HERÁCLITO LOPES JAGUARIBE PONTES

SIMULINVE
UM AMBIENTE DE SIMULAÇÃO DE INVENTÁRIO PARA
CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO DE PEÇAS

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Mecânica.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Arthur José Vieira Porto

São Carlos - SP

2006

*A minha família,
especialmente minha mãe Regina,
meu maior ídolo.*

*À minha esposa Melina,
minha maior alegria.*

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Professor Titular Arthur José Vieira Porto, pelo apoio e orientação durante a elaboração deste trabalho.

À minha família, pelo apoio e compreensão irrestritos em todos os momentos.

À minha esposa Melina, pelo carinho, amor, compreensão e paciência.

À Professora Anna Cristina Barbosa Dias de Carvalho, pelos incentivos, sugestões e pela atenção sempre disponibilizada em discutir meu trabalho.

Aos amigos Ana Paula Bardelotte, Andréa Yoshizawa, Anselmo Pitombeira, Alexandre Tiberti, Beth, Chin, Claiton de Oliveira, Eduardo Godoy, Fabiana Klein, Felipe Cavani, Geraldo Silvestre, Giovana Tangerino, Gisleine Campos, Graziela Tiago, Kellen Crivelaro, Hamilton Gorgulho, Heleno Campeão, Hilano Carvalho, João Gilberto, Juliana de Oliveira, Luciana Montanari, Mamoru Yamada, Paulo Roberto, Paulo Marcos, Rafael Sousa, Rafael Freitas, Robson Dutra, Rodrigo Sakai, Wellington Lopes e Wellington Mattos pela grande amizade, pelo incentivo e pelas valiosas contribuições.

Ao CNPq, pela bolsa de estudo concedida.

A todos os colegas, professores e funcionários do Laboratório de Simulação e Controle e do Departamento de Engenharia Mecânica da EESC/USP, pela colaboração.

RESUMO

PONTES, H. L. J. (2006). Um ambiente de simulação de inventário para centro de distribuição de peças. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

Atualmente, as empresas buscam garantir disponibilidade de produto ao cliente final, com o menor nível de inventário possível. Isto ocorre devido a diversidade crescente no número de produtos e o elevado custo de oportunidade do capital. As ferramentas de simulação disponibilizam aos gestores melhores visões do negócio e melhores condições para a tomada de decisão. Em um Centro de Distribuição de Peças (CDP), para se alcançar um melhor desempenho no gerenciamento do inventário é importante poder contar com uma ferramenta capacitada para realizações de simulações de possíveis cenários. Este trabalho tem como objetivo desenvolver um ambiente de simulação do inventário de um CDP. O ambiente de simulação permite realizar simulações visando obter como resultados a previsão de demanda, a política de reposição das peças, o percentual de atendimento dos pedidos, os meses de inventário, a quantidade de *Scrap* e a quantidade de peças para devolução. Para o desenvolvimento do ambiente de simulação utilizou-se de métodos de modelagem e linguagem de programação orientado a objeto. O ambiente de simulação foi submetido a experimentos com três cenários diferentes e os resultados confirmaram a qualidade do sistema de simulação proposto.

Palavras-chave: Centro de Distribuição de Peças. Inventário. Simulação.

ABSTRACT

PONTES, H. L. J. (2006). A simulation environment of inventory to a part distribution center. M.Sc. Dissertation – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

Nowadays companies are trying to become their product available to final client with the smallest possible level of inventory. The simulation tools offer to managers best views of business and best condition to decide. In a Part Distribution Center (PDC), to reach the best performance in the management of the inventory it is important to be able to count on a tool that is capable of accomplishments from simulation possible sceneries. The objective of this work is to develop a simulation environment of the inventory of a PDC. The simulation environment performs projections in order to get demand forecasts, the parts replenishment policy, the attendance percentage, the inventory months, scrap quantity and quantity part to devolution. To develop the simulation environment are used tools like modeling methods and programming object-oriented language. The simulation environment was submitted to experiments with three different sceneries and the results confirmed the quality of the simulation system proposed.

Keywords: Parts Distribution Center. Inventory. Simulation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Fracionamento da Carga no CDP	8
Figura 2.2 – Consolidação da Carga no CDP.....	9
Figura 2.3 – Etapas do Modelo de Previsão de Demanda.....	16
Figura 2.4 – Formas de Estudo de um Sistema.....	39
Figura 3.1 – Metodologia Adaptada para o Desenvolvimento do Ambiente de Simulação	53
Figura 4.1 – Planta Industrial e o CDP.....	70
Figura 5.1– Interface de Entrada de Dados Geral (Tabelas)	77
Figura 5.2 – Interface de Entrada de Dados Geral (Projeção de Demanda).....	78
Figura 5.3 – Interface de Entrada de Dados Geral (Dados)	80
Figura 5.4 – Interface de Entrada de Dados Fonte Nacional.....	82
Figura 5.5 – Interface de Entrada de Dados Fonte Importada.....	83
Figura 5.6 – Arquivo Peças.....	86
Figura 5.7 – Interface de Visualização do Arquivo Peças.....	87
Figura 5.8 – Fluxo de Simulação de Peças Nacionais.....	90
Figura 5.9 – Fluxo de Simulação de Peças Importadas.....	91
Figura 5.10 – Classificação das Peças.....	93
Figura 5.11 – Projeção da Demanda Real	99
Figura 5.12 – Fluxograma do Percentual de Atendimentos de Pedidos.....	116
Figura 5.13 – Fluxograma dos Meses de Inventário	119
Figura 5.14 – Fluxograma do Cálculo do Scrap.....	123
Figura 5.15 – Fluxograma da Devolução de Peça Faturada.....	128
Figura 5.16 – Fluxograma da Devolução de Peça Não-Faturada.....	132
Figura 5.17 – Fluxograma da Previsão de Demanda (<i>Forecast</i>).....	136
Figura 5.18 – Interface de Acesso ao Ambiente de Simulação.....	140
Figura 5.19 – Interface da Tela Principal do Ambiente de Simulação.....	141
Figura 5.20 – Interface de Simulação do Inventário	142
Figura 5.21 – Interface de Visualização de Resultados.....	143
Figura 5.22 – Interface de Gerenciamento de Acesso do Usuário	145
Figura 5.23 – Interface de Alteração de Senha	146
Figura 5.24 – Interface de Saída do Ambiente de Simulação	147
Figura 5.25 – Interface de Logoff do Usuário Atual.....	147
Figura 5.26 – Interface About	148

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Tabela de Fator de Segurança..... 28

Tabela 3.1 – Etapas e Tempo de Duração das Atividades de Desenvolvimento do Ambiente de
Simulação 56

Tabela 3.2 – Cronograma Temporal das Atividades de Desenvolvimento do Ambiente de Simulação56

Tabela 4.1 – Exemplo de Formação de Código 72

Tabela 4.2 – Exemplo de Classificação ABC 73

Tabela 5.1– Famílias das Peças do Inventário 85

Tabela 5.2 – Exemplo de Classificação das Peças 94

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADM.	Acréscimo ou Decréscimo Mensal da Demanda
BO.	<i>Backorders</i>
CAS.	Cota Anual de <i>Scrap</i>
CD.	Centro de Distribuição
CDP.	Centro de Distribuição de Peças
CMS.	Cota Mensal de <i>Scrap</i>
DDE.	Demanda Diária Estimada
DEP.	Data de Entrada da Peça no DEA
DH.	Demanda Histórica
DME.	Demanda Mensal Estimada
DMEA.	Demanda Mensal Estimada Atualizada
DMR.	Desvio Médio Real
DPF.	Estoque Físico de Peças Faturadas
DR.	Desvio Real da Média Móvel
EDT.	Estoque Disponível Total
EDTR.	Estoque Disponível Total em Reais
ES.	Estoque de Segurança
LMC.	Lote Mínimo de Compra
MAD.	Desvio Médio Absoluto
MI.	Meses de Inventário
MM.	Média Móvel Mensal
MMQ.	Média das Médias Quadrimestrais dos Dias Úteis
MNV.	Média Normalizada Quadrimestral de Vendas
MOO.	Modelagem Orientada a Objeto
MP.	Quantidade Mínima de Proteção da Peça
MQ.	Média Quadrimestral dos Dias Úteis
MV.	Média de Vendas Mensal
N.	Normalização
OO.	Orientação a Objeto
OOA.	Object-Oriented Analysis (Análise Orientada a Objeto)
OOP.	Object-Oriented Programming (Programação Orientada a Objeto)

PADMEI.	Percentual de Adequação da DME Importada
PADMEN.	Percentual de Adequação da DME Nacional
PAP.	Percentual de Atendimento de Pedidos
PDM.	Política de Dias Máximos
PDR.	Projeção da Demanda Real
PFE.	Posição Final do Estoque
PMPP.	Prazo Máximo de Permanência de uma Peça no DEA
POP.	Possibilidade de Atendimento de Pedido
PPP.	Prazo de Permanência da Peça no DEA
PPV.	Previsão de Promoção de Vendas
PV.	Promoção de Venda
QPC.	Número de Peças por <i>Call</i>
QPD.	Quantidade de Peça para Devolução
RP.	Recebimentos Programados
SDH.	Soma da Demanda Histórica
TD.	Taxa do Dólar
TH.	Tendência Histórica
UN.	Número de Unidades Estocadas
UML.	<i>Unified Modeling Language</i> (Linguagem Unificada de Modelagem)
VEAM.	Valor do Estoque Agregado Médio
VEP.	Valor do Estoque de cada Peça
VL.	Valor de Cada Unidade
VM.	Vendas Mensais
VPM.	Valor de Previsão de Crescimento ou Diminuição do Mercado
VTD.	Valor Total Disponível para Devolução

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	1
1.2 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO	3
1.3. OBJETIVOS DO TRABALHO	4
1.4 METODOLOGIA DO TRABALHO	4
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO	5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
2.1 CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO DE PEÇAS (CDP).....	7
2.1.1 <i>Definição de CDP</i>	8
2.1.2 <i>Principais Funções de um CDP na Cadeia Logística</i>	11
2.1.3 <i>Vantagens da Utilização de um CDP</i>	12
2.2 INVENTÁRIO	13
2.2.1 <i>Gerenciamento de Inventário</i>	14
2.2.1.1 <i>Previsão de Demanda</i>	15
2.2.1.2 <i>Reposição de Estoque</i>	23
2.2.2 <i>Medidas de Desempenho do Gerenciamento do Inventário</i>	32
2.2.2.1 <i>Nível de Serviço ao Cliente</i>	33
2.2.2.2 <i>Valor do Inventário</i>	35
2.2.2.3 <i>Scrap</i>	36
2.3 SIMULAÇÃO	37
2.3.1 <i>Modelos e Sistemas</i>	37
2.3.2 <i>Definição de Simulação</i>	41
2.3.3 <i>Quando Usar a Simulação</i>	42
2.3.4 <i>Vantagens e Desvantagens da Simulação</i>	43
2.3.5 <i>Metodologia da Simulação</i>	46
2.3.6 <i>Ferramentas de Simulação</i>	48
2.3.6.1 <i>Linguagem de Propósito Geral</i>	49
2.3.6.2 <i>Linguagem de Simulação</i>	50
2.3.6.3 <i>Pacote de Simulação</i>	50
3. METODOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO DO AMBIENTE DE SIMULAÇÃO... 52	52
3.1 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DO AMBIENTE DE SIMULAÇÃO.....	52
3.1.1 <i>Formulação e Análise do Problema</i>	53
3.1.2 <i>Planejamento do Projeto</i>	55
3.1.3 <i>Formulação do Modelo Conceitual</i>	57
3.1.4 <i>Coleta de Informações e Dados</i>	62

3.1.5 Tradução do Modelo	64
3.1.6 Verificação e Validação do Modelo	65
3.1.7 Experimentação	66
3.1.8 Análise e Interpretação dos Resultados	68
3.1.9 Documentação	68
4. O CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO DE PEÇAS EM ESTUDO	70
5. O AMBIENTE DE SIMULAÇÃO.....	74
5.1 AMBIENTE DE SIMULAÇÃO	74
5.2 DEFINIÇÃO DO AMBIENTE DE SIMULAÇÃO	74
5.3 ENTRADAS DO AMBIENTE DE SIMULAÇÃO	76
5.4 A LÓGICA DE FUNCIONAMENTO DO AMBIENTE DE SIMULAÇÃO	87
5.4.1 Classificação das Peças	92
5.4.2 Projeção da Demanda Real.....	94
5.4.3 Reposição de Peças	99
5.4.3.1 Peça Desimpactada Nacional e Importada	101
5.4.3.2 Peça Impactada Nacional Normal A	101
5.4.3.3 Peça Impactada Nacional Normal B e C	105
5.4.3.4 Peça Impactada Importada Normal A	107
5.4.3.5 Peça Impactada Importada Normal B e C	110
5.4.3.6 Peça Impactada Nacional e Importada Proteção B e C	112
5.4.4 Nível de Serviço ao Cliente	114
5.4.5 Meses de Inventário.....	117
5.4.6 Scrap.....	120
5.4.7 Devolução de Peça Faturada	124
5.4.8 Devolução de Peça Não-Faturada	129
5.4.9 Previsão de Demanda.....	132
5.5 SAÍDAS DO AMBIENTE DE SIMULAÇÃO	136
5.6 INTERFACES DO AMBIENTE DE SIMULAÇÃO	138
6. CONCLUSÃO	149
6.1 COMENTÁRIOS E CONCLUSÕES	149
6.2 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	151
REFERÊNCIAS	151
GLOSSÁRIO	157
ANEXO	158

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

No mercado globalizado, onde os clientes exigem cada vez mais qualidade, confiabilidade e preço de produtos e serviços, as empresas têm se preocupado em desenvolver formas para ganhar vantagens sobre os seus concorrentes. As empresas procuram agilizar o fluxo de materiais, comprimindo o tempo entre o recebimento e a entrega dos pedidos, para reduzir os investimentos em inventário.

