

# ANÁLISE DE CUSTOS PARA MANUTENÇÃO DE ESTOQUES DE SOBRESSALENTES NO PROCESSO DE TRANSPORTE DE PETRÓLEO PARA NAVIOS

**Luana Fernanda Marques (UVV)**

luarub@hotmail.com

**Fabio Romero Nolasco Ferreira (UVV)**

fabioferreira@globo.com



*A redução de tempo de parada de produção se faz necessária para a melhoria dos resultados financeiros empresariais. Quando um equipamento crítico para o processo fica impedido de operar devido a indisponibilidade de um componente, gera-se a oportunidade de melhoria do sistema de gestão de materiais. Essa questão foi abordada neste artigo no processo de transporte de petróleo para navios, realizado por um terminal aquaviário. A partir da análise do histórico quantitativo de falhas e ressurgimento dos equipamentos, foram identificados os componentes que causam mais impacto na produção, e, após a observação das principais causas do problema foram feitas as considerações sobre a viabilidade de manutenção de estoque de sobressalentes para garantia de continuidade do processo produtivo. Este artigo, além de discutir os conflitos sobre a decisão de manutenção de estoque, mostra que o custo da indisponibilidade de um equipamento, por falta de sobressalente para reposição, é muito mais elevado no processo analisado.*

*Palavras-chaves: Gestão de materiais, estoque, custos*

## 1. Introdução

Em uma produção ininterrupta, a disponibilidade dos equipamentos desempenha fator relevante no desempenho do empreendimento. Indisponibilizar um equipamento crítico ocasiona diminuição de resultados, pois, ocupa o tempo em que este componente do processo poderia estar gerando lucros para a empresa. Assim, o período gasto com a manutenção deve ser o estritamente essencial. Quando ocorre na empresa a espera no recebimento de sobressalentes, há o desperdício da oportunidade de faturamento, pois esta deixa de gerar resultados, por motivos controláveis. Tais fatos mostram a necessidade de planejamento e implantação de ações para melhoria de gestão, atuando na redução do tempo de indisponibilidade do equipamento.

Dos campos de extração, o petróleo é enviado por meio de dutos ou caminhões às áreas de armazenamento. Nesses locais, o petróleo é estocado em tanques, os quais acondicionarão o produto até a atracação de navios, que receberão e enviarão o petróleo às refinarias.

Para análise do processo de transporte de petróleo para navios foi escolhido um terminal com as características descritas a seguir:

Área total de 205.000 m<sup>2</sup>, com infra estrutura de armazenamento de petróleo (parque de tancagem com 05 tanques de capacidade nominal de 15.000 m<sup>3</sup> cada), sistemas de bombeamento, laboratório, caldeiras, permutadores de calor, rampa para carretas e área administrativa.

Destaca-se para o estudo o sistema de bombeamento, que contém 03 bombas de transferência utilizadas na movimentação do petróleo dos tanques para o navio, sendo que duas bombas são usadas simultaneamente no processo, cada uma responsável por aproximadamente 50% da produção. A terceira bomba é acionada em caso de revezamento de equipamentos, danos ou interrupções de uma das duas bombas que estiverem em operação. Esses equipamentos são primordiais para o processo, pois, caso se tornem indisponíveis poderão causar interrupção no fornecimento de petróleo ou diminuição da quantidade fornecida por tempo de produção.

Verificou-se que atualmente neste processo uma bomba está indisponível devido a necessidade de uso de sobressalentes desse equipamento nas duas bombas de produção. Ou seja, o sistema não dispõe da bomba reserva, de segurança.

Assim, qualquer defeito que houver em uma das duas bombas de operação impactará diretamente na produção, aumentando o tempo de permanência do navio no terminal aquaviário, se não for realizado o reparo tão logo ocorra o dano. Isso, pressupondo o defeito em apenas uma bomba, pois, nas condições atuais, caso as duas bombas se danificassem, haveria interrupção do fornecimento de petróleo para o navio. O que resultaria em altos custos para o terminal.

Neste cenário, pode-se verificar a importância da boa gestão de materiais e estoques, que pode ser mais bem apreciada quando os bens necessários não estão disponíveis no instante correto para atender às necessidades de produção ou operação (BALLOU, 1993).

