetro o custo com manutenção preventiva, evitando ao máximo as falhas (KARDEC e CARVALHO, 2002).

FIGURA 1 - CUSTOS X NÍVEL DE MANUTENÇÃO



Fonte: KARDEC e CARVALHO (2002).



O gráfico da Figura 1 mostra que investimentos em manutenção preventiva proporcionam uma redução em custos decorrentes de falhas. Porém, a partir do ponto ótimo mais investimento em manutenção preventiva não oferece resposta no custo decorrente de falha, apenas aumenta o custo total em manutenção.

## 2.4 ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA

Conforme Zago, Weise e Hornburg (2009) a análise de viabilidade econômico-financeira de um projeto trata de uma atividade desenvolvida pela engenharia econômica a fim de verificar a consistência de determinado investimento, bem como de seus benefícios esperados. Comparam-se ainda os custos associados com a possibilidade de outros investimentos ou aplicações como maneira de justificar a implementação do projeto em pauta.

Nesse contexto, a avaliação de um projeto de substituição do material da chapa superior em tanques de armazenamento deve considerar as demais alternativas de materiais existentes a fim de justificar a viabilidade do projeto inicial. O estudo de viabilidade para manutenção em tanques deve contemplar duas vertentes, a viabilidade técnica e a viabilidade econômica. O risco de se contemplar apenas uma das duas é transformar o trabalho em estudo de materiais, ou estudo econômico. Como descrito a seguir:

a) O estudo de viabilidade técnica tem como intuito verificar a exequibilidade do projeto segundo os critérios de manutenção. A proposta de troca de material da tampa superior dos tanques deve ser acompanhada dos seguintes estudos: compatibilidade de material, tempo de execução, fornecedores de material e confiabilidade, que pode ser estimada através do modelo exponencial pelas seguintes equações:

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (1)$$

$$h(t) = \lambda \quad (2)$$

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \quad (3)$$

Onde:

$R(t)$  = confiabilidade

$t$  = período de vida útil do ativo

$\lambda$  = taxa de falha da tampa

$h(t)$  = função taxa de falha

$MTTF$  = tempo até a falha.



b) O estudo de viabilidade econômica utiliza duas ferramentas: a análise de custo benefício e o cálculo do valor presente líquido. O Método do Custo Benefício serve para avaliar o impacto econômico líquido de um projeto. O método relaciona os custos de um projeto, expresso em unidades monetárias, com os benefícios, também expressos em unidades monetárias. Tanto os benefícios como os custos devem ser expressos em valores presentes. Uma dificuldade é não haver padronização na definição de custos e benefícios. As relações matemática utilizada para sua estimativa e para o cálculo de VPL são:

$$\frac{B}{C} = \frac{\frac{\sum B}{(1+d)^T}}{\frac{\sum C}{(1+d)^t}} \quad (4)$$

$$VPL = \frac{FC}{(1+i)^t} \quad (5)$$

Onde:

$B/C$  = custo benefício do ativo avaliado

$B$  = benefício do ativo

$d$  = taxa de atualização

$T$  = metade do tempo de capanha

$C$  = custo do ativo

$t$  = MTTF.

$FC$  = fluxo de caixa

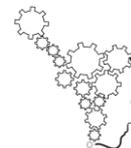
$i$  = taxa de juros

$t$  = tempo de avaliação

### 3. METODOLOGIA DE PESQUISA

#### 3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Conforme a abordagem de Kauark, Manhães e Medeiros (2010), pode-se afirmar que o presente projeto de pesquisa se enquadra na categoria quali-quantitativa. Isso se deve ao fato de a pesquisa propor também uma análise das informações numéricas aplicando conceitos de confiabilidade e manutenção. O teor qualitativo se deve ao fato de se tratar de um estudo de caso. Para o projeto, adotaram-se ainda os parâmetros de classificação da pesquisa apresentados por Vergara (2014), que propõe dois critérios estruturais:



a) Quanto aos fins, é uma pesquisa exploratória. Estudou-se o processo de troca da cobertura dos tanques, os fatores predominantes para consumo das chapas e as possibilidades de materiais substitutos, bem como o custo dos mesmos.

b) Quanto aos meios, é um estudo de caso. Foram realizados dois estudos de caso em tanques que sofreram alteração no projeto de material de sua tampa superior.

