

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Curso de Mestrado Profissional em Engenharia Civil na Área de Infra-estrutura
e Gerência Viária com Ênfase em Transporte e Logística

**DETERMINAÇÃO DE ESTOQUE DE SEGURANÇA DE DIESEL PARA
UMA BASE DE DISTRIBUIÇÃO DE DERIVADOS**

CARLOS GUIMARÃES MARTINS

FLORIANÓPOLIS
2008

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

**DETERMINAÇÃO DE ESTOQUE DE SEGURANÇA DE DIESEL PARA
UMA BASE DE DISTRIBUIÇÃO DE DERIVADOS**

CARLOS GUIMARÃES MARTINS

Dissertação apresentada a Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para obtenção do título de Mestre Profissional em Engenharia Civil na Área de Infra-estrutura e Gerência Viária com ênfase em Transporte e Logística.

Orientadora: Profa Mírian Buss Gonçalves, Dra;

FLORIANÓPOLIS
2008

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO

DETERMINAÇÃO DE ESTOQUE DE SEGURANÇA DE DIESEL PARA
UMA BASE DE DISTRIBUIÇÃO DE DERIVADOS

CARLOS GUIMARÃES MARTINS

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do título de Mestre Profissional em Engenharia Civil na Área de Infra-estrutura e Gerência Viária com Ênfase em Transporte e Logística e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

Prof. Glicério Trichês, Dr
Coordenador do Programa de Pós-Graduação
em Engenharia Civil

Banca Examinadora:

Profa Mírian Buss Gonçalves, Dra
Orientadora

Prof. Amir Mattar Valente, Dr

Prof. Antônio Sérgio Coelho, Dr

Prof. Orlando Fontes Lima Junior, Dr.

Ficha Catalográfica

MARTINS, Carlos G..

Determinação de estoque de segurança de diesel para uma base de distribuição de derivados. Florianópolis, UFSC, Curso de Mestrado Profissional em Engenharia Civil na Área de Infra-estrutura e Gerência Viária com ênfase em Transporte e Logística, 2008.

71 p.

Dissertação: Mestrado Profissional em Engenharia Civil na Área de Infra-estrutura e Gerência Viária com ênfase em Transporte e Logística

Orientadora: Mírian Buss Gonçalves, Dra;

1. Gestão de estoque 2. Granéis líquidos 3. Estoque de segurança

I. Universidade Federal de Santa Catarina

II. Título

A minha esposa Maria Carmen e ao meu filho Walter que veio ao mundo, iluminando nossas vidas, durante a elaboração deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

A Professora Mírian Buss Gonçalves pela orientação e incentivo no desenvolvimento deste trabalho.

A Professora Eunice Passaglia pelo apoio e dedicação sem os quais este mestrado não seria possível.

A João Fernando Monteiro Campos pelo apoio e incentivo na elaboração deste trabalho.

Ao Curso de Mestrado Profissional em Engenharia Civil na Área de Infra-estrutura e Gerência Viária com ênfase em Transporte e Logística da Universidade Federal de Santa Catarina, pela oportunidade de realização do mestrado.

À Petrobras que cedeu espaço para a realização deste trabalho.

Em especial, a minha esposa Maria Carmen, pelo carinho, amor e apoio durante todo o curso.

E a todos aqueles que, de maneira direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho.

Eu aplaudo todo o ceticismo, ao qual me seja permitido responder: “Tentemos!” Mas que não me falem mais de nenhuma destas coisas nem destas questões que não admitam experimentação. Tal é o limite de minha “veracidade”: pois, além disto, a audácia perde seus direitos.

Friedrich Nietzsche

SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS.....	x
LISTA DE FIGURAS.....	xi
RESUMO.....	xii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 PROBLEMA E JUSTIFICATIVA.....	1
1.2 OBJETIVO.....	4
1.2.1 OBJETIVO GERAL.....	4
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
1.3 METODOLOGIA.....	5
1.4 LIMITAÇÕES DO TRABALHO.....	6
1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	6
2. REVISÃO DA LITERATURA E FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	8
2.1 FÓRMULA 1 - Graham (1988).....	9
2.2 FÓRMULA 2 - Corrêa (2001).....	10
2.3 FÓRMULA 3 - Ballou (2001) a.....	11
2.4 FÓRMULA 4 - Ballou (2001) b.....	12
2.5 FÓRMULA 5 - Wanke (2003).....	13
2.6 FÓRMULA 6 - Zinn e Marmorstein (1990).....	14
2.7 FÓRMULA 7 - Brown (1982).....	16
2.8 FÓRMULA 8 - Schreibfeder (2007).....	16
2.9 FÓRMULA 9 - Francischini e Gurgel (2002).....	18
2.10 ESTOQUE DE SEGURANÇA REALMENTE PRATICADO.....	19
2.11 CÁLCULO DO NÍVEL DE SERVIÇO.....	23
2.12 PREÇO DE REALIZAÇÃO DO DIESEL.....	24
3. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA E MODELAGEM.....	25
3.1 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA.....	25
3.2 MODELAGEM DO PROBLEMA.....	28
4. LEVANTAMENTO DE DADOS.....	30
4.1 ENTREGAS DE DIESEL PARA AS DISTRIBUIDORAS.....	30
4.2 ENTREGAS TOTAIS DE DIESEL.....	34
4.3 LEAD TIME.....	37
4.4 ESTOQUE DE DIESEL NA BASE X.....	39
5. APLICAÇÃO DA MODELAGEM.....	42

5.1 DETERMINAÇÃO DA MELHOR FORMA DE CALCULAR O ESTOQUE DE SEGURANÇA DE DIESEL NA BASE X	42
5.1.1 CÁLCULO DO ESTOQUE DE SEGURANÇA REALMENTE PRATICADO – ESP.....	43
5.1.2 ESTOQUES PARA DIFERENTES NÍVEIS DE SERVIÇO	44
5.1.3 CÁLCULO DO ESTOQUE DE SEGURANÇA REALMENTE PRATICADO – ESP.....	46
5.1.4 CÁLCULO DO ESTOQUE – ES DA BASE X.....	48
5.1.4.1 FÓRMULA 1- Graham (1988).....	48
5.1.4.2 FÓRMULA 2 - Corrêa (2001).....	48
5.1.4.3 FÓRMULA 3 - Ballou (2001) a.....	49
5.1.4.4 FÓRMULA 4 - Ballou (2001) b.....	50
5.1.4.5 FÓRMULA 5 - Wanke (2003).....	51
5.1.4.6 FÓRMULA 6 - Zinn e Marmorstein (1990)	51
5.1.4.7 FÓRMULA 7 - Brown (1982).....	53
5.1.4.8 FÓRMULA 8 - Schreibfeder (2007).....	54
5.1.4.9 FÓRMULA 9 - Francischini e Gurgel (2002).....	54
5.1.5 COMPARAÇÃO DOS VALORES OBTIDOS NAS NOVE FÓRMULAS.....	55
5.2 ANÁLISE DO CUSTO DO ESTOQUE IMOBILIZADO DE DIESEL NA BASE X.....	59
5.3 ANÁLISE DO CUSTO DO NÍVEL DE SERVIÇO DE DIESEL NA BASE X....	60
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	68
6.1 CONCLUSÕES.....	68
6.2 RECOMENDAÇÕES.....	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
ANEXOS.....	76

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Fator k para o Nível de Serviço desejado.

Quadro 2 – Valores diários de estoque.

Quadro 3 – Número de Faltas – NF para NS de 95% ou 99%.

Quadro 4 - Volume – V para NS de 95% ou 99%.

Quadro 5 – Estoque de Segurança Realmente Praticado – ESP para NS de 95% ou 99%.

Quadro 6 – Estoque de Segurança – ES calculado pelas nove formas.

Quadro 7 – Volumes e custos de estoque imobilizado na Base X.

Quadro 8 – ES da Base X em função do Nível de Serviço.

Quadro 9 – Valores de PDES.

Quadro 10 – Ganho em redução de estoques e seus custos

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Produção de diesel no Brasil.
- Figura 2 – Importação de diesel no Brasil.
- Figura 3 – Obtenção do valor de m .
- Figura 4 – Estoque de Segurança realmente praticado.
- Figura 5 – Exemplo de cálculo do ESP.
- Figura 6 – Composição do preço do Diesel em postos de distribuição na cidade do Rio de Janeiro.
- Figura 7 - Visão aérea da Base X.
- Figura 8 - Logística de diesel da Base X.
- Figura 9 - Logística de diesel da Base X simplificada.
- Figura 10 – Entregas diárias de diesel para a Distribuidora 1.
- Figura 11 - Entregas diárias de diesel para a Distribuidora 2.
- Figura 12 - Entregas diárias de diesel para a Distribuidora 3.
- Figura 13 - Entregas diárias de diesel para a Distribuidora 4.
- Figura 14 - Entregas diárias de diesel para todas as Distribuidoras.
- Figura 15 - Entregas Totais da Base de 12/07/2002 até 12/08/2002.
- Figura 16 – Histograma das entregas totais.
- Figura 17 – Lead Time da entrega de diesel para a Base X.
- Figura 18 – Estoques diários de diesel na Base X.
- Figura 19 - Estoque Total Diário de 12/07/2002 a 12/08/2002.
- Figura 20 – Histograma dos Estoques diários de diesel na Base X.
- Figura 21 – Volume V que representaria um Nível de Serviço de 95% ou 99%.
- Figura 22 - Estoque de Segurança – ES calculado pelas nove formas.
- Figura 23 – ES da Base X em função do Nível de Serviço.
- Figura 24 – Aumento no preço de realização de Diesel da Base X em função do NS desejado.
- Figura 25 – Proposta de aumento no preço de realização de Diesel da Base X em função do NS desejado.

RESUMO

Na logística do *downstream* da Petrobras, a entrega de derivados de petróleo aos clientes é feita diretamente nas refinarias ou em bases de distribuição, que via de regra recebem os produtos, provenientes das refinarias, por intermédio do modal dutoviário.

Esta dissertação tem por objetivo estudar formas de cálculo para o Estoque de Segurança e identificar o modelo mais adequado para uma destas bases. Mais especificamente o de diesel, onde o nível de estoque mantido por esta base vem sendo questionado e tido como elevado. Assim, foi criada a necessidade de se verificar se os níveis de estoque estão adequados e calcular o Estoque de Segurança a ser praticado por esta base para atender a um Nível de Serviço adequado aos seus clientes.

Para tanto foi feita uma pesquisa bibliográfica buscando-se formas de calcular o Estoque de Segurança tendo-se encontrado um total de nove formas diferentes.

Foi feito um levantamento de dados abrangendo estoque, lead time e entregas diárias de diesel na Base de Distribuição por um período de dois anos. Também foram feitas visitas técnicas na principal refinaria que envia diesel para a base estudada e na própria base para identificação de detalhes operacionais. Com base nas informações colhidas foi feita uma modelagem do problema e apresentadas propostas para se considerar na avaliação do nível de estoque praticado e nos cálculos do Estoque de Segurança.

Por fim, foi determinada a melhor forma de calcular o estoque de segurança, estudando-se a aplicabilidade de cada uma das formas de cálculo. Para tanto foram considerados os Níveis de Serviço de 95% e 99% e a aplicabilidade de cada uma das nove formas de cálculo comparando-se seus resultados com os dados históricos de estoque que foram levantados neste trabalho e assim determinando a que mais se adequou ao caso da Base em estudo. Para concluir, foram determinados os custos relativos a estoques imobilizados e aumento no Nível de Serviço nesta Base.

1. INTRODUÇÃO

1.1 PROBLEMA E JUSTIFICATIVA

Na cadeia logística que vai da refinaria até o posto, a Petrobras entrega o combustível a uma distribuidora e esta o entrega aos postos de venda de combustível. A entrega a uma distribuidora pode ser feita na porta da refinaria ou em uma base de distribuição e desta base entregue a distribuidora. Destaque-se que a BR Distribuidora, subsidiária da Petrobras, adquire aproximadamente 40% da produção da Petrobras, assim aproximadamente 60% das entregas de combustíveis é feita a outras empresas nas refinarias ou nas bases de distribuição.

É interessante observar que os clientes da Petrobras são as distribuidoras e não os consumidores que abastecem seus carros nos postos de combustível. Entretanto, a Petrobras deve ter seu foco não só nos clientes diretos, as distribuidoras, mas também no consumidor final, pois como destaca Novaes (2001) “é importante notar que o novo conceito de SCM (Supply Chain Management) focaliza o consumidor com um destaque excepcional, pois todo o processo deve partir dele, buscando equacionar a cadeia de suprimento de forma a atendê-lo na forma por ele desejada”.

Nesta dissertação foi estudada a entrega de diesel que é feita em uma destas bases de distribuição que será chamada neste trabalho de Base X. A Base X recebe diesel proveniente de três refinarias e o entrega às distribuidoras.

O nível de estoque praticado por esta base vem sendo questionado. e tido como elevado. Assim, foi criada a necessidade de se verificar se os níveis de

estoque estão adequados e calcular o Estoque de Segurança a ser praticado por esta base para atender a um Nível de Serviço adequado aos seus clientes.

Por outro lado, o óleo diesel tem uma importância estratégica para o Brasil, posto que nossa logística é em sua maioria feita pelo modal rodoviário com caminhões movidos por este combustível. Por este modal a maior parte das matérias primas e produtos gerados no país são transportados.

A Figura 1 apresenta os valores da produção de diesel no Brasil dos últimos anos conforme dados da Agência Nacional de Petróleo - ANP disponíveis no *site* www.anp.gov.br.

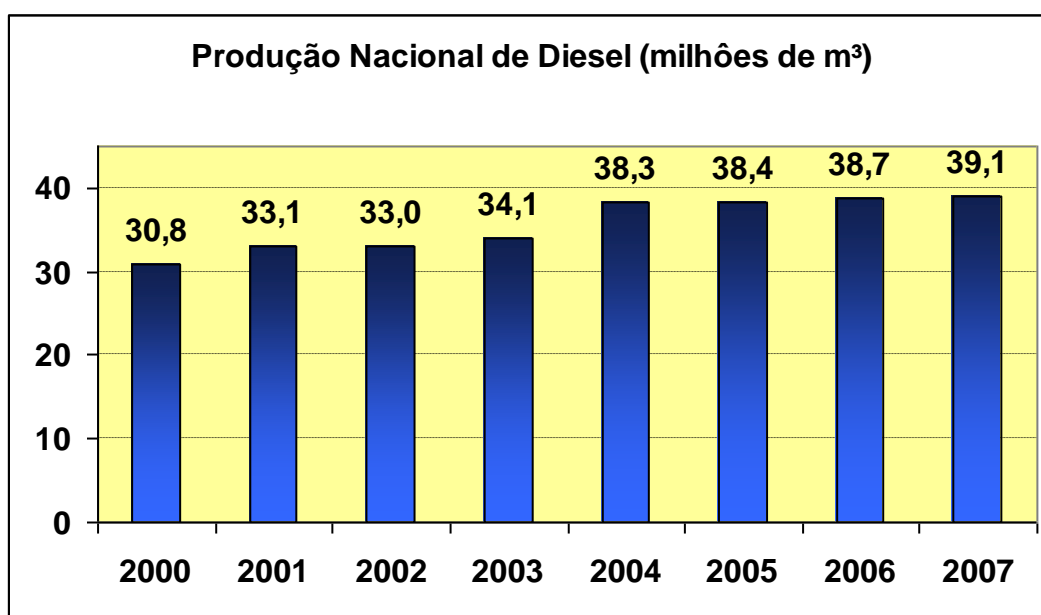


Figura 1 – Produção de diesel no Brasil.

Entretanto, o Brasil não é auto-suficiente em diesel. A Figura 2 mostra os volumes de diesel importado nos mesmos anos, também conforme dados da ANP.

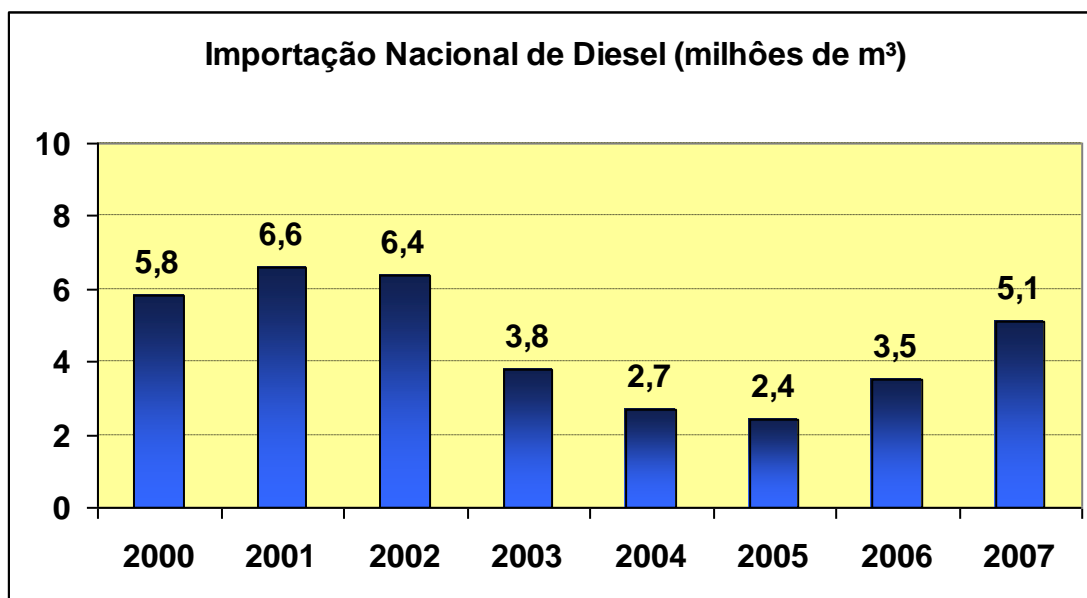


Figura 2 – Importação de diesel no Brasil.