Neste ambiente competitivo entre as empresas, o papel da armazenagem está voltado para prover capacidade de resposta rápida e muitos dos serviços executados visam reduzir as necessidades de grandes quantidades de peças no inventário. Acompanhando esse cenário, o mercado está migrando para a centralização de estoque, fazendo com que os Centros de Distribuição (CD) ou mais especificamente os Centro de Distribuição de Peças (CDP) assumam um papel de relevância logística (VAN DE BERG E ZIJM,1999, p.519).

Os CD são instrumentos que viabilizam de forma competitiva o fluxo de mercadorias vindas dos fabricantes, até os seus diversos graus de capilaridade distributiva. A volatilidade econômica, característica do mercado contemporâneo, resulta em uma maior complexidade gerencial para os CD devido a: pedidos mais freqüentes e em quantidades menores, mudanças no *mix* de produtos e a

competição baseada no ciclo do pedido e na qualidade. Os CD, diante dos fatores citados, precisam de sistemas de controle gerencial de inventário com alto grau de precisão e de ferramentas para prever o comportamento do inventário no futuro (FARAH JUNIOR, 2002, p.45).

Para auxiliar no planejamento dos indicadores gerenciais do inventário de um CDP, pode ser utilizada a simulação. A simulação consiste no processo de desenvolver um modelo de um sistema real e realizar experimentos com este modelo com o propósito de entender o comportamento do sistema e/ou as evoluções das várias estratégias para a operação do sistema (SHANNON,1998, p.7). A simulação também pode ser utilizada para o treinamento das pessoas no processo de tomada de decisão na reposição dos estoques dos CDP.

A aplicação do ambiente de simulação de inventário no CDP tem como objetivo fazer estudos de simulação para se obter como resultados a previsão de demanda, a política de reposição das peças, o percentual de atendimento dos pedidos, o valor do inventário, a quantidade de *Scrap* (refugo) e a quantidade de peças para devolução.

Todo CDP possui sistema computacional de controle de inventário. Este sistema é rígido e seus dados são mantidos concisos e seguros, e serve para controlar todas as transações do inventário. Entretanto, esse sistema não permite que se realize simulações que possibilitem aos responsáveis pelo inventário realizarem estudos a partir da variação dos dados de entrada para posterior acompanhamento do comportamento dos indicadores gerenciais das peças do inventário.

1.2 Justificativa do Trabalho

A tomada de decisões faz parte do dia-a-dia das empresas. O alto grau de competitividade no meio empresarial exige a capacidade de tomar decisões rápidas e precisas. A qualidade da tomada de decisão tem relação direta com os dados disponíveis para o tomador de decisão e com sua habilidade em extrair desses dados informações relevantes. No gerenciamento de um inventário diversas decisões são necessárias, com isso os dados e informações devem estar disponíveis e confiáveis.

A eficácia do gerenciamento do inventário tem grande influência na lucratividade do CDP e na empresa como um todo. A capacidade de gerenciar o inventário determina diretamente os níveis de estoques necessários para atingir os níveis de serviço desejados. Em muitas empresas, os estoques representam o maior valor do ativo, ou seja, melhorar o desempenho dos estoques resulta em importantes melhorias no fluxo de caixa e em aumentos da lucratividade.

Para alcançar o melhor desempenho no gerenciamento do inventário é importante que um CDP tenha uma ferramenta que permita realizar simulações dos principais indicadores gerenciais do inventário. A partir destas simulações, os responsáveis pelo inventário terão condições de tomar decisões com maior segurança e rapidez. O ambiente de simulação possibilitará aos mesmos avaliar diferentes políticas gerenciais sem impactar ou interromper os processos em andamento no dia-a-dia do CDP.

1.3. Objetivos do Trabalho

O objetivo deste trabalho é desenvolver uma ferramenta que permita interagir com os dados e variáveis de um inventário, mantendo a integridade dos dados originais, visando a realização de simulações de demanda, da política de reposição das peças, do percentual de atendimento dos pedidos completos, do valor do inventário, da quantidade de *Scrap* e da quantidade de peças para devolução.

Para se atingir os objetivos propostos, será necessário executar as seguintes etapas:

- Pesquisar e estabelecer uma modelagem matemática das principais operações de gerenciamento do inventário do CDP;
- Especificar, modelar e implementar um ambiente de simulação com interface gráfica de fácil utilização.

1.4 Metodologia do Trabalho

O presente trabalho foi desenvolvido a partir da necessidade de um CDP ter uma ferramenta que auxiliasse na tomada de decisões dos responsáveis pelo inventário. Para construção dessa ferramenta foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre os temas envolvidos no trabalho (centro de distribuição de peças, inventário e simulação) e foi adaptada uma metodologia, já existente, para trabalho de simulação. A modelagem foi realizada empregando a *UML (Unified Modeling Language)* através do *software Rational Rose* e na implementação foi utilizada a linguagem de programação *C++ (Borland C++ Builder)*.

De acordo com Silva e Menezes (2001, p.20), com relação à natureza, abordagem e objetivos, o presente trabalho é classificado, respectivamente, como uma pesquisa aplicada e como uma pesquisa do tipo estudo de caso:

- É uma pesquisa aplicada por ser orientada à adaptação de uma metodologia com vistas à solução de um problema específico. No desenvolvimento do ambiente de simulação adaptou-se a metodologia descrita por Freitas Filho (2001 p.13);
- É uma pesquisa do tipo estudo de caso devido ao fato de envolver o estudo do inventário em um Centro Distribuição de Peças específico.

1.5 Estrutura do Trabalho

Esta dissertação está estruturada em 6 capítulos, descritos a seguir:

Capítulo 1 – Introdução: busca prover informações para a compreensão do trabalho realizado. Define-se, neste capítulo, o contexto em que está inserido o trabalho, a justificativa da realização do trabalho, são apresentados os objetivos, e a estrutura da dissertação.

Capítulo 2 – Revisão Bibliográfica: neste capítulo apresenta-se o aporte teórico necessário à discussão do tema em estudo. São abordados temas como Centro de Distribuição de Peças, Inventário e Simulação.

Capítulo 3 – Metodologia para o Desenvolvimento do Ambiente de Simulação: destina-se a apresentar a metodologia utilizada como base e a adaptação feita para o desenvolvimento do ambiente de simulação de inventário.

Capítulo 4 – O Centro de Distribuição de Peças em Estudo: este capítulo apresenta as principais características como seus fornecedores, clientes, dentre outros.

Capítulo 5 – O Ambiente de Simulação: este capítulo apresenta a definição do que é ambiente de simulação, as características do CDP modelado, a classificação das peças, a lógica de funcionamento, a entrada de dados, a lógica de funcionamento e a saída de dados. Além disso, é também mostrado o processo de interação interface e usuário.

Capítulo 6 – Conclusões do estudo: são apresentadas as conclusões obtidas com o estudo, buscando responder aos objetivos propostos. Apresenta-se também sugestões para pesquisas futuras.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para o desenvolvimento de um ambiente de simulação de inventário de CDP como o proposto neste trabalho, é necessário o entendimento de vários conceitos que são apresentados neste capítulo que são:

- Centro de Distribuição de Peças: sua definição, características, funções e benefícios de utilização;
- Inventário: sua definição, características, benefícios de utilização, como gerenciar o inventário e as principais medidas de desempenho;
- Simulação: sua definição, características, quando utilizá-la, vantagens e desvantagens de utilização e tipos de ferramentas para simulação.

2.1 Centro de Distribuição de Peças (CDP)

Segundo Van de Berg e Zijm (1999, p.519), de acordo com os princípios de gerenciamento da cadeia de suprimentos, atualmente as empresas tentam alcançar altos volumes de produção e distribuição usando o mínimo de inventário durante toda a cadeia logística. Esse grande volume de produção tem que ser entregue em um curto período de tempo, para isso, pequenos volumes são entregues

freqüentemente em curtos tempos de resposta com uma grande variedade de produtos.

Para diminuir o inventário total e conseguir entregar os produtos em curto período de tempo, muitas empresas têm centros de distribuição em sua rede de distribuição. Os centros de distribuição centralizam o gerenciamento do inventário. Esse gerenciamento centralizado gera um crescimento da produtividade e diminuição do tempo de resposta e do inventário no sistema logístico (VAN DE BERG e ZIJM, 1999, P.519).

2.1.1 Definição de CDP

O Centro de Distribuição de Peças (CDP) é o local onde se armazena peças (itens) de um fabricante ou de diversos fabricantes por um determinado período de tempo, para serem consolidados e enviados a seus consumidores em comum (FRAZELLE, 2002, p.3).

O CDP é um tipo de armazém onde são recebidas cargas consolidadas ou fracionadas de diversos fornecedores. Essas cargas são fracionadas ou consolidadas e encaminhadas para os diversos clientes, como está sendo ilustrado nas Figura 2.1 e Figura 2.2.

Figura 2.1 – Fracionamento da Carga no CDP

Figura 2.2 – Consolidação da Carga no CDP

Para Gurgel (1996, p.98), as expedições das fábricas tendem a evoluir para CDP, expedindo peças provenientes de várias fábricas de uma corporação, produtos comprados de terceiros e mesmo peças importadas. Os CDP devem ficar em áreas de fácil acesso, tanto para os caminhões provenientes das fábricas, como para os caminhões de distribuição urbana. Sua localização e seu tamanho dependerão da área atingida pelo CDP, da população concentrada na área e do poder aquisitivo desta população.

Segundo Mulcahy (1994, p.12), CDP é definido como um espaço físico responsável pela armazenagem de uma variedade de peças de um fornecedor ou da própria fábrica (onde o produto foi produzido) e responsável também pela liberação das peças para seus clientes.

Conforme Rodrigues e Pizzolato (2003, p.2), o conceito de CDP é moderno e suas funções ultrapassam as tradicionais funções dos depósitos, galpões ou almoxarifados, as quais não são adequadas dentro do sistema logístico. Alves (2000, p.139) aponta uma grande diferença entre os depósitos e os CDP. Os depósitos são operados no sistema *push*, ou seja, são instalações cujo objetivo principal é armazenar peças para ofertar aos clientes. Os CDP são operados no sistema *pull*, ou seja, são instalações cujo objetivo é receber produtos *just-in-time* de modo a atender às necessidades dos clientes.

De acordo com Van de Berg e Zijm (1999, p.520), basicamente, existem três tipos de armazéns, que são:

- Armazém de Distribuição ou Centro de Distribuição: é o armazém em que produtos de diferentes fornecedores são consolidados (algumas vezes montados) e entregues a vários consumidores;
- Armazém de Produção: é o armazém usado para estocagem de matéria-prima, produtos semi-acabados e produtos acabados numa instalação de produção;
- Armazém de Contrato: é uma instalação que executa as operações de armazenagem em nome de um ou mais cliente.

Moura (1989, p.15) complementa dizendo que existem duas distinções para os armazéns. A primeira distinção está relacionada aos armazéns com as necessidades do ciclo de produção, tais como a estocagem de matérias-primas e componentes. Por exemplo, o armazenamento de matérias-primas e materiais em processo. A segunda distinção refere-se ao ciclo de distribuição, ou seja, está relacionada com a armazenagem de produtos destinados à venda, como por exemplo, Centros de Distribuição Peças e armazéns secundários (regionais). Na segunda distinção existem duas categorias de materiais armazenados. A primeira categoria é composta pelos materiais não elaborados e semi-elaborados. A segunda categoria é composta por todos os produtos acabados.

O sistema de armazenamento de um CDP na prática pode variar muito de empresa para empresa, especificamente no que se refere aos tipos de peças, porte, complexidade e natureza das informações disponíveis. Uma análise de um

inventário implica em definir e quantificar uma série de fatores relativos a cada problema. De forma geral, um CDP é sempre constituído de um número de peças mantidos em inventário.

2.1.2 Principais Funções de um CDP na Cadeia Logística

De acordo com Tompkins *et al.* (1996, p.391), existem diversos tipos de armazéns dentre eles o CDP. De acordo com a localização destes armazéns no contexto logístico, estes podem ter diferentes funções. Em geral, as funções dos CDP são:

- Permitir o equilíbrio entre a quantidade produzida e a demanda. Os CDP são comumente alocados próximo aos pontos de manufatura;
- Diminuir a distância de transporte para permitir uma resposta aos clientes em menor tempo;
- Permitir a consolidação de produtos de vários fornecedores para consumidores comuns, ou seja, tornar os produtos mais próximos à manufatura e ao consumo.

Segundo Farah Junior (2002, p.45), os CDP são instrumentos que viabilizam de forma competitiva o fluxo de peças vindas dos fabricantes, até os seus diversos graus de capilaridade distributiva. O CDP deve ser um meio de minimização de custos, melhoria no uso dos recursos e apoio ao processo de venda e pós-venda.

