



IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GESTÃO DE ESTOQUE VOLTADO PARA TRATAMENTO DE ÁGUA INDUSTRIAL: ESTUDO DE CASO.

WALTER DE AZEVEDO DUARTE FILHO

(UCAM - CAMPOS DOS GOYTACAZES)

DENISE CRISTINA DE OLIVEIRA NASCIMENTO

(UCAM - CAMPOS DOS GOYTACAZES)

AILTON DA SILVA FERREIRA

(UFF - MACAE)

Resumo

Em função das crescentes demandas por produtos químicos relativos ao tratamento de água industrial aplicados nas plantas de Processamento de gás natural em um terminal localizado na cidade de Macaé RJ, verificou-se a necessidade de implantação de uma sistemática de ressurgimento e previsão de demanda para itens considerados críticos a continuidade operacional. Para melhoria da confiabilidade, bem como atendimento aos níveis adequados de estoque, tornou-se necessário identificar os pontos vulneráveis no planejamento existente, relacionado a aspectos administrativos e riscos de faltas. O presente trabalho teve por objetivo Dimensionar: o estoque mínimo, tempo de ressurgimento, lote de compra, ponto de pedido, consumo médio e modelo adequado de previsão da demanda para os sistemas de tratamento d'água do Terminal em estudo. Foi realizada uma análise preliminar da estrutura de requisição dos insumos: Sulfato de Alumínio e Carbonato de Sódio, através de questionários abertos e entrevistas, junto à Coordenadoria de Utilidades e atividades de apoio do Terminal de Cabiúnas. Com base nas informações obtidas e na literatura existente, pretendeu-se prover o setor de dados relevantes em termos de gestão de estoques dos insumos, a fim de que fosse possível dimensionar: o estoque mínimo, tempo de ressurgimento, lote de compra, ponto de pedido, consumo médio e modelo adequado de previsão da demanda. Os resultados obtidos ratificaram a necessidade de uma abordagem quantitativa para previsão de demanda, aplicando o método da média móvel dos consumos com características sazonais. Para dimensionamento dos parâmetros obteve-se os resultados para 4 pedidos de compra no ano: Sulfato de Alumínio: Estoque mínimo (Emín): 485,93 Kg; Ponto de pedido (PP): 2676,43 Kg; Estoque médio(EM): 1581,18 Kg; Estoque

máximo (Emáx): 9247,93 Kg; Consumo médio(Q): 730,16 Kg. Carbonato de Sódio: Estoque mínimo (Emín): 485,93 Kg; Ponto de pedido (PP): 1124,24 Kg; Estoque médio (EM): 726,74 Kg; Estoque máximo (Emáx): 3509,24 Kg; Consumo médio(Q): 730,16 Kg. As diferenças entre o consumo real e a solicitação de compras no ano anterior (estoque imobilizado) foram: Sulfato de Alumínio - 1238 Kg (R\$ 2688,13). Para o Carbonato de Sódio Obteve-se os valores: 1420 Kg (R\$ 1861,77).

Palavras-chaves: Previsão de demanda, estoque de segurança, insumos de tratamento d'água, parâmetros de ressuprimento

1. Introdução

O tratamento de água industrial é de vital importância para a eficácia do sistema, pois através deste é possível aperfeiçoar o rendimento das unidades de processamento de gás através das trocas térmicas nos equipamentos instalados nas plantas de processo e parques de compressão de gás. Além da finalidade industrial do tratamento de água efetuada pelas estações de tratamento (UT-512101 e Z-51007/6), promove-se também o tratamento de água para consumo humano, demandando vários produtos químicos como, por exemplo: *Sulfato de alumínio* e *carbonato de sódio*. Estes produtos serão objeto de estudo com relação ao comportamento de consumo e níveis de estoques adequados.

Vale ressaltar, que existe uma legislação específica para potabilidade de água produzida para consumo humano, que deverão se enquadrar rigorosamente nos padrões preconizados na portaria nº 518 de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde. Além destas premissas, também é necessário atentar sobre os aspectos ambientais, tendo em vista os descartes que são necessários (purgas de desconcentração) feitos periodicamente, o que determina cuidados quanto ao descarte destes efluentes.

Neste contexto, este artigo busca num primeiro momento, analisar as metodologias aplicadas pela empresa, no que tange ao Planejamento e Controle de Estoque dos itens críticos ao processo, bem como a metodologia de previsão de demanda, definindo posteriormente os parâmetros de ressurgimento..

2. Objetivo do Trabalho

Dimensionar: o estoque mínimo, tempo de ressurgimento, lote de compra, ponto de pedido, consumo médio e modelo adequado de previsão da demanda para os sistemas de tratamento d'água de um Terminal de Produção de Petróleo.

3. Sistemas de Controle de Estoques

O controle de estoques tem importância fundamental, pois deste decorrem custos relevantes, em torno de 25 a 40% dos custos totais. Tais custos representam uma fração considerável do capital da empresa. Diante do contexto, deve-se avaliar com cuidado o papel

dos estoques na relação com toda a estrutura logística da empresa, de acordo com Ballou (1995).

3.1- Avaliação de estoques por grupos (CURVA ABC)

Uma vez sendo necessário avaliar os estoques por grupos de importância no que tange a preço/custo e quantidade, podemos lançar mão da curva ABC de materiais, conforme Dias (2008). Diante do exposto a curva ABC pode ser aplicada como uma boa ferramenta de avaliação.

Segundo Moura (2004), representa-se os grupos na forma abaixo:

- Materiais **CLASSE A**, representam a menor fração da quantidade total de itens, porém em termos de custos definem o maior valor.
- Materiais **CLASSE B**, representam valores preço/custo e quantidades, intermediárias no que tange ao total de itens estocados.
- Materiais **CLASSE C**, representam a maioria dos itens estocados com relação ao total, porém representam a **menor** parte do valor em estoque (MOURA, 2004).