Conforme PETROBRAS (2008): “A Petrobras atende a maior parte da demanda de óleo diesel no País, seja com produção própria ou com importação. O consumo brasileiro se restringe basicamente ao setor de transporte, principalmente rodoviário”

Assim, além de ser estratégico para o Brasil, especificamente para a PETROBRAS o diesel tem um papel fundamental. As vendas de diesel correspondem a aproximadamente 35% da Receita Bruta da empresa, sendo , em função deste fato, seu produto principal.

Podemos portanto constatar que um estoque desnecessário de diesel representa diretamente um custo financeiro, mas indiretamente até em um aumento nas importações deste produto. Logo, a redução de estoques de diesel reveste-se de uma importância não só econômica como também estratégica para a Petrobras e para o país.

1.2 OBJETIVO

1.2.1 OBJETIVO GERAL

Esta dissertação tem por objetivo geral a modelagem do problema e a análise de diferentes formas para o cálculo do estoque de segurança de diesel nesta base de distribuição, identificar o modelo mais adequado e definir o estoque de segurança recomendado e potencialidades de ganhos com a adequação do nível de seu estoque.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Modelar o problema com base em uma análise do processo de operação da Base;
- Por meio de pesquisa bibliográfica, levantar formas utilizadas para cálculo de estoques de segurança;
- Com base na comparação com dados históricos de estoque, oferta e demanda, identificar quais os modelos de estoque de segurança são adequados para representar a situação em análise;
- Determinar, em função do Nível de Serviço prestado aos clientes, qual o estoque de segurança que deveria ser praticado nesta Base;
- Identificar oportunidades de melhorias nos processos vigentes visando a redução de custos, calculando o ganho financeiro com a redução de estoques e propondo uma forma de cálculo de preço do diesel em função do Nível de Serviço requerido pelos clientes;

1.3 METODOLOGIA

Para a determinação da forma de cálculo de estoques de segurança foi feita uma pesquisa bibliográfica para subsidiar a escolha da maneira mais adequada às necessidades deste estudo.

Foi feito também um levantamento de dados suficientes para viabilizar uma análise Estatística a fim de se definir a melhor forma que deverão ser tratados os dados de entrega de diesel à Base X e às distribuidoras visando determinar valores a serem considerados para a demanda, *lead time*, histórico das entregas, etc.

Para a modelagem foram consideradas as características do transporte dutoviário das três refinarias até a base e também as características das entregas que são feitas pela base às distribuidoras.

Modelado o problema e definida a forma de cálculo do estoque de segurança, foram levantados os dados de um número de meses que forme uma amostra representativa do universo em estudo e a estes dados foi dado o tratamento estatístico.

O tratamento estatístico dos dados, geração de gráficos e cálculos dos estoques de segurança foram feitos em planilhas Excel

Finalmente, foi calculado o estoque de segurança de diesel para a base em questão e foram determinados os custos relativos a estoques imobilizados e aumento no Nível de Serviço nesta Base. Buscou-se com isso atingir o objetivo da dissertação.

1.4 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

A primeira limitação deste trabalho foi o fato de não ter sido encontrada na revisão bibliográfica uma referência específica a cálculo de estoques de segurança para graneis líquidos.

O transporte de graneis líquidos tem características específicas tais como perdas, sobras e variações volumétricas em função de temperatura.

Outra limitação é que o estudo foi orientado exclusivamente para o caso da Base X, logo há um baixo grau de generalização dos resultados obtidos em função do método de pesquisa escolhido ter sido um estudo de caso.

1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação foi dividida em seis capítulos, sendo:

Capítulo 1 - Faz uma introdução mostrando o objetivo e como este será alcançado neste trabalho.

Capítulo 2 - Apresenta a revisão da literatura e o resultado da pesquisa que apurou diferentes formas para o cálculo do estoque de segurança.

Capítulo 3 – É feita a descrição do problema sendo também informados detalhes logísticos e operacionais da Base X. Em seguida são apresentadas propostas de modelo para resolver o problema da Base x.

Capítulo 4 – São apresentados os dados que foram levantados relativos a Base X referentes a estoques diários de diesel, lead time e entrega do produto para as distribuidoras.

Capítulo 5 – É aplicada a modelagem feita para a Base X e foram determinados valores de Estoques de Segurança, os custos relativos a estoques imobilizados e aumento no Nível de Serviço nesta Base.

Capítulo 6 – São mostradas, neste capítulo final, as conclusões desta dissertação.

2. REVISÃO DA LITERATURA E FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Na revisão da literatura busca-se identificar formas de determinação de estoques de segurança. Foram encontradas diferentes formas de cálculo que variam de concepções bem simples até cálculos mais sofisticados que envolvem um profundo conhecimento do processo em questão e o uso de conceitos mais avançados de estatística.

Segundo Wild (1997), o estoque de segurança tem a função primária de cobrir variações randômicas na demanda, mas ele pode também cobrir muitas outras situações tais como: falha no fornecimento; queda na produção; falha no transporte; informações não confiáveis, imprecisas ou lentas e qualquer outra fonte de falha de serviço. O estoque de segurança é o amortecedor (*buffer*) entre o fornecimento e a demanda.

Entretanto, como bem destacam Garcia et al. (2001): “Se por um lado o excesso de estoque de segurança gera custos desnecessários de manutenção de estoques, relativos ao custo financeiro (capital empatado) e de armazenagem, por outro lado o subdimensionamento do mesmo faz com que a companhia incorra em perdas de vendas ou freqüentes *backorders* (postergação de pedidos), gerando um nível de serviço ao cliente insatisfatório”.

Sendo assim, na determinação do estoque de segurança adequado a cada caso, busca-se um ponto ótimo que tenha o menor custo, financeiro e de manutenção, e que ao mesmo tempo leve a uma pequena chance de ocorrer falta de estoque. O quão pequeno será este risco de ocorrer falta de estoque será função do nível de serviço que se deseje prestar aos clientes.

Por intermédio da pesquisa bibliográfica foram encontradas nove diferentes formas para o cálculo do estoque de segurança que são apresentadas a seguir.

2.1 FÓRMULA 1 - Graham (1988)

Sandvig (1998) citando Graham (1988) apresenta o cálculo do estoque de segurança pela fórmula:

$$ES = 50\% \times D \times LT$$

Onde:

ES – *Estoque de Segurança*

D – *Demanda média*

LT – *Lead Time médio*

Sandvig (1998) critica fórmula apresentada por Graham (1988). Este último afirma que a mesma garante um nível de serviço de 50%, mas Sandvig contesta afirmando que a fórmula super simples apresentada por Graham pode levar à manutenção de níveis de estoque de segurança desnecessariamente altos.

Schreibfeder (2007) também critica esta fórmula mostrando que em casos de produtos com *Lead Times* longos e confiáveis, e ainda com uma demanda razoavelmente consistente, teremos um estoque de segurança desnecessariamente alto. Por exemplo, se um produto importado tem um *Lead Time* de 12 semanas, será mantido um estoque de segurança equivalente a demanda de seis semanas. Isto não faz sentido se as importações chegam no tempo previsto e a demanda não varia substancialmente com o tempo. Por outro lado, quando o produto tem um *Lead Time* curto e variações significantes na demanda ao longo do tempo, teremos um estoque de segurança baixo. Por exemplo, se um produto tem o *Lead Time* de uma semana, este método levará a que se mantenha o equivalente a demanda de 3,5 dias como estoque de segurança.

Schreibfeder (2007) ressalta que se ocorrerem variações significantes na demanda, provavelmente não haverá estoque de segurança suficiente para atender às solicitações dos clientes e a companhia experimentará a ocorrência de falta de estoques.

2.2 FÓRMULA 2 - Corrêa (2001)

Para o caso de uma demanda sem variações, constante, e variações apenas no *Lead Time*, segundo Corrêa et al. (2001) o estoque de segurança pode ser calculado pela fórmula:

$$ES = m \times \sigma_L \times D$$

Onde:

m – Fator relativo ao Nível de Serviço desejado

σ_L – Desvio Padrão do Lead Time

O fator “*m*” é determinado por um cálculo estatístico buscando-se na Curva Normal unicaudal o número de desvios padrão cuja probabilidade de ocorrência se iguala à percentagem pretendida como nível de serviço.

A Figura 3 apresenta graficamente como é obtido o valor de *m*.

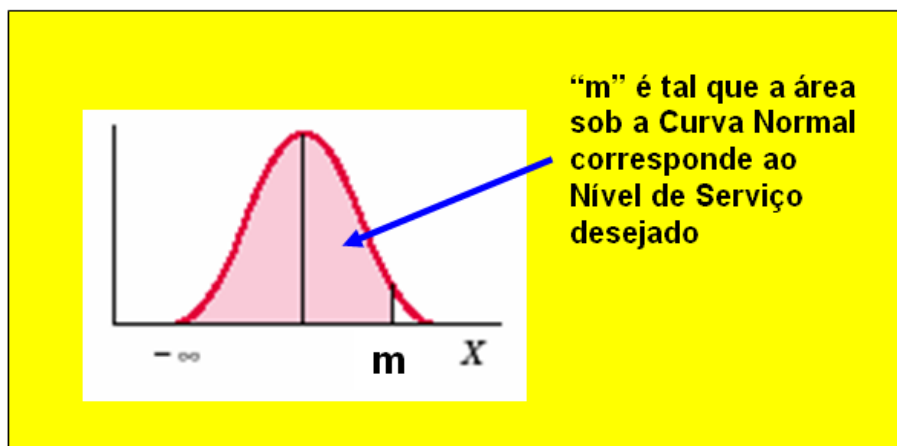


Figura 3 – Obtenção do valor de m.

2.3 FÓRMULA 3 - Ballou (2001) a

Já segundo Ballou (2001), o estoque de segurança no caso de demanda incerta pode ser calculado pela fórmula:

$$ES = m \times \sigma_D \times \sqrt{LT}$$

Onde:

σ_D – Desvio Padrão da Demanda

Fórmula esta que também é apresentada por Wild (1997) e Sandvig (1998). Cabe ressaltar que a fórmula acima é aplicável para *Lead Times* grandes e constantes, ou seja, que não apresentem variações ao longo do tempo. Segundo Corrêa et al. (2001), esta fórmula é a mais comum de ser encontrada na literatura e na prática das empresas.

2.4 FÓRMULA 4 - Ballou (2001) b

Para o caso de haver incerteza tanto na demanda como no tempo de reabastecimento (*Lead Time*), também segundo Ballou (2001), o estoque de segurança pode ser calculado pela fórmula:

$$ES = m \times \sqrt{LT \times \sigma_D^2 + D^2 \times \sigma_L^2}$$

Onde:

LT – *Lead Time* médio

D – *Demanda* média

Brown (1962), Lambert et al. (1998), Wanke (2003) e Tallon (1993) também apresentam o cálculo do desvio padrão resultante da combinação da incerteza na demanda e no *Lead Time* como sendo o termo que é multiplicado pelo nível de serviço na fórmula acima.

Entretanto o uso desta fórmula requer cuidados. Como bem observa Campos (2003), a fórmula acima não está dimensionalmente correta. Na sua primeira parcela, o *lead time* é multiplicado pelo desvio padrão da demanda ao quadrado, ao passo que na segunda parcela, a demanda ao quadrado é multiplicada pelo desvio padrão do *lead time* ao quadrado.

Dimensionalmente temos na primeira parcela uma quantidade (que mede a demanda) ao quadrado dividida por uma unidade de tempo, enquanto que na segunda parcela obtemos uma quantidade ao quadrado dividida por uma unidade de tempo, nesta parcela, também ao quadrado.

Segundo Campos (2003) chegou-se a esta fórmula com base nas seguintes hipóteses:

- Que a demanda e o *lead time* sejam variáveis randômicas independentes; e
- Que o lead time seja medido em números inteiros de intervalos amostrais usados para o cálculo das demandas.

Ainda segundo Campos (2003): “é importante notar que a validade da fórmula pressupõe um tempo de ressuprimento longo, pois se faz necessário que o mesmo seja medido em números inteiros de intervalos amostrais usados para o cálculo da demanda. No caso do intervalo ser semanal, ou seja, estarmos diante de uma série aleatória de demandas semanais, o valor esperado da distribuição do lead time, bem como o seu desvio-padrão deverão ser medidos a partir da série de números inteiros de semanas, que representam os tempos de ressuprimento apurados, para que o desvio-padrão da demanda durante o lead time seja estimado com base nesta fórmula”

2.5 FÓRMULA 5 - Wanke (2003)

Já Wanke (2003) apresenta também a seguinte fórmula:

$$ES = m \times \sqrt{\sigma_D^2 \times \sigma_L^2 + LT^2 \times \sigma_D^2 + D^2 \times \sigma_L^2}$$

O resultado desta fórmula aponta um Estoque de Segurança maior em relação ao obtido pela anterior. Wanke (2003) observa que esta fórmula considera que a demanda e o *Lead Time* são duas variáveis aleatórias independentes.

Com relação à fórmula anterior, Fórmula 4, Wanke (2003) complementa que esta: “considera que podem existir compensações na variabilidade da demanda diária durante o tempo de resposta (*lead time*), implicando, dessa forma, que o desvio-padrão da demanda de resposta seja menor.”

Ainda com relação à Fórmula 4, Wanke (2003) nos aponta que: “o ponto de partida desse resultado é considerar que a variância da demanda no tempo de resposta constante é a soma da variância da demanda por cada um dos dias(ou qualquer outra unidade de tempo coerente com o tempo de resposta) durante o tempo de resposta.”

Por fim, para explicar a razão do *lead time* não estar elevado à segunda potência na Fórmula 4, Wanke (2003) afirma que: “As variâncias das demandas diárias, supostas iguais e independentes, são adicionadas TR (*lead time*). Deve ser lembrado que, de acordo com a teoria estatística, são as variâncias – desvio-padrão ao quadrado – que são adicionadas, o que explica por que o termo LT não é elevado ao quadrado.”

Os comentários mostrados nos itens 2.4 e 2.5 por Campos (2003) e Wanke (2003) nos mostram que a utilização das Fórmulas 4 e 5 deve ser feita com cuidados que nem sempre são explicitados nos manuais de logística.

2.6 FÓRMULA 6 - Zinn e Marmorstein (1990)

As fórmulas apresentadas até aqui calculam o estoque de segurança com base na variação passada da demanda.

Zinn e Marmorstein (1990) informam que: “dois métodos concorrentes de determinação dos níveis de estoques de segurança são discutidos na literatura logística. A principal diferença entre os dois métodos é que um deles baseia seu cálculo de estoque de segurança na variação da demanda, enquanto o outro utiliza a variação dos erros de previsão da demanda”.

Assim, Zinn e Marmorstein (1990) propõem também um outro cálculo onde o estoque de segurança depende da variabilidade dos erros de previsão de demanda.

$$ES = m \times \sqrt{LT \times \sigma_{PD}^2 + D^2 \times \sigma_L^2}$$

Onde:

σ_{PD} – Desvio Padrão dos erros de previsão da demanda

D – Demanda média

Cabe destacar que “D” refere-se à demanda média histórica e não a uma previsão de demanda.

Comparando os dois métodos de cálculo, onde um se baseia nas variações da demanda enquanto o outro considera a variação nos erros de previsão da demanda, Zinn e Marmorstein (1990) concluem que o segundo leva a menores estoques de segurança, sem com isso comprometer o nível de serviço aos clientes. Isto porque, segundo Zinn e Marmorstein (1990): “O fato do desvio padrão dos erros de previsão da demanda ser menor que o desvio padrão da demanda média histórica não impacta o nível de serviço aos clientes.”

2.7 FÓRMULA 7 - Brown (1982)

Já Corrêa et al. (2001), citando Brown (1982), apresentam a seguinte fórmula para a determinação do estoque de segurança considerando o desvio padrão dos erros de previsão de demanda também considerando o caso de haver incerteza tanto na demanda como no tempo de reabastecimento (*Lead Time*),

$$ES = m \times \sqrt{\sigma_{PD}^2 \times \sigma_L^2 + LT^2 \times \sigma_{PD}^2 + D^2 \times \sigma_L^2}$$

Novamente, observe-se que “D” refere-se à demanda média histórica e não a uma previsão de demanda.

2.8 FÓRMULA 8 - Schreibfeder (2007)

Segundo Schreibfeder (2007): “o propósito do estoque de segurança é proteger o serviço aos clientes de demandas não usuais durante o *lead time* ou atrasos no recebimento de novos estoques. Por que não basear a quantidade mantida de estoque de segurança para cada item na variação da demanda e do *lead time*? Quanto maior a variação de demanda e/ou de *lead time*, maior o estoque de segurança a ser mantido para o item”.