### 3.2 TÉCNICAS DE COLETA DE DADOS

Uma vez feita análise prévia pelos setores de engenharia da refinaria (EN), manutenção (MI) e operação (TE) dos possíveis materiais a serem instalados nas coberturas dos tanques, testa-se os mesmos. Alguns materiais foram testados, ou ainda estão em fase de instalação nos topos dos tanques, outros ainda estão em fase de projeto ou aquisição de material. Portanto uma das formas de coleta de dados foi no campo prático.

A equipe técnica da Gerência de Transferência e Estocagem realizou estudos de fluxo e balanço de massa no tanque TQ-266, para encontrar os valores de giro de estoque.

Foi realizada análise documental nos relatórios da Gerência de Inspeção de Equipamento (IE). Técnicos desta mesma gerência conduziram os ensaios de medição de espessura nos equipamentos, de posse destes dados é que foi possível traçar a curva de confiabilidade dos tanques.

O ERP (Enterprise Resource Planning) da empresa foi a principal fonte de consulta dos preços praticados na refinaria. A gerência de Manutenção Industrial (MI) forneceu os valores de mão de obra e aluguel das máquinas de elevação de carga e compra de material.

A Gerência de Comercialização (CM) calculou o valor comercial do produto intermediário estocado em um dos tanques estudados, bem como forneceu os valores de produtos finais envolvidos na análise.

Parte dos dados de pesquisa é obtido de um documento interno da companhia que se chama SGM (Sistema de Gestão de Mudança), além de entrevistas formais com gestores da refinaria.

### 3.3 PROCEDIMENTO DE ANÁLISE DE DADOS

Em se tratando de um estudo de viabilidade, a pesquisa apresenta um caráter amplo de análise e requer dados de diferentes vertentes, tanto quantitativos quanto qualitativos. Nesse



contexto as informações são analisadas de forma estratificada a fim de alcançar os objetivos propostos pelo trabalho. O projeto ocorre em um tanque que teve sua tampa superior original (aço carbono) substituída por aço inox AISI.

Concluída a fase de coleta de dados, se sucederam as análises técnica e econômica (análise de Custo Benefício e Valor Presente Líquido do projeto). Os ensaios de medição de espessura permitiram traçar curvas de confiabilidade e estimar vida residual da tampa.

### 3.4 CARACTERIZAÇÃO DO UNIVERSO DE PESQUISA

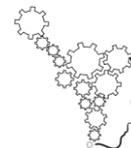
O cenário da pesquisa foi uma refinaria localizada na Baixada Fluminense, a maior em área física da companhia estudada. A gerência em que o estudo se desenvolveu foi a Transferência e Estocagem (TE). Este setor é o responsável pela custódia dos produtos finais e pelo armazenamento de produtos intermediários, os que ainda vão passar por alguma unidade de processamento. O setor conta com um parque de armazenamento de 238 tanques. A gerência se subdivide em outras duas: Transferência e Estocagem/Movimentação de Lubrificantes (TE/ML) e Transferência e Estocagem/Movimentação de Combustíveis (TE/MC).

### 3.5 LIMITAÇÕES DO MÉTODO

No estudo de escolha do material mais apropriado para cobertura do tanque de armazenamento foi considerado que o mesmo armazena um produto específico, fato nem sempre observado, mas que altera consideravelmente a curva de corrosão do tanque. Entretanto, como foi dito anteriormente, a alternância de produtos nos tanques pode mascarar a curva de corrosão.

Outro ponto de observação é referente aos valores apresentados. Todo o custo de manutenção envolvido, bem como os gastos na aquisição de materiais diz respeito aos valores praticados em uma das unidades da companhia localizada no Rio de Janeiro, portanto os valores de mão de obra e aluguel de máquinas são os praticados neste Estado. A diferença de custo de manutenção em outras regiões do país pode levar a conclusões diferentes nas demais unidades da empresa, ou em outras organizações fabris.

O método de análise de custo-benefício para *trade-off* não considera aspectos técnicos para a decisão, sendo esses determinados pelo tomador de decisão, portanto considera-se que



as opções envolvidas no processo decisório são as melhores e que já foram avaliadas tecnicamente.

#### 4. ESTUDO DE CASO

Os números que se seguem foram transcritos da entrevista realizada com o gerente de comunicação da refinaria de Caxias, a entrevista teve por base o questionário elaborados pelos autores.