Segundo Wanke (2001), o gráfico dente de serra serve de ferramenta para se visualizar a característica de consumo de determinado item ao longo de um período, possibilitando assim um monitoramento das disponibilidades de estoques e lead times. Um exemplo do gráfico dente de serra pode ser visualizado na Figura 1:

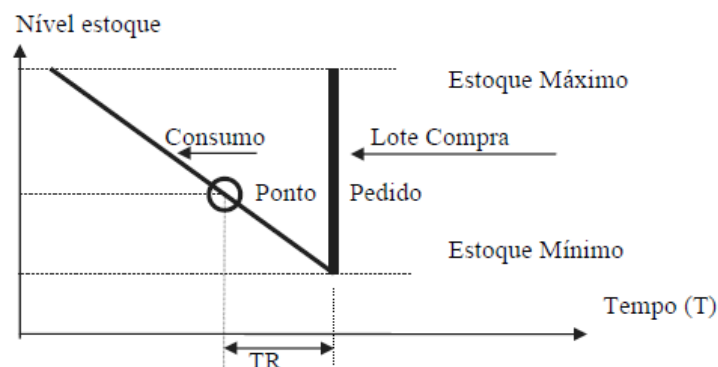


Figura 1 – Gráfico dente de serra, indicando os parâmetros Estoque mínimo, ponto de pedido, estoque máximo e nível de estoque.

Fonte: MACHADO, 2009

3.2 Sistemas de duas gavetas

Segundo Machado (2009) este método é o mais simples e pouco burocrático, sendo bem aplicado em itens de classe C. Pode-se aplicá-lo, por exemplo, em lojas de autopeças ou lojas de varejo.

Basicamente este método aplica duas caixas (A/B). Inicialmente as duas caixas ou gavetas possuem quantidades determinadas pelo consumo estimado no período. As quantidades solicitadas são retiradas da caixa B, até zerar, onde é disparado o pedido de compra. À medida que ocorre o lead time de reposição da gaveta B, não interrompendo os pedidos, passamos a consumir os itens da caixa A.

A partir do momento que o pedido de reposição da caixa B chega ao estoque, os itens da caixa A devem ser repostos, continuando o ciclo.

A expressão deste sistema é:

$$Q = (Cmm \times TR) + E_{\min}$$

Onde:

Cmm = Consumo médio mensal;

TR = tempo de ressuprimento

E_{min} = estoque mínimo.

3.3. Sistemas de máximos e mínimos

Devido às incertezas no que tange a consumos do período e a dificuldade de estipular os tempos de reposição, utiliza-se o sistema de máximos e mínimos. Este sistema basicamente consiste na determinação de alguns parâmetros descritos por Machado (2009):

- Determinar o consumo do item,
- Fixar o período;
- Calcular o ponto do pedido;
- Determinar estoque máximo;
- Determinar estoque mínimo;
- Calcular lote de compra.

Este método apresenta uma vantagem pela automatização do processo de reposição do estoque, podendo aplicar-se a itens de classificação A, B e C.

Conforme Machado (2009), uma vez detectado um comportamento irregular de demanda e atrasos consideráveis na entrega, podemos utilizar este método de máximos e mínimos ou quantidade fixa. Este sistema requer a determinação de: consumo do item, fixar o período de consumo, calcular o ponto de pedido (PP), tempo de reposição de estoque (TR) pelo fornecedor, estoques mínimos e máximos e lotes de compra.

Segundo Dias (2008), a identificação de parâmetros de ressurgimento pode ser exibida através do gráfico dente de serra. Esta aplicação implica que o consumo do item seja regular sem grandes desvios ou sazonalidades ao longo de um período. Desta forma, quando observarmos que o item “zerar” no estoque o pedido prévio de reposição deverá estar disponível, sendo retornada a quantidade inicial.

Para Machado (2009) bom gerenciamento de estoque, baseado em níveis de estoque, deve prever situações básicas ou premissas que devem ser atendidas. Visando reduzir o risco de falta e considerando as incertezas do processo de ressurgimento, deve-se criar uma metodologia que venha a absorver as eventualidades, de forma a não estabelecer o estoque em níveis não compatíveis com o consumo por um longo período no almoxarifado.

Ainda segundo Machado (2009), manter níveis de estoques altos para evitar faltas, não é um procedimento correto, no ponto de vista de custos. Diante do fato faz-se necessário estabelecer um ponto e uma quantidade mínima reserva para suportar atrasos de entrega e outras situações, inclusive rejeições de lote por divergências de especificação e qualidade. Sendo assim, a probabilidade do estoque faltar no almoxarifado para atender as necessidades de consumo ou vendas seria bem menor.

4. PARÂMETROS DE RESSURGIMENTO

Os parâmetros numéricos para base de cálculo preliminar serão descritos de acordo com os conceitos a seguir.

4.1. TEMPO DE REPOSIÇÃO (TR):

Para Dias (2008), para calcularmos o estoque mínimo devemos definir o tempo de reposição (TR) do material de forma antecipada. O tempo de reposição pode ser desmembrado usando as variáveis: Tempo de emissão do pedido de compra; Tempo de preparação do pedido e Transporte.

A Equação do TR é mostrada a seguir:

$$\mathbf{TR = TB + PE}$$

Onde:

TB= Tempo de burocracia;

PE= Prazo de entrega em meses.

4.2. PONTO DO PEDIDO (PP):

De acordo com Tubino (2007), como aspecto preventivo a falta de materiais, determina-se um ponto de reposição de material ou quantidade de itens que quando atingidas, “dispara” o processo de compra do material.