Desta forma, Schreibfeder (2007) apresenta um outro método de cálculo do estoque de segurança envolvendo os desvios nas previsões de demanda e de *Lead Time*. O estoque de segurança é calculado pela fórmula:

$$ES = k \times E_D + E_{LT} \times D$$

Onde:

k – Fator relativo ao nível de Serviço desejado. Ver Tabela 1.

E_D – Média das diferenças maiores que zero entre as demandas ocorridas e as demandas previstas.

E_{LT} – Média das diferenças maiores que zero entre os Lead Times ocorridos e os Lead Times previstos.

O Quadro 1 apresenta os valores a serem usados para o k conforme mostrado em Schreibfeder (2007).

k	Nível de Serviço
2	95%
3	97%
4	99%

Quadro 1 – Fator k para o Nível de Serviço desejado.

Schreibfeder (2007) justifica a exclusão de seu cálculo das diferenças menores que zero da seguinte forma: Quanto à demanda, ele alega que não devemos considerar no cálculo os casos em que a demanda for inferior a previsão, ou seja, nos casos onde a previsão excedeu as vendas reais aos clientes. Nestes casos provavelmente já temos mais estoque de segurança que o necessário. Analogamente são excluídos os casos em que o *Lead Time* ocorrido for inferior ao previsto.

2.9 FÓRMULA 9 - Francischini e Gurgel (2002)

Uma outra abordagem é feita por Francischini e Gurgel (2002) segundo os quais: “Supondo que os comportamentos da demanda média e do tempo de reposição não variem significativamente ao longo do tempo, o estoque de segurança é virtualmente zero. Como na prática isso não ocorre, precisamos introduzir cálculos alternativos quando uma ou ambas as condições não ocorrem, ou seja, quando a demanda ou o consumo médio apresenta probabilidade significativa de aumento excessivo durante o tempo de reposição (*lead time*) e quando o próprio tempo de reposição apresenta variações significativas, em virtude da demora nos procedimentos internos de pedido de compras ou do atraso constante das entregas do fornecedor”.

Em seguida, destacam eles que uma maneira simples para o cálculo do estoque de segurança para itens de estoque considerados críticos seria dada pela seguinte fórmula:

$$ES = (L_{Máx} - D) \times (T_{Máx} - LT)$$

Onde:

$L_{Máx}$ – *Lead Time máximo*

$D_{Máx}$ – *Demanda máxima _histórica*

D – *Demanda média _histórica*

LT – *Lead Time médio _histórico*

2.10 ESTOQUE DE SEGURANÇA REALMENTE PRATICADO

Além de apresentar formas de cálculo do estoque de segurança, um outro aspecto desta dissertação foi buscar uma forma de determinar o estoque de segurança que na prática vem sendo utilizado em uma base de distribuição de derivados.

Em outras palavras, dada uma série histórica de níveis de estoque, como ilustrado na Figura 4, como determinar o estoque de segurança que foi praticado?

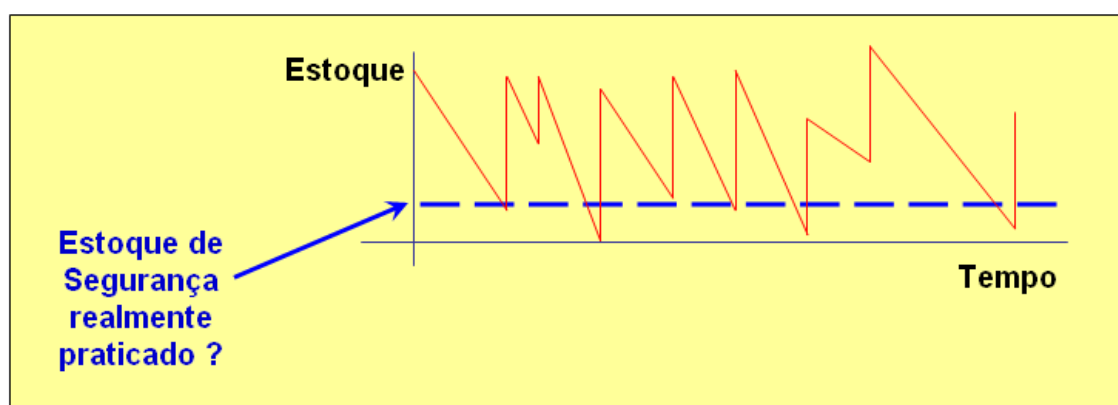


Figura 4 – Estoque de Segurança realmente praticado

Segundo Brown (1959), referindo-se a estoques de segurança:

“Logo em seguida ao recebimento de um pedido, o estoque fica alto. Um pouco antes do próximo pedido ser recebido, ele está baixo. Na média, o ponto baixo é igual ao estoque de segurança, embora, obviamente, algumas vezes ele será tão baixo quanto zero, e outras vezes será maior que o estoque de segurança. (Se o ponto baixo do estoque não flutuasse acima e abaixo do estoque de segurança, não haveria nenhuma razão para haver estoque de segurança!)”

Com base na afirmação acima de Brown, podemos determinar o estoque de segurança que vem sendo realmente praticado em uma base de distribuição de derivados utilizando-se um registro histórico dos valores do estoque ao longo do tempo.

Assim, este valor pode ser obtido pelo cálculo da média dos pontos baixos do estoque, restando então a questão de como identificar estes pontos baixos. Para identificá-los determina-se um intervalo de tempo (uma semana, um mês, etc.), que é o tempo de ciclo adequado para o caso em estudo, e aponta-se o valor mínimo do estoque atingido em cada um destes intervalos. O estoque de segurança que é realmente praticado é determinado então pela média destes mínimos. Matematicamente podemos expressar como:

$$ES_p = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n VM_i$$

Onde:

ES_p – Estoque de Segurança realmente praticado;

VM_i – Valor Mínimo atingido pelo estoque em cada um dos *n* intervalos de tempo;

n – Número de *n* intervalos de tempo considerados;

O número de intervalos de tempo considerados “*n*” é obtido pela divisão do tempo total que se tem os registros de estoque (seis meses, dois anos, etc.), pelo tempo do intervalo escolhido (uma semana, um mês, etc.) para a determinação do valor mínimo “*VM_i*”.

Para ilustrar o conceito de Estoque de Segurança realmente praticado – *ES_p* segue um exemplo numérico abrangendo informações de estoque diário por um período de três semanas. O Quadro 2 apresenta os valores diários de estoque referentes a três semanas.

DATA	ESTOQUE (m ³)
16/9/2001	33.504
17/9/2001	29.452
18/9/2001	31.191
19/9/2001	33.087
20/9/2001	31.573
21/9/2001	27.463
22/9/2001	28.136
23/9/2001	34.104
24/9/2001	30.067
25/9/2001	31.260
26/9/2001	27.613
27/9/2001	27.482
28/9/2001	30.373
29/9/2001	34.058
30/9/2001	34.060
1/10/2001	30.826
2/10/2001	33.823
3/10/2001	33.221
4/10/2001	31.437
5/10/2001	29.119
6/10/2001	28.861

Quadro 2 – Valores diários de estoque.

Considerando um tempo de intervalo escolhido de uma semana teremos então os seguintes valores para “n” e “VMi”:

$$n = 3$$

$$VM_1 = 27.463 \text{ m}^3 \text{ (Valor Mínimo na semana 1)}$$

$$VM_2 = 27.482 \text{ m}^3 \text{ (Valor Mínimo na semana 2)}$$

$$VM_3 = 28.861 \text{ m}^3 \text{ (Valor Mínimo na semana 3)}$$

Aplicando-se a fórmula abaixo, obteremos o valor de ESP.

$$ES_P = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n VM_i$$

Assim, para o período de três semanas de nosso exemplo concluímos que o Estoque de Segurança realmente praticado foi de:

$$ES_P = 27.935 \text{ m}^3$$

A Figura 5 apresenta este exemplo representado graficamente.

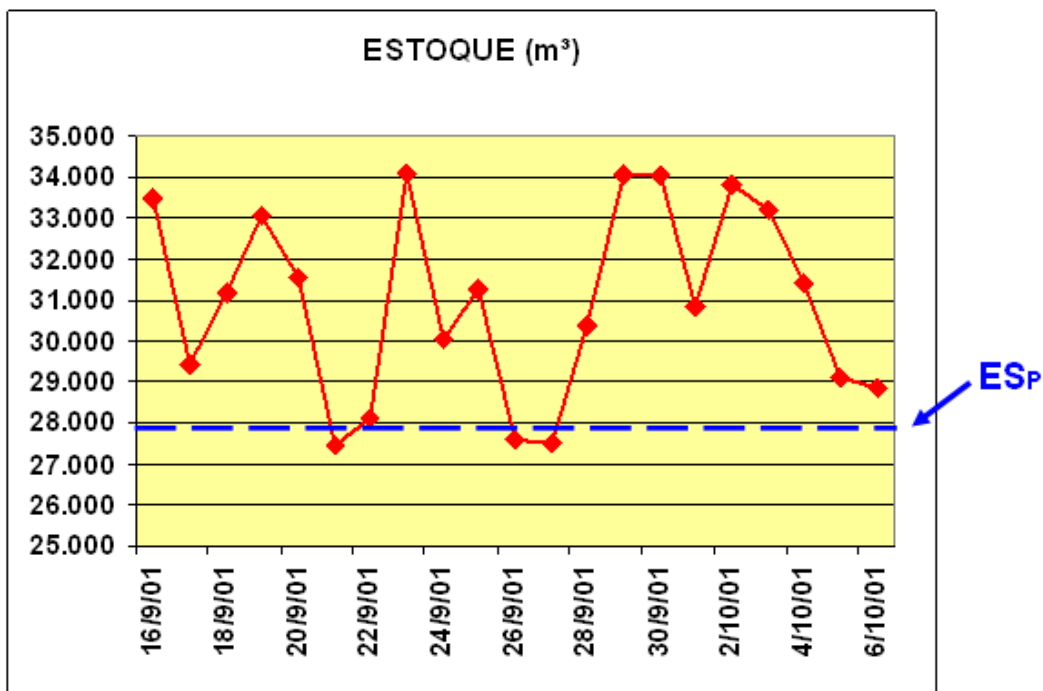


Figura 5 – Exemplo de cálculo do ESP.

Cabe destacar que este exemplo tem por objetivo apenas deixar clara a forma de cálculo do ESP. A utilização de apenas três semanas é uma amostra muito pequena e certamente não representativa do sistema em estudo neste trabalho.

2.11 CÁLCULO DO NÍVEL DE SERVIÇO

Segundo Ballou (2001): “O objetivo principal do gerenciamento de estoques é assegurar que o produto esteja disponível no tempo e nas quantidades desejadas. Geralmente, é avaliado com base na probabilidade de ser capaz de preencher um pedido para um produto do estoque atual. Esta probabilidade, ou a taxa de preenchimento do item, é chamada de Nível de Serviço”.

Para o cálculo do Nível de Serviço da Base X, será utilizada a seguinte fórmula apresentada por Ballou (2001), que se aplica para o caso de termos apenas um item, que no nosso caso é o Diesel:

$$NS = 1 - (NF / NE)$$

Onde:

NS – Nível de Serviço

NF – Número de Faltas

NE – Número de Entregas

Esta fórmula também é mencionada em Gardner et al. (2008) quando define Nível de Serviço como sendo: “o número de ordens de venda preenchidas completamente dividido pelo número total de vendas”.

2.12 Preço de Realização do Diesel

Segundo PETROBRAS (2008), Preço de Realização corresponde ao valor recebido pela empresa abatendo-se os tributos que são recolhidos pela empresa. Mais especificamente, é o valor recebido pela PETROBRAS antes da aplicação dos tributos CIDE, PIS/CPFINS e ICMS na formação do preço do diesel cobrado das distribuidoras.

A Figura 6 apresenta as alíquotas e valores praticados na Refinaria Duque de Caxias para o Diesel conforme obtido em PETROBRAS (2008).

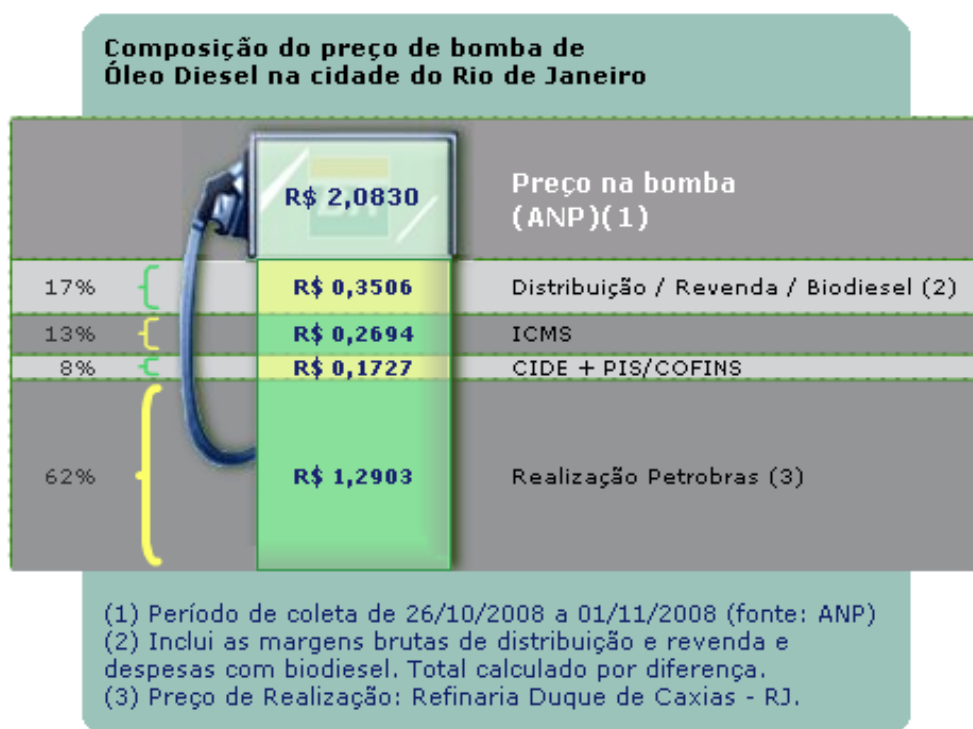


Figura 6 – Composição do preço do Diesel em postos de distribuição na cidade do Rio de Janeiro.

Observe-se que do valor pago pelos consumidores nos postos de distribuição, apenas 62% vão para a Petrobras.

3. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA E MODELAGEM

3.1 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

A Base X distribui diesel, gasolina, querosene de aviação e álcool para clientes da Petrobras. Neste estudo de caso aborda-se um problema ocorrido com os estoques de diesel.

Esta Base de Distribuição possui um total de 35.000 m³ de tancagem dedicada para diesel dividida em três tanques: dois com capacidade operacional de 15.000 m³ (tanques 1 e 2) e um com capacidade operacional de 5.000 m³ (tanque 3) como mostrado na Figura 7.



Figura 7 – Visão aérea da Base X.

O diesel, proveniente de uma refinaria, é recebido na Base X por um duto. Este diesel pode ser fornecido à Base X por três refinarias. Ao ser recebido o diesel é primeiramente armazenado no tanque 1. Deste tanque o diesel é transferido para os outros dois tanques de onde será entregue para as distribuidoras.

Existe um total de quatro distribuidoras que recebem o diesel nesta base. O tanque 2, de 15.000 m³, fica alinhado exclusivamente para a Distribuidora 1. Este cliente é o que retira a maior quantidade de diesel da Base X. Esta retirada é feita por caminhões em sua base localizada ao lado da Base X como mostrado na Figura 7.

O tanque 3, de 5.000 m³ fica alinhado para entrega de produto para as outras três distribuidoras que recebem o diesel por duto em suas bases localizadas próximas a Base X da Petrobras. A Figura 8 apresenta, de forma esquemática a logística de diesel da Base X.