De acordo com Alvarenga (2000, p.121), sob o ponto de vista logístico, o CDP pode ter diversas funções, dependendo dos objetivos da empresa. Suas principais funções são as seguintes:

- Armazenagem propriamente dita: esta é a função mais comum. Existem casos em que há necessidade ou conveniência de estocar os produtos por um tempo relativamente grande e outros casos em que a armazenagem é apenas de passagem. Há também situações mistas.
- Consolidação: é o processo de reunir cargas parciais provenientes de origens diversas para formar carregamentos maiores. Isso ocorre porque é mais barato transportar lotações completas e maiores para médias e longas distâncias, do que enviar a carga em lotes pequenos, diretamente a partir das várias origens.
- Fracionamento: é o processo inverso da consolidação, em que carregamentos maiores são desmembrados em pequenos lotes para serem encaminhados a destinos diferentes.

2.1.3 Vantagens da Utilização de um CDP

Diversas vantagens são identificadas na literatura quanto à adoção do CDP no sistema logístico. Essas vantagens obtidas pela armazenagem, centralização de estoque podem beneficiar todos os elos da cadeia: fornecedor, empresa e consumidor.

Segundo Farah Junior (2002, p.46), algumas vantagens de um CDP são: cumprimento do tempo de entrega, precisão no atendimento, qualidade do produto

entregue, suporte no pós-venda, redução do custo de transporte, liberação de espaço nas fábricas e nos clientes, redução de mão-de-obra nos clientes para o recebimento e conferência de mercadorias e diminuição de falta de produtos nos clientes.

Bowersox e Closs (2001, p.326) identificam também duas vantagens na adoção do CDP no sistema logístico: a capacidade de agregar valor ao produto (postergação) e os diferentes tipos de operações que podem ser realizadas no mesmo (Consolidação de cargas, *Break Bulk*, *Cross-Dock* e Formação de Estoque).

2.2 Inventário

Segundo Cox III e Blackstone (2002, p.57), inventário são aqueles estoques usados para suportar produção (matéria-prima e itens em processo), suportar atividades gerais (manutenção, reparos e suprimento de operações) e suportar serviço aos clientes (produto acabado, partes e peças).

O inventário consiste em uma reserva de matérias-primas, materiais em processo e produtos acabados ou peças que se encontram em inúmeros lugares dentro de uma empresa e em canais logísticos. São freqüentemente encontrados em CDP, em equipamentos de transporte e em pontos de vendas.

De acordo com Dear (1990, p.63), a classificação do inventário em grupos para o gerenciamento tem como objetivo tratar cada grupo de maneira diferente. As principais classificações são feitas em relação:

- Aos Fornecedores: alguns fornecedores são mais confiáveis que outros, com isso a empresa pode ter diferentes níveis de estoque de segurança de acordo com o fornecedor;
- À Importância: alguns itens são mais importantes do que outros para a empresa;
- Às Classes ABC: com um grande número de itens é importante ordenar os itens pela importância nas vendas da empresa, para garantir que não se vai gastar muito tempo com itens de pouca importância nas vendas da empresa ou gastar pouco tempo nos itens com grande importância nas vendas da empresa;
- Ao Marketing ou aos Grupos de Produtos: a empresa pode ter diferentes objetivos relacionados para diferentes segmentos de negócio.

2.2.1 Gerenciamento de Inventário

Conforme Krajewski e Ritzman (2004, p.295), o gerenciamento de inventário é uma preocupação importante para os gerentes em todos os tipos de empresa. Por essa razão, os gerentes acompanham de perto os inventários para mantê-los em níveis aceitáveis. O desafio consiste não em diminuir o estoque de forma excessiva para reduzir custos ou ainda ter muito estoque disponível a fim de satisfazer todas as demandas, mas em possuir a quantidade certa para alcançar as prioridades competitivas da empresa do modo mais eficiente.

A função do gerenciamento de inventário consiste em compatibilizar os custos e as pressões conflitantes que exigem estoques reduzidos e níveis de serviços elevados (KRAJEWSKI e RITZMAN, 2004, p.295).

De acordo com Gaither e Frazier (2002, p.269) há muitas razões pelas quais é importante ter altos níveis de inventário, mas também há razões pelas quais a manutenção desses inventários elevados é considerada imprudente. Os principais motivos para manter altos níveis de inventário são: serviço ao cliente, custo de pedido, custo de falta de estoque, custos de aquisição, custos de transporte. Os principais motivos para a não manutenção de altos níveis de inventário são: custos de armazenagem e manuseio, custos de oportunidade, custos para coordenar a produção, custos de redução do retorno sobre o investimento, imposto, seguros e perdas.

Segundo Brewer *et al.* (2001, p.196), as organizações têm que responder três questões importantes no gerenciamento de inventário que são: que itens devem ser estocados, quando deve ser realizado um novo pedido do item e qual tamanho deve ser o pedido. Complementa Robeson e Copacino (1994, p.373), que gerenciamento de inventário é composto de três componentes chaves: controle do inventário, previsão de demanda e reposição de estoque. O foco do controle do inventário é mais o presente e o passado, enquanto a previsão de demanda e a reposição do estoque tratam mais do futuro.

No gerenciamento de um inventário dois fatores são extremamente importantes para projeções futuras: a previsão de demanda e a reposição de estoque. Nas próximas duas seções serão melhores detalhados esses dois fatores.

2.2.1.1 Previsão de Demanda

Segundo Bowersox e Closs (2001, p.207), previsões são projeções de valores ou quantidades que provavelmente serão produzidas, vendidas e expedidas. Podem

ser representadas em unidades ou em valores monetários e podem ser elaboradas por item, por cliente ou por grupos de itens e de clientes.

De acordo com Martins e Laugeni (1999, p.173), previsão é definida como sendo um processo metodológico para determinação de dados futuros baseados em modelos estatísticos, matemáticos ou econométricos ou ainda em modelos subjetivos apoiados em uma metodologia de trabalho clara e previamente definida.

Segundo Tubino (2000, p.65), um modelo de previsão de demanda pode ser dividido em cinco etapas básicas, apresentadas na Figura 2.3. Inicialmente, define-se o objetivo do modelo, com base no qual coleta-se e analisa-se os dados, seleciona-se a técnica de previsão mais apropriada, calcula-se a previsão de demanda e, como forma de feedback, monitora-se e atualiza-se os parâmetros empregados no modelo por meio da análise do erro ou desvio de previsão.

Figura 2.3 – Etapas do Modelo de Previsão de Demanda
Fonte – Tubino (2000, p.65)

Previsões de demanda podem ser classificadas como dependente ou independentes. Conforme Moreira (1998, p.507), um item possui demanda independente se o seu consumo variar em função da movimentação do mercado. Um item de previsão independente é inicialmente determinado por meio de previsões, levando em conta os níveis de estoque e as necessidades de planejamento. Os itens de demanda dependente são aqueles cujo consumo é interno à empresa, ou seja, itens usados na fabricação de produtos e mercadorias para o mercado externo. As previsões dos itens dependentes derivam diretamente da previsão do item independente.

Conforme Makridakis *et al.* (1998, p.8), para lidar com a grande diversidade de aplicações de previsão, vários métodos foram desenvolvidos. Todos se enquadram em uma das duas grandes categorias: métodos qualitativos e quantitativos.

Métodos qualitativos baseiam-se principalmente em opiniões e conhecimento técnico. Os métodos qualitativos incluem o método do julgamento, que traduz as opiniões de gerentes, especialistas, pesquisas de consumidores e estimativas da equipe de vendas em estimativas quantitativas. Esses métodos são bastante utilizados quando faltam dados históricos adequados. Os quatro métodos qualitativos mais conhecidos são: estimativas da equipe de vendas, opinião dos executivos, pesquisa de mercado e o método *Delphi* (KRAJEWSKI e RITZMAN, 2004, p.263).

Métodos quantitativos utilizam dados históricos reunidos sob a forma de séries temporais para prever a demanda em períodos futuros, mediante a construção de modelos matemáticos a partir dos dados disponíveis. Os métodos

quantitativos são divididos em duas classes principais que são: os métodos causais e métodos de séries temporais (PELLEGRINI e FOGLIATTO, 2000, p.73).

Os métodos causais são usados quando dados históricos encontram-se disponíveis e as relações entre o fator a ser previsto e outros fatores externos ou internos podem ser identificadas. Essas relações são expressas em termos matemáticos e podem ser muito complexas. Os métodos causais constituem as ferramentas de previsão mais sofisticadas e são muito bons para prever pontos de inflexão na demanda e preparar previsões para longo prazo. O método causal mais conhecido e utilizado é a regressão linear (KRAJEWSKI e RITZMAN, 2004, p.266).

Os métodos de séries temporais utilizam informações históricas que dizem respeito somente à variável dependente. Esses métodos baseiam-se na hipótese de que o padrão anterior da variável dependente continuará no futuro. A análise de séries temporais identifica os padrões básicos da demanda que se combinam para indicar um padrão histórico da variável dependente, desenvolvendo, então um modelo para repeti-lo. Os principais métodos de séries temporais são: média móvel simples, média móvel ponderada, suavização exponencial, suavização exponencial com ajuste de tendência e suavização exponencial com ajuste de tendência e sazonalidade (KRAJEWSKI e RITZMAN, 2004, p.269).

Uma série temporal é um conjunto de observações de uma variável de interesse, tomadas seqüencialmente no tempo. Em geral, a variável é observada em pontos discretos (momentos) no tempo. Tipicamente, observações temporalmente adjacentes são dependentes entre si. A análise da série temporal consiste em descrever o processo ou os fenômenos que dão origem a essa seqüência, bem como estudar a dependência existente entre as observações (BOX *et al*, 1994, p.1; MONTGOMERY *et al.*, 1990, p.11).

Segundo Makridakis *et al.* (1998, p.9), a aplicação dos métodos quantitativos depende de três condições:

- Disponibilidade de informações históricas;
- Possibilidade de quantificar as informações históricas em séries temporais;
- Recorrência, no futuro, de padrões observados nas informações históricas.

O objetivo do especialista em previsão de demanda consiste em desenvolver uma previsão útil a partir das informações disponíveis com o método apropriado para as diferentes características da demanda (KRAJEWSKI e RITZMAN, 2004, p. 263). Conforme Montgomery *et al.* (1990, p.10) a escolha do método apropriado de previsão de demanda é influenciada pelos seguintes fatores:

- Disponibilidade de dados;
- Período de previsão (unidade básica de tempo na qual as previsões são feitas);
- Horizonte de previsão (número de períodos no futuro cobertos pelas previsões);
- Intervalo de previsão (frequência com a qual novas previsões são feitas);
- Forma requerida de previsão;
- Comportamento do processo a ser previsto;
- Facilidade de operação;
- Acurácia requerida;
- Compreensão e cooperação da administração;
- Custo de desenvolvimento, instalação e operação.

Segundo Ballou (2001, p.230), a necessidade do profissional de logística é limitada às previsões de demanda de curto prazo, devido às previsões de médio e longo prazo geralmente serem fornecidas pelos profissionais de marketing e planejamento. Baseado no grau de sofisticação, no potencial de utilidade e na probabilidade de disponibilidade dos dados, somente um número limitado de métodos de previsão precisam ser considerados detalhadamente para a realização da previsão de curto prazo. Isto porque numerosos estudos mostraram que o modelo “simples” da análise de séries temporais prevê tão bem quanto ou melhor do que versões mais sofisticadas e complexas.

O método da média móvel simples gera uma previsão média com menor variabilidade que os dados originais, pois, por média, faz com que valores baixos, se combinem com valores altos. O método da média móvel simples estabelece uma média dos valores, normalmente os mais recentes, e com o passar do tempo novos valores são introduzidos, descartando-se os mais antigos.

Conforme Tubino (2000, p.70), a média móvel usa dados de um número pré-determinado de períodos, normalmente os mais recentes, para gerar a previsão. A cada novo período de previsão se substitui o dado mais antigo pelos mais recente. A média móvel simples é obtida pela seguinte equação:

$$Mm_n = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n} \quad (2.1)$$

Onde:

Mm_n – média móvel de n períodos

D_i – demanda ocorrida no período i

n – número de períodos

i – índice do período ($i = 1, 2, 3, \dots$)

De acordo com Ballou (2001, p.230), a suavização exponencial é o método mais útil para a previsão de demanda em curto prazo. Este método é simples, requer uma quantidade mínima de dados a ser retida para aplicação continuada e é auto-adaptável às mudanças fundamentais nos dados previstos. Este método é um tipo de média móvel na qual não são dados pesos iguais às observações passadas. Em vez disso, observações mais recentes são ponderadas com maiores pesos do que as observações menos recentes.

Para Tubino (2000, p.71), no método de suavização exponencial simples a previsão é obtida com base na previsão anterior. A mesma, por sua vez, é ajustada mediante a utilização do erro cometido, ou seja, diferença entre o previsto e o observado. A parcela do erro é, ao seu tempo, corrigida por um coeficiente de suavização α que pode variar de 0 a 1. A previsão utilizando o método da suavização exponencial é obtida pela seguinte equação:

$$M_{t+1} = \alpha D_t + (1 - \alpha) M_t \quad (2.2)$$

Onde:

M_{t+1} – previsão para o período $t+1$

M_t – previsão do período t

D_t – demanda ocorrida no período t

α – coeficiente de suavização

A constante suavização α está ligada à velocidade de resposta das previsões às variações das observações. Quanto menor o valor de α , mais lenta a resposta. Valores maiores de α causam reações mais rápidas das previsões às variações das observações (MONTGOMERY *et al.*, 1990, p.85).

Segundo Gaither e Frazier (2002, p.57), a precisão da previsão refere-se a quão perto as previsões chegam dos dados reais. Uma vez que as previsões são feitas antes que os dados reais se tornem conhecidos, a precisão da previsão pode ser determinada somente depois da passagem do tempo. Quando as previsões ficam muito próximas dos dados reais, significa dizer que elas têm alta precisão e que o erro de previsão é baixo. Determina-se a precisão dos modelos de previsão mantendo uma contagem contínua do quanto as previsões deixaram de atingir os pontos de dados reais ao longo do tempo.