Dias (2008), acrescenta que para calcular o estoque disponível, ou seja, a quantidade abaixo ou acima do ponto de pedido (PP), é necessário considerar: o estoque físico existente; os fornecimentos pendentes e os fornecimentos ainda no prazo, porém em aberto.

Estes saldos são considerados ESTOQUES VIRTUAIS, ou de “fornecedores”. O estoque virtual pode ser configurado na forma:

$$\text{ESTOQUE VIRTUAL} = \text{ESTOQUE FÍSICO} + \text{SALDO DE FORNECIMENTO}$$

É possível calcular o PP da seguinte forma, segundo Dias (2008):

$$PP = (C \times TR) + E_{\min}$$

Onde:

C = consumo médio mensal;

TR= tempo de reposição (meses);

E_{min}= estoque mínimo.

4.3 ESTOQUE MÉDIO

O estoque médio configura o nível de estoque na qual as atividades de suprimento devem basear-se. Conforme Dias (2008) este estoque deve ser acrescido do estoque mínimo, conforme expressão abaixo:

$$Em = E_{\min} + \frac{Q}{2}$$

O autor considera necessário observar que o estoque mínimo é considerado uma quantidade morta, não sendo desejável utilizá-la (DIAS, 2008).

4.4 INTERVALO DE RESSUPRIMENTO (IR):

Configura o intervalo de tempo entre dois pedidos de compra. Estes intervalos podem ser fixados dependendo das quantidades compradas, do tempo de entrega do fornecedor e do consumo médio, conforme Moura (2004).

4.5. Estoque Máximo:

Considerando as incertezas do processo de compra, este estoque é definido como a soma do estoque mínimo mais o lote de compra Souza 2002.

$$E_{\max} = E_{\min} + \text{lote_de_compra}$$

4.6 ESTOQUE MÍNIMO:

Para Bertaglia (2005) é a quantidade que a empresa deve ter á disposição no almoxarifado para efeito de falhas no sistema de suprimento, garantindo, por conseguinte a continuidade operacional. Para o autor, dentre as causas que podem proporcionar as faltas, pode-se citar:

- Variações ou oscilações de consumo (consumo irregular);
- Atraso no TR estipulado;
- Recusa de lote em função de qualidade;

- Fornecimento divergente ou fora de especificações;
- Diferença de inventário.

Destaca-se que o correto dimensionamento do estoque mínimo é de importância vital para o posicionamento do **ponto do pedido**, conforme Bertaglia, (2005).

5. MODELOS PARA CÁLCULO DO ESTOQUE MÍNIMO:

De acordo com Machado (2009), é possível determinar o estoque mínimo através das formas definidas abaixo:

a) Fórmula simples

$$E_{\min} = C_{mm} \times K$$

Onde:

C_{mm} = Consumo médio mensal;

K = Fator de segurança arbitrário, sendo proporcional ao grau de atendimento (**GA**) desejado.

b) Estoque mínimo com grau de atendimento definido.

Segundo Dias (2008), é um modelo que permite a falta do material ou “**zerar o estoque**”, não atendendo ao solicitante. Sua expressão apresentada a seguir:

$$E_{\min} = (C_{\max} - C_{med}) \times TR$$

Neste modelo, é observado que, podemos encontrar os valores dos consumos maiores ao consumo médio, conhecendo a **probabilidade** de ocorrência do consumo. Para isto, é necessário recorrer a distribuição normal ou curva de GAUSS (figura. 2), segundo Machado (2009).

Segundo Moura (2004), para efeito de cálculo, deve-se determinar o desvio-padrão σ . Para o autor, o **desvio-padrão** representa uma unidade de dispersão ou da variabilidade em torno da média aritmética de um determinado conjunto de dados. Importante ressaltar que mais de três desvios da média representam pontos distantes.

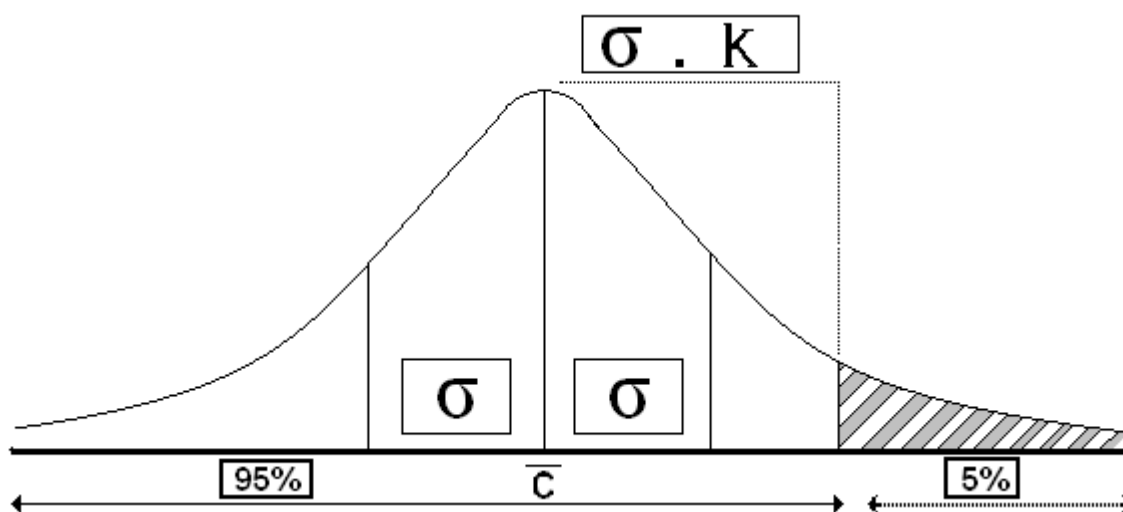


Figura 2 - Curva definindo o estoque mínimo ($\sigma.K$), desvio padrão (σ) e o grau de risco em porcentagem %.