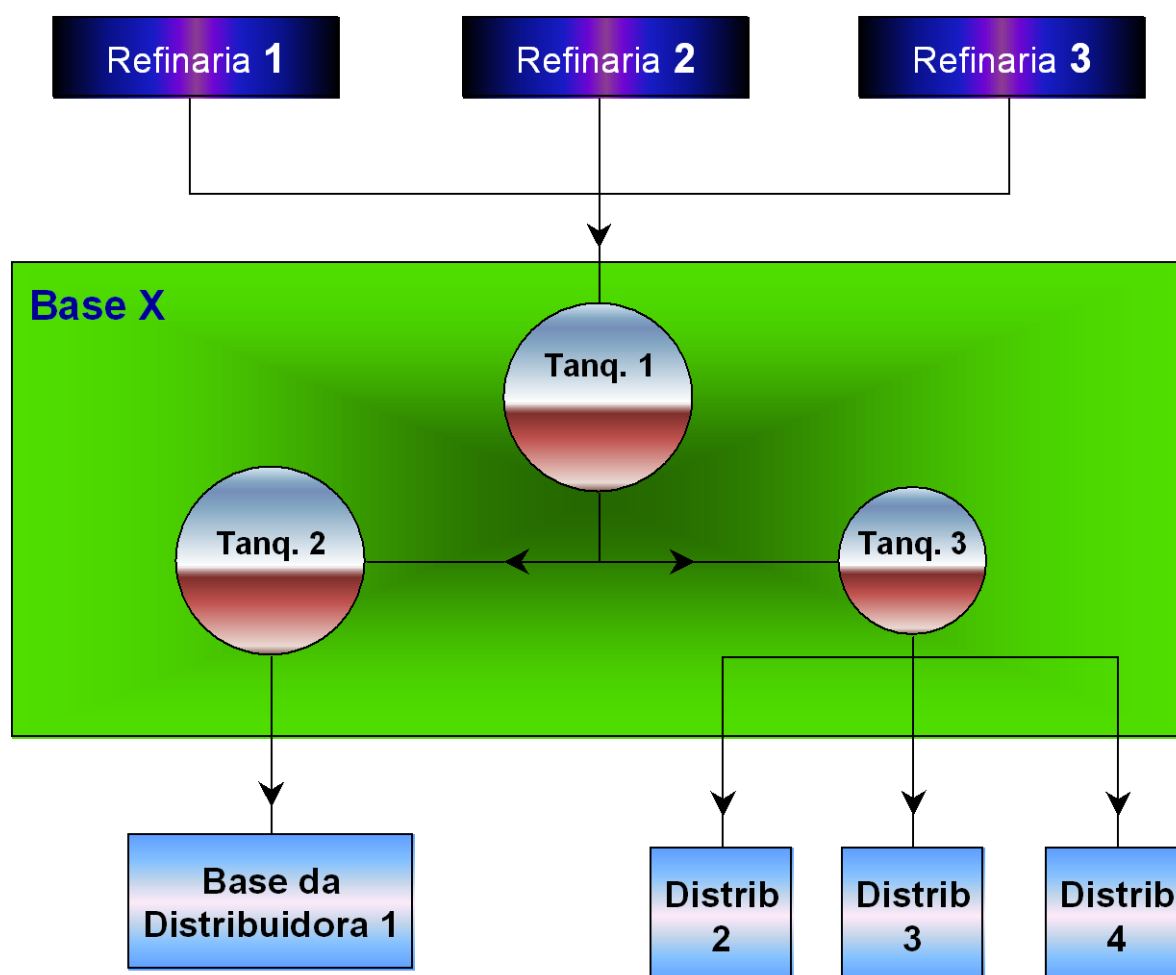


Figura 8 – Logística de diesel da Base X.

Em função do nível de estoque mantido por esta base estar sendo questionado e tido como elevado, foi criada a necessidade de se verificar se os níveis de estoque estão adequados e calcular o Estoque de Segurança a ser praticado por esta base para atender a um Nível de Serviço adequado aos seus clientes.

Para a elaboração desta dissertação foram feitas as seguintes visitas técnicas:

- na Base X da Petrobras a fim de conhecer detalhes de sua operação, tendo sido entrevistado o Gerente da Base, responsável por toda a sua gestão comercial e operacional;

- na refinaria, localizada em São Paulo, que envia a maior parte do diesel para a Base X, onde foi entrevistado o Gerente Comercial da Refinaria, que recebe os pedidos de diesel das distribuidoras e transmite os valores a serem entregues para as mesmas pela Base X. Também é a área comercial da Refinaria a responsável pelo faturamento desta venda de diesel da Petrobras para as distribuidoras;

- no Centro de Controle operacional da Petrobras, em São Paulo - SP, onde são programadas todas as movimentações de petróleo para as quatro refinarias da Petrobras em São Paulo, como também toda a saída de derivados destas refinarias até as bases ou até os terminais marítimos onde os derivados podem ser transportados em navio petroleiros para outros portos nacionais ou mesmo para a exportação. Neste Centro de Controle foi entrevistado o seu Gerente responsável pelas movimentações acima descritas e que inclui o envio de diesel pelo modal dutoviário para a Base X.

Com base nas três visitas técnicas foi constatado que tanto o planejamento das operações como os pedidos das distribuidoras são feitos em base semanal. A cada semana as distribuidoras informam à gerência comercial da Refinaria os volumes que pretendem retirar na semana seguinte na Base X. Estas informações são repassadas para o Centro de Controle operacional que analisa os estoques da Base X, as demais movimentações para os dutos que atendem à Base X e faz a programação movimentações de diesel, pelo modal dutoviário, para a base X na semana seguinte.

Foi constatado que o Centro de Controle operacional faz a programação das movimentações de diesel por dutos para a Base X, referentes a próxima semana, toda sexta-feira.

Estas movimentações de diesel para a Base X são feitas de forma parcelada no decorrer da semana.

Constatou-se com as visitas técnicas que temos um Sistema de Revisão Periódica semanal com entregas parceladas.

Neste trabalho busca-se modelar o problema e apresentar formas para o cálculo do estoque de segurança a ser praticado na Base X a fim de propor uma adequação em seu estoque de diesel.

3.2 MODELAGEM DO PROBLEMA

Com base nos dados levantados e na revisão da literatura e fundamentos teóricos tem-se todas as informações para o cálculo do estoque de segurança.

Para a modelagem do problema serão utilizadas as seguintes simplificações:

- Considerar apenas uma refinaria, posto que mais de 95% do diesel recebido na Base X é proveniente de uma única refinaria; e
- Considerar apenas um cliente. As características das Distribuidoras 1, 2, 3 e 4 são muito semelhantes e não justificam um tratamento diferenciado para cada uma delas.

A Figura 9 apresenta a logística de recebimento e distribuição de diesel da Base X contemplando as simplificações acima descritas.

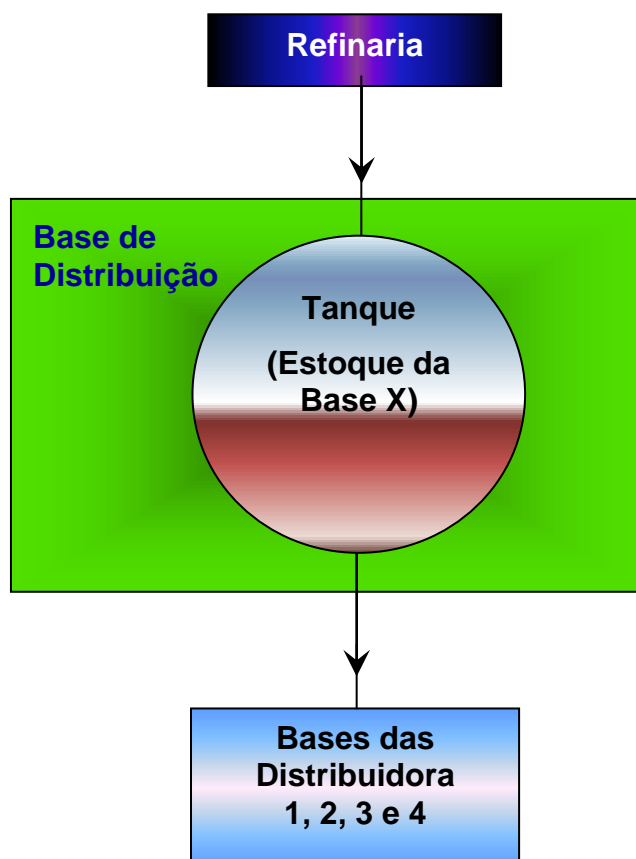


Figura 9 - Logística de diesel da Base X simplificada.

Neste trabalho será considerada a modelagem apresentada na Figura 9 para a avaliação do nível de estoques que vem sendo praticados na Base X e o cálculo do Estoque de Segurança.

4. LEVANTAMENTO DE DADOS

Para melhor entendimento do problema e para viabilizar os cálculos logísticos, dentre eles o valor do novo estoque de segurança de diesel para a Base X, foi levantada uma série de dados detalhados a seguir.

Foi considerado um período de dois anos como sendo representativo para os cálculos deste trabalho.

4.1 ENTREGAS DE DIESEL PARA AS DISTRIBUIDORAS

A entrega de diesel para as distribuidoras é a demanda da Base X. Foram levantados dados de entrega de cada uma das quatro distribuidoras que são informados a seguir.

4.1.1 ENTREGAS DE DIESEL PARA A DISTRIBUIDORA 1

A Figura 10 apresenta as entregas diárias de diesel para a Distribuidora 1 em um período de dois anos.

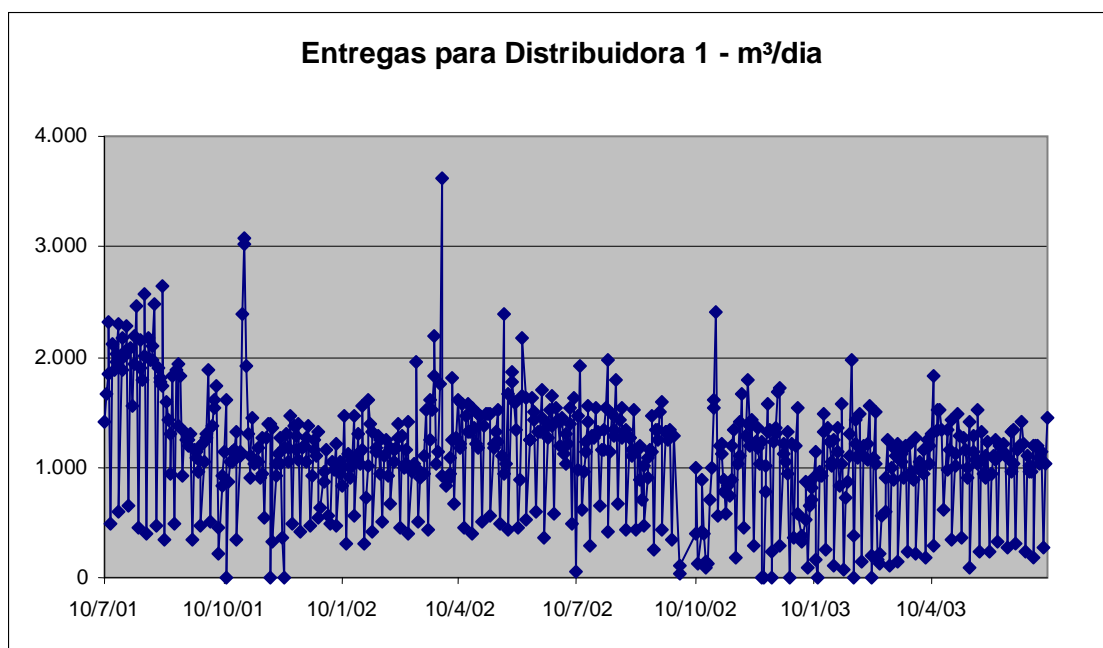


Figura 10 – Entregas diárias de diesel para a Distribuidora 1.

A média dos valores de entrega é de 1.116 m³/dia e o desvio padrão é de 519 m³/dia para as entregas da Distribuidora 1.

4.1.2 ENTREGAS DE DIESEL PARA A DISTRIBUIDORA 2

A Figura 11 apresenta as entregas diárias de diesel para a Distribuidora 2 em um período de dois anos.

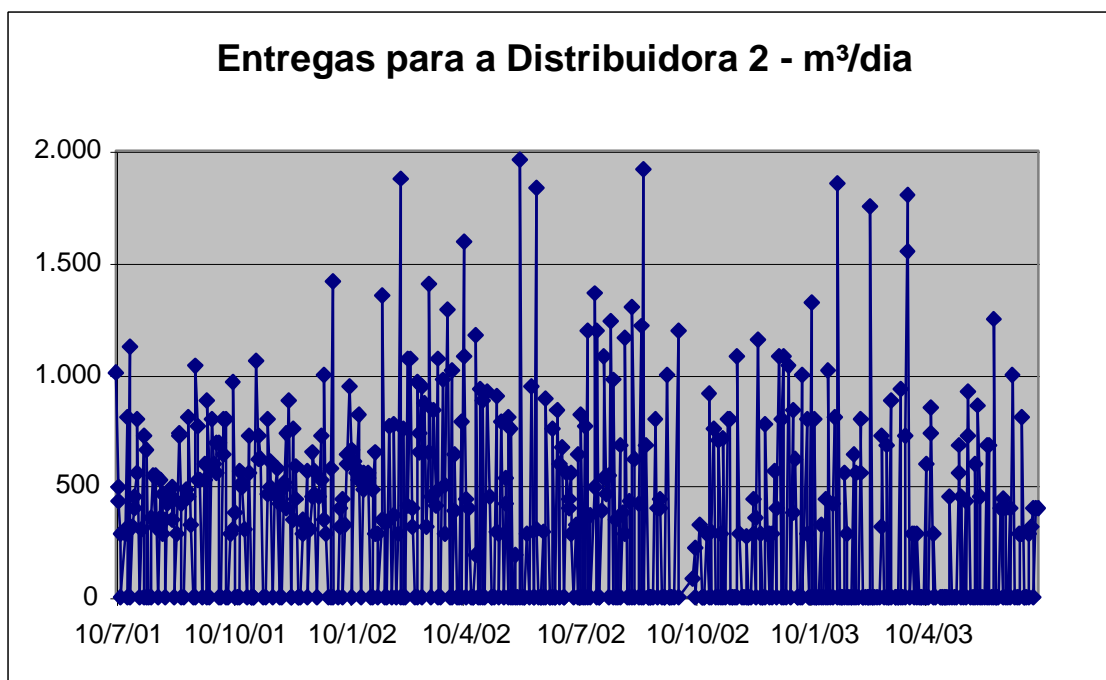


Figura 11 – Entregas diárias de diesel para a Distribuidora 2.

A média dos valores de entrega é de 338 m³/dia e o desvio padrão é de 400 m³/dia para as entregas da Distribuidora 2.

4.1.3 ENTREGAS DE DIESEL PARA A DISTRIBUIDORA 3

A Figura 12 apresenta as entregas diárias de diesel para a Distribuidora 3 em um período de dois anos.

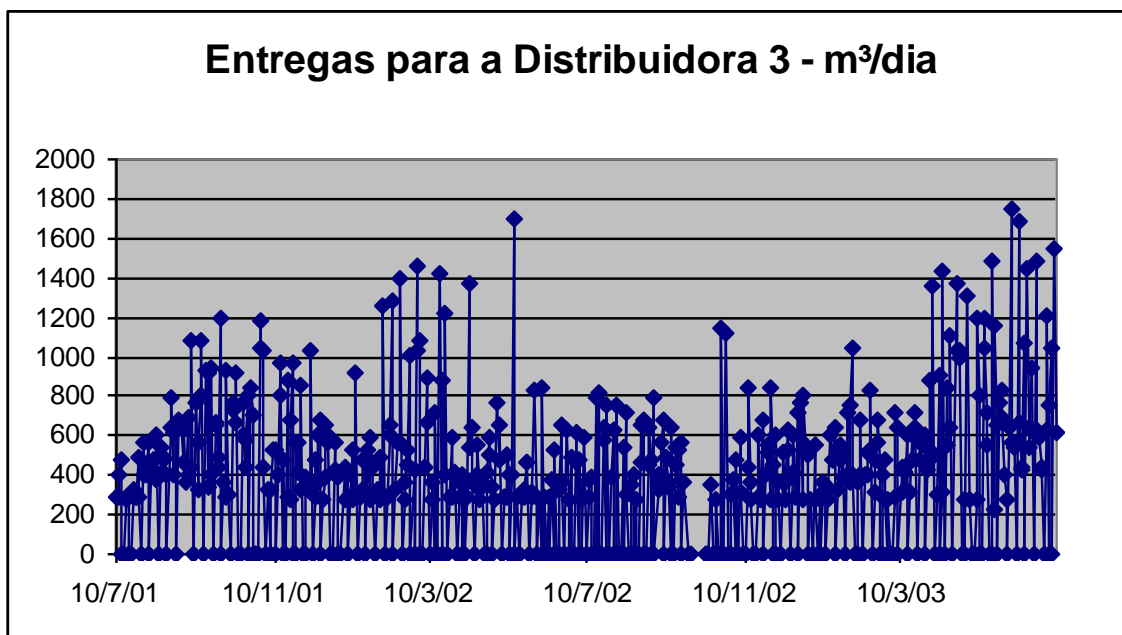


Figura 12 – Entregas diárias de diesel para a Distribuidora 3.

A média dos valores de entrega é de 398 m³/dia e o desvio padrão é de 354 m³/dia para as entregas da Distribuidora 3.

4.1.4 ENTREGAS DE DIESEL PARA A DISTRIBUIDORA 4

A Figura 13 apresenta as entregas diárias de diesel para a Distribuidora 4 em um período de dois anos.