O cenário da pesquisa foi a refinaria localizada na baixada fluminense. Atualmente a refinaria conta com um portfólio de 55 produtos processados em 43 unidades. Responsável por 80% da produção nacional de lubrificantes, a refinaria processa 240 mil barris de petróleo por dia. Simultaneamente, processa 74 mil barris de líquido de gás natural. Essa produção abastece o mercado diariamente com 314 mil barris de óleo equivalente. Seus principais produtos são: óleo diesel, gasolina, querosene de aviação (QAV), asfalto, nafta petroquímica, gases petroquímicos (etano, propano e propeno), parafinas, lubrificantes, GLP, coque e enxofre. Estes atendem aos mercados do Rio de Janeiro, São Paulo, Espírito Santo, Minas Gerais, Bahia, Ceará, Paraná e Rio Grande do Sul.

##### 4.1 POPULAÇÃO DE TANQUES

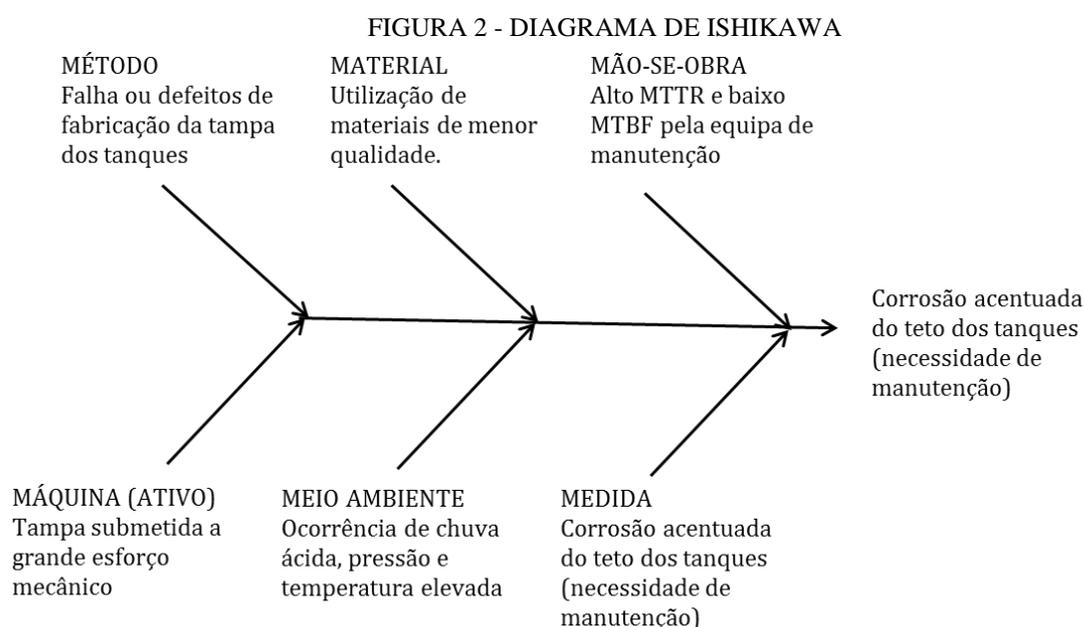
A refinaria conta com dois parques de tanques, um de lubrificante e um de combustíveis. Os tanques na sua maioria são fabricados com chapas de aço carbono, muito embora seja comum encontrar tanques de outros materiais, como alumínio e aço inox. A altura mais encontrada na indústria está entre 15 m e 20 m. As chapas que formam o primeiro anel tem uma espessura aproximada de 30 mm; que diminui à medida que vai se aproximando do último anel. O diâmetro do tanque é muito variável, dependendo do volume que deverá ser estocado, que por sinal deve estar atrelado à vazão entre unidades. Os tanques classificados como maracanã têm um diâmetro de 85m e capacidade de armazenamento de 70000 m<sup>3</sup>. Tanques menores têm um diâmetro de 40m.

A proposta é traduzir em termos de confiabilidade os ganhos auferidos pela troca de material empregado na tampa superior do tanque e verificar se a solução é viável economicamente. O histórico levantado na refinaria apontou que algumas famílias de tanques apresentam corrosão avançada em seus tetos. A corrosão é um processo natural, contudo, é observado que determinados tanques não conseguem cumprir seu tempo de campanha que são



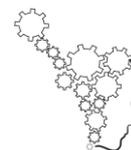
20 anos sem que seus tetos sejam condenados, causando problemas tais como: insegurança operacional, perda por evaporação, contaminação ambiental, produto contaminado por água e redução da flexibilidade operacional.