Fonte: MACHADO (2009)

Segundo Machado (2009), é necessário estabelecer a probabilidade de consumo maior que o consumo médio, tendo em vista que somente estas são interessantes estabelecer. Para tanto, a medida de dispersão num primeiro momento deve ser conhecida, que, por conseguinte nos dará o grau de variação do consumo.

Para determinação do Estoque mínimo com grau de atendimento definido, utiliza-se a Fórmula $E_{min} = \sigma.K$, onde a constante K que representa o risco. Este risco ou probabilidade de falta de estoque é definido em função do grau de atendimento assumido, sendo esta constante multiplicada pelo desvio padrão calculado. O valor de K é encontrado da tabela 1, conforme Dias (2008).

Tabela 1- Valores de K em função do risco assumido ou probabilidade de falta de material.

K	Risco (%)	K	Risco (%)	K	Risco (%)
3,090	0,001	1,282	0,100	0,385	0,350
2,576	0,005	1,036	0,150	0,253	0,400
2,326	0,010	0,842	0,200	0,126	0,450
1,960	0,025	0,674	0,250	0,000	0,500
1,645	0,050	0,524	0,300		

Fonte: Dias, 2008.

6. MODELOS DE DEMANDA

6.1. Modelo Horizontal

Este modelo tem como característica pouca oscilação de consumo ao longo do tempo, configurando um histórico de consumo regular, conforme Dias (2008).

6.2 Modelo de tendência

Apresenta um histórico de consumo crescente ou decrescente ao longo do tempo.

6.3 Modelo sazonal

O modelo sazonal possui períodos onde se observa crescimento ou decréscimo do consumo (variações positivas ou negativas). Uma forma de determinar se este consumo é sazonal é quando o desvio no mínimo 25% do consumo médio, conforme Dias (2008).

7 Custo de manutenção do estoque

Nos estudos desenvolvidos por Moura (2008), referem-se aos gastos para manter o produto estocado. Como exemplo deste custo, pode-se citar o caso de empresas que, no ímpeto de ganhar mercado ou sair na frente da concorrência, camuflam seus problemas estocando itens que cairão em desuso rapidamente, ou mantendo produtos caros em seu estoque que serão usados num futuro distante. A ordem não é sobrecarregar seus estoques sem necessidade legítima.

De acordo com Dias (2008), o custo de armazenagem pode ser representado pelo gráfico, existindo uma relação direta com o *estoque médio* armazenado, sendo matematicamente representado:

$$CA = \frac{Q}{2} \times T \times P \times I$$

Onde:

Q= quantidade de material (pedido);

T= tempo de armazenagem;

P= preço unitário,

I = Taxa de armazenagem (ano);

Ainda segundo Moura (2004), este custo pode ser representado também dividindo a quantidade do pedido por 2 (ESTOQUE MÉDIO), multiplicando pelo custo unitário médio de manutenção de estoque por ano (**H**). Assim:

$$CE = \frac{Q}{2} \times H$$

8. LOTE ECONÔMICO

O modelo de lote econômico (*economic order quantity*) foi apresentado por Ford Harris, no ano de 1913, como resultado de seu trabalho aplicado na Westinghouse Corporation. Os principais pressupostos para formulação do lote econômico são:

- 1- A demanda é determinística, constante e contínua;
- 2- O *LEAD TIME* de ressurgimento é determinístico e constante;
- 3- Faltas de produção (*back orders*) e entregas em atraso não são permitidas;
- 4- Custos de pedido e de estoque são independentes do tamanho da ordem (não existem, por exemplo, desconto por quantidade); o pedido chega completo em um único instante de tempo;
- 5- Itens diversos são pedidos de forma independente, ou seja, não são considerados possibilidades de um pedido com vários itens;
- 6- Não existem restrições como, espaço de armazenagem e de transporte.

De acordo com Garcia *et al.* (2006), como base nestes pressupostos, os níveis de estoque podem ser representados por um gráfico **Dente de serra**, sendo que a quantidade **Q** é ordenada sempre que o estoque atingir um nível determinado que chamamos estoque Ponto do pedido. Após o *LEAD-TIME* de ressurgimento (**TR**), o pedido chega e é consumido continuamente até retornar ao ponto de pedido (**PP**).

O lote econômico, segundo Machado (2009), pode se representado pela fórmula:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2D}{C} \cdot k}$$

Onde :

D = Demanda do período;

C = Custo unitário do produto;

K = Fator de poder de compra (relação entre custos de preparação e encargos financeiros decorrentes de armazenamento).

9 PREVISÕES DE DEMANDA

Para Pelegrini (2000), diversas atividades das áreas de gestão utilizam métodos de previsão de demanda, sendo as mesmas, ferramentas fundamentais para o sucesso dos empreendimentos. Tomando como exemplo a área financeira, planejam-se as necessidades de recursos com previsões em longo prazo, também sendo aplicadas as área de marketing e gestão de pessoas (RH). As previsões de demanda fornecem também um embasamento para o gerenciamento da produção, sendo uma delas a gestão de materiais, viabilizando estratégias de gerenciamento, como o MRP (*Materials Requirement Planning*). Diante da importância atual desta metodologia, faz-se necessário atentar para os benefícios da aplicação da mesma por profissionais das áreas de engenharia e gestão de negócios.

A determinação de níveis adequados de demanda torna-se imprescindível para gestão empresarial, nas diversas áreas da empresa. Os volumes de demanda bem como os períodos que ocorrerão o consumo impactam de forma direta nos índices de capacidade e recursos financeiros para a estrutura. Diante do exposto a previsão de demanda deve ser bem fundamentada, de acordo com Ballou (1995).