O monitoramento das previsões é realizado por meio de cálculo e acompanhamento do erro de previsão, que é a diferença entre o valor real da demanda e o valor previsto pelo modelo de previsão para um dado período. A manutenção e monitorização do modelo de previsão buscam (TUBINO, 2000, p.83):

- Verificar a acuracidade dos valores previstos;
- Identificar, isolar e corrigir variações anormais;
- Permitir a escolha de técnicas, ou parâmetros, mais eficientes.

Segundo Tubino (2000, p.84), uma forma de acompanhar o desempenho do modelo consiste em verificar o comportamento do erro acumulado, que deve tender a zero, pois se espera que o modelo de previsão gere, aleatoriamente, valores acima e abaixo dos reais, devendo assim se anular. O erro absoluto deve ser

comparado com um múltiplo do desvio médio absoluto, conhecido como MAD (*Mean Absolute Deviation*). Em geral, compara-se o valor acumulado com o valor de 4 MAD. Quando ultrapassa esse valor, o problema deve ser identificado e o modelo deve ser revisto. A fórmula para o cálculo do valor do MAD é:

$$MAD = \frac{\sum |D_{atual} - D_{prevista}|}{n} \quad (2.3)$$

Onde:

D_{atual} – demanda ocorrida no período

$D_{prevista}$ – demanda prevista no período

n – número de períodos

2.2.1.2 Reposição de Estoque

Segundo Slack *et al.* (1997, p.381), estoque é a acumulação armazenada de recursos materiais em um sistema de transformação. O estoque existe devido à diferença de ritmo ou taxa entre fornecimento e demanda. Se o fornecimento de qualquer item ocorresse exatamente quando fosse demandando, o item nunca seria estocado.

Arnold (1999, p.271) complementa dizendo que os estoques ajudam a maximizar o atendimento aos clientes, protegendo a empresa da incerteza. Se fosse possível prever exatamente o que os clientes querem e quando, um plano seria feito para satisfazer a demanda sem incertezas. Entretanto, a demanda e o *lead time* necessários para repor um item são sempre incertos, possivelmente resultando em esvaziamentos de estoques e na insatisfação dos clientes.

De acordo com Elsayed e Boucher (1994, p.63), o principal objetivo do gestor de estoque é responder às seguintes questões: quanto deve ser pedido e quando devem ser colocados os pedidos, de modo que os custos totais do estoque sejam minimizados. Slack *et al.* (1997, p.385) complementa dizendo que as principais decisões relacionadas ao estoque são:

- Quanto pedir: Cada vez que um pedido de reposição é colocado deve-se decidir de que tamanho ele deve ser (também chamado de volume de reposição);
- Quando pedir: Em que momento, ou em que nível de estoque o pedido de reposição deve ser colocado (também chamado de decisão de momento de reposição);
- Como controlar o sistema: Que procedimentos e rotina devem ser implantados para ajudar a tomar as decisões. Diferentes prioridades devem ser atribuídas a diferentes itens do estoque. Como a informação sobre estoque deve ser armazenada.

Para o gerenciamento de inventário é necessário desenvolver procedimentos de controle que determinem a frequência com que os níveis de estoques são examinados e comparados com parâmetros de reposição. Para realização desses procedimentos, existem basicamente três principais sistemas que são: sistema de revisão contínua, sistema de revisão periódica e MRP. Os dois primeiros são para demanda independente e o último, para demanda dependente.

Sistema de Revisão Contínua

O sistema de revisão contínua (Q), também denominado sistema de ponto de reposição ou de recolocação de pedido, acompanha o estoque remanescente de um item cada vez que uma retirada é feita, a fim de determinar a necessidade de reposição. Na prática, essas revisões são feitas com frequência (diária, semanal, mensal) e, muitas vezes, continuamente (após cada retirada). A cada revisão é tomada uma decisão sobre a posição do estoque de um item. Se ela for julgada muito baixa, o sistema emite um novo pedido. A posição do estoque (IP) mede a capacidade de um item satisfazer a demanda futura. A equação 2.4 mostra como é obtida a posição do estoque (KRAJEWSKI e RITZMAN, 2004, p.305).

$$IP = OH + SR - BO \quad (2.4)$$

Onde:

IP – posição do estoque

OH – estoque disponível

SR – recebimentos programados

BO – *backorders* (pedidos em atraso)

Segundo Krajewski e Ritzman (2004, p.306), quando a posição do estoque atinge um nível mínimo predeterminado, denominado ponto de reposição do pedido, uma quantidade fixa Q do item é pedida. Neste método embora a quantidade Q do pedido seja fixa, o intervalo entre pedidos pode variar.

De acordo com Bowersox e Closs (2001, p.235), o ponto de reposição do pedido (PP) definido por item é estipulado em unidades ou em dias (ou meses) de suprimento. A equação básica para o cálculo de PP é:

$$PP = D \times T + ES \quad (2.5)$$

Onde:

PP – ponto de reposição do pedido

D – demanda média

T – tempo médio de reposição (*lead time*)

ES – estoque de segurança

O sistema de revisão contínua compara a soma do estoque existente e do estoque já pedido aos fornecedores de cada item com a quantidade do ponto de reposição. A quantidade existente é aquela fisicamente presente no depósito (CDP). A quantidade já pedida é aquela constante dos pedidos passados aos fornecedores. Se a quantidade disponível mais quantidade pedida for menor do que aquela estabelecida para o ponto de reposição, o controle de estoques dá início a outro pedido de reposição. Matematicamente, isso pode ser representado por (BOWERSOX e CLOSS, 2001, p.255):

$$\text{Se } OH + SR < PP, \text{ então pedir } Q \quad (2.6)$$

Conforme Bowersox e Closs (2001, p.235), quando há incertezas, quer quanto à demanda, quer quanto ao tempo para reposição, faz-se necessária a formação de estoque regulador usualmente chamado de estoque de segurança.

Krupp (1997, p.11) complementa dizendo que existem vários ambientes em que a variabilidade da demanda por produtos cria a necessidade de ter estoques de segurança para manter o nível de serviço aos clientes.

Segundo Krajewski e Ritzman (2004, p. 297), o estoque de segurança protege contra incertezas relacionadas à demanda, tempo de espera e suprimentos. O estoque de segurança assegura que as operações não serão interrompidas quando esses problemas ocorrerem. Para Gonçalves e Schwember (1979, p.57), de uma forma geral o estoque de segurança é calculado multiplicando-se a demanda média esperada pelo fator de segurança. Quando se estiver trabalhando com previsões, o dimensionamento do estoque de segurança leva em conta o desvio absoluto médio. Matematicamente tem-se o cálculo do estoque de segurança nas equações 2.7 e 2.8:

$$ES = k \times D \quad (2.7)$$

$$ES = k \times MAD \quad (2.8)$$

Onde:

ES – estoque de segurança

k – fator de segurança

D – demanda média esperada

MAD – desvio absoluto médio

O excesso de estoque de segurança gera custos desnecessários de manutenção de estoque, relativos aos custos de capital empatado e de armazenagem. Por outro lado, o subdimensionamento do mesmo faz com que

ocorra perdas de vendas ou freqüentes *backorders*, gerando um nível de serviço ao cliente insatisfatório.

Tubino (2000, p.139) complementa dizendo que a determinação do estoque de segurança leva em consideração dois fatores que devem ser equilibrados: os custos decorrentes do esgotamento do item e os custos de manutenção dos estoques de segurança. Quanto maiores forem os custos de falta atribuídos ao item, maior será o nível do estoque de segurança, e vice versa.

O fator de segurança é o controle que reflete a qualidade do serviço que se pretende prestar. Este fator é o reflexo da demanda máxima esperada que poderá ocorrer durante o tempo de reposição, isto é, uma estimativa razoável da demanda máxima esperada (GONÇALVES E SCHWEMBER, 1979, p.56).

Gonçalves e Schwember (1979, p.63) propõem valores para k de acordo com o nível de atendimento desejado pela empresa. A definição do nível de atendimento para determinação do estoque de segurança é apontada pelo gestor de estoque baseado em vários fatores como: capital investido em estoque, concorrência e satisfação dos clientes. A Tabela 2.1 mostra o valor do fator de segurança (k) para cada percentual de períodos sem faltas.

Tabela 2.1 – Tabela de Fator de Segurança

Períodos sem Faltas (%)	Fator de Segurança (k)
50,00	0,00
69,15	0,50
77,34	0,75
84,13	1,00
89,25	1,25
93,32	1,50
95,99	1,75
97,73	2,00
98,78	2,25
99,38	2,50
99,70	2,75
99,87	3,00

Fonte: Gonçalves e Schwember (1979, p.63)

Sistema de Revisão Periódica

Conforme Krajewski e Ritzman (2004, p.311), no sistema de revisão periódica (P), a posição do estoque de um item é revista periodicamente em vez de continuamente. Um pedido novo é sempre colocado ao final de cada revisão, e o intervalo entre pedidos é fixo. Em um sistema P, o tamanho do lote (Q) pode variar de um pedido para o próximo, porém o intervalo entre pedidos é fixo.

O valor de Q é igual ao estoque máximo subtraído do estoque disponível. A equação 2.9 representa isto:

$$Q = MAX - OH \quad (2.9)$$

Onde:

Q – tamanho do lote

MAX – estoque máximo

OH – estoque disponível

O estoque máximo é determinado pela demanda média durante o tempo médio de reposição (*lead time*) e durante o período entre duas contagens sucessivas mais o estoque de segurança. A equação 2.10 representa o estoque máximo:

$$MAX = D \times (T + P) + ES \quad (2.10)$$

Onde:

MAX – estoque máximo

D – demanda média

T – tempo médio de reposição (*lead time*)

P – período entre duas contagens sucessivas

ES – estoque de segurança

O modelo de revisão periódica se baseia em alguns fatores que são: não há restrições no tamanho do lote, as decisões sobre um item independem das decisões sobre outros itens e o *lead time* é constante e conhecido.

Comparativo entre Sistema de Revisão Contínua e Revisão Periódica

Segundo Krajewski e Ritzman (2004, p.619), nenhum dos dois sistemas se adequa a todas as situações e as vantagens de um correspondem às desvantagens do outro. O sistema de revisão contínua apresenta as seguintes vantagens:

- Os menores estoques de segurança resultam em diminuição de custos;
- Ajustando-se a frequência de revisão de cada item, pode-se reduzir os custos totais de colocação dos pedidos;
- A quantidade pedida fixa Q , se suficientemente grande, pode receber desconto de escala.

O sistema de revisão contínua apresenta as seguintes vantagens:

- Pedidos de múltiplos itens de um mesmo fornecedor podem ser combinados, reduzindo-se assim os custos do pedido e transporte, além de obter descontos por quantidade;

- A monitoração dos níveis de estoque só precisa ser feita por ocasião da revisão do sistema e não continuamente, como no sistema de revisão contínua;
- A reposição em intervalos fixos facilita a gestão do sistema, bem como permite a padronização dos tempos de coleta e entrega.

Sistema Mini-Max

O nível dos estoques no sistema mini-max é mantido permanentemente entre um limite superior e inferior. O limite superior destina-se a estabelecer um nível máximo de estoque e o limite inferior assegura que os pedidos de reposição sejam pelo menos iguais à diferença entre os níveis máximo e mínimo. Esse sistema tem a vantagem de ser dependente da previsão e, portanto, responde a alterações da demanda. A regra básica de reposição é (BOWERSOX e CLOSS, 2001, p.257):

$$\text{Se } OH + SR < MIN, \text{ então } Q = MAX - OH - SR \quad (2.11)$$

Onde:

OH – estoque disponível

SR – recebimentos programados

MIN – estoque mínimo

MAX – estoque máximo

Segundo Bowersox e Closs (2001, p.257), o estoque mínimo é determinado como o ponto de reposição. A equação 2.12 mostra o cálculo do estoque mínimo quando não há incerteza. Quando existe incerteza de demanda e do tempo de

reposição, o nível de estoque mínimo deve ser aumentado com uma quantidade de tolerância, para estoque de segurança. A equação 2.13 mostra o cálculo do estoque mínimo quando não há incerteza.

$$MIN = D \times T \quad (2.12)$$

$$MIN = (D \times T) + ES \quad (2.13)$$

Onde:

MIN – estoque mínimo

D – demanda média

T – tempo médio de reposição (*lead time*)

ES – estoque de segurança

2.2.2 Medidas de Desempenho do Gerenciamento do Inventário

Segundo Fogarty *et al.* (1991, p.165), os dois principais critérios de avaliação do desempenho do gerenciamento de inventário são:

- O nível de serviço prestado ao cliente;
- O investimento necessário em inventário para alcançar esse nível de serviço.

As seções 2.2.2.1 e 2.2.2.2 mostram a importância dos dois critérios de desempenho citados acima, assim como detalha as principais técnicas utilizadas para mensurar esses critérios. Na última seção (2.2.2.3) define-se *Scrap* (refugo) e descreve-se sua importância no gerenciamento de inventário.

2.2.2.1 Nível de Serviço ao Cliente

Segundo Bowersox e Closs (2001, p.229), o nível de serviço comporta objetivos de desempenho que a função de estoque deve ser capaz de cumprir, ou seja, o nível de serviço define quais os objetivos de desempenho que os estoques devem ter no atendimento das necessidades do mercado.