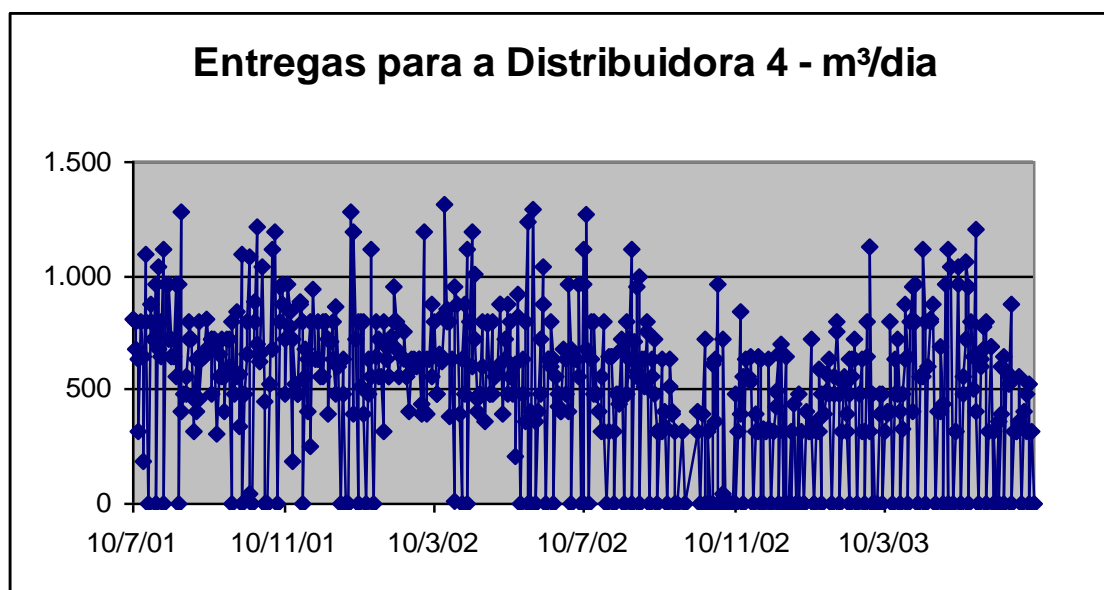


Figura 13 – Entregas diárias de diesel para a Distribuidora 4.

A média dos valores de entrega é de 515 m³/dia e o desvio padrão é de 316 m³/dia para as entregas da Distribuidora 4.

4.2 ENTREGAS TOTAIS DE DIESEL

A Figura 14 apresenta as entregas totais diárias de diesel para todas as Distribuidoras em um período de dois anos, que corresponde a soma das entregas feitas às quatro distribuidoras.

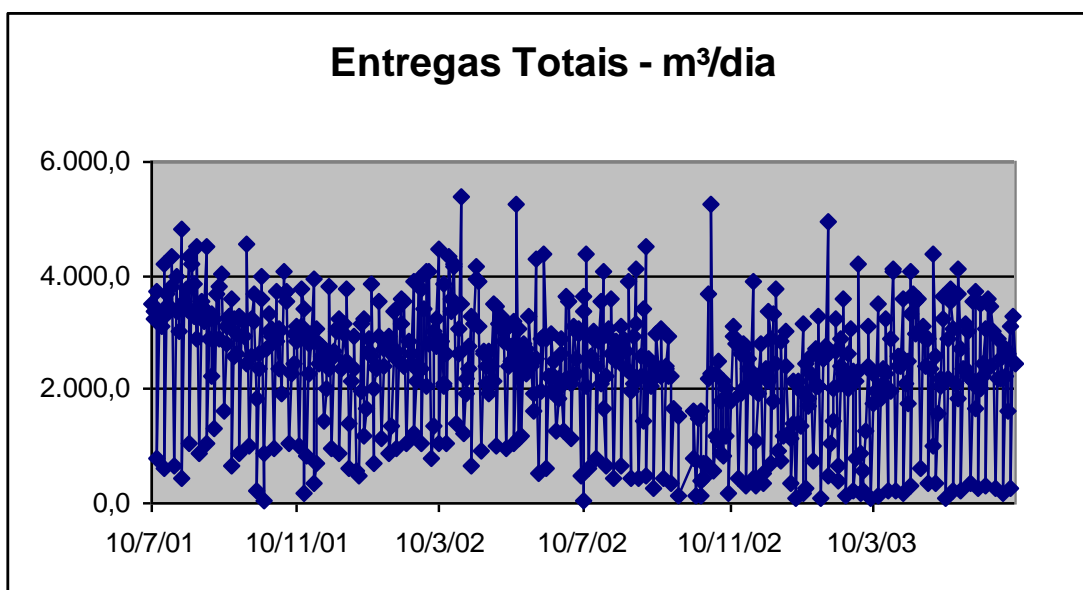


Figura 14 – Entregas diárias de diesel para todas as Distribuidoras.

A média dos valores totais de entrega é de 2.368 m³/dia e o desvio padrão é de 1.120 m³/dia para as entregas de todas as Distribuidoras.

A Figura 15 apresenta um detalhe relativo a um período de um mês. Nela são apresentados os valores das Entregas Totais da Base X no período de 12/07/2002 até 12/08/2002.

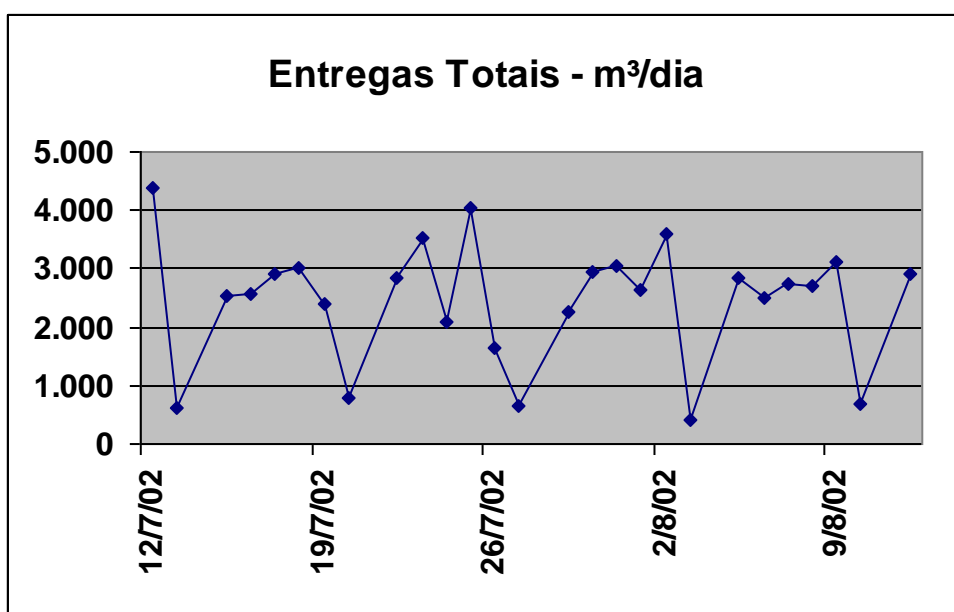


Figura 15 - Entregas Totais da Base de 12/07/2002 até 12/08/2002.

Observe-se que quando somadas as entregas das quatro distribuidoras obtemos um desvio padrão que corresponde aproximadamente à metade do valor médio destas entregas. Uma variação bem menor do que as observadas em cada uma das quatro distribuidoras isoladamente.

Isto se explica pelo fato da Base X atender a um determinado mercado que sofreu pouca variabilidade nos dois anos analisados. Assim, por mais que as entregas para as distribuidoras variem individualmente, quando somamos as quatro na verdade estamos analisando as entregas totais ao mercado.

A Figura 16 apresenta o histograma das Entregas Totais apresentadas na Figura 14 mostrando que sua distribuição é semelhante à Curva Normal.

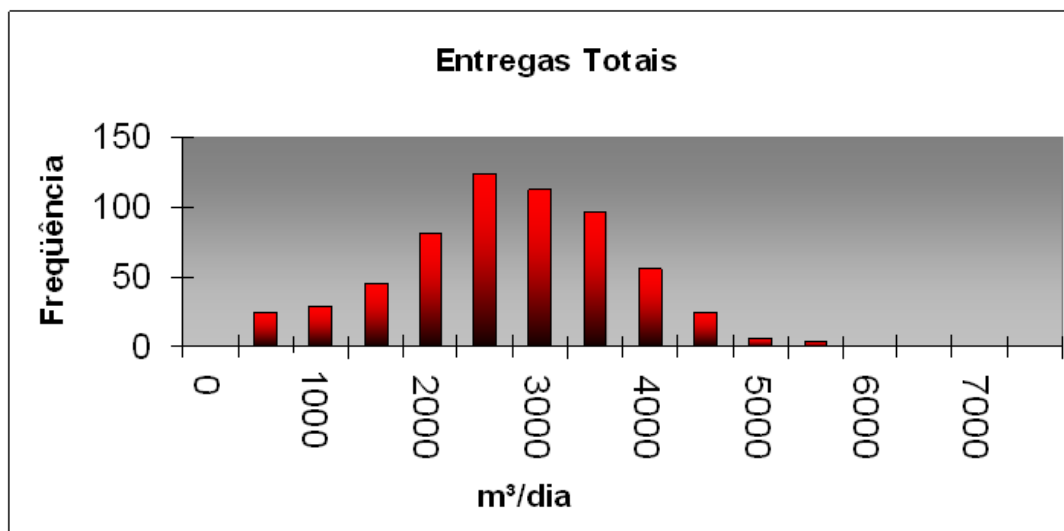


Figura 16 – Histograma das entregas totais.

4.3 LEAD TIME

Foi realizado um levantamento de todas as quantidades de diesel, denominadas de bateladas, que saíram das Refinarias 1,2 e 3 para a Base X em um período de dois anos. O Centro de Controle de São Paulo programa semanalmente as bateladas de diesel que sairão das três Refinarias para a Base X.

Inicialmente considerou-se neste trabalho o *lead time* como sendo o tempo que a batelada despachada de cada refinaria levava para chegar, pelo modal dutoviário, até a Base X. Entretanto, quando este valor de *lead time* foi aplicado nas fórmulas para cálculo de Estoque de Segurança da Base X, foram obtidos valores inconsistentes com a realidade operacional da Base.

Posteriormente foram feitas as visitas técnicas listadas no item 3.1. A partir das entrevistas, e com um melhor conhecimento das características operacionais do sistema em estudo, ficou claro que o conceito de *lead time*, tomado como o tempo que a batelada leva no percurso dutoviário da Refinaria até a Base X, não estava adequado.

Os dados passaram a ser analisados considerando que o *lead time* é definido teoricamente como o tempo entre o pedido de compra e o recebimento deste pedido.

Ora, se a programação é feita às sextas-feiras e as bateladas de diesel são entregues no decorrer da semana seguinte, ficou patente que a analogia ao “pedido de compra”, quando se inicia a contagem do *lead time*, deve ocorrer na sexta-feira. Por conseguinte, o dia que uma batelada chega à Base X, deve ser considerado como o “recebimento do pedido”, logo como sendo o final da contagem do *lead time*.

Desta forma, para a modelagem adotada neste estudo, o tempo decorrido entre a programação que ocorre às sextas-feiras (análogo a ordem de compra) e o recebimento da batelada na Base X foi considerado como o Lead Time da entrega de diesel para cada batelada que é recebida na Base X.

A Figura 17 apresenta este Lead Time em um período de dois anos.

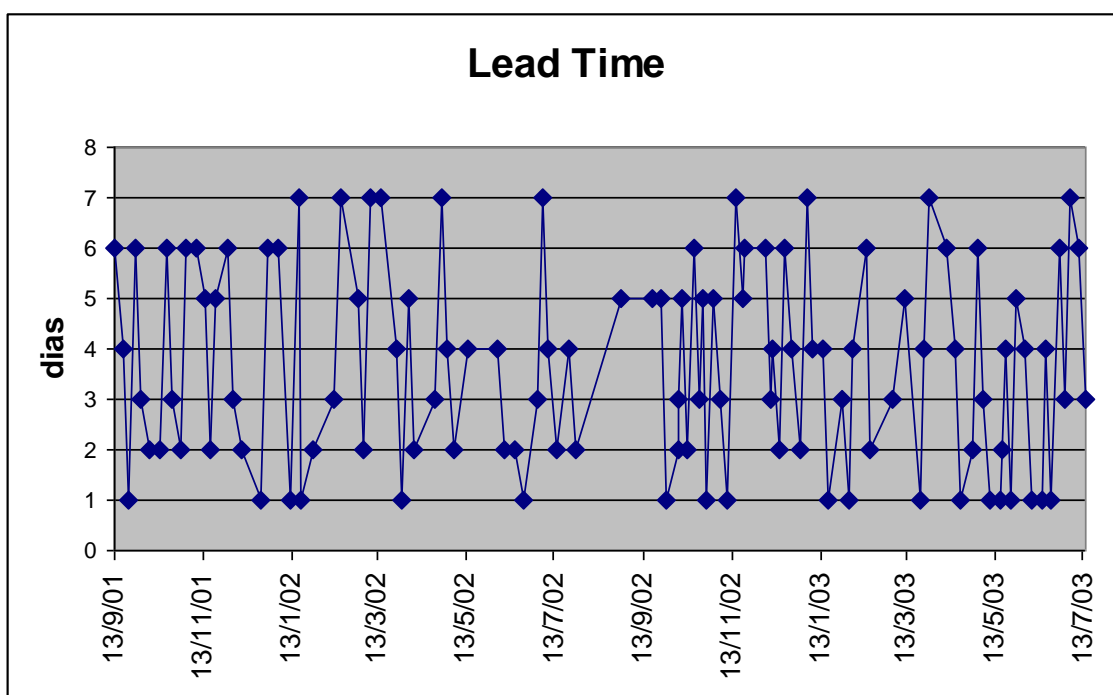


Figura 17 – Lead Time da entrega de diesel para a Base X.

A média dos valores de Lead Time é de 3,68 dias e o desvio padrão é de 1,97 dias.

4.4 ESTOQUE DE DIESEL NA BASE X

Foram levantados os níveis de estoque de diesel diários da Base X por um período de dois anos. Os estoques apresentados a seguir foram obtidos ao final de cada dia, após terem sido feitas entregas às distribuidoras e recebimentos de bateladas de diesel das refinarias.

A Figura 18 apresenta estes dados.

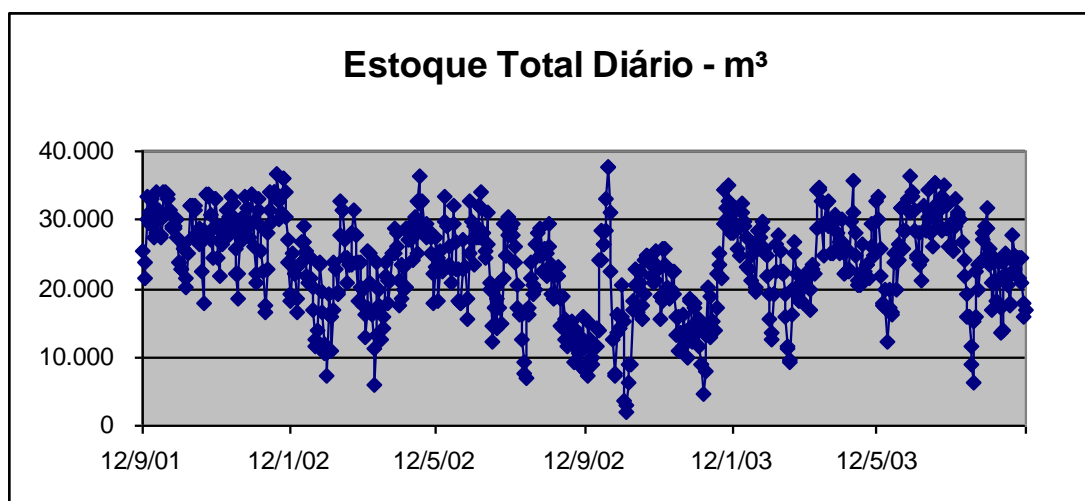


Figura 18 – Estoques diários de diesel na Base X.

A média dos valores de estoque diários de diesel é de 23.255 m³ e o desvio padrão é de 6.849 m³.

A Figura 19 apresenta um detalhe relativo a um período de um mês. Nela são apresentados os valores do Estoque Total Diário da Base X no período de 12/07/2002 até 12/08/2002.

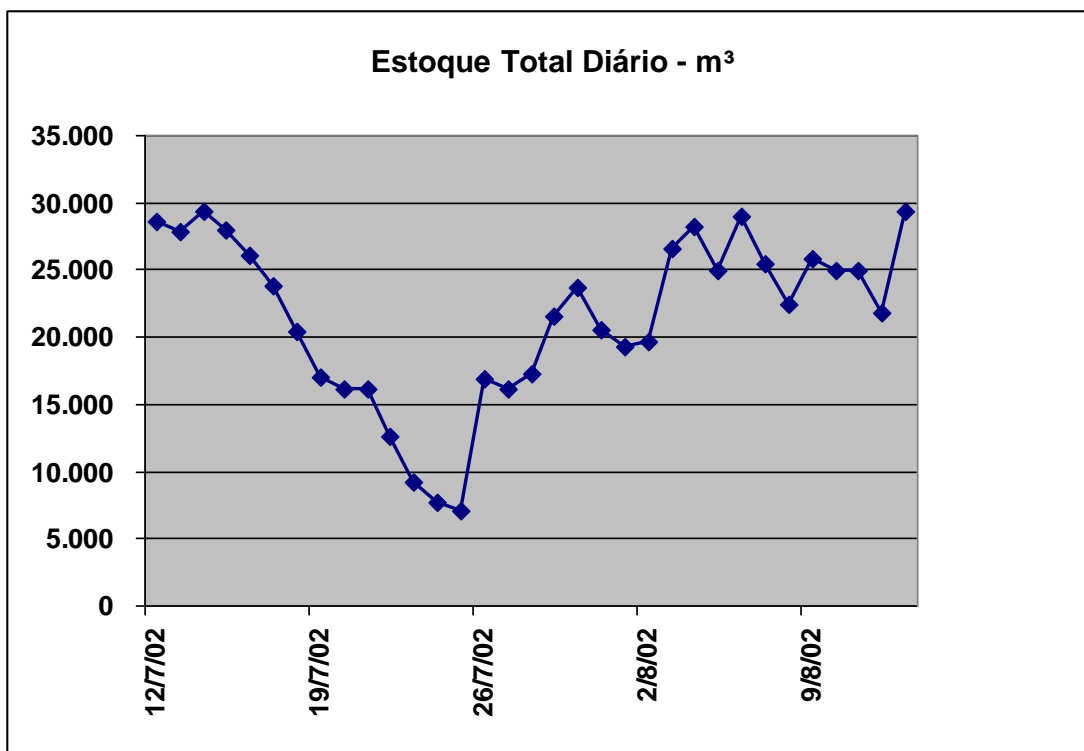


Figura 19 - Estoque Total Diário de 12/07/2002 a 12/08/2002

A Figura 20 apresenta o histograma do Estoque Total diário apresentado na Figura 18 mostrando que sua distribuição é semelhante à Curva Normal.