Ainda conforme Pelegrini (2000), existe métodos de previsão de demanda que podem ser elaboradas pelo método quantitativo , qualitativos ou a junção de ambos, existindo características próprias para cada um, conforme definições apresentadas a seguir:

a) MÉTODO QUALITATIVO:

Este método tem como base as experiências ou vivências dos profissionais envolvidos, onde se mostram pouco confiáveis no que tange a precisão. Tal método, segundo Dias (2008),

são aplicados pelas empresas pelo fato das previsões estarem relacionadas às metas de demanda da empresa.

b) MÉTODOS QUANTITATIVOS;

Representam métodos mais confiáveis e precisos. As técnicas quantitativas podem ser classificadas em séries temporais e Causais. As séries temporais tem pressuposto que “o futuro será uma reprodução do passado”. Já os modelos Causais, estabelecem uma relação de causa e efeito para o comportamento da variável. Nos dias de hoje, o avanço das tecnologias computacionais tem ajudado na aplicação ótima das duas técnicas.

Dias (2008) afirma que é possível exemplificar alguns métodos quantitativos de previsão em séries temporais, conforme abaixo:

a) MÉTODO DA MÉDIA MÓVEL:

Configura a média aritmética dos consumos. Sendo o mais utilizado pelas empresas, devido à simplicidade. É desejado que este método seja aplicado em materiais com comportamento **horizontal e sazonal** de demanda.

Uma desvantagem observada por esta forma de previsão seria a tendência de repetição dos valores ou convergência nos períodos seguintes, o que pode denotar imprecisão, segundo Dias (2008).

b) MÉTODO DA MÉDIA PONDERADA;

Este método determina que períodos mais recentes devam ter um **peso** e contribuição maior que períodos anteriores. Sendo assim, a ponderação é feita do período mais antigo para o mais recente, conforme Dias (2008).

c) MÉDIA PONDERADA EXPONENCIAL:

Para Dias (2008), a sua aplicação é mais viável, quando não se tem informações consistentes sobre a evolução do consumo.

Quanto a técnicas quantitativas Causais, o autor descrever o uso do Método dos Mínimos quadrados (MMQ), segundo Dias (2008), este método configura a técnica de previsão mais precisa que os anteriores. Este método basicamente consiste em encontrar a equação da reta (primeiro grau), que MELHOR representa os pontos de consumo ao longo dos períodos. Haverá melhor aproveitamento se for utilizado em tendências de consumo Crescente ou decrescentes.

A denominada reta de Regressão estabelecida, significa na prática o menor somatório possível dos “quadrados dos desvios” ou variância mínima.

Equação da reta de regressão:

$$Y = a + b(x)$$

Onde:

a= coeficiente linear;

b= coeficiente angular (derivada).

x= número de meses considerado.

Para encontrar a equação da reta, devemos determinar conforme fórmula abaixo as variáveis a e b.

De acordo SLACK, CHAMBERS, JONSTON (2002), existem várias formas de classificar os modelos de previsão de demanda. A classificação pode ser dividida em:

- Subjetivas e objetivas;
- Não causais e causais;

As técnicas subjetivas têm base na intuição dos gestores e profissionais envolvidos, não sendo explícita e sim na experiência. No que tange as técnicas objetivas podemos observar procedimentos e critérios bem definidos. Já, as técnicas não causais, utilizam dados e valores do passado para reproduzir e prever os valores do futuro, dando continuidade aos eventos subsequentes.

As técnicas causais procuram fazer previsões com base na relação causal. Na possibilidade de estabelecer uma relação causa-efeito, definem-se os fatores de importância que permitirão configurar a projeção de demanda.

10. RESULTADOS OBTIDOS

10.1. DIMENSIONAMENTO DE PARÂMETROS DE RESSUPRIMENTO:

➤ **Estoque mínimo:**

Com relação ao dimensionamento dos **estoques mínimos**, optou-se pelo modelo de estoque mínimo com **grau de atendimento definido**, com a fórmula $E_{min} = K \cdot \sigma$. A opção por este modelo admite a probabilidade de faltar o material em estoque. O valor da constante K(tabelado) foi definido conforme o grau de atendimento estipulado, sendo que o desvio padrão (σ) calculado como medida de dispersão em torno da média. Para estabelecer o grau de atendimento desejado, definimos a probabilidade de ruptura de estoque ou risco em **5%**,

conseqüentemente com grau de atendimento de **95%** segundo Dias (2008). O desvio padrão estabelecido teve base na média dos consumos em 12 meses no ano de 2010.

O resultado conforme estabelecido para o Sulfato de Alumínio foi **E_{min} = 485,93 Kg** e Consumo máximo de **1282,48 Kg**, sendo este o máximo que o estoque mínimo calculado suporta, sem a falta do item em estoque. A média de consumo em 12 meses foi de **796,55 Kg** e o desvio padrão calculado foi de 284,88 e K(tab.1) de **1,65**.

No que se refere ao Carbonato de Sódio, utilizando o mesmo critério, obteve-se o seguinte resultado: **E_{min} = 329,23 Kg**, com o consumo máximo de **594 Kg**. A média de consumo no período foi de **265 Kg** e o desvio padrão de **199,54** com K (tab.1) de 1,65.

Importante ressaltar que optando por grau de atendimento de **90%** e conseqüentemente um risco de 10%, observa-se uma redução do Estoque mínimo na ordem de **29 %** em relação ao GA de 95%.