O nível de serviço trata do aspecto mercadológico (ponto de vista do cliente), refletindo as expectativas e exigências dos clientes, em termos de disponibilidade dos produtos e seus prazos de entrega. Pode ser determinado pela relação entre a quantidade de itens solicitados pelo cliente e a quantidade de itens efetivamente entregues dentro do prazo estabelecido. O nível de serviço estabelece, enquanto indicador, o desempenho no atendimento das necessidades dos clientes daquele estoque.

Conforme Gaither e Frazier (2002, p.285), nível de serviço refere-se à probabilidade de que um *stockout* (falta de estoque) não ocorrerá durante o *lead time*. O nível de serviço é um objetivo fixado pela alta administração. Comporta objetivos de desempenho que a função de estoque deve ser capaz de cumprir.

O nível de serviço pode ser definido em termos de tempo de ciclo de pedido, de percentagem de quantidades atendidas, ou de qualquer combinação desses objetivos. O ciclo de atividades compreende o período entre a entrega de pedidos pelos clientes e o do recebimento das mercadorias correspondentes. A porcentagem de quantidades atendidas é a porcentagem de quantidades pedidas que é prontamente expedida de uma só vez. A porcentagem de itens de pedido atendido é a porcentagem de itens dos pedidos inteiramente atendidos (BOWERSOX e CLOSS, 2001, p.229).

Ballou (2001, p.79), após realizar pesquisas, apontou três indicadores importantes de nível de serviço, que são: taxa de atendimento, disponibilidade de estoque e tempo de ciclo de pedido.

Segundo Fogarty *et al.* (1991, p.165), existem diversas maneiras de mensurar o serviço ao cliente. Cada uma tem vantagens e desvantagens em diferentes aplicações. As medidas podem ser divididas em medidas percentuais e medidas de valores absolutos. As principais medidas percentuais são: percentual de pedidos entregue na data, percentual de períodos sem falta de estoque e percentual do total de unidades entregues na data. As principais medidas de valores absolutos são: quantidade de pedidos expedidos por dia completo e total de itens expedidos por dia sem falta de estoque.

Para Christopher (1997, p.53), dois indicadores são vistos como cruciais para a conquista e conservação do cliente: confiabilidade da entrega e pedidos entregues completos. Estes dois indicadores podem ser combinados em uma única medida de desempenho: a pontualidade. A medida é expressa da seguinte forma:

$$P = \frac{PC}{TPE} \quad (2.14)$$

Onde:

P – pontualidade

PC – pedidos entregues completos na data específica dada pelo cliente

TPE – total dos pedidos entregues

Segundo Ballou (2001, p.85), quando uma empresa fornece os níveis apropriados de serviço para satisfazer as necessidades dos clientes há um aumento

na participação no mercado, aumento nas vendas e, finalmente, o aumento da contribuição para o lucro e o crescimento. Em contrapartida, quando ocorrem falhas no serviço, os compradores freqüentemente impõem penalidades ao fornecedor responsável como: recusar-se a comprar novamente e suspender todas as compras com o fornecedor.

2.2.2.2 Valor do Inventário

Ao gerenciar o inventário é importante manter as atenções voltadas para a questão da quantidade de peças no inventário, haja vista que, quando diminui a quantidade física de peças no CDP, gera-se uma economia de área, menos movimentação, menor custo de armazenagem, menor custo de administração menor custo de obsolescência, dentre outros.

De acordo com Slack *et al.* (1997, p.403), meses de inventário ou cobertura do número de meses do estoque é a quantidade de tempo que o estoque duraria, sujeito à demanda real, se não fosse reabastecido.

Para Dias (1993, p.74), um índice bastante útil para a análise do valor em inventário é a taxa de cobertura. A taxa de cobertura indica quantos meses de consumo equivalem ao estoque real ou ao estoque médio. Ela é obtida pela razão entre o estoque real ou estoque médio e o consumo.

Conforme Krajewski e Ritzman (2004, p.246), número de meses de suprimento é uma medida de estoque obtida dividindo-se o valor em meses do estoque agregado médio pelas vendas mensais a preço de custo. A equação para o cálculo do número de meses de inventário é:

$$MI = \frac{VEAM}{VM} \quad (2.15)$$

Onde:

MI – número de meses de suprimento

VEAM – valor do estoque agregado médio

VM – vendas mensais

As vendas mensais são os custos dos produtos acabados vendidos. O valor do estoque agregado médio é o valor de todos os itens mantidos em estoque por uma empresa. Essa medida é uma média por representar usualmente o investimento em estoques ao longo de um determinado período de tempo. A equação para o cálculo do valor do estoque agregado médio é:

$$VEAM = (UN_1 \times VL_1) + (UN_2 \times VL_2) + (UN_3 \times VL_3) \dots \quad (2.16)$$

Onde:

VEAM – valor do estoque agregado médio

UN – número de unidades estocadas

VL – valor de cada unidade

2.2.2.3 Scrap

Segundo Dillon (1990, p.64), quando se estoca ou usa uma peça, um percentual específico é perdido devido ao *Scrap* (refugo). Utiliza-se o indicador de

Scrap para planejar peças extras antecipadamente para cobrir as peças consideradas *Scraps*.

A manutenção de estoque implica custos. Um fator que eleva sensivelmente o custo de estoque é a obsolescência. Custo que deve ser atribuído ao inventário porque, geralmente, nem todos os itens incluídos no estoque podem ser retirados e usados quando necessários. Alguns itens tornam-se obsoletos devido a mudanças produtivas. Outros deterioram, quebram ou, por algum motivo, tornam-se inutilizáveis, esses itens são chamados de *Scraps*. Neste trabalho definiu-se o termo *Scrap* da seguinte forma: são as peças que não estão sendo utilizadas para seu propósito original, mas tem um valor para o inventário.

2.3 Simulação

2.3.1 Modelos e Sistemas

Segundo Shannon (1998, p.7), os termos modelo e sistema são palavras chaves para a definição de simulação. Um modelo é uma representação de um sistema em alguma outra forma que não a própria entidade. A sua principal utilidade é resumir o funcionamento do sistema num pequeno número de variáveis que permita sua compreensão pelo intelecto humano. Para se construir modelos e empregá-los para prever e explicar fenômenos com alto grau de precisão é necessário uma seleção correta das variáveis mais significativas para se descrever o comportamento do sistema.

Conforme e Banks *et al.* (1996, p.12), Bennett (1995, p.4) e Law e Kelton (2000, p.5), existem várias classificações para modelos, as principais são:

- Estático ou Dinâmico: um modelo estático representa um sistema em um ponto particular no tempo ou um sistema no qual o tempo simplesmente não desempenha um papel importante. Um modelo dinâmico representa o sistema à medida que ele evolui ao longo do tempo;
- Discreto ou Contínuo: no modelo discreto as mudanças do sistema ocorrem em intervalos definidos e específicos de tempo. No modelo contínuo o comportamento ininterrupto de mudanças de estado pode ser representado;
- Determinístico ou Estocástico: no modelo determinístico os dados são considerados sem variabilidade estatística associada ao modelo. No modelo estocástico os efeitos da aleatoriedade dos dados são considerados no desenvolvimento do modelo;
- Analítico ou Simulação: modelo analítico é definido como aquele cuja estrutura é formada por uma série de equações matemáticas, através das quais o comportamento do sistema pode ser obtido pela atribuição de valores aos parâmetros do modelo e a solução de equações. Modelo de simulação pode ser definido como aquele representado por uma estrutura matemática/lógica, que pode ser exercitada de forma a mimetizar o comportamento do sistema;
- Terminantes ou Não-Terminantes: modelo terminante é aquele em que o interesse recai sobre o comportamento do sistema em um tempo ou evento específico, ou após um período definido inicialmente. Já no modelo não-terminante o interesse está em analisar a condição contínua de operação do modelo sem se ater a eventos ou momentos especiais.

De acordo com Law e Kelton (2000, p.3), um sistema é definido como sendo um conjunto de entidades que interagem a fim de atingir um objetivo. Os autores expõem a necessidade de se estudar os sistemas para tentar aferir algumas hipóteses sobre os relacionamentos entre vários componentes ou para prever o desempenho do sistema sob novas condições. Algumas das diferentes maneiras existentes para se estudar um sistema estão representadas na Figura 2.4.

Figura 2.4 – Formas de Estudo de um Sistema

Fonte – Law e Kelton (2000, p.4)

Na experimentação com o sistema real, os efeitos da mudança são analisados no próprio sistema, após a sua implementação. Esta alternativa geralmente apresenta riscos e custos elevados, podendo, ainda, estar sujeita a restrições físicas e temporais. Na experimentação com modelos do sistema, os modelos representam uma simplificação da realidade, através do qual procura-se identificar e destacar elementos da realidade que sejam os mais importantes para a decisão a ser tomada. A experimentação apresenta, quando comparada com a

experimentação real, menor custo, maior segurança e rapidez (LAW e KELTON, 2000, p.4).

Os modelo físicos (icônicos) normalmente se parecem com o que eles representam, mas diferem no tamanho, ou seja, são réplicas geralmente de dimensões reduzidas. Como exemplo tem-se: maquetes. Os modelos matemáticos (abstratos) usam símbolos em lugar de dispositivos físicos, ou seja, eles representam um sistema em termos de relacionamentos lógicos e quantitativos, os quais são manipulados para se observar como o modelo reage e então como o sistema reagiria (LAW e KELTON, 2000, p.4).

Uma vez construído um modelo matemático, ele deve ser examinado a fim de determinar como ele poderia ser utilizado na obtenção de respostas às questões de interesse a respeito do sistema que supostamente representa. Se o modelo é suficientemente simples, pode ser possível trabalhar com suas relações e quantidades para obter uma solução analítica. Se uma solução analítica para um modelo matemático é viável e computacionalmente eficiente, esta é, freqüentemente, a abordagem mais adequada. Entretanto, muitos sistemas são altamente complexos dificultando qualquer possibilidade de soluções deste tipo. Nesse caso, o modelo deve ser estudado através da simulação, isto é, numericamente experimentado para as entradas em questão, com o objetivo de determinar como elas afetam as saídas e as medidas de desempenho do sistema (LAW e KELTON, 2000, p.5).

2.3.2 Definição de Simulação

Simulação computacional ou simulação é o processo de projetar um modelo lógico matemático de um sistema real e fazer experimentos deste sistema no computador (PRITSKER, 1986, p.6).

Para Prado (1999, p.93), simulação é a técnica de solução de um problema pela análise de um modelo que descreve o comportamento do sistema usando um computador digital.

Segundo Harrel e Tumay (1997, p.39), simulação é uma atividade por meio da qual se pode tirar conclusões sobre o comportamento de um dado sistema pelo estudo do comportamento do seu modelo correspondente no qual as relações de causas e efeitos são as mesmas ou similares do sistema real.

Conforme Shannon (1998, p.7), simulação consiste no processo de desenvolver um modelo de um sistema real e realizar experimentos com este modelo com o propósito de entender o comportamento do sistema e/ou as evoluções das várias estratégias para a operação do sistema. Pidd (1992, p.5) complementa dizendo que a simulação é utilizada devido a seu baixo custo, maior segurança e rapidez em comparação com a realização de experimentações na realidade.

Pegden *et al.* (1990, p.3) apresenta uma definição de simulação utilizando o conceito de modelo e sistema. Ele afirma que simulação é o processo de projetar um modelo conceitual de um sistema real e conduzir experimentos com este modelo com o propósito de entender o comportamento do sistema ou avaliar várias estratégias para sua operação. Assim pode-se pensar em modelagem de simulação

como uma metodologia experimental, posta em prática, que procura realizar o seguinte:

- Descrever os comportamentos do sistema;
- Construir teorias ou hipóteses que sejam responsáveis pela observação do comportamento;
- Usar o modelo para prever comportamento futuro, isto é, os efeitos produzidos pelas mudanças no sistema ou em seus métodos de operação.

Na definição do conceito de simulação verifica-se que os conceitos de sistema, modelo e de simulação estão intimamente relacionados. Na simulação o modelo representa o objeto de estudo (sistema real) enquanto que a simulação, um método de análise (BARRÔNIO, 2000, p.18).

2.3.3 Quando Usar a Simulação

Segundo Freitas Filho (2001, p.4), a simulação permite ao analista realizar estudos sobre os correspondentes sistemas para responder questões do tipo “O que aconteceria se”. O principal apelo ao uso desta ferramenta, é que tais questões podem ser respondidas sem que os sistemas sob investigação sofram qualquer perturbação, uma vez que os estudos são realizados no computador. A simulação permite que tais estudos sejam realizados sobre sistemas que ainda não existem, levando ao desenvolvimento de projetos eficientes antes que qualquer mudança física tenha sido iniciada.

De acordo com Pidd (1998, p.227), a utilização da simulação é recomendável para sistemas ou ambientes com as seguintes características:

- Quando são dinâmicos: o comportamento do sistema varia ao longo do tempo. Esta variação pode estar associada a fatores que não se pode controlar, mas que podem ser determinados via análise estatística;
- Quando são interativos: os sistemas em questão possuem um número de componentes que interagem entre si e esta interação afeta o comportamento de todo o sistema;
- Quando são complicados: quando existem inúmeras variáveis que interagem no sistema e sua dinâmica precisa ser considerada e analisada.

Bertrand e Fransoo (2002, p.255) apontam que apesar da qualidade científica dos resultados da simulação ser menor que o caso de análise matemática, sua relevância científica é alta. A variedade de modelos científicos na qual a simulação é capaz de trabalhar é maior que uma análise matemática. Eles apontam que a simulação é utilizada em casos onde os modelos ou problemas são muito complexos para uma análise matemática formal.