O caso do terminal é nítido exemplo da forte correlação entre processo de produção e logística, que visa a promoção de melhor nível de rentabilidade nos serviços, por meio de planejamento, organização e controle efetivo para as atividades de movimentação e armazenagem, a fim de facilitar o fluxo de produtos.

A política de estoques de segurança de sobressalentes de um equipamento crítico para o processo, como é o caso das bombas de transferência, pode ser uma estratégia bem sucedida, pois proporciona a disponibilidade da peça para reposição, garantindo a manutenção do equipamento e assim, a elevação do nível de serviço ao cliente.

Desta forma, será analisada a viabilidade econômica de manutenção de estoque de sobressalentes, que apresentam maior frequência de danos, da bomba de transferência centrífuga no processo de transferência de petróleo para navios em terminais aquaviários.

## 2. Referencial Teórico

Decisões sobre estoques é uma área estudada no planejamento logístico. Se bem gerenciada, pode contribuir significativamente na maximização dos lucros ou diminuição dos custos da empresa.

Por isso a logística é assunto vital para uma organização. De acordo com Ballou (1993), logística empresarial tem como objetivo prover o cliente com os níveis de serviço desejados. A meta de nível de serviço logístico é providenciar bens ou serviços corretos, no lugar certo, no tempo exato e na condição desejada ao menor custo possível. Isto é conseguido através da administração adequada das atividades-chave da logística (transportes, manutenção de estoques, processamento de pedido e de várias atividades de apoio adicionais).

Se o material correto, nas quantidades exatas não estiver disponível no tempo preciso, o processo não poderá produzir o que deveria. Trabalho e maquinário seriam mal utilizados. A lucratividade e mesmo a existência da empresa seriam ameaçadas (ARNOLD, 1999).

De acordo com Chopra (2010), as decisões de cadeia de suprimento têm um grande impacto no sucesso ou no fracasso de uma empresa, pois influenciam significativamente na receita gerada e no custo incorrido. Cadeias de suprimento bem sucedidas promovem um alto nível de disponibilidade do produto ao cliente, enquanto mantêm os custos baixos.

Estoques agem como “amortecedores” entre suprimento e demanda, ou, entre suprimento e necessidades de produção. São benéficos ao sistema de suprimento porque garantem maior disponibilidade de componentes para a linha de produção, diminuem o tempo dedicado pela administração para manter a disponibilidade de componentes para a linha de produção, diminuem o tempo dedicado pela administração para manter a disponibilidade desejada e podem reduzir custos de transporte. Caso estoques de componentes estejam disponíveis, as necessidades de operação podem ser atendidas diretamente do inventário sem demora (BALLOU, 1993).

Para obter o máximo lucro, segundo Arnold (1999), uma empresa deve ter pelo menos os quatro objetivos principais de: prover o melhor serviço ao cliente; prover os mais baixos custos de produção, prover o menor investimento em estoques e prover os menores custos de distribuição. Em meio a esses objetivos gerais, de toda a empresa, os setores de trabalho confundem-se na tentativa de atender a objetivos específicos de cada área. Para alcançar os objetivos de marketing, que são manter e aumentar as receitas, deseja-se manter altos estoques, de modo que os bens estejam sempre disponíveis para o cliente; para os objetivos de finanças, que são manter investimentos e custos baixos, deseja-se reduzir estoques, de modo que o investimento em estoques atinja o mínimo; já para os objetivos de produção que são os de manter mínimos custos operacionais possíveis, almeja-se manter altos volumes de matérias-primas e de estoques de produtos em processo, de modo que a produção não seja paralisada em função de falta de material.

Arnold (1999) alega que um modo eficiente de resolver esses objetivos conflitantes é prover uma coordenação estreita das funções de fornecimento, produção e distribuição, de forma a balancear os objetivos conflitantes para minimizar o total de custos envolvidos e maximizar o serviço ao cliente consistentemente com os objetivos da organização.