➤ **Ponto do pedido (PP):**

Para Cálculo do Ponto de Pedido, utilizamos a fórmula: $PP = (C \times TR) + E_{\min}$, conforme Dias (2008), onde C significa o consumo médio mensal. De acordo com pesquisa de campo o tempo de burocracia médio (TR) foi de 3 meses, incluindo o tempo de preparação do pedido e transporte. Com estes dados verificaram-se os seguintes resultados obtidos na memória de cálculo:

- PP1(Sulfato de Alumínio) = (730,16 Kg x 3 meses) + 485,93 Kg= **2676,43 Kg;**

- PP2(Carbonato de Sódio) = (265 Kg x 3 meses) + 329,24 Kg= **1124,24 Kg.**

O número de compras num ano(N) de acordo com a pesquisa de campo foi de 10 e 11 para Sulfato de alumínio e Carbonato de Sódio respectivamente. Esta opção foi determinada de acordo com a Atividade de apoio da Coordenação de Utilidades da Empresa Distribuidora, tomando como base as necessidades estimadas de estoque e espaço físico. Importante ressaltar que NÃO foi definido matematicamente pelo Setor o número de pedidos no ano e a quantidade ótima de compra, ou seja, LOTE ECONÔMICO.

➤ **Lote de Compra (Q):**

Para calcular-se a quantidade inicial de compra (sem ser econômico), segue-se a fórmula: $Q = C_{mm}/N$, onde N é o número de pedidos determinado no ano e C_{mm} é o consumo médio mensal. Desta forma, os dimensionamentos foram:

Q(Sulfato de Alumínio) = 8762/12 = **730,16 Kg;**

Q (Carbonato de Sódio) = 3180/12 = **265 Kg.**

➤ **Estoque médio (EM):**

O estoque médio, conforme Moura (2004) foi calculado no pressuposto que não existem grandes variações de consumo ao longo do período num comportamento de demanda sazonal ou horizontal. Sendo assim, a fórmula adotada considera o E_{min} agregado da seguinte forma:

Onde Q representa o lote inicial de compra, considerando uma única compra ou pedido em 12 meses, sendo calculado aplicando a fórmula:

$$Em = E_{min} + \frac{Q}{2}$$

Com os valores apurados anteriormente e considerando que a quantidade de compra(Q) pode ser comparada ao CONSUMO total em 12 meses e 1 PEDIDO DE COMPRA, obtém-se:

$$EM1(\text{Sulfato de Alumínio}) = 485,93 + 8762 / 2 = \mathbf{4879,93 \text{ Kg}};$$

$$EM2(\text{Carbonato de Sódio}) = 329,24 + 3180 / 2 = \mathbf{1919,24 \text{ Kg}}.$$

Analisando os resultados acima, verifica-se que num instante ou período inicial igual a zero (t_0), o estoque será $0 + \frac{Q}{2}$.

2

Uma vez processando **4 pedidos** de compra durante um lead time de 3 meses, têm-se os seguintes resultados:

$$EM1(\text{Sulfato de Alumínio}): 485,93 + 1095,25 = \mathbf{1581,18 \text{ Kg}};$$

$$EM2(\text{Carbonato de Sódio}) = 329,24 + 397,50 = \mathbf{726,74 \text{ Kg}}.$$

Os valores médios de estoque foram adotados considerando o consumo em 12 meses, isto porque a demanda de produtos químicos é maior nos meses de temperatura mais alta, ou seja, Dezembro, Janeiro, Fevereiro e Março. Esta condição é confirmada devido à evaporação maior nestes meses nas torres de resfriamento e, por conseguinte maiores exigências de água tratada para complemento da Bacia destas torres. Conforme Souza (2007), o sistema de resfriamento aberto com recirculação, demanda cuidados especiais com a água pois uma vez detectado problemas com as características físicas, químicas e biológicas desta água teremos impactos indesejáveis nas plantas de processo e nos resultados dos parâmetros de tratamento preconizados na legislação e padrões internos de qualidade de água tratada.

➤ **Intervalos de ressuprimento (IR):**

De acordo com os dados apresentados pelos Setores envolvidos no questionário (anexo 5), o nº de pedidos (N) processados para compra do Sulfato de Alumínio no ano de 2010 foi de **10 pedidos** de 1000 Kg em 12 meses totalizando 10000 Kg. No caso do Carbonato de Sódio, foram 11 em 12 meses, sendo 9 pedidos de 400 Kg e 2 pedidos de 500 Kg, num total de 4600 Kg. Estes pedidos não levaram em consideração uma abordagem de tamanho ótimo de pedido ou LOTE ECONÔMICO, ou seja, o equilíbrio entre os custos de pedido e armazenagem. Seus quantitativos foram dimensionados em função da evolução de consumo e “espaços de estoque” no almoxarifado.

Os custos inerentes a estocagem e pedidos NÃO tiveram seus valores INFORMADOS pela administração (Atividade de Apoio Operacional da empresa distribuidora e setor de compra dos Serviços Compartilhados da Holding).

Em face do exposto optou-se por não considerar valores estimados das taxas de armazenagem e pedido para composição destes custos o que denotaria **imprecisão** nas composições de custos.

➤ **Estoque máximo (Emáx):**

Os valores máximos de estoque **calculados** foram definidos com a soma do estoque mínimo com grau de atendimento definido (Emin) e o lote de compra (Q) com base na média anual de consumo, conforme abaixo:

Emáx (Sulfato de Alumínio) = 485,93 Kg + 730,16x12 = 9247,85 Kg/ano;

Emáx (Carbonato de Sódio) = 329,23 Kg + 265x12 = 3509,23 Kg/ano.

Considerando que na prática as quantidades de compra (lote) no mês foram **estimadas** de acordo com a média de consumo e espaços físicos de estoque, conclui-se que não houve um tratamento apurado para avaliação de níveis de estoque e sim uma análise **qualitativa** e operacional das necessidades pelo setor emissor e avaliador de pedidos. De acordo com os dados coletados na planilha (anexo 1), as quantidades totais no ano os produtos foram:

-Sulfato de Alumínio = 10 pedidos de 1000 Kg, totalizando **10000 Kg / ano.**

-Carbonato de Sódio = 9 pedidos de 400 Kg e 2 pedidos de 500 Kg, totalizando **4600 Kg/ano.**

Verificou-se com os dados acima, comparando com o estoque máximo calculado uma diferença considerável de valores na quantidade máxima de pedido. Para o Sulfato de Alumínio obteve-se um Emáx calculado de **9247,85 Kg/ano**, onde o consumo real no período na tabela de consumo foi de **8762 Kg/ano.**

Comparando a diferença entre o consumo real e o total do pedido no ano (compra), verifica-se um diferencial de **1238 Kg** a mais de produto.