2.3.4 Vantagens e Desvantagens da Simulação

As vantagens da simulação são citadas por Banks (1998, p.10), Banks *et al.* (1996, p.4), Schriber (1991, p.7), Kelton *et al.* (1998, p.7), Carson II (2004, p.3) e Centeno e Carrillo (2001, p.18), entre outros, e são relacionadas abaixo:

- Modelos mais realistas: maior liberdade na construção do modelo. A simulação não obriga a enquadrar um problema em determinado modelo padrão para que se possa obter uma solução;
- Processo de modelagem evolutivo: começa-se com o modelo relativamente simples e aumenta-se sua complexidade aos poucos, identificando de maneira mais clara as peculiaridades do problema;
- Uma vez criado, um modelo pode ser utilizado inúmeras vezes para avaliar projetos e políticas propostas;
- Os modelos de simulação podem ser quase tão detalhados quanto os sistemas reais, novas políticas e procedimentos operacionais, regras de decisão, fluxos de informação, etc., podem ser avaliados sem que o sistema real seja perturbado;
- Perguntas do tipo “e se?” (“*what if?*”): em diversos casos, em lugar de buscar uma solução, o objetivo resume-se em tornar mais claras as possíveis conseqüências de um conjunto de decisões;
- Aplicação a problemas mal-estruturados: diversos problemas da vida real referem-se a situações em que se tem apenas um conhecimento parcial sobre as suas variáveis ou relações. A simulação é uma das poucas ferramentas para o estudo deste tipo de problema;
- Grande flexibilidade: a simulação aplica-se aos mais variados problemas;
- Aquisição de visão sistêmica: visão do efeito que alterações locais terão sobre o desempenho global de todo o sistema;
- Exploração de possibilidades: uma vez desenvolvido um modelo de simulação válido, se pode explorar novas políticas sem perturbar o sistema real;

- Desenvolvimento de entendimento: estudos de simulação ajudam no entendimento dos componentes do sistema e de como ele realmente opera;
- Construção de consenso: o resultado de uma simulação, submetido a uma série de etapas de modelagem, teste, validação, tem melhor aceitação que a opinião de uma única pessoa.

Os mesmo autores citam também algumas desvantagens da simulação:

- A modelagem e a análise da simulação podem ser dispendiosas em termos de recursos financeiros e de tempo;
- A construção de modelos requer treinamento especial. Envolve arte e, portanto, o aprendizado se dá ao longo do tempo, com aquisição de experiência. Dois modelos de um sistema construídos por dois indivíduos competentes terão similaridades, mas dificilmente serão iguais;
- A programação de um modelo de simulação pode ser tornar altamente dispendiosa e desgastante se os recursos computacionais não forem apropriados;
- Os resultados da simulação são, muitas vezes, de difícil interpretação. Uma vez que os modelos tentam capturar a variabilidade do sistema, é comum que existam dificuldades em determinar quando uma observação realizada durante uma execução se deve a alguma relação significativa no sistema ou a processos aleatórios construídos e embutidos no modelo;
- Pode ser usada inapropriadamente, por exemplo, quando uma solução analítica é factível.

2.3.5 Metodologia da Simulação

Um processo de simulação baseia-se numa série de etapas que é chamada de metodologia de simulação. Diferentes metodologia têm sido apresentadas por vários autores, dentre eles Freitas Filho (2001, p.13), Law e Kelton (2000, p.83) e Banks *et al.* (1996, p.15). Essas metodologias são semelhantes pois se baseiam no mesmo método científico. A seguir são detalhados os passos das três metodologias dos autores citados acima.

Metodologia de Freitas Filho (2001)

A metodologia descrita por Freitas Filho (2001 p.13) é formada pelos seguintes passos:

1. Formulação e Análise do Problema
2. Planejamento do Projeto
3. Formulação do Modelo Conceitual
4. Coleta de Macro-Informações e Dados
5. Tradução do Modelo
6. Verificação e Validação:
7. Projeto Experimental Final
8. Experimentação
9. Interpretação e Análise Estatística dos Resultados:
10. Comparação de Sistemas e Identificação da Melhores Soluções:
11. Documentação:
12. Apresentação dos Resultados e Implementação

Metodologia de Law e Kelton (2000)

A metodologia descrita por Law e Kelton (2000 p.83) é formada pelos seguintes passos:

1. Formulação do problema e planejamento do estudo
2. Coleta de dados e definição do modelo
3. Validação do modelo conceitual
4. Construção do programa computacional e verificação
5. Realização de execuções piloto
6. Validação do modelo programado
7. Projeto dos experimentos
8. Realização das execuções de simulação
9. Análise dos dados de saída
10. Documentação e apresentação e implementação dos resultados

Metodologia de Banks et al. (1996)

A metodologia descrita por Banks et al. (1996, p.15) é formada pelos seguintes passos:

1. Formulação do problema
2. Definição dos modelo
3. Modelo conceitual
4. Coleta de Dados

5. Tradução do modelo
6. Verificação do modelo
7. Validação do modelo
8. Projeto experimental
9. Execução da simulação e análise
10. Realiza mais simulações caso necessário
11. Documentação e apresentação
12. Implementação

2.3.6 Ferramentas de Simulação

Para o desenvolvimento do ambiente de simulação necessitou-se de um programa computacional. Um programa computacional é uma seqüência definida de operações necessárias para que o programador possa resolver as equações que descrevem um modelo do sistema. Esse programa utiliza-se de um computador para exercitar o modelo, de forma a gerar saídas que possam ser analisadas, a fim de que decisões possam ser tomadas (KHEIR, 1996, p.19).

Segundo Shannon (1998, p.11), os programas computacionais voltados para simulação podem ser implementados em diferentes ferramentas que são classificadas em três grandes abordagens, que são:

- Programas codificados em uma linguagem de propósito geral (linguagem de programação);
- Linguagem de simulação;
- Pacote de simulação.

Nas próximas seções (2.3.5.1, 2.3.5.2, 2.3.5.3) serão mais bem detalhadas cada uma das abordagens citadas acima.

2.3.6.1 Linguagem de Propósito Geral

Na linguagem de propósito geral (linguagem de programação) um programa especial é escrito para a simulação de cada sistema a ser estudado. Essa ferramenta de simulação oferece ao programador a máxima flexibilidade em projeto e formulação do modelo matemático do sistema em estudo, tipo e formato de dados de saída gerados e espécies de experiências de simulação executadas com o modelo (NAYLOR *et al.*, 1971, p.50).

Segundo Law e Kelton (2000, p.203), algumas razões para o uso das linguagens de programação são:

- Flexibilidade oferecida na descrição matemática do sistema modelo;
- A maioria dos modeladores já conhecem as linguagens de programação;
- O modelo de simulação escrito eficientemente em uma linguagem de programação requer menos tempo de execução do que as outras duas abordagens;
- Os *softwares* de programação em geral custam menos, mas o projeto total pode custar mais do que com outras abordagens;
- Flexibilidade em termos de tipos de experimentos que podem ser desempenhados no sistema modelado.

Por outro lado, Naylor *et al.* (1971, p.50) afirma que a principal deficiência da modelagem em linguagem de propósito geral é a dificuldade de confecção dos programas. O programador pode se ver com dificuldades no controle seqüencial, o que resulta no surgimento de pequenos erros. Os equívocos nesta fase são responsáveis pelo surgimento de efeitos obscuros e difíceis de eliminar.

2.3.6.2 Linguagem de Simulação

De acordo com Law e Kelton (2000, p.204), linguagens de simulação são pacotes computacionais de natureza genérica, porém com características especiais para determinados tipos de aplicações em simulação.

Assim como nas linguagens de programação, as linguagens de simulação também fazem uso de compiladores, mas são usadas especificamente para aplicações em simulação. Essas linguagens são bibliotecas compostas por macros de linguagens de programação. Dentre elas, destacam-se o Simula, o Slam, o Siman, o GPSS, o GASP e o Dynamo.

A vantagem das linguagens de simulação é a grande flexibilidade que permite modelar qualquer tipo de sistema. As desvantagens estão associadas à necessidade de conhecimentos específicos de programação e ao tempo demandado para a construção de modelos mais complexos (LAW e KELTON, 2000, p.204).

2.3.6.3 Pacote de Simulação

Segundo Law e Kelton (2000, p.203), pacote de simulação ou simuladores são pacotes computacionais que favorecem a modelagem de sistemas específicos

com pouca programação. As vantagens dos simuladores estão associadas ao tempo reduzido para construção do modelo e a facilidade de utilização com menus gráficos relacionados com o sistema específico. A desvantagem principal é a pouca flexibilidade de modelagem.

A principais características comuns dos pacotes de simulação são:

- Ferramentas estatísticas para tratamento dos dados da simulação;
- Animação do modelo e interação amigável entre usuário e simulação;
- Construções para aplicações específicas que proporcionam rapidez na modelagem;
- Fornecimento de relatórios em tempo real sobre a simulação executada.

3. METODOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO DO AMBIENTE DE SIMULAÇÃO

3.1 Metodologia de Desenvolvimento do Ambiente de Simulação

No desenvolvimento do ambiente de simulação adaptou-se a metodologia descrita por Freitas Filho (2001 p.13). Todas as metodologias estudadas durante a revisão bibliográfica são semelhantes, a escolha da metodologia de Freitas Filho ocorreu devido à verificação de aplicações dessa metodologia em vários casos práticos com sucesso. As outras metodologias também foram estudadas para um maior esclarecimento de cada passo. A metodologia adaptada para o desenvolvimento do ambiente de simulação é descrita pelos seguintes passos:

- 1 – Formulação e Análise do Problema;
- 2 – Planejamento do Projeto;
- 3 – Formulação do Modelo Conceitual;
- 4 – Coleta de Informações e Dados;
- 5 – Tradução do Modelo;
- 6 – Verificação e Validação do Modelo;
- 7 – Experimentação;
- 8 – Análise e Interpretação dos Resultados;
- 9 – Documentação.

Figura 3.1 – Metodologia Adaptada para o Desenvolvimento do Ambiente de Simulação

Nas próximas seções será detalhada cada etapa da metodologia adaptada para o desenvolvimento do ambiente de simulação.

3.1.1 Formulação e Análise do Problema

Iniciou-se o estudo definindo os propósitos e objetivos do ambiente de simulação de modo a entender quais parâmetros influenciam o sistema e o que está se modelando. Para isso traduziu-se a linguagem do operador do inventário para uma linguagem precisa e claramente entendida.

Inicialmente, os esforços foram direcionados para o entendimento do sistema real. Para obtenção da familiarização e conhecimento adequado dos processos gerenciais do inventário do CDP, todo o processo gerencial foi descrito em forma

matemática/lógica e em forma de fluxogramas¹. De acordo com Pidd (1998, p.51), grande parte do trabalho de construção de um modelo de simulação concentra-se no entendimento da lógica de funcionamento do sistema a ser simulado em termos de entidades e interações.

Após o período de familiarização com o sistema real confirmou-se a necessidade do desenvolvimento de uma ferramenta de apoio ao sistema computacional de gerenciamento de inventário. Observou-se a necessidade de fazer projeções, manipular variáveis para ver como o inventário se comportaria em determinada situação. Neste momento foi respondida a pergunta sobre o porquê da existência deste trabalho.

O ambiente proposto espera ter como respostas cenários no futuro com relação aos principais indicadores gerenciais do inventário para cada peça. Os principais indicadores são: reposição e recebimento de peças, previsão de demanda, a quantidade de cada peça em estoque, percentual de atendimento dos pedidos, meses de cobertura do inventário, índice de peças *Scraps (refugo)*, quantidade de *backorders* (ordens em atraso), quantidade de peças para devolução, dentre outros.

No início do trabalho foi definido que não era esperado como resposta desta ferramenta decisões de otimizações, mas sim fazer simulações do sistema real. A ferramenta se limita a realizar projeções futuras a partir de dados fornecidos pelo sistema gerencial do inventário e de dados fornecidos na interface da ferramenta pelo operador do inventário.

---

¹ Utilizou-se como base para o desenvolvimento do ambiente de simulação um material desenvolvido pela Prof^ª. Jandira Guenka Palma e Elena Balachova que estava disponível no laboratório de Simulação e Controle do Departamento de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) da Universidade de São Paulo.

O principal parâmetro limitante utilizado neste sistema é o horizonte de simulação. O valor máximo do horizonte de simulação é doze, ou seja, o ambiente de simulação faz projeções de doze meses para frente. O menor valor para o horizonte de simulação é um, o que significa dizer que, será projetado só um mês para frente.

Além do horizonte de simulação existem diversos parâmetros que foram analisados nesta fase que influenciam o sistema, como por exemplo: *lead time*, valor do coeficiente de suavização (α), valor do fator de segurança (fatorK), tempo de processamento de pedido, tempo de transporte das peças, lote mínimo de compra, múltiplo de embalagem, peso da peça, custo unitário da peça, preço de venda da peça, número de *Calls* (atendimentos), a quantidade de peças por *Calls*, dentre outros.

3.1.2 Planejamento do Projeto

Nesta etapa foram verificados os recursos (*hardware* e *software*) para realização do trabalho proposto. Para melhor organização do desenvolvimento do projeto, foi construído um cronograma temporal das atividades envolvidas no sistema. Na Tabela 3.1 observam-se as etapas do desenvolvimento do ambiente de simulação e seus respectivos tempos de duração e na

Tabela 3.2 o cronograma temporal dividido em meses.