Uma das questões levantadas no estudo foi o fato das chapas de aço carbono que sempre foram empregadas na estrutura do tanque, não suportarem mais o tempo de campanha do equipamento. Para averiguação da causa foi proposto um *brainstorming* com elaboração do diagrama de Ishikawa entre as Gerências de Manutenção, Inspeção e Operação como mostra a Figura 2.



Fonte: Gerência de Inspeção de Equipamento.

No intuito de resolver o problema propostas foram apresentadas ao longo dos anos. Na implementação destas soluções predominou o empirismo, muito tradicional na ambiente de fábrica da empresa. Praticamente nenhuma solução foi precedida de estudo para avaliação. A falta de método elevou os custos de manutenção além de revelar a ineficiência de algumas propostas. As quatro propostas que efetivamente foram aplicadas nos tanques: (1) ZERUST, também chamado de inibidor de corrosão volátil, ou simplesmente VCI (*Volatile Corrosion Inhibitor*); (2) Aço Carbono, convencionou-se que a cada término de campanha deveria se trocar a tampa superior (20 anos). Entretanto este material empregado é exatamente o original do tanque, ou seja, não vai suportar 20 anos de operação sem romper. Esta foi uma medida quando ainda não se sabia a melhor forma de atacar a causa básica; (3) Pintura, método tradicional de se proteger a chapa, porém observou-se que as mesmas devem ser feitas num período não superior a 8 anos (recomendação da gerência de IE), isto é, considerando um tempo



de campanha de 20 anos, deveria se pintar o teto por pelo menos três vezes. O alto custo do serviço de pintura não justificou o investimento; (4) Aço Inox: essa é uma alternativa mais moderna, implementada principalmente pela significativa redução de preço nos últimos anos. O foco do estudo repousa sobre esta solução. O estudo de caso que se segue é referente ao tanque em que o aço inox foi aplicado.

#### 4.2 AVALIAÇÃO CUSTO-BENEFÍCIO DO TQ-266

Como forma de entender os custos associados na estocagem e justificar a execução do tempo de campanha será apresentado uma estimativa dos valores envolvidos no armazenamento de um produto intermediário. O produto armazenado é o gásóleo, que gera o GLP e a gasolina. O gásóleo fica armazenado em um parque composto por quatro tanques, dentre os quais o TQ-266 que recentemente teve seu teto substituído por aço inox. A Tabela 2 apresenta um resumo das informações de gestão do ativo.

TABELA 3 – Resumo de dados do gásóleo.

<b>Operação</b>	<i>Valor</i>
Capacidade de armazenamento	4.586 m <sup>3</sup>
Volume de expedição diário	7.500 m <sup>3</sup>
Giro diário	1,6
Giro anual	584
Volume armazenado por ano	2.678.224 m <sup>3</sup>
Valor estocado por ano	R\$ 2.450.574.960,00

Fonte: Gerência de Comercialização (2016).

Uma observação sobre o valor agregado do produto (R\$ 915,00/m<sup>3</sup>) deve ser feita. Os valores utilizados para faturamento de produtos acabados são bem conhecidos e calculados, porém, as correntes intermediárias, isto é, aquelas que só existem no âmbito da refinaria, não possuem um valor consagrado. O método utilizado para se estimar o valor do gásóleo foi o seu rendimento de produtos finais – gasolina e GLP. Sabe-se que 1 m<sup>3</sup> de gásóleo rende 55% de gasolina e 15% de GLP, os outros 30% pode-se considerar como resíduo.

O principal método de ensaio realizado na tampa superior do tanque é a medição de espessura, que representa hoje o principal indicador para substituição do material da tampa superior, ou seja, qualquer tanque que apresente uma taxa de corrosão superior a 0,2 mm/ano

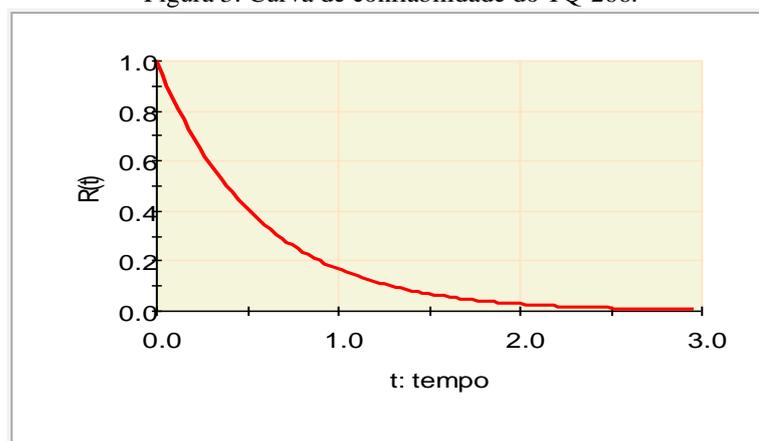


deve ter seu teto substituído pois a vida residual das chapas não permitirão que o tanque cumpra o tempo de campanha.