Adotando o mesmo critério de comparação para o Carbonato de Sódio, foi Calculado um estoque máximo de verifica-se que:

O valor de Estoque máximo no ano é de **3509,23 Kg/ano**, sendo o valor de consumo real no período de **3180Kg/ano**. Este valor denota uma diferença pequena entre o consumo real por ano e o calculado. No que tange a quantidade total solicitada pelo setor avaliador de estoques, percebe-se uma diferença considerável, no caso **4600 Kg/ano**, que estabelece uma diferença de **1420 Kg/ano**.

A sugestão de processar a emissão de 4 pedidos de compra ao longo do ano possibilita num primeiro momento uma melhor análise do comportamento de consumo no período, evitando estoques maiores. Estes custos têm uma relação inversa **não linear** com o tamanho do pedido, conforme MOURA (2004) como pode ser observado na figura 7. A composição exata destes custos não foi apurada, tendo em vista a falta de dados confiáveis e não ser objeto PRINCIPAL de estudo do TTC.

RESULTADOS FINAIS:

(a) Sulfato de Alumínio:

- PP: 2676,45 Kg;
- Emín 1581,18 Kg;
- Emáx. : 9247,93 Kg;
- Número de reposições : 4 / ano;
- IR : 90 dias.

(b) Carbonato de Sódio:

- PP: 1124,24 Kg;
- Emín 726,73 Kg;
- Emáx. : 3509,24 Kg;
- Número de reposições: 4 / ano;
- IR: 90 dias.

➤ Custos e valores apurados:

Em termos práticos verificam-se os seguintes valores em reais de estoque imobilizado, ou seja, a disposição para consumo com a tabela comparativa anexo2.

- Sulfato de Alumínio:

1238 Kg x R\$ 1,9620 = **R\$ 2428,96.**

-Carbonato de Sódio:

1420 Kg x R\$ 1,1850 = **R\$ 1682,27**

Segundo Arozo (2006), o valor do estoque informa quanto “**vale**” o estoque, ou seja, o somatório total do valor dos produtos acabados e dos insumos de posse da empresa, mas não quanto isto “**custa**” para a mesma. Isto deve ser mensurado em forma do custo de oportunidade deste estoque, ou seja, qual seria o retorno para a empresa caso o valor investido em estoque fosse aplicado de alguma outra forma ou, por outro lado, quanto se deixa de ganhar pelo fato daquele valor estar imobilizado.

Para compor alguns custos obtiveram-se os valores abaixo, tomando como base somente a estrutura de Apoio a Compras da Distribuidora (Terminal em Estudo).

1) Custos de estoque:

a) Valores (Sulfato de Alumínio):

- Preço unitário (Kg): 1,9620 / Kg;
- Custo de frete: 0 (não computado na nota Fiscal de 17/05/2011);
- ICMS: 372,78;
- Seguro: 0,00;
- Total das faturado no ano: **R\$ 196.210,00**
- taxa de armazenagem: NÃO APURADO.

b) Valores (Carbonato de Sódio):

- Preço unitário (Kg) = R\$ 1,1850 / Kg.
- Custo de frete = 0 (não computado na nota Fiscal de 04/04/2011);
- ICMS: R\$ 373,73;
- Seguro: 0,00;
- Total faturado no ano : **R\$5.151,00**

c) Mão de obra indireta (Contratados).

- Salário ano do Auxiliar Operacional: R\$ 2200,00 (Bruto)

d) Custos de oportunidades: De acordo com cálculo ESTIMATIVO considerando taxas de mercado.

e) Depreciação: NÃO APURADOS.

f) Taxas de armazenagem: NÃO APURADAS (faltam dados consistentes).

2) Custos do Pedido:

- Materiais e recursos diversos (estimados): NÃO APURADOS;
- Salário do Técnico (apoio): R\$ 5200,00 (Bruto);
- Salário da Técnica Administrativa: \$ 2800,00(Bruto).

Custos de Oportunidades (estimativa):

De acordo com Tosi (2006) o sistema especial de liquidação e custódia (SELIC) definido pelo COPOM (Comitê de política monetária) serve de base de dados para operações de todas as negociações com títulos públicos Federais junto ao mercado financeiro, devidamente controlado pelo Banco Central do Brasil. Diante da necessidade de adotar um parâmetro para ajustes e liquidez, adotamos esta taxa para estimativa dos custos de oportunidades para o quantitativo de estoque IMOBILIZADO (sem consumo no ano), conforme abaixo:

Conforme pesquisa no site do Banco Central do Brasil obtiveram-se os seguintes indicadores para formação dos custos de oportunidades:

- Ano base 2010;
- Dias úteis: 252;

Tab. 2 – Valores de taxa SELIC ano 2010

Data	Taxa Anual	Fator Diário	Fator Acumulado
31/12/2010	10,67	1,00040239	1,0004023900000000

Fonte: Banco Central do Brasil, 2011

-Valor imobilizado para Sulfato de Alumínio: **R\$ 2428,96 + 0,1067 = R\$ 2688,13**

-Valor imobilizado para Carbonato de Sódio: **R\$ 1682,27 + 0,1067 = R\$ 1861,77**

Com os resultados apresentados acima, obtemos valores de estoque imobilizado que confirmam a VIABILIDADE da implementação de uma sistemática eficaz de controle de estoques. Feito um dimensionamento adequado conseguimos otimizar a aplicação dos itens e, por conseguinte reduzir os custos inerentes. Outro ponto relevante que deve ser informado é que o objeto de estudo apenas contempla **dois** insumos de tratamento de água. Sabendo que o tratamento de água industrial demanda vários outros produtos devido à característica intermitente de processamento de gás natural do Terminal em estudo, projetamos assim um custo de oportunidades ainda maior, uma vez adotando a mesma metodologia para os outros produtos.