Tabela 3.1 – Etapas e Tempo de Duração das Atividades de Desenvolvimento do Ambiente de Simulação

No	Atividade	Tempo de Duração
1	Familiarização com o Sistema Real	40 horas
2	Modelagem das Transações	48 horas
3	Definição do Sistema	48 horas
4	Criação das Interfaces	36 horas
5	Programação	85 horas
6	Validação	30 horas
7	Teste de Consistência dos Dados	30 horas
8	Documentação Final do Sistema	24 horas

Tabela 3.2 – Cronograma Temporal das Atividades de Desenvolvimento do Ambiente de Simulação

No	Atividade	Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	Mês 6	Mês 7
1	Familiarização com o Sistema Real	X	X					
2	Modelagem das Transações		X	X	X			
3	Definição do Sistema		X	X	X			
4	Criação das Interfaces			X	X			
5	Programação			X	X	X	X	
6	Validação					X	X	
7	Teste de Consistência dos Dados						X	X
8	Documentação Final do Sistema							X

O *hardware* utilizado para o desenvolvimento do ambiente de simulação foi um computador Pentium 4 2.8Ghz, 512mb de Ram.

Os *softwares* utilizados no desenvolvimento do projeto foram:

- Para modelagem utilizou-se o *Rational Rose 2000*;
- Para programação utilizou-se *Borland C++ Builder 5.0*;
- O ambiente em que foi realizado o trabalho foi *Microsoft Windows XP*;
- Para entrada de dados utilizou-se a própria interface do ambiente de simulação e planilha do *Microsoft Excel XP*;

- Para saída de dados utilizou-se a própria interface do ambiente de simulação e planilha do *Microsoft Excel XP*.

3.1.3 Formulação do Modelo Conceitual

O objetivo desta etapa foi traduzir o modelo conceitual num modelo computacional, que representasse o sistema real de forma simplificada e válida. Foram definidos nesta etapa os componentes e descritas as variáveis e interações lógicas que constituem o sistema. Para isso foi utilizada a modelagem orientada a objeto (MOO).

Conforme Booch *et al.* (2000, p.11), existem várias maneiras de se definir um modelo. As duas maneiras mais comuns são provenientes da perspectiva de um algoritmo ou da perspectiva orientada a objetos.

Na perspectiva de um algoritmo, o principal bloco de construção é o procedimento ou a função. Essa perspectiva conduz os desenvolvedores a voltar seu foco de atenção para questões referentes ao controle e à decomposição de algoritmos maiores em outros menores. Não existe nenhuma grande desvantagem nessa solução, com exceção da tendência a permitir sistemas instáveis. À medida que os requisitos se modificam e o sistema cresce fica difícil a manutenção do sistema construído a partir do foco em algoritmos. Na perspectiva orientada a objetos, o principal bloco de construção de todos os sistemas é o objeto ou a classe (BOOCH *et al.*, 2000, p.11).

Neste trabalho foi utilizado o método da UML para modelagem devido seu potencial na representação visual do sistema orientado a objeto. Segundo Rosseti *et al.* (2000, p.1856), a UML é uma linguagem de modelagem para representação

conceitual e física de sistemas orientados a objeto. A UML pode ser usada para modelar simulações, sistemas de informação, sistemas em tempo real, dentre outros. Complementam Rosseti e Chan (2003, p.1613) dizendo que, a UML é utilizada como padrão para modelagem orientada a objeto no desenvolvimento de *softwares* e na modelagem de sistemas gerais.

Para Tiberti (2004, p.44), a grande vantagem da UML em relação a outros métodos é que ela não é um método em si, mas sim, uma linguagem para representação de um sistema e pode ser aplicada de maneira independente em todas as fases do processo de *software*. Por se tratar de uma linguagem, a transição entre as fases de análise, projeto e codificação é natural, rápida, complementar e sem ambigüidade.

O modelo da linguagem UML pode ser ligado à linguagem de programação C++, logo, a partir do modelo pode-se gerar um código na linguagem de programação C++ (ver anexo 1).

Para realizar a modelagem de sistemas, a UML utiliza diagramas. Conforme Furlan (1998, p.73), um diagrama é uma apresentação gráfica de uma coleção de elementos de modelo, freqüentemente mostrado como um gráfico conectado de arcos (relacionamento) e vértices (outros elementos do modelo).

Esses diagramas da UML são classificados em estáticos e dinâmicos. Os diagramas estáticos existem para visualizar, especificar, construir e documentar os aspectos estáticos de um sistema. Os aspectos estáticos do sistema são considerados como uma representação de seu esqueleto e estrutura relativamente estáveis. Os diagramas dinâmicos são utilizados para visualizar, especificar, construir e documentar os aspectos dinâmicos de um sistema. Os aspectos

dinâmicos de um sistema são considerados como uma representação de suas partes que sofrem alterações (BOOCH *et al.*, 2000, p.93).

Segundo Booch *et al.* (2000, p.92), a UML usa quatro tipos de diagramas estáticos (estruturais) e cinco tipos de diagramas dinâmicos (comportamentais) para a modelagem de sistemas, que são:

1. Estáticos:

- Diagrama de classes;
- Diagrama de objetos;
- Diagrama de componentes;
- Diagrama de implantação.

2. Dinâmicos:

- Diagrama de casos de uso;
- Diagrama de seqüências;
- Diagrama de colaborações;
- Diagrama de gráficos de estados;
- Diagrama de atividades.

Neste trabalho foram utilizados o diagrama de caso de uso, o diagrama de classe e o diagrama de seqüência.

O diagrama de caso de uso descreve a funcionalidade e os usuários do sistema modelado. Ele é utilizado para demonstrar os relacionamentos entre os usuários que utilizam o sistema e os casos de uso utilizados por eles. Os dois objetos de um diagrama de caso de uso são: usuários ou atores (representam os

usuários propriamente ditos do sistema) e casos de uso (representa serviços ou funcionalidades exercidas pelo sistema aos usuários ou atores).

Conforme Pressman (2002, p.569), os diagramas de casos de uso devem alcançar os seguintes objetivos:

- Estabelecer os requisitos funcionais e operacionais do sistema pela definição de um cenário de uso que seja combinado entre o usuário final e a equipe de desenvolvimento do sistema;
- Produzir uma descrição clara e não ambígua de como o usuário e o sistema interagem um com o outro;
- Produzir uma base para o teste de validação.

Os diagramas de caso de uso foram utilizados neste trabalho com o objetivo de produzir uma descrição clara de como o usuário e o administrador do sistema interagem com o sistema e fornecer uma descrição sobre as responsabilidades que devem ser cumpridas pelo sistema. O anexo 2 detalha cada diagrama de caso de uso utilizado no trabalho.

O diagrama de classes em um modelo representado através da UML é o responsável pela visão estrutural e representa a estrutura estática de um sistema por mostrar-se válido a partir de qualquer ponto do ciclo de vida do sistema.

Uma classe (conjunto de objetos que apresentam as mesmas características e operações identificáveis no sistema) é representada por um retângulo dividido em três partes: superior (utilizada para individualizar este elemento), intermediária (onde constam seus atributos) e inferior (onde constam as operações efetuadas por este elemento). As classes de um sistema relacionam-se entre si, trocando informações

(representadas pelos atributos) e disparando operações. Estas relações são representadas pelas setas, onde é possível identificar a quantidade de correspondências de objetos de uma classe para objetos equivalentes em outra classe.

Conforme Furlan (1998, p. 91), há quatro tipos principais de relacionamentos no diagrama de classes:

- Generalização/ especificação: indica relacionamento entre um elemento mais geral e um elemento mais específico (respectivamente, superclasse e subclasse);
- Agregação: usada para denotar relacionamentos todo/parte;
- Associação: utilizada para denotar relacionamentos entre classes não correlatas;
- Dependência: é um relacionamento entre elementos, um independente e outro dependente, onde uma mudança no elemento independente afetará o elemento dependente.

Neste trabalho o diagrama de classe foi utilizado como base para visualização, especificação e documentação do modelo estrutural. Ele mostrou as classes, interfaces, colaborações e seus relacionamentos. O anexo 3 mostra o diagrama de classe desenvolvido nesse trabalho.

Todos os sistemas possuem uma dinâmica representada pela troca de informações entre os subsistemas que o compõe e/ou o ambiente no qual está inserido. Esta dinâmica pode ser representada na UML pelo diagrama de seqüência.

Segundo Page-Jones (2000, p.148), o diagrama de seqüência é um tipo de diagrama de interação entre objetos que enfatiza mais a seqüência temporal que os relacionamentos estáticos do objeto. Ele envolve uma linha de vida de cada classe (linhas verticais) e a troca de mensagens entre elas (setas horizontais). Também mostra como ocorre a interação entre as mesmas (quais as funções disparadas pelas classes e em qual momento ocorre esta interação). Furlan (1998, p.77) complementa dizendo que as duas dimensões de um diagrama de seqüência consistem na dimensão vertical (tempo) e na dimensão horizontal (objetos diferentes). O diagrama de seqüência mostra a colaboração dinâmica entre um número de objetos e o aspecto importante desse diagrama é mostrar a seqüência de mensagens enviadas entre objetos.

O diagrama de seqüência foi utilizado no sentido de demonstrar a funcionalidade do sistema através de possíveis situações ocorridas. Neste sentido, desenvolveu-se diagramas de seqüência para todos os diagramas de caso de uso conforme o anexo 4.

3.1.4 Coleta de Informações e Dados

De acordo com Blau e Scott (1979, p.28), existem três formas básicas de obter dados acerca de determinado fenômeno: observando-o, fazendo perguntas às pessoas direta ou indiretamente envolvidas e examinando elementos documentais escritos. A cada um destes procedimentos corresponde uma categoria de técnicas de pesquisa: a observação, a entrevista e a análise documental. Uma pesquisa científica pode valer-se de apenas uma ou da combinação destas três técnicas.

Além disso, acrescentam os autores, cada uma das técnicas pode ser empregada, em vista dos propósitos almejados, com maior ou menor profundidade.

Neste trabalho foi utilizada a técnica da análise documental. Os dados e informações relacionados à lógica de funcionamento do programa de gerenciamento do inventário do CDP em estudo foram coletados em forma de documentos escritos. Algumas informações e dados secundários foram solicitados durante o desenvolvimento do ambiente de simulação também em forma de documentos escritos.

O CDP em estudo forneceu somente dados de 1.000 peças para a realização desse trabalho, devido à política de privacidade de dados da empresa. A quantidade de peças (1.000 peças) é representativa para validação do ambiente de simulação do inventário do CDP devido contemplar todas as características do inventário do CDP. Os dados fornecidos de cada peça são:

- Quantidade de *Calls* (atendimentos) dos últimos trinta e seis meses;
- Quantidade de peças por *Call* dos últimos trinta e seis meses;
- Código da peça;
- Código do inventário;
- Família da peça;
- Coeficiente de segurança (FatorK) utilizada no cálculo do estoque de segurança da peça;
- Demanda mensal estimada do primeiro mês de simulação;
- Desvio entre a previsão de demanda e a demanda prevista do primeiro mês de simulação;
- Lote mínimo de compra da peça;

- Múltiplo de embalagem de fabricação da peça;
- Peso da peça;
- Preço de venda da peça;
- Custo unitário da peça;
- *Backorders* (ordens em atraso da peça);
- Estoque físico de peças faturadas (DPF);
- Estoque físico de peças não-faturadas ou depósito especial alfandegário (DEA);
- *Lead time* para peças nacionais;
- Estoque mínimo de proteção para peças classificadas como proteção;
- Quantidade de lotes de compra por mês da peça.

3.1.5 Tradução do Modelo

A etapa de tradução do modelo contemplou a escolha da ferramenta de simulação e a codificação do modelo. Segundo Bowden (1998, p.46), quando se seleciona uma ferramenta (*software*) de simulação é importante considerar o nível de detalhes suportado pela ferramenta e a facilidade do uso. Law e Kelton (2000, p.203) complementam dizendo que a escolha da ferramenta de simulação, está diretamente relacionada com o *trade-off* entre flexibilidade e especialização do usuário.

A linguagem de programação foi a ferramenta escolhida para o desenvolvimento do ambiente de simulação devido atender o nível de detalhamento necessário para representar o gerenciamento do inventário em estudo, considerando os limites de tempo de desenvolvimento, recursos financeiros e esforços de programação. A linguagem de programação escolhida foi a C++ para *Windows*.

A linguagem de programação C++ para *Windows* foi adotada, pois permite a programação orientada a objeto, guarda as características de baixo nível que consagrou a linguagem C e possui a biblioteca OWL (*Object Windows Library*) que simplifica o processo de comunicação de mensagens do *Windows*, permitindo implementar uma interface com usuário neste ambiente. A linguagem C++ oferece a oportunidade de melhorar a produtividade de construção e manutenção do programa em função da possibilidade de reutilização de código.

A linguagem C++ foi escolhida também devido ao fato de utilizar o conceito de herança. Segundo Pressman (2002, p.641), herança é um mecanismo que permite a propagação das responsabilidades de um objeto para outros objetos. A herança ocorre ao longo de todos os níveis de uma hierarquia de classes. Já para Coad e Yourdon (1991, p.13), herança é um mecanismo para expressar a similaridade entre classes, simplificando a definição de classes iguais a outras que já foram definidas. Ela representa generalização e especialização, tornando explícitos os atributos e serviços comuns em uma hierarquia de classe.

O uso da interface gráfica do ambiente *Windows* proporciona facilidades operacionais com recursos interativos, possuindo suporte interno para vários objetos da interface com usuário: janelas, ícones, menus, quadro de diálogos, etc.