Para determinar o que, quanto e quando o material será necessário, é preciso realizar estudo da demanda. Desta forma, pode-se mensurar o que deve ser disponibilizado mediante as necessidades do processo. As previsões normalmente são difíceis. Porém, segundo Chopra (2010), o que uma empresa sabe sobre o comportamento passado joga luz sobre o seu comportamento futuro. A demanda não surge em um vácuo. Em vez disso é influenciada por diversos fatores e pode ser prevista, pelo menos com alguma probabilidade, se uma empresa puder determinar o relacionamento entre esses fatores e a demanda futura. Alguns desses fatores são listados a seguir: demanda passada; tempo de espera de ressurgimento de produtos; estado da economia; ações tomadas pelos concorrentes.

O conflito em manter ou não o controle de estoques existe pois este exerce influência muito grande na rentabilidade da empresa. Eles absorvem capital que poderia estar investido de outras maneiras. Portanto, o inventário desvia fundos de outros usos potenciais e tem o mesmo custo de capital que qualquer outro projeto de investimento da companhia (BALLOU, 1993).

Mas tudo isso tem um preço. De acordo com Arnold (1999), o problema é equilibrar o investimento em estoques com os seguintes fatores: Atendimento aos clientes: quanto menor o estoque, maior a probabilidade de um esvaziamento e menor o nível de atendimento aos clientes. Quanto maior o estoque, melhor será o atendimento aos clientes; Custos de emissão de pedidos: estoques menores podem ser conseguidos se os pedidos forem feitos em quantidades menores e com mais frequência, mas essa prática resulta em maiores custos de pedidos por ano; Custos de transporte: as mercadorias transportadas em pequenas quantidades custam mais por unidade do que aquelas transportadas em grandes quantidades. Entretanto, transportar lotes maiores exige maiores estoques.

O caso estudado do terminal, atualmente, adota os critérios do just-in-time, pois os materiais são solicitados após o surgimento da demanda.

A idéia do just-in-time é suprir produtos para a linha de produção, depósito ou cliente apenas quando eles são necessários. Porém, segundo Ballou (1993), o enfoque do just-in-time nem sempre leva ao “estoque zero”. Caso as necessidades ou os tempos de reposição não sejam conhecidos com certeza, então quantidade ou tempos maiores deverão ser usados, o que acaba colocando estoque extra no sistema. Portanto, essa técnica é vantajosa somente quando: os produtos têm alto valor unitário e necessitam de alto nível de manutenção, as necessidades e demandas são conhecidas com alto grau de certeza, os tempos de reposição são pequenos e conhecidos e não houver benefício econômico em suprir-se com quantidades maiores que as requeridas.

Deve ser considerado que um esvaziamento de estoque pode ser potencialmente caro por causa de custos de pedidos não atendidos, de vendas perdidas, de clientes possivelmente perdidos ou insatisfeitos, e até mesmo por causar acúmulo de passivos, devido a multas pagas, se for previsto em contratos.

A falta de um sobressalente indispensável para repor outro que foi danificado, pode ocasionar grandes prejuízos a empresa, pois o processo poderá ser paralisado em função disso. De acordo com Slack et al. (1997), haverá custos incorridos pela empresa, pela

falha no fornecimento aos consumidores. Se os consumidores forem externos, poderão trocar de fornecedor; se internos, a falta de estoque pode levar a tempo ocioso no processo seguinte, ineficiências e, fatalmente, consumidores externos insatisfeitos outra vez.

Aumentar a disponibilidade de sobressalentes se traduz em menor tempo gasto com o reparo do equipamento.

Se é mantido um estoque, deve haver um benefício que exceda os custos para mantê-lo. Manter um estoque que ultrapassa as necessidades atuais só é bom se essa manutenção é menos custosa do que a inexistência do estoque. Sendo assim, deve-se voltar a atenção para os custos associados aos estoques (ARNOLD, 1999).

### 3. Metodologia

Para este estudo foi selecionado o processo de fornecimento de petróleo para navios de uma empresa de logística em granéis líquidos.

O estudo considerou análise quantitativa, coleta dos dados baseados em histórico de documentos, emprego de ferramentas de análise de causas e entrevistas com funcionários de diversos setores, como operacional, de manutenção, de apoio logístico, especializado em atividades marítimas, contábil, de segurança operacional e engenharia.