➤ **Previsão de Demanda:**

O modelo de demanda foi configurado como SAZONAL com análise prévia da evolução de consumo ao longo do período. De acordo com este comportamento, adota-se o método quantitativo da **média móvel**. A opção inicial por este método tem como vantagem

sua fácil aplicação e enquadramento no modelo sazonal ou horizontal de consumo, porém percebe-se uma tendência de convergência (repetição) de valores nos meses subsequentes. Esta observação pode ser fundamentada, conforme Dias (2008) pelo fato de termos os mesmos pesos ou contribuição para períodos mais recentes e anteriores, o que pode denotar imprecisão.

De acordo com Baco *et al.* (2006), existem várias fontes de incertezas no processo produtivo. Independente do grau de relacionamento e confiabilidade entre comprador e fornecedores de materiais, as incertezas fazem parte do processo. Uma boa metodologia de previsão de estoques vai além do uso de um sistema de revisão contínua. Muitas vezes o sistema não é eficaz devido a **erros** e descuidos humanos, e à falta de preparação e treinamento adequado.

Diante média de consumo calculada para o Sulfato de Alumínio, ou seja, **746,54 Kg** adotam-se como a quantidade a ser solicitada (Q) para o setor de compras no MÊS SUBSEQUENTE. No que se refere ao Carbonato de Sódio obteve-se o valor de **265 Kg**, sendo também a quantidade solicitada.

A incerteza de Lead-time segundo Garcia *et al.* (2006) é causada por vários fatores, tais como quebra de máquinas, greves nos setores de transporte e falta de estoques do fornecedor. Diante deste contexto erros de previsão estatística podem ocorrer, porém apurar detalhadamente os fatores que contribuem para ocorrência destes erros foge do escopo deste trabalho.

11. CONSIDERACOES FINAIS

A proposta de um estudo de implantação de um sistema de previsão e controle de estoque mais apurado vêm ao encontro de um cenário de franca expansão das atividades relativas à infraestrutura e sistemas essenciais ao pleno funcionamento das plantas industriais do Terminal em estudo. As diferenças entre o consumo real e o solicitado para compor o estoque no ano de 2010 foram determinadas, indicando os valores de estoque imobilizado para o Sulfato de Alumínio e Carbonato de Sódio foram de **R\$ 2688,13 e R\$ 1861,77** respectivamente. Deve-se considerar que estes valores representam apenas dois produtos utilizados no sistema de tratamento de água.

Os resultados e conclusões obtidos nos mostram que o estudo em questão deve representar um marco inicial para constante avaliação dos parâmetros e das condições da estrutura e não uma solução definitiva para as demandas da Coordenação de Utilidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AROZO, R.. **Monitoramento de desempenho de gestão de estoques**. Centro de estudos logísticos – CEL – COPPEAD – UFRJ. Disponível em www.cel.coppead.ufrj.br. Acesso em: 02/03/2011.
- BACO, S. B.; PAIVA, A.P., LIMA, R. da S.. **Sistemas de previsão de demanda**: Aplicação em uma fábrica de anéis de pistão automotivos. XIII SIMPEP - Bauru, SP, Brasil, novembro, 2006.
- BALLOU, R. H. **Logística Empresarial. Transportes, Administração de Materiais e Distribuição Física**. São Paulo. Ed. Atlas, 1995.
- BERTAGLIA, P. R. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Abastecimento**. São Paulo. Ed. Saraiva, 2005.
- DIAS, M. A. P. **Administração de Materiais**: Uma abordagem logística. 4. ed . São Paulo: Atlas, 2008.
- GARCIA, E. S.; REIS, L. M. T.; MACHADO, L.T.R.; FILHO, V.J.M. **Gestão de estoques. Otimizando a logística e a cadeia de suprimento**. Petrobrás. E-papers, Rio de Janeiro, 2006.
- MACHADO, M. C. **Administração de materiais**. Pontifca Universidade Católica, São Paulo. Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Atuária – Departamento de Administração, 2009.
- MOURA, C. E. . **Gestão de estoques**. Ação e monitoramento na cadeia de logística integrada-Rio de Janeiro. Ed. Moderna LTDA, 2004.
- PELLEGRINI, F. R. R.. Metodologia para implementação de sistemas de previsão de demanda. **Dissertação de Pós - graduação em Engenharia de Produção**. Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Set., 2000.
- SLACK, N., CHAMBERS, S., JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo. Ed. Atlas, 2002.
- SOUZA, E. A.. Avaliação de inibidores de corrosão para sistemas de resfriamento Industrial operando com ciclo elevado de concentração. **Dissertação de Mestrado em Engenharia Metalúrgica e Materiais**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003.
- TOSI, A. J. **Matemática Financeira com utilização da HP-12-C**. Ed. Compacta. São Paulo. Ed. Atlas, 2006.
- TUBINO, D. F. **Planejamento e controle da produção**. Teoria e prática. São Paulo. Ed. Atlas, 2007.

WANKE, P. Aspectos Fundamentais da Gestão de Estoques na cadeia de suprimentos.

Centro de Estudos Logísticos – CEL – COPPEAD – UFRJ. Disponível em

www.cel.coppead.ufrj.br Acesso em: 15/01/2011.