A medição de espessura consiste numa varredura realizada no teto do tanque onde em um ponto são realizadas quatro medições. Um ponto compreende uma região de 300 mm x 300 mm. Das quatro medições considera-se o valor de menor espessura e descartam-se os demais. Para efeitos de estudo será considerado defeito o ponto em que for observada redução da espessura da chapa, e falha, quando a redução for superior a 0,2 mm/ano.

Utilizando a distribuição exponencial para traçar a curva de confiabilidade, encontramos o gráfico presente na Figura 3. A análise gráfica mostra que uma elevada taxa de corrosão reduziu significativamente o tempo de operação do tanque.

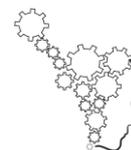
Figura 3: Curva de confiabilidade do TQ-266.



A curva apresentada na figura 3 indica que após três anos de operação o TQ-266 teve a confiabilidade de seu teto reduzida consideravelmente. Este equipamento esteve em manutenção no ano de 2009, quando seu teto foi totalmente reformado com aço carbono.

Em 2012, durante a medição de espessura, foram identificados três pontos em falha por apresentarem taxa de corrosão superior a 0,2 mm/ano. Na ocasião decidiu-se substituir as chapas do teto por aço inox uma vez que a vida residual não permitiria o tanque cumprir o tempo de operação até a próxima intervenção. A troca do teto ocorreu em 2015, permitindo o equipamento voltar a operar a partir de janeiro de 2016. Até o momento de conclusão deste estudo não foi realizada medição de espessura devido ao curto intervalo de campanha.

Em 2008 a Gerência de Inspeção de Equipamentos realizou um estudo em alguns equipamentos estáticos que apresentavam problemas de corrosão avançada. O estudo apresentou uma classificação da taxa de corrosão como um de seus resultados.



Os custos de manutenção associados na troca de material da chapa estão ilustrados na Tabela 5. As principais alterações que fizeram o preço de Aço Inox AISI ser mais baixo são: redução da espessura da chapa e a ausência do custo relacionado a pintura, uma vez que neste tipo de aço não é feito nenhum tratamento de superfície. Desta forma a análise econômica é apresentada pela Tabela 5. A taxa mínima de atratividade para o projeto foi considerada 8,7%.

Na primeira linha é mostrado o valor total de construção do tanque. Separou-se no valor total do tanque todos os custos referentes ao teto e seus componentes, esta segregação de custos mostrou que a tampa superior do tanque representa 9,38% do valor total. O benefício do ativo nada mais é do que o valor financeiro que o tanque movimentado no período de 1 ano. Ensaio de medição de espessura realizados durante o estudo em 2008 pela Gerência de Inspeção de Equipamentos indicaram um MTTF de 8 anos para as tampas dos tanques.

O horizonte de benefício escolhido representa metade do tempo de campanha do tanque. Em um cenário pessimista significa que o aço inox pode não suportar as condições de projeto e falhar após cumprido metade do tempo previsto. O benefício da tampa representa 9,38% do valor movimentado pelo tanque em 1 ano. O custo representa o valor consumido na substituição da tampa superior por aço inox.

TABELA 5: Análise econômica para o TQ-266 Gasóleo

<b>Taxa de Corrosão (A) mm/ano</b>	<b>Classificação</b>
Custo do Ativo TQ (100% utilização)	R\$ 35.911.174,32
Custo da Tampa (9,38% do benefício do ativo)	R\$ 3.369.224,98
Benefício do Ativo (em 1 ano)	R\$ 2.450.574.960,00
Taxa (i) a.a	12%
MTTF (anos)	8
Horizonte do benefício (anos)	10
Benefício da tampa (R\$)	R\$ 20.523.565,29
Custo (R\$)	R\$ 449.091,18
B/C	45,70
VPL	R\$ 989.746.125,30

Fonte: o autor

A análise de custo benefício do projeto corresponde a 45,7 e o valor presente líquido, R\$ 989.746.125,30. Os dois indicadores apontam para aceitação do projeto.



## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O método financeiro com utilização do indicador custo-benefício e valor presente líquido mostrou-se adequado para aceitação do projeto de se trabalhar com chapas de inox. Primeiramente procurou-se encontrar um material que dadas às condições atuais permitisse ao tanque operar pelo tempo de vida útil preservando o produto armazenado. O revestimento com chapa de inox se mostrou como alternativa possível. A comprovação da resistência mecânica do material foi avaliada por ensaios de Medição de Espessura nas chapas trocadas, o que revelou baixas taxas de corrosão.

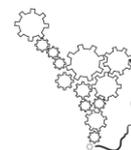
A solução encontrada alterou significativamente os custos praticados até então na manutenção de tanques, visto que o inox é um material de maior valor agregado. Deu-se início a segunda fase do projeto que foi avaliar sob o enfoque econômico a viabilidade da alteração de material na chapa superior. Foi utilizado o método VPL (Valor Presente Líquido) e a análise de Custo Benefício como forma de justificar, ou não, quantitativamente a decisão tomada pelos responsáveis pela manutenção de tanques da companhia.

O produto intermediário apresenta alto giro e baixo valor agregado. O produto final apresenta um giro bem inferior, porém alto valor agregado. Em ambos os casos a alteração do material da tampa do tanque se justificou tecnicamente e economicamente.

A aplicação do método financeiro (Custo Benefício e Valor Presente Líquido) aponta que a utilização do material inox é interessante economicamente sob o enfoque de gestão de ativos e confiabilidade industrial, respondendo as últimas perguntas da pesquisa.

O método desenvolvido é simples e válido para a gestão e decisão sobre ativos de alto valor agregado como o caso da área de tancagem. Os valores de Custo Benefício obtidos se justificaram devido o valor agregado do produto armazenado e a grande capacidade de armazenagem dos ativos avaliados.

Recomenda-se para trabalhos futuros a análise completa para todos os ativos da empresa estudada através de estimativa de manutenção corretiva. Evidenciando o ganho com o esforço prioritário a esse tipo de ativo.



## REFERÊNCIAS

- ABENSUR, E. O. A substituição de bens de capital: um modelo de otimização sob a óptica da Engenharia de Produção. **Gest. Prod.**, v.22, n.3, p.525-38, 2015
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462: Confiabilidade e Manutenibilidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.
- CARDOSO, L. C. S. **Logística do Petróleo Transporte e Armazenamento**. Rio de Janeiro: Interciência Editora, 2004.
- DOHI, T. et al. Optimal control of preventive maintenance schedule and safety stocks in an unreliable manufacturing environment. **International Journal of Production Economics**, v. 74, p.147-55, 2001.
- GARG, A.; DESHMUKH S.G. Maintenance management: literature review and directions, **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v.12, n. 3, p.205- 38, 2006.
- KARDEC, A.; CARVALHO, C. **Gestão estratégica e terceirização**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.
- KAUARK, F. S.; MANHÃES, F. C.; MEDEIROS, C. H. **Metodologia da pesquisa: um guia prático**. 2. ed. Itabuna-BA: Via Litterarum, 2010. v. 01. 96p.
- LAPPONI, J. C. **Matemática Financeira**. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.
- MARCORIN, W. R.; LIMA, C. R. Análise dos Custos de Manutenção e de Não-manutenção de Equipamentos Produtivos. **Revista de Ciência e Tecnologia**, v.11, n.22, p.35-42, 2003.
- MÁRQUEZ, A. C. et al. The Maintenance Management Framework: a Practical View to Maintenance Management. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 15, n. 2, p. 167-78, 2009.
- SILVA, D. L.; MONTEIRO JUNIOR, A. S.; FERREIRA, F.; CORREA, G.. **Análise de Confiabilidade de Motopropulsores da Aeronave C-130 Hércules da Força Aérea**. In: *VIII Simpósio de Engenharia de Produção em Sergipe*, 2016,
- TSANG, A.H.C. Strategic dimensions of maintenance management. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v.8, n.1, p.7-39, 2002.
- VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 15 ed. São Paulo: Atlas, 2014.
- YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- ZAGO, C. A.; WEISE, A. D.; HORNBURG, R. A. **A Importância do Estudo de Viabilidade Econômica de Projetos nas Organizações Contemporâneas**. *Congresso Virtual Brasileiro de Administração*, VI., 2009.