Nesse processo, foram identificados os problemas de grande impacto nos resultados operacionais e financeiros. Dentre estes, selecionou-se o mais freqüente e que causava mais transtornos operacionais: Gastos com sobre-estadias de navios por indisponibilidade de equipamento fundamental para o processo.

Após análise de todos os equipamentos essenciais, dos quais a ocorrência da operação dependia, foram escolhidas para detalhamento dos estudos as bombas de transferência, que realizam a movimentação de petróleo para os navios, devido a importância deste equipamento para o processo.

Sequencialmente, após a seleção do equipamento, foram verificados os componentes ou sobressalentes que mais se danificavam e impediam o funcionamento da bomba, através do histórico da empresa. A coleta de dados foi feita desde a instalação do equipamento em 2006 até os dias atuais.

Os motivos pelos quais estes componentes não poderiam ser substituídos imediatamente foram identificados por meio do método Árvore de Falhas, obtendo como causa raiz a indisponibilidades de suprimento no momento em que eram necessitados, isto é, estoques de materiais importantes para o processo não eram mantidos.

Foram analisados também os prejuízos ocorridos com a utilização de apenas 50% da capacidade do processo (01 bomba em operação, somente), além dos riscos potenciais.

Por fim, realizou-se o cálculo da viabilidade econômica de manter um estoque mínimo desses componentes, considerando os custos do estoque e os custos da falta dos sobressalentes.

### 4. Análise dos Dados

O processo de transferência de petróleo para navio dispõe de três bombas centrífugas, sendo usadas duas durante toda a operação, cada uma responsável por aproximadamente 50% da produção. Uma terceira bomba idêntica foi interligada ao sistema para funcionar somente na ocorrência de problemas em uma das duas bombas de produção ou

revezamento entre esses equipamentos. Esta bomba está inoperante no momento, devido à indisponibilidade de suprimento para reposição de peças danificadas.

São apresentados os dados operacionais da bomba centrífuga na Tabela 1, para os quais o terminal adequa o produto movimentado às características determinadas:

<b>Dados Operacionais da Bomba Centrífuga</b>		
<b>Produto movimentado</b>	Óleo leve (Petróleo ESSA)	Óleo pesado (Petróleo FAZA)
<b>Origem</b>	Fazendas Norte do Espírito Santo	Fazenda Alegre
<b>Vazão</b>	800 m <sup>3</sup> /h	600 m <sup>3</sup> /h
<b>Viscosidade dinâmica</b>	102,3 cp	439 cp
<b>Temperatura</b>	ambiente	75° C
<b>Densidade relativa</b>	0,88	0,942

Fonte: Adaptado de Operation and Maintenance Manual (2001)

Tabela 1 – Dados operacionais da bomba de transferência centrífuga

Para o funcionamento das bombas foram identificados cerca de 314 sobressalentes, incluindo componentes dos motores, lubrificantes, radiador, selo mecânico e outros.

Destes, 214 são essenciais para a operação das bombas, dentre os quais, 76 quebram com maior frequência.

Dos que quebram com maior frequência, 13 pertencem aos radiadores e 44 aos selos mecânicos.

A Tabela 2 apresenta informações destes principais sobressalentes:

<b>Equipamento</b>	<b>Radiador</b>	<b>Selo mecânico</b>
<b>Principais componentes</b>	Colméia	Sedes rotativas
	Tubos	Sedes estacionárias
	Haletas	Molas e Anéis Luvas
<b>Custo total dos componentes</b>	R\$ 17.000,00	R\$ 13.000,00
<b>Frequência de danos por bomba</b>	Triannual (0,33 ao ano)	Semestral (2 ao ano)
<b>Tempo de ressurgimento</b>	75 dias (1800 horas)	75 dias (1800 horas)

Tabela 2 – Dados para ressurgimento dos principais sobressalentes

Os cálculos adiante foram realizados para o selo mecânico, em virtude da maior frequência de danos no ano, totalizando em 6 selos mecânicos (2 para cada bomba).

O lote ótimo de reposição deve ser a quantidade que justamente balanceia os custos de manutenção e aquisição (ARNOLD, 1999).