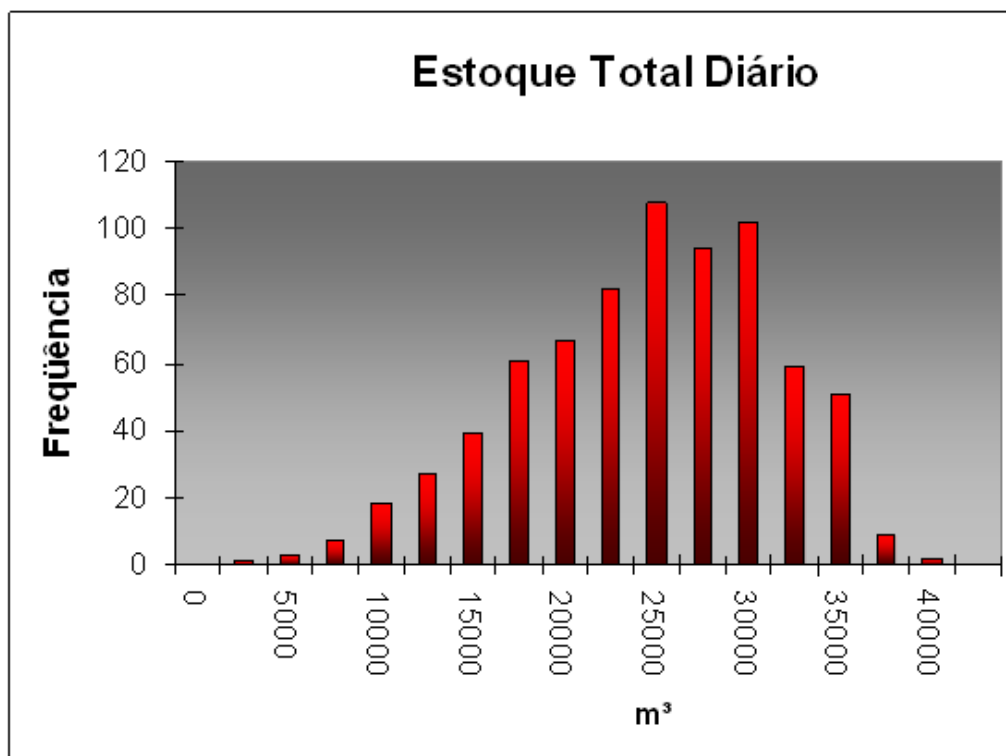


Figura 20 – Histograma dos Estoques diários de diesel na Base X.

No Capítulo 4 foram apresentados os dados que foram levantados relativos a Base X referentes a estoques diários de diesel, lead time e entrega do produto para as distribuidoras. Também foram relatadas as visitas técnicas que foram essenciais para o correto entendimento do sistema, principalmente no tocante a medição do *lead time*.

No Capítulo 5 será aplicada a modelagem feita para a Base X e serão determinados valores de Estoques de Segurança, os custos relativos a estoques imobilizados e aumento no Nível de Serviço nesta Base.

5. APLICAÇÃO DA MODELAGEM

5.1 DETERMINAÇÃO DA MELHOR FORMA DE CALCULAR O ESTOQUE DE SEGURANÇA DE DIESEL NA BASE X

Como ressaltam Lambert et al. (1998): “O gestor tem a opção de ou manter um estoque adicional na forma de Estoque de Segurança ou correr o risco de perda potencial de receita nas vendas resultante na falta de estoques. Devemos assim considerar um *trade-off* de custo adicional: custos da manutenção de estoques versus custos de *stockout* (falta de estoques).”

Observando-se os dados de estoque da Base X apresentados na Figura 18, constatamos que no período analisado de dois anos não ocorreu *stockout*. Logo, tivemos um Número de Faltas – NF igual a zero e podemos considerar que o Nível de Serviço no período foi de 100%.

A não ocorrência de *stockout* é uma indicação de que existe a possibilidade da Base X estar praticando um nível de Estoque de Segurança elevado.

Podemos observar também que o menor nível de estoque atingido pela Base X ocorreu em outubro de 2002 quando estoque ficou em 1.844 m³, sendo este um outro sinal que aponta para a prática de estoques em nível elevado nesta Base.

5.1.1 CÁLCULO DO ESTOQUE DE SEGURANÇA REALMENTE PRATICADO – ES_P

Passou-se então para o cálculo do Estoque de Segurança Realmente Praticado - ES_P utilizando-se a fórmula mencionada no item 2.10 do Capítulo 2 e abaixo transcrita:

$$ES_P = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n VM_i$$

Onde:

ES_p – *Estoque de Segurança realmente praticado;*

VM_i – *Valor Mínimo atingido pelo estoque em cada um dos intervalos de tempo;*

n – *Número de intervalos de tempo considerados;*

Conforme mencionado no Capítulo 3, item 3.1, com base nas três visitas técnicas e nas entrevistas com os Gerentes das instalações visitadas, foi constatado que tanto o planejamento das operações como os pedidos das distribuidoras são feitos em base semanal.

Em função das características operacionais da Base X, onde tanto a programação de recebimento e entrega de produtos são feitas em bases semanais, no cálculo foi utilizado o intervalo de uma semana para a determinação dos Valores Mínimos para a determinação do Estoque de Segurança Realmente Praticado.

Para o período de dois anos que está sendo analisado neste trabalho foi obtido o valor de:

$ESP = 18.207 \text{ m}^3$.

5.1.2 ESTOQUES PARA DIFERENTES NÍVEIS DE SERVIÇO

Buscou-se então determinar o nível de estoques que poderia ter sido praticado nos dois anos analisados para obtermos Níveis de Serviço menores que os registrados neste período.

Neste trabalho consideraremos dois Níveis de Serviço, compatíveis com o negócio de distribuição de Diesel. São eles 95% e 99%. Cabe destacar que estes valores são também compatíveis com os apresentados por Gardner et al. (2008) que apontam valores de 97,7% para empresas medianas e 99% para as empresas de *top* em pesquisa feita com diversos segmentos da indústria e conduzida pela APQC - American Productivity & Quality Center.

Assim nosso problema, neste ponto, resumia-se a determinar o volume de estoque V que poderia ter sido reduzido, nos dois anos analisados, de forma que o Nível de Serviço tivesse sido de 95% ou 99%.

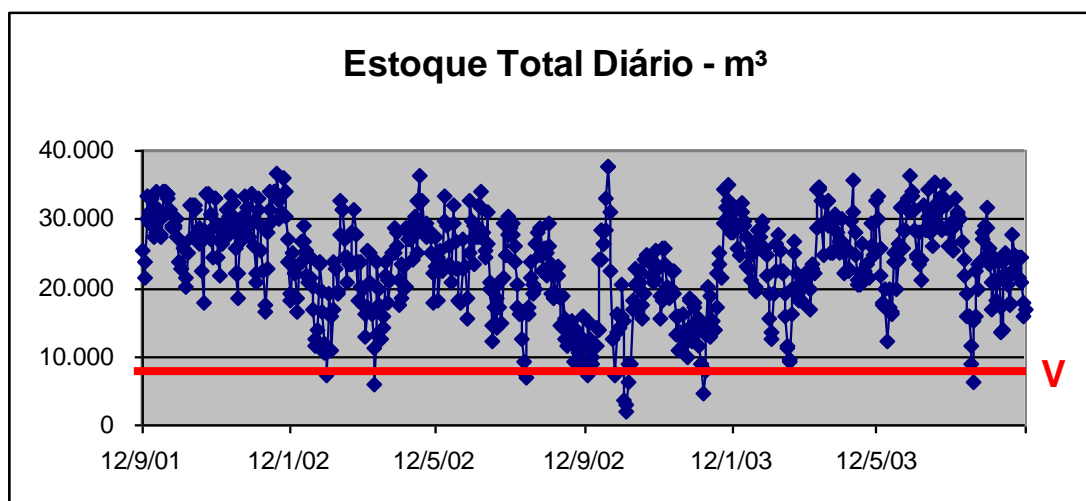


Figura 21 – Volume V que representaria um Nível de Serviço de 95% ou 99%.

Para a determinação de V , indicado na Figura 21, determinou-se o Número de Faltas – NF que levariam a um Nível de Serviço de 95% ou 99%.

Como para o cálculo do Nível de Serviço temos a fórmula apresentada no Capítulo 2, item 2.11:

$$NS = 1 - (NF / NE)$$

Assim, obtemos a fórmula para NF como sendo:

$$NF = (1 - NS) \times NE$$

Logo, para termos um Nível de Serviço de 95% ou 99%, considerando que o número de dias no período analisado, NE, foi de 730 chegamos aos valores mostrados no Quadro 3.

Fórmula	Nível de Serviço - NS	
	95%	99%
$NF = (1 - NS) \times 730$	36,5	7,3

Quadro 3 – Número de Faltas – NF para NS de 95% ou 99%.

Para efeito deste trabalho consideraremos os valores de NF arredondados para 37 e 8 para os NS de respectivamente 95% e 99%.

Para a determinação do valor de V foi feito um procedimento incremental simulando vários valores que eram subtraídos igualmente de todos os valores apresentados na Figura 18. Para cada um destes valores de V simulado, contava-se o número de dias que passávamos a ter valores menores ou iguais a zero o que caracterizaria um *stockout*, ou seja, o correspondente Número de Faltas – NF. Assim, obtivemos os valores apresentados no Quadro 4.

NS	95%	99%
NF	37	8
V (m³)	11.430	7.100

Quadro 4 - Volume – V para NS de 95% ou 99%.

Em outras palavras, se tivéssemos um estoque inicial, no primeiro dia do período analisado de dois anos, menor em 11.430 m³ e todas as operações de recebimento e entrega da Base X fossem repetidas de forma idêntica às realizadas no período estudado, teriam ocorrido 37 casos de *stockout* e o Nível de Serviço da Base X teria sido de 95%.

Analogamente, se tivéssemos um estoque inicial, no primeiro dia do período analisado de dois anos, menor em 7.100 m³ e todas as operações de recebimento e entrega da Base X fossem repetidas de forma idêntica às realizadas no período estudado, teriam ocorrido 8 casos de *stockout* e o Nível de Serviço da Base X teria sido de 99%.

5.1.3 CÁLCULO DO ESTOQUE DE SEGURANÇA REALMENTE PRATICADO – ESP

Em seguida foi determinado o Estoque de Segurança Realmente Praticado – ESP para os casos em que de todos os valores de estoque, no período analisado, fossem subtraídos os valores de $V_{95\%} = 11.430 \text{ m}^3$ e $V_{99\%} = 7.100 \text{ m}^3$ obtendo-se assim valores de estoque que levariam a NS de 95% e 99%.

Para o caso de NS = 95% foi subtraído o valor de 11.430 m³ de todos os valores de Estoque Total apresentados na Figura 18. Os valores negativos obtidos, num total de 37, foram considerados como *stockout*, como estoque zero.

Analogamente, para o caso de NS = 99% foi subtraído o valor de 7.100 m³ de todos os valores de Estoque Total apresentados na Figura 18. Os valores negativos obtidos, num total de 8, foram considerados como *stockout*, como estoque zero.

Com os valores obtidos foi calculado o ESP para os casos de NS 95% e 99% utilizando-se a fórmula mostrada no Capítulo 2, item 2.10.

Assim, obtivemos os valores apresentados no Quadro 5.

NS	95%	99%
NF	37	8
V (m³)	11.430	7.100
ESP	7.318	11.202

Quadro 5 – Estoque de Segurança Realmente Praticado – ESP para NS de 95% ou 99%.

5.1.4 CÁLCULO DO ESTOQUE – ES DA BASE X

Dando continuidade ao trabalho passou-se a calcular o Estoque de Segurança - ES da Base X, tendo por base os dados levantados no período analisado de dois anos, utilizando as Fórmulas de 1 a 9 mostradas no Capítulo 2 dos itens 2.1 a 2.9.

A seguir são apresentados os valores obtidos para cada uma das nove Fórmulas.

5.1.4.1 FÓRMULA 1- Graham (1988):

Foram utilizados os seguintes valores já mostrados nos itens 4.2 e 4.3 do Capítulo 4:

- Demanda média – $D = 2.368 \text{ m}^3$
- Lead Time médio – $LT = 3,68 \text{ dia}$

Foi obtido o valor de:

ES	4.363 m³
-----------	----------------------------

5.1.4.2 FÓRMULA 2 - Corrêa (2001):

Foram utilizados os seguintes valores já mostrados nos itens 4.2 e 4.3 do Capítulo 4:

- Demanda média – $D = 2.368 \text{ m}^3$
- Desvio padrão do *Lead Time* = $1.978 \text{ m}^3 / \text{dia}$

Para os valores de m , conforme explicado no item 2.2 do Capítulo 2, foram obtidos os valores a partir da Curva Normal unicaudal levantando-se o número de desvios padrão cuja probabilidade de ocorrência se iguala à percentagem pretendida como nível de serviço, no nosso caso de 95% e 99%:

- Fator relativo ao NS desejado - $m (95\%) = 1,645$
- Fator relativo ao NS desejado - $m (99\%) = 2,325$

Foram obtidos os valores de:

ES (95%)	7.665 m³
ES (99%)	10.834 m³

5.1.4.3 FÓRMULA 3 - Ballou (2001) a:

Foram utilizados os seguintes valores já mostrados nos itens 4.2 e 4.3 do Capítulo 4:

- Lead Time médio – $LT = 3,68 \text{ dia}$
- Desvio padrão da Demanda = $1.120 \text{ m}^3 / \text{dia}$

E os mesmos valores de m já apresentados no item 5.1.4.2

- Fator relativo ao NS desejado - $m (95\%) = 1,645$
- Fator relativo ao NS desejado - $m (99\%) = 2,325$

Foram obtidos os valores de:

ES (95%)	3.538 m³
ES (99%)	5.000 m³

5.1.4.4 FÓRMULA 4 - Ballou (2001) b

Foram utilizados os seguintes valores já mostrados nos itens 4.2 e 4.3 do Capítulo 4:

- Demanda média – $D = 2.368 \text{ m}^3$
- Lead Time médio – $LT = 3,68 \text{ dia}$
- Desvio padrão da Demanda = $1.120 \text{ m}^3 / \text{dia}$
- Desvio padrão do *Lead Time* = $1.978 \text{ m}^3 / \text{dia}$

E os mesmos valores de m já apresentados no item 5.1.4.2

- Fator relativo ao NS desejado - $m (95\%) = 1,645$
- Fator relativo ao NS desejado - $m (99\%) = 2,325$

Foram obtidos os valores de:

ES (95%)	8.442 m³
ES (99%)	11.932 m³

5.1.4.5 FÓRMULA 5 - Wanke (2003)

Foram utilizados os seguintes valores já mostrados nos itens 4.2 e 4.3 do Capítulo 4:

- Demanda média – $D = 2.368 \text{ m}^3$
- Lead Time médio – $LT = 3,68 \text{ dia}$
- Desvio padrão da Demanda = $1.120 \text{ m}^3 / \text{dia}$
- Desvio padrão do *Lead Time* = $1.978 \text{ m}^3 / \text{dia}$

E os mesmos valores de m já apresentados no item 5.1.4.2

- Fator relativo ao NS desejado - $m (95\%) = 1,645$
- Fator relativo ao NS desejado - $m (99\%) = 2,325$

Foram obtidos os valores de:

ES (95%)	10.864 m³
ES (99%)	15.354 m³

5.1.4.6 FÓRMULA 6 - Zinn e Marmorstein (1990)

Esta fórmula introduz no cálculo do Estoque de Segurança os erros na previsão da demanda. Entretanto, nas visitas técnicas constatou-se que estas previsões de demanda não são feitas na prática. A fim de viabilizar a aplicação da fórmula optou-se neste trabalho pela utilização da média móvel das demandas passadas como ferramenta de previsão para a Demanda futura.