Segundo Chopra (2010), o tamanho ótimo do lote é aquele que minimiza o custo total para a empresa. O tamanho ótimo do lote é também conhecido como lote econômico de compra. Ele é indicado por  $Q^*$  e é dado pela seguinte equação:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot S}{h \cdot c}}$$

Onde:

D = Demanda anual, que corresponde a 6 selos mecânicos.

S = Custo do pedido, o qual, de acordo com o comprador e fornecedor corresponde a R\$ 250,00.

c = Custo unitário do item, correspondente a R\$ 13.000,00, de acordo com o fornecedor.

h = custo de manutenção por ano, admitindo-se 13,5% diante da conjuntura econômica e de fatos estruturais para a moeda brasileira.

Ressalta-se que o custo de manutenção por ano, “h”, foi determinado não desprezando a taxa interna de viabilidade econômica, que exigiria maior nível de detalhamento do assunto, pois envolveria estrutura complexa do negócio de petróleo, que não é o caso a ser tratado neste artigo.

O resultado dos cálculos mostra que  $Q^* = 1,7$ , o que equivale a 2 selos mecânicos por lote de compra.

Então, pode-se calcular o custo total anual de manter 2 selos mecânicos em estoque:

O custo total anual do estoque é calculado pela soma do custo de compra, do custo de manter o item em estoque e do custo do pedido:

$$CT = c \cdot Q^* + \frac{D}{Q^*} \cdot S + h \cdot c \cdot \frac{Q^*}{2} = \text{R\$ } 28.505,00$$

Onde CT representa o custo total anual.

Agora, é necessário estabelecer os custos da falta de estoque.

De acordo com Gurgel & Francischini (2002), a falta de um item em estoque pode gerar grandes prejuízos à empresa compradora, tanto em valores tangíveis, quanto intangíveis.

Um custo direto e facilmente percebido é o custo gerado em sobre-estadias dos navios que ficam atracados no terminal para receber o produto transferido através das bombas.

A sobre-estadia é o pagamento pela utilização ou retenção do navio por tempo além do estabelecido para as operações de carga e/ou descarga. No caso desse tempo de permanência exceder em função de algum problema de responsabilidade do terminal, este deverá arcar com os custos do pagamento. Ou seja, se a produção atrasar devido a problemas nas bombas de transferência, o terminal pagará a sobre-estadia.

Apenas uma bomba em operação, representa 50% da produtividade, ou seja, o navio levará o dobro do tempo para carregamento, desconsiderando o tempo para liberação inicial e final do navio, causando prejuízo ao terminal.

Como exemplo, tem-se um carregamento realizado pelo navio tanque L, que possui limite máximo de vazão de 2.000 m<sup>3</sup>/h, com carga total prevista de 30.000 m<sup>3</sup> de petróleo leve, conforme Tabela 3:

---

Carregamento do Navio Tanque L – 30.000m<sup>3</sup>

---

Quantidade de bombas de transferências utilizadas	Vazão	Tempo de carregamento	Tempo total para liberação inicial e final do navio	Tempo total de permanência do navio	Estadia prevista	Sobre-estadia	Custo de Sobre-estadia (US\$)
2	1600 m <sup>3</sup> /h	18,75 h	6 h	24,75 h	24,75 h	0	0
1	800 m <sup>3</sup> /h	37,50 h	6 h	43,50 h	24,75 h	18,75	17.812,50

Tabela 3: Informações sobre carregamento de navios

Os dados dos custos de sobre-estadia estão em dólares, com cotação de R\$ 1,50 o valor de U\$ 1,00.

Em média, o relatório de estadias e sobre-estadias do terminal (ocorridas devido a danos nas bombas) apresenta um custo de U\$ 200.000,00 por ano, equivalente a aproximadamente R\$ 300.000,00. Porém, em 2011, para o primeiro trimestre, já foi registrado o custo de U\$ 174.231,00, equivalente a R\$ 261.346,50. Esse aumento expressivo ocorreu em virtude de paradas nos equipamentos para manutenção.

Outros dois custos importantes que não foram estudados neste artigo, e conseqüentes da falta de estoque, são os custos de desgaste excessivo do equipamento e os custos do atraso do recebimento do petróleo de Fazenda Alegre na refinaria LUBNOR.

O custo de desgaste excessivo do equipamento e diminuição de sua vida útil ocorre na operação de apenas uma bomba de transferência, trabalhando, assim, de encontro ao processo que foi projetado como ideal para operar com duas bombas.

O outro custo está relacionado à importância do petróleo extraído do campo Fazenda Alegre, mencionado na Tabela 1. Este petróleo é utilizado pela Lubrificantes e Derivados de Petróleo do Nordeste, LUBNOR, instalação da PETROBRAS que fabrica lubrificantes e asfalto. A LUBNOR já não depende mais do petróleo Bachaquero que era importado da Venezuela, pois a demanda é atendida pelo petróleo capixaba de Fazenda Alegre.

Então, dependendo da demanda, atrasos no envio desse petróleo também poderão acarretar custos a terceiros.

O estudo mostra que o custo anual de manter o estoque de 2 selos mecânicos é de R\$ 28.505,00 e que o custo da falta desse estoque, relacionado a sobre-estadias, ocorre em uma média anual de R\$ 300.000,00.

Assim, é muito mais viável economicamente manter o estoque de 2 selos mecânicos no terminal, que custear as sobre-estadias.

## 5. Considerações Finais

Com o objetivo de analisar a viabilidade de manter um estoque dos principais sobressalentes que ocasionam a indisponibilidade das bombas de transferência, as quais são elementos indispensáveis para o negócio da empresa, que é fornecer petróleo aos navios petroleiros, o estudo foi realizado por meio da verificação dos materiais críticos, que são essenciais para a execução do processo, da análise dos custos de manutenção do estoque e dos custos da falta do estoque.

O cenário estudado, com duas bombas disponíveis e a possibilidade (e risco) de falha em uma delas (como foi considerada na demonstração de custos para uso da metade da capacidade de produção), mostra a necessidade de melhoria na gestão de materiais a fim de evitar atrasos na produção, em que a disponibilidades de peças sobressalentes no

momento que são requeridas para manutenção das bombas, pode significar continuidade de produção, geração de resultados positivos, e, conseqüentemente, redução de custos desnecessários.

A existência de um estoque mínimo dos sobressalentes que mais causam transtornos a operação, como demonstrada a análise de custos para o selo mecânico, pode se tornar uma solução adequada para o terminal, visto que o fornecimento não ocorre ao mesmo tempo que a demanda, implicando em custos maiores que a manutenção do estoque.

Verificou-se que é mais viável economicamente manter o estoque de 2 selos mecânicos no terminal, com o custo anual de R\$ 28.505,00, que pagar a sobre-estadia do navio causada pela indisponibilidade da bomba de transferência, correspondente em uma média anual de R\$300.000,00.

A estratégia de manter esse estoque deve ser avaliada com importância e urgência alta mediante o elevado custo observado para a falta de estoque.

## Referências

- ARNOLD, J. R. T.** *Administração de Materiais: Uma Introdução*. São Paulo: Atlas, 1999.
- BALLOU, R. H.** *Logística Empresarial: Transportes, Administração de Materiais e Distribuição Física*. São Paulo: Atlas, 1993.
- CHOPRA, S. & MEINDL, P.** *Gestão da Cadeia de Suprimentos: Estratégia, Planejamento e Operações*. 4. ed. São Paulo: Pearson, 2010.
- FLOWSERVE CORPORATION.** *Drawing Centrifugal Pump Cross Section*. Rev 00. São Mateus: Flowserve, 2003.
- GURGEL, F. A. & FRANCISCHINI, P.G.** *Administração de Materiais e do Patrimônio*. São Paulo: Pioneira Thomson, 2002.
- OPERATION AND MAINTENANCE MANUAL.** *Mitsubish diesel engine S12H*. Mitsubish, february 2001.
- PETROBRAS TRANSPORTE SA - TRANSPETRO.** *Relatório de Estadias e Sobre-estadias por Navio OPES*. São Mateus: TRANSPETRO, 2010.
- PETROBRAS TRANSPORTE SA - TRANSPETRO.** *Controle de Materiais MN*. São Mateus: TRANSPETRO, 2006 - 2010.
- SLACK, N., CHAMBERS, S., HARLAND, C., HARRISON, A. & JOHSTON, R.** *Administração da Produção*. São Paulo: Atlas, 1997.