Passou-se então a buscar qual seria o melhor intervalo de tempo a ser considerado no cálculo da média móvel a fim de prever a Demanda da semana seguinte. A Demanda da Base X sofre o efeito da sazonalidade, assim, um intervalo de um ano, por exemplo, não seria adequado.

Com base nas entrevistas realizadas nas visitas técnicas, constatou-se que as demandas ocorridas nas quatro últimas semanas eram uma boa fonte para previsão da Demanda futura. Desta forma, a previsão da Demanda foi então obtida semanalmente com base na média móvel das Demandas ocorridas nas quatro semanas anteriores. Em outras palavras, para cada início de semana, calculou-se a Demanda média das quatro semanas anteriores e o valor obtido era aplicado como previsão de demanda para todos os dias desta semana. Posteriormente calculou-se a diferença entre o previsto e o realizado para cada dia e por fim o desvio padrão destas diferenças, ou seja, o Desvio Padrão dos erros de previsão da Demanda.

- Desvio padrão dos erros de previsão da Demanda = **1.080 m³**

Foram ainda utilizados os seguintes valores já mostrados nos itens 4.2 e 4.3 do Capítulo 4:

- Demanda média – D = **2.368 m³**
- Lead Time médio – LT = **3,68 dia**
- Desvio padrão do *Lead Time* = **1.978 m³ / dia**

E os mesmos valores de m já apresentados no item 5.1.4.2

- Fator relativo ao NS desejado - m (95%) = **1,645**
- Fator relativo ao NS desejado - m (99%) = **2,325**

Foram obtidos os valores de:

ES (95%)	8.389 m³
ES (99%)	11.857 m³

5.1.4.7 FÓRMULA 7 - Brown (1982)

Foram utilizados os seguintes valores já mostrados nos itens 4.2 e 4.3 do Capítulo 4:

- Demanda média – $D = 2.368 \text{ m}^3$
- Lead Time médio – $LT = 3,68 \text{ dia}$
- Desvio padrão do *Lead Time* = $1.978 \text{ m}^3 / \text{dia}$

E os mesmos valores de m já apresentados no item 5.1.4.2

- Fator relativo ao NS desejado - $m (95\%) = 1,645$
- Fator relativo ao NS desejado - $m (99\%) = 2,325$

Foi utilizado o mesmo valor já apresentado no item 5.1.4.6 relativo à previsão da Demanda conforme mostrado abaixo:

- Desvio padrão dos erros de previsão da Demanda = 1.080 m^3

Foram obtidos os valores de:

ES (95%)	10.668 m³
ES (99%)	15.078 m³

5.1.4.8 FÓRMULA 8 - Schreibfeder (2007)

Foi utilizado o seguinte valor já mostrado no item 4.2 do Capítulo 4:

- Demanda média – $D = 2.368 \text{ m}^3$

Foram calculadas as médias das diferenças maiores que zero entre as demandas ocorridas e as previstas e os *lead times* ocorridos e previstos. Da mesma forma como calculado no item 5.1.4.6, as previsões da Demanda e do *Lead Time* foram obtidas semanalmente com base na média móvel das Demandas e *Lead times* ocorridos nas quatro semanas anteriores. Foram obtidos os seguintes valores:

- $E_D = 724 \text{ m}^3$
- $ELT = 1,85 \text{ dias}$

Foram utilizados os seguintes valores para k:

- Fator relativo ao NS desejado - k (95%) = 2
- Fator relativo ao NS desejado - k (99%) = 4

Foram obtidos os valores de:

ES (95%)	10.191 m³
ES (99%)	20.383 m³

5.1.4.9 FÓRMULA 9 - Francischini e Gurgel (2002)

Foram utilizados os seguintes valores já mostrados nos itens 4.2 e 4.3 do Capítulo 4:

- Demanda média – $D = 2.368 \text{ m}^3$
- Lead Time médio – $LT = 3,68 \text{ dias}$

Foram levantados e também utilizados os seguintes valores obtidos das informações apresentadas nos itens 4.2 e 4.3 do Capítulo 4:

Lead Time máximo – **7,0 dias**

Demanda Máxima Histórica – **5.365 m³**

Foi obtido o seguinte valor:

ES	9.936 m³
-----------	----------------------------

5.1.5 COMPARAÇÃO DOS VALORES OBTIDOS NAS NOVE FÓRMULAS

O Quadro 6 apresenta os valores de Estoque de Segurança – ES obtidos com base nas formas de cálculo mostradas no Capítulo 2 e nos itens de 5.1.4.1 até 5.1.4.9.

Formas de cálculo do ES		ES (m³)	Diferença percentual entre ES e ESP
Fórmula 1	Graham (1988)	4.363	-61,1%
Fórmula 2	Corrêa (2001) 95%	7.665	4,7%
	Corrêa (2001) 99%	10.834	-3,3%
Fórmula 3	Ballou (2001) a 95%	3.538	-51,7%
	Ballou (2001) a 99%	5.000	-55,4%
Fórmula 4	Ballou (2001) b 95%	8.442	15,4%
	Ballou (2001) b 99%	11.932	6,5%
Fórmula 5	Wanke (2003) 95%	10.864	48,5%
	Wanke (2003) 99%	15.354	37,1%
Fórmula 6	Zinn e Marmorstein (1990) 95%	8.389	14,6%
	Zinn e Marmorstein (1990) 99%	11.857	5,8%
Fórmula 7	Corrêa et al. (2001) 95%	10.668	45,8%
	Corrêa et al. (2001) 99%	15.078	34,6%
Fórmula 8	Schreibfeder (2007) 95%	10.191	39,3%
	Schreibfeder (2007) 99%	20.383	82,0%
Fórmula 9	Francischini e Gurgel (2002)	9.936	-11,3%

Quadro 6 – Estoque de Segurança – ES calculado pelas nove formas.

A Figura 22 apresenta os valores do Quadro 5 em forma de gráfico o que facilita a análise, incluindo marcações referentes aos níveis de ESP.

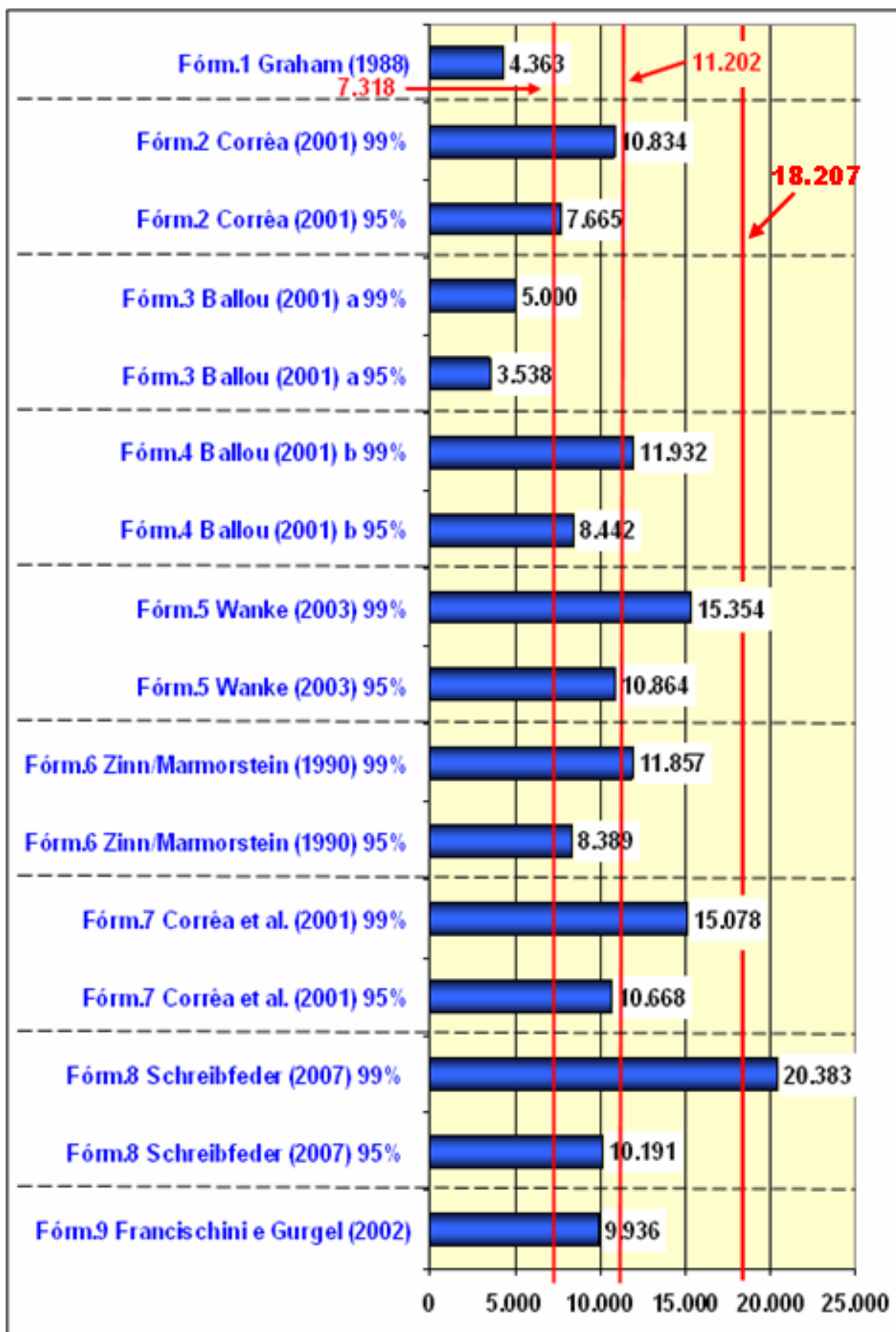


Figura 22 - Estoque de Segurança – ES calculado pelas nove formas.

Analisando os resultados apresentados no Quadro 5 e Figura 22 conclui-se que as melhores formas de calcular o estoque de segurança de diesel para a Base X são através da **Fórmula 4** apresentada por **Ballou (2001)b** e da **Fórmula 6** apresentada por **Zinn e Marmorstein (1990)**, abaixo transcritas, observando-se uma pequena vantagem percentual da segunda sobre a primeira na relação entre ES e ESP.

Fórmula 4:

$$ES = m \times \sqrt{LT \times \sigma_D^2 + D^2 \times \sigma_L^2}$$

Fórmula 6:

$$ES = m \times \sqrt{LT \times \sigma_{PD}^2 + D^2 \times \sigma_L^2}$$

Cabe lembrar que, como descrito no Capítulo 2, a proposta do artigo de Zinn e Marmorstein (1990) era exatamente de recomendar ES menores, sem com isso comprometer o nível de serviço aos clientes, utilizando a fórmula de Ballou (2001)b apenas substituindo o Desvio Padrão da Demanda pelo Desvio Padrão dos erros na previsão da demanda.

Por fim, apesar da **Fórmula 2** apresentada por **Corrêa (2001)** ter mostrado a menor diferença percentual entre ES e ESP, esta não foi a opção escolhida por dois motivos: para o Nível de Serviço de 99% foi obtido um valor de ES abaixo do ESP, o que pode levar a Níveis de Serviço abaixo dos 99% desejados. Em segundo lugar, a fórmula foi desenvolvida, como já apontado no Capítulo 2, para casos de Demanda constante, o que não é o caso da Base X.

5.2 ANÁLISE DO CUSTO DO ESTOQUE IMOBILIZADO DE DIESEL NA BASE X

Podemos considerar que a diferença entre o Estoque de Segurança Realmente praticado na Base X - ESP, que no nosso caso foi calculado em **18.207 m³** e o Estoque de Segurança – ES calculado para um determinado Nível de Serviço corresponderia a um estoque imobilizado que poderia ter sido evitado, que chamaremos de EIM.

Para esta análise consideraremos:

- a **Fórmula 4** apresentada por **Ballou (2001)b**;
- o preço de realização de Diesel para a Petrobras de R\$ 1,30 por litro, valor este relativo a setembro de 2008; e
- uma Taxa de Oportunidade de 10% ao ano.

O Quadro 7 apresenta os volumes e os custos de estoque imobilizado para diferentes Níveis de Serviço onde:

ES – Estoque de Segurança da Base X calculado utilizando-se a **Fórmula 4** como mostrado no item 5.1.4.4

EIM - Estoque imobilizado que poderia ter sido evitado, Calculado pela subtração do ESP de **18.207 m³**, conforme calculado no item 5.1.1, dos valores de ES ;

Custo de EIM – Calculado pela multiplicação de EIM pelo preço de realização de R\$ 1,30 por litro; e

CFEIM - Custo financeiro anual relativo à manutenção do EIM para uma Taxa de Oportunidade de 10% ao ano. Calculado pela multiplicação do Custo de EIM pela Taxa de Oportunidade de 10%,

NS	95%	99%
ES (m³)	8.442	11.932
EIM (m³)	9.765	6.275
Custo de EIM (R\$)	12.694.500	8.157.500
CFEIM (R\$/ano)	1.269.450	815.750

Quadro 7 – Volumes e custos de estoque imobilizado na Base X.

5.3 ANÁLISE DO CUSTO DO NÍVEL DE SERVIÇO DE DIESEL NA BASE X

Por fim foi feito um exercício para determinarmos o valor do preço que poderia ser atribuído ao litro de diesel entregue na Base X em função do Nível de Serviço desejado pelos clientes.

Este exercício tem por objetivo apresentar um exemplo de aplicações que podem ser feitas a partir da utilização da metodologia mostrada neste trabalho para cálculo do Estoque de Segurança da Base X.

Assim, neste exercício, considerou-se apenas o efeito do aumento do Estoque de Segurança, referente ao aumento do Nível de Serviço, como fator para cálculo do aumento no preço de realização. Existem outros fatores operacionais e comerciais que ocorrem com a variação no Nível de Serviço praticado que não são objeto deste trabalho e, por conseguinte, não foram considerados neste exercício.

Para esta análise continuaremos a considerar:

- a **Fórmula 4** apresentada por **Ballou (2001)b** para cálculo do Estoque de Segurança - ES;
- o preço de realização de Diesel para a Petrobras de R\$ 1,30 por litro, valor este relativo a setembro de 2008; e
- uma Taxa de Oportunidade de 10% ao ano.

Inicialmente foi calculado o Estoque de Segurança - ES da Base X para diversos Níveis de Serviço de 95% a 99%, utilizando-se a **Fórmula 4**, conforme apresentado na Figura 23 e no Quadro 8.

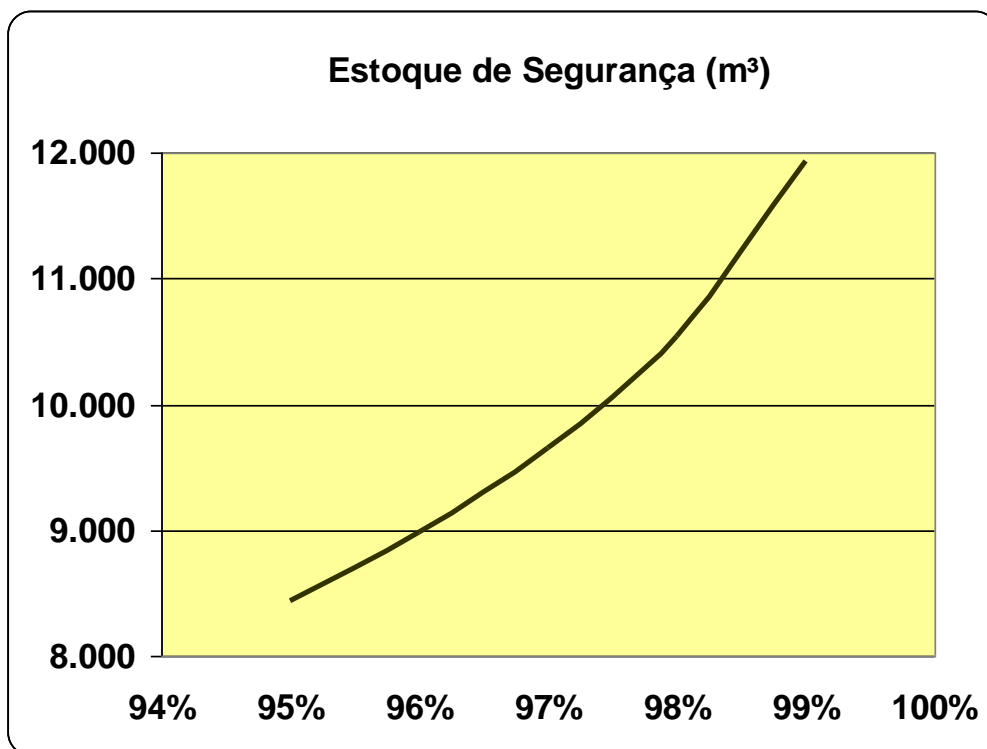


Figura 23 – ES da Base X em função do Nível de Serviço.

NS	ES (m ³)
95%	8.442
96%	8.985
97%	9.652
98%	10.540
99%	11.932

Quadro 8 – ES da Base X em função do Nível de Serviço.

Este exercício, será feito tendo por base as seguintes premissas:

- que o preço de realização de R\$ 1,30 / litro refere-se a um Nível de Serviço de **95%**; e
- que os contratos comerciais com as distribuidoras são feitos com prazo de um ano.

Com base nestas premissas, tabularam-se os valores do aumento no ES da Base X para cada ponto percentual de aumento no Nível de Serviço – NS, o custo deste aumento e, por fim, o aumento de preço a ser cobrado dos clientes caso estes desejem um Nível de Serviço acima de 95%.

O Quadro 9 mostra os resultados obtidos onde:

DES – Valor em metros cúbicos do aumento no ES para cada aumento de 1% no NS, ou seja, corresponde ao aumento no ES para cada ponto percentual de Nível de Serviço. Calculado pela variação do ES, obtido pela **Fórmula 4**. Por exemplo, a subtração do ES para o NS de 97% menos o ES relativo ao ES de 96% é igual a 668 m³ ;

CDES – Valor do aumento no custo do ES para cada aumento de 1% no NS, ou seja, é o custo do DES. Calculado pela multiplicação do DES pelo preço de realização de R\$ 1,30 por litro; e

PDES – Valor do aumento no preço de realização do diesel entregue na Base X para aumentos de NS, acima de 95%, desejado pelos clientes.

O PDES foi obtido da seguinte forma: calcula-se o valor acumulado do CDES a partir do NS de 95% para o novo percentual do NS desejado pelos clientes, o que corresponde ao custo no aumento no ES.

Como exemplo, se considerarmos o NS de 98%, com base nos valores da coluna CDES no Quadro 9, o valor acumulado do CDES seria de:

$$\text{CDES(Acumulado de 95\% a 98\%)} = \text{R\$ } 705.104 + \text{R\$ } 868.036 + \text{R\$ } 1.153.903 = \\ \text{R\$ } 2.727.042$$

A partir daí calcula-se o valor do custo financeiro deste aumento do ES, de 95% para 98%, por um período de um ano, tempo de duração dos contratos comerciais.

No nosso exemplo, como a Taxa anual de Oportunidade é de 10%, o custo financeiro do aumento do ES seria de:

$$\text{R\$ } 2.727.042 \times 10\% \text{ ao ano} = \text{R\$ } 272.704,20 \text{ ao ano}$$

Por fim divide-se este custo financeiro pela Demanda média anual de diesel da Base X que é de **2.368 m³ / dia**, conforme calculado no item 4.2 do Capítulo 4, obtendo-se assim o valor para aumento no preço de realização do Diesel - PDES.

$$\text{PDES} = (\text{CDES}_{\text{Acumulado}} \times \text{Taxa de Oportunidade}) / \text{Demanda Média}$$

No nosso exemplo, o PDES para um aumento do NS de 95% para 98% seria de:

$$\text{PDES} = 272.704,20 \text{ R\$/ano} / (2.368 \text{ m}^3/\text{dia} \times 365 \text{ dias/ano}) = 0,32 \text{ R\$/m}^3$$

NS	ES (m³)	DES (m³)	CDES (R\$)	PDES (R\$/m³)
95%	8.442	0	0	0,00
96%	8.985	542	705.104	0,08
97%	9.652	668	868.036	0,18
98%	10.540	888	1.153.903	0,32
99%	11.932	1.392	1.809.701	0,52

Quadro 9 – Valores de PDES.

Por fim a Figura 24 apresenta graficamente a relação entre NS e PDES mostrada no Quadro 9. Também um exemplo de sua utilização.

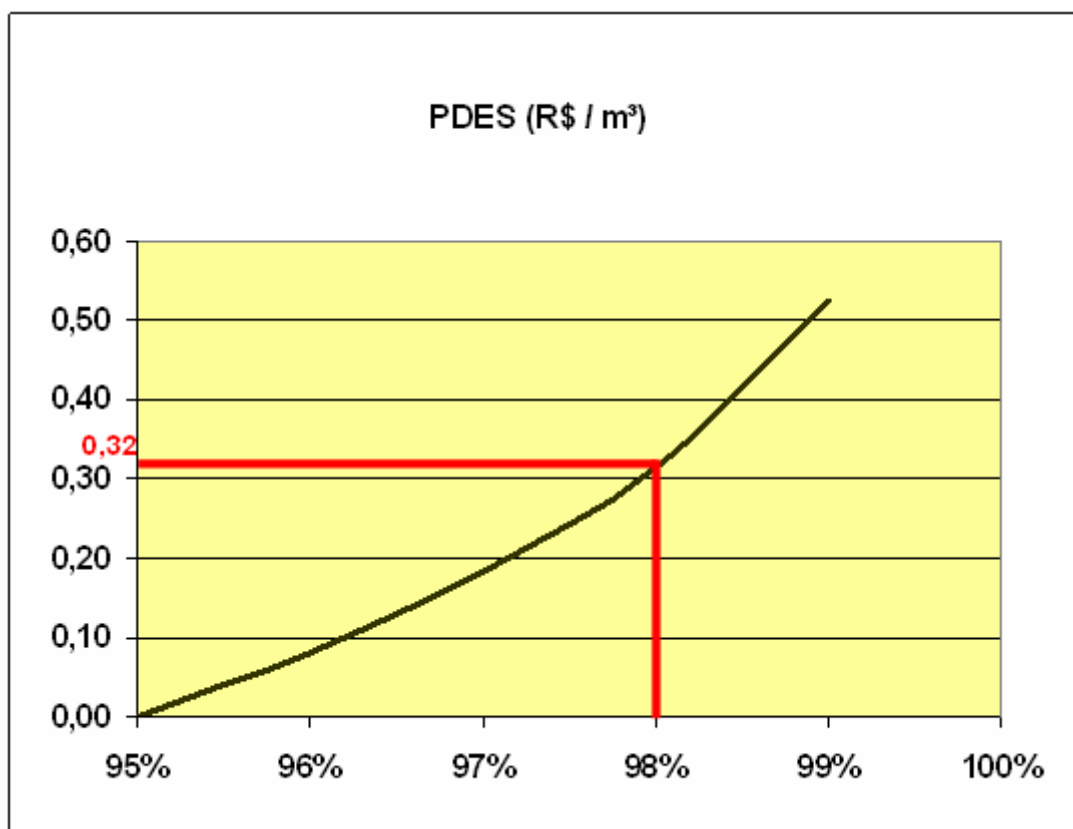


Figura 24 – Aumento no preço de realização de Diesel da Base X em função do NS desejado.

Como exemplo, caso os clientes da Base X desejem um aumento do Nível de Serviço de 95% para 98%, o preço de realização do Diesel será acrescido de R\$ 0,32 / m³, passando assim de R\$ 1.300,00 / m³ para R\$ 1.300,32 / m³.

Continuando neste exemplo, e com base nas informações sobre os tributos aplicados ao preço de realização apresentados no item 2.12 do Capítulo 2, temos para um preço de realização de R\$ 1,30 / litro o correspondente à venda ao consumidor nos postos de combustível de R\$ 2,0830 / litro.

Se aplicarmos os mesmos tributos apresentados no item 2.12, agora para um valor de preço de realização de R\$ 1,30032 / litro, obteremos o preço nos postos de combustível de R\$ 2,0932 / litro, o que corresponde a um aumento de 0,025%.

Embora a Petrobras não pratique hoje preços diferenciados para diferentes Níveis de Serviço oferecidos aos clientes, a metodologia de cálculo apresentada neste item 5.3 é uma contribuição deste trabalho e que poderá no futuro ser usada por esta empresa.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 CONCLUSÕES

Foram encontradas na literatura diversas formas para o cálculo do estoque de segurança que foram analisadas, com base no levantamento das séries históricas apresentadas neste trabalho, visando determinar-se a que melhor se aplica ao caso da Base X.

Foi analisada cada uma das formas de cálculo de estoque de segurança apresentadas neste trabalho e com base nos dados levantados do processo e das características da Base X, determinado qual a melhor forma de calcular o seu estoque de segurança.

Conclui-se que as formas mais adequadas de cálculo do Estoque de Segurança de diesel para a Base X são as representadas pela **Fórmula 4**, apresentada por **Ballou (2001)b**, e **Fórmula 6**, apresentada por **Zinn e Marmorstein (1990)** observando-se uma pequena vantagem percentual da segunda sobre a primeira na relação entre ES e ESP.

Abaixo estão transcritas as duas fórmulas escolhidas neste trabalho:

Fórmula 4:

$$ES = m \times \sqrt{LT \times \sigma_D^2 + D^2 \times \sigma_L^2}$$

Fórmula 6:

$$ES = m \times \sqrt{LT \times \sigma_{PD}^2 + D^2 \times \sigma_L^2}$$

Em seguida foram determinados os custos relativos a estoques imobilizados e de aumento no Nível de Serviço nesta Base.

O Quadro 10 apresenta os volumes e os custos de estoque imobilizado para diferentes Níveis de Serviço que poderiam ter sido praticados, onde:

EIM - Estoque imobilizado que poderia ter sido evitado.

CFEIM - Custo financeiro anual relativo à manutenção do EIM para uma Taxa de Oportunidade de 10% ao ano.

NS	95%	99%
EIM (m³)	9.765	6.275
CFEIM (R\$/ano)	1.269.450	815.750

Quadro 10 – Ganho em redução de estoques e seus custos.

Por fim, foi feita uma proposta para o cálculo do preço de realização do diesel em função do Nível de Serviço desejado pelos clientes. Os resultados estão apresentados na Figura 25, onde:

PDES – Valor do aumento no preço de realização do diesel entregue na Base X para aumentos de NS, acima de 95%, desejado pelos clientes.

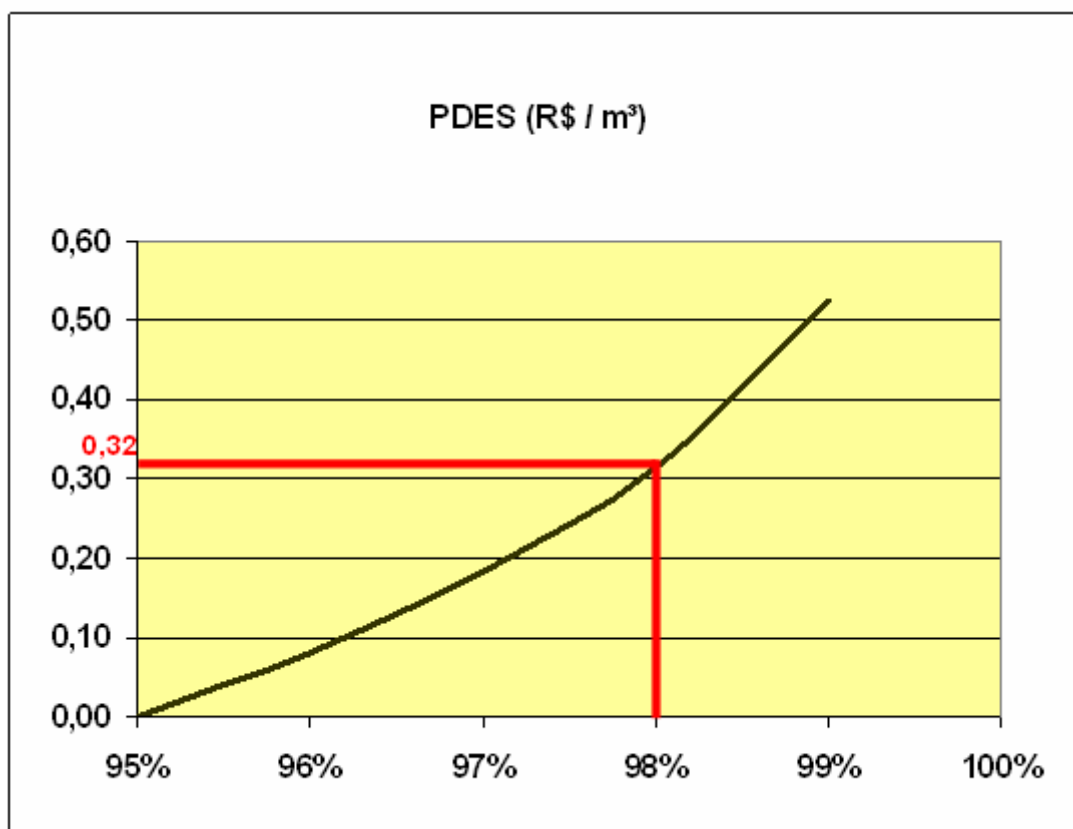


Figura 25 – Proposta de aumento no preço de realização de Diesel da Base X em função do NS desejado.

Observe-se que apesar da Petrobras não praticar hoje preços de derivados em função do Nível de Serviço prestado aos clientes, a metodologia de cálculo apresentada neste trabalho é uma contribuição que poderá ser usada no futuro por esta empresa.

6.2 RECOMENDAÇÕES

Ressalte-se que esta Dissertação foi feita na forma de estudo de caso onde se buscaram formas de avaliar os estoques de diesel e respectivos custos de imobilização especificamente da Base X.

Assim, como próximos passos recomenda-se a ampliação do espectro analisado, abrangendo outras bases e outros produtos, tais como gasolina, álcool, biodiesel, óleo combustível e QAV, a fim de buscar formas gerais de análise de estoques em bases de distribuição.

Também poderá ser desenvolvido um sistema computacional para fazer os cálculos apresentados neste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Planejamento, Organização e Logística Empresarial**. 4ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- BROWN, Robert G. **Advanced service parts inventory control**. Norwiich, VE, EUA: RGBrown Materials Management Systems, Inc., 1982.
- BROWN, Robert G. **Smoothing, Forecasting and Prediction of Discrete Time Series**. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall International, Inc. 1962.
- BROWN, Robert G. **Statistical Forecasting for Inventory Control**. New York: McGraw-Hill. 1959.
- CAMPOS, João F. M.; **Uma Revisão Matemática do Cálculo de Estoque de Segurança Consolidado Considerando Variabilidade na Demanda e no Tempo de Ressuprimento**. Monografia apresentada no Curso de Especialização em Logística e Transporte da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.
- CORRÊA, Henrique L.; GIANESI, Irineu G. N.; CAON, Mauro. **Planejamento, Programação e Controle da Produção**. 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2001.

- FRANCISCHINI, P. G.; GURGEL, F. A. **Administração de Materiais e do Patrimônio**. São Paulo: Pioneira Thomson, 2002.
- GARCIA, Eduardo Saggiaro; LACERDA, Leonardo Salgado; BENÍCIO, Rodrigo Arozo. **Gerenciando Incertezas no Planejamento Logístico: O papel do Estoque de Segurança**. 2001. Artigos CEL – Centro de Estudos em Logística – COPPEAD – UFRJ. Disponível em: <<http://www.centrodelogistica.com.br/new/fs-public.htm>>. Acesso em: 9 jun. 2007.
- GARDNER, Chris; HARRITY, Cheryl; VITASEK, Kate. **A Better Way to Benchmark**. Supply Chain Management Review. Disponível em: <<http://www.scmr.com/article/CA526367.html>>. Acesso em: 15 nov. 2008
- GONÇALVES, Mírian Buss. **Gerenciamento de Estoques no SCM**. UFSC, notas de aula desta disciplina do Curso de Especialização em Logística ministrado pela Prof. Mírian Buss Gonçalves para a Petrobras, Florianópolis, fevereiro de 2003.
- GRAHAM, Gordon. **Distribution Inventory Management for the 1990s**. EUA: Natl. Assn. of Wholesale Distributors. 1988.
- LAMBERT, Douglas M.; STOCK, James R.; ELLRAM, Lisa M. **Fundamentals of Logistics Management**. Boston, MA, EUA: Irwin/McGraw-Hill, 1998.

- NOVAES, Antônio Galvão. **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição**: estratégia, operação e avaliação. Rio de Janeiro: Campus, 2001.
- PETROBRAS. **Produtos e Serviços**. Disponível em: http://www2.petrobras.com.br/portal/frame.asp?pagina=/produtos_servicos/port/Composicao.asp&lang=pt&area=produtos . Acesso em: 7 nov. 2008.
- SANDVIG, J. Christopher. **Simple solutions aren't the best ones**. 1998. Disponível em: <http://www.iienet.org/membersonly/backissues/1298sand.pdf>>. Acesso em: 8 nov. 2003.
- SCHREIBFEDER, Jon. **A New Look at Safety Stock**. Effective Inventory Management, Inc. Disponível em: <http://www.effectiveinventory.com/article29.html>>. Acesso em: 9 jun. 2007.
- TALLON, William J. **The Impact of Inventory Centralization on Aggregate Safety Stock: The Variable Supply Lead Time Case**. Journal of Business Logistics, Vol. 14, Number 1, pp. 185-203, 1993.
- WANKE, P. **Gestão de Estoques na Cadeia de Suprimento: Decisões e Modelos Quantitativos**. São Paulo: Atlas, 2003.
- WILD, Tony. **Best Practice in Inventory Management**. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1997.

- ZINN, Walter; MARMORSTEIN, Howard. **Comparing Two Alternative Methods of Determining Safety Stock Levels: The Demand and the Forecast Systems.** Journal of Business Logistics, Vol. 11, Number 1, pp. 95-110, 1990.

ANEXO 1

ENTREGAS DE DIESEL ÀS DISTRIBUIDORAS

ANEXO 2

LEAD TIMES

ANEXO 3

ESTOQUES DIÁRIOS DE DIESEL