3.1.6 Verificação e Validação do Modelo

Na etapa de verificação o objetivo principal foi confirmar se o modelo estava operando de acordo com a intenção do responsável pelo inventário, sem erros de sintaxe e lógica, além de garantir que os resultados por ele fornecidos sejam confiáveis e representativos do modelo real. De acordo com Sargent (1998, p.125), a

verificação do modelo assegura que o programa computacional e a implementação do modelo conceitual estão corretos.

Na verificação fez-se uso das técnicas mais comuns utilizadas para identificação de problemas com programas computacionais, que são: a verificação por partes e o teste por parâmetros.

A verificação por partes foi amplamente utilizada como forma de rastreamento e refinamento progressivo do modelo. Ela ocorreu durante a construção do modelo e, a cada parte construída, o modelo foi testado contra erros com o intuito de evitar a etapa posterior de correção do modelo como um todo.

O teste por parâmetros consistiu na execução da simulação através da variação dos parâmetros de entrada, verificando se os resultados obtidos apresentam um comportamento razoável.

Conforme Law e Kelton (1991, p.279), a validação do modelo de simulação consiste em assegurar que este representa o sistema real. O objetivo é o de verificar se o comportamento do modelo computacional construído está representando adequadamente o sistema.

A validação do ambiente de simulação pode ser feita de duas formas: pela comparação das saídas do modelo e do sistema real ou pela análise de especialistas. Este trabalho foi validado por especialistas com profundos conhecimentos acerca do sistema gerencial de inventário do CDP.

3.1.7 Experimentação

Nesta etapa foram definidos os cenários a serem testados no ambiente de simulação. A familiarização com o ambiente de simulação e o entendimento da

influência das variáveis no comportamento do sistema foi alcançada através da alteração de alguns dados de entrada e observação dos indicadores gerenciais de saída do ambiente de simulação.

Para permitir uma boa qualidade da análise dos resultados, cada cenário testado foi cuidadosamente documentado. Os dados de entrada e de saída foram organizados em forma de tabelas e armazenados em uma base de dados para posterior análise.

Para cada cenário foram avaliados parâmetros de entradas como: horizonte de simulação, mês atual de início da simulação, taxa do dólar no início da simulação, cota anual de *Scrap*, a forma de determinar o *Scrap* (peso ou custo), índice de excesso sem demanda, dentre outros. Neste trabalho foram desenvolvidos três cenários com diferentes dados de entrada e horizonte de simulação. A quantidade de peças simuladas foi a mesma para os três cenários (1.000 peças).

No primeiro cenário foram determinados dados de entrada (ver anexo 5) e um horizonte de simulação de doze meses. No segundo cenário foram determinados dados de entrada (ver anexo 6) e um horizonte de simulação de dez meses. No terceiro cenário foram determinados dados de entrada (ver anexo 7) e um horizonte de simulação de seis meses.

No anexo 8 mostra-se a forma de entrada de dados por planilha (arquivo peça) que é igual para os três cenários. Os resultados obtidos de cada cenário são mostrados nos anexos 9, 10 e 11. Devido a quantidade de peças (1.000 peças) simuladas em cada cenário, optou-se por mostrar neste trabalho somente os resultados de uma peça de cada família pertencente ao inventário.

3.1.8 Análise e Interpretação dos Resultados

O objetivo desta etapa é traçar inferências sobre os resultados alcançados pela simulação dos diferentes cenários. A partir dos resultados obtidos na simulação tiram-se conclusões sobre o sistema real modelado.

A análise de resultados é uma etapa crítica no projeto de simulação e pressupõe um entendimento aprofundado dos experimentos e seus significados para o sistema real.

Esta fase contemplou a análise dos indicadores do inventário que foram projetados a partir das variações dos parâmetros de entrada e do horizonte de simulação dos três cenários. A análise de resultados teve início com a interpretação dos resultados, seguido pela fase de identificação de oportunidades de melhorias no sistema e, por fim, o registro e documentação das conclusões.

Os três cenários simulados apresentaram resultados condizentes com o sistema real. O horizonte de simulação não influenciou nos resultados finais, ou seja, para o ambiente de simulação não importa a quantidade de meses que se está simulando, mas sim os parâmetros de entrada.

3.1.9 Documentação

A documentação deste trabalho foi realizada de duas formas: no próprio ambiente de simulação (o programa) e em um relatório de progresso.

Durante o desenvolvimento deste trabalho foi documentada cada versão do ambiente de simulação de acordo com o seu desenvolvimento e no próprio ambiente de simulação comentou-se todas as atividades, para permitir o rápido e claro

entendimento por outros usuários não familiarizados com o programa. Simultaneamente ao desenvolvimento do ambiente foi criado um relatório com a descrição das atividades, fluxos, diagramas e a lógica do ambiente de simulação. Neste relatório também estava a cronologia do trabalho e as principais decisões tomadas.

A documentação do ambiente de simulação foi realizada com dois objetivos principais que são:

- Primeiro para servir como um guia para que alguém, familiarizado ou não com o ambiente de simulação e com os experimentos realizados, possa fazer uso do mesmo e dos resultados já produzidos;
- Segundo, porque se forem necessárias futuras modificações no ambiente de simulação, toda a documentação existente vem a facilitar bastante os novos trabalhos.

Devido a facilidade de modificação do ambiente de simulação, por pessoas alheias ao processo, que podem involuntariamente (ou não) alterar a configuração do ambiente de simulação, instalou-se senha de acesso ao ambiente e senha de acesso ao arquivo fonte do ambiente de simulação.

4. O CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO DE PEÇAS EM ESTUDO

A empresa utilizada como base para o desenvolvimento do ambiente de simulação é uma multinacional do segmento de máquinas pesadas e no Brasil localiza-se no interior do estado de São Paulo. Ela está presente em aproximadamente 200 países, com 74 fábricas, 14 centros de distribuição de peças, 12 centros de remanufatura, 15 centros de treinamento de serviço e um centro técnico de pesquisas com mais de 3 mil especialistas.

A empresa tem uma planta industrial no Brasil com área de aproximadamente 165.000 m². Ao lado da planta industrial está localizado o Centro de Distribuição de Peças (CDP) da empresa, como mostra a Figura 4.1.

Figura 4.1 – Planta Industrial e o CDP

O CDP em estudo se reporta diretamente ao Centro Mundial de Distribuição de Peças (CMDP) da empresa localizado nos Estados Unidos. Uma característica específica deste CDP é a existência do Depósito Especial Alfandegário (DEA). O DEA é um determinado espaço dentro do CDP dedicado às peças importadas enviadas em consignação pelo CMDP. As peças do DEA não são faturadas para o CDP no Brasil devido à política de devolução de peças não faturadas da organização.

A política de devolução de peças não faturadas da organização tem como objetivo enviar a peça para o país em que há demanda para a mesma, ou seja, caso não haja demanda para peça no Brasil, a peça é devolvida para o CMDP que em seguida repassa a mesma para um CDP que tenha demanda.

O CDP atende atualmente aproximadamente 90% das peças solicitadas. Os clientes diretos do CDP são sete distribuidores exclusivos nacionais. A reposição de estoque é realizada a partir de três tipos de fornecedores:

- A própria planta industrial;
- Vários fornecedores nacionais (mais de 140);
- O Centro Mundial de Distribuição de Peças para as peças importadas.

No CDP ocorrem atualmente cerca de 50.000 *Calls* (atendimentos) por mês ou cerca de 2.000 *Calls* diários. Para atender esta demanda o inventário do CDP é composto por aproximadamente 100.000 peças que têm sua classificação de acordo com uma codificação composta por quatro números. Cada número da codificação está relacionado com um tipo de classificação da peça. Na Tabela 4.1 têm-se alguns exemplos de códigos.

Tabela 4.1 – Exemplo de Formação de Código

Fonte	Análise	Classe	Código
21	1	2	2112
11	1	5	1115
11	2	1	1121
31	1	3	3113
31	1	4	3114
31	2	2	3122

O primeiro e o segundo número da codificação estão relacionados com a fonte de fornecimento da peça. O fornecedor pode ser nacional ou internacional, com isso as peças são classificadas como nacionais (11 ou 21) ou importadas (31). As peças nacionais podem ser compradas (11) ou fabricadas na própria empresa (21).

O terceiro número da codificação está relacionado com a análise da descontinuidade da peça no inventário ou não. A peça pode ser classificada como impactada (1) ou desimpactada (2). A peça é desimpactada quando não tem mais influência nas vendas da empresa. A peça é desimpactada quando a soma do número de pedidos (*Calls*) nos últimos doze meses for menor que três.

O quarto número da codificação é relacionado com duas características sobre a classe da peça: se a peça é normal ou de proteção e se a peça é A, B ou C.

A classificação proteção é utilizada toda vez que uma máquina nova está sendo lançada no Brasil ou em determinado país, o CDP estoca peças daquele novo modelo. A peça é proteção quando a soma do número de pedidos (*Calls*) nos últimos doze meses for menor que doze, com isso a peça proteção só pode ser classificada como proteção B (4) e proteção C (5).

A classificação normal é utilizada para o restante das peças já consolidadas no mercado. A peça normal pode ser classificada como normal A (1), normal B (2) e normal C (3).

A classificação A, B e C é feita de acordo com a soma do número de pedidos (*Calls*) dos últimos doze meses. Um exemplo de classificação ABC é melhor detalhado na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Exemplo de Classificação ABC

Classificação	Quantidade de <i>Calls</i> dos Últimos 12 Meses
A	ACIMA DE 36
B	ENTRE 6 E 36
C	ABAIXO DE 6

5. O AMBIENTE DE SIMULAÇÃO

5.1 Ambiente de Simulação

Segundo Yamada (2004, p.39), ambiente computacional pode ser definido como sendo o conjunto formado por *hardware* e *software*, que fornecem uma estrutura que permite a interação entre o usuário e o computador, com o propósito de se alcançar uma ou mais finalidades no tratamento de informações. Ainda no campo da informática, o termo ambiente adquire diversas especificidades: ambiente de simulação, desenvolvimento, operacional, de execução, etc.

De acordo com Nonato (1999, p.82), os ambientes de simulação disponibilizam estruturas para a geração do modelo do sistema e do programa de simulação por meio de especificações textuais e gráficas. Cada ambiente apresenta características e aplicações distintas, mas todos oferecem ferramentas para o desenvolvimento de simulação e para a análise dos resultados obtidos através da simulação, além de recursos gráficos que auxiliam na visualização da construção do modelo e da sua execução.

5.2 Definição do Ambiente de Simulação

O ambiente de simulação desenvolvido neste trabalho complementa o sistema gerencial de inventário do CDP realizando simulações futuras dos

indicadores gerenciais sem agredir a integridade dos dados contidos no sistema já existente. A partir destas simulações, os responsáveis pelo inventário têm condições de tomar decisões com maior segurança e mais rapidamente. O ambiente de simulação possibilita aos mesmos avaliar diferentes políticas gerenciais sem impactar ou interromper os processos em andamento no dia-a-dia do CDP.

A lógica de funcionamento do ambiente de simulação é simples e altamente repetitiva, são realizadas uma média de cento e vinte operações matemáticas para cada peça do inventário. O ambiente permite a realização de estudos de simulação via alteração dos dados de entrada e do horizonte de simulação.

O ambiente de simulação possui as seguintes características:

- Quando o operador entra no ambiente de simulação, o sistema verifica se ele tem autorização, caso positivo ele pode realizar a simulação. Quando o operador entra no menu simulação é solicitado os dados de entrada e o horizonte de simulação (quantidade de meses que se deseja simular).
- Quando o sistema recebe as informações executa-se a simulação: faz Reposição de Peças, o Percentual de Atendimento, os Meses de Inventário, a Quantidade de Peça para Devolução, a Quantidade Peça para *Scrap* e o *Forecast* (Previsão de Demanda, Desvio e Reclassificação da Peça) para cada peça do inventário e armazena os dados gerados. O horizonte de simulação que determina a quantidade de vezes que vai ser executada estas operações.
- Após a simulação gera-se um arquivo para o operador com os dados gerados de cada peça na extensão do horizonte de simulação.

5.3 Entradas do Ambiente de Simulação

O ambiente de simulação possui entradas por interface e por planilha do *Microsoft Excel*. As entradas por interface são divididas em dois grupos: interface geral (variáveis de entrada utilizadas por todas as peças) e interface fonte (variáveis de entrada que diferem de acordo com o local de origem da peça, ou seja, nacional ou importada).

A entrada por arquivo (planilha do *Microsoft Excel*) é realizada devido à necessidade de utilização no ambiente de simulação de variáveis de entrada com valores individuais para cada peça, ou seja, cada peça tem características individuais que entram no ambiente de simulação pelo arquivo peça.

Os dados de entrada por interface são determinados pelo operador do inventário e os dados do arquivo peça são fornecidos diretamente do sistema de gerenciamento de inventário do CDP.

A seguir, detalham-se as variáveis de entrada e quais as suas funções. Após cada tipo de entrada de dados têm-se suas respectivas representações em figuras. As variáveis de entrada pela interface geral estão divididas em três tipos, que são:

1. Tabelas

- Tabela de *Calls*: determina qual a classe (A, B ou C) pertence à peça de acordo com a quantidade de *Calls* durante o mês;
- Tabela de Lote por Mês: determina a quantidade de lotes de cada peça que serão pedidos em cada mês de acordo com o preço da peça;

- Tabela Dias Úteis Mês: determina os dias úteis de cada mês do horizonte de simulação. É necessário fornecer também os dias úteis dos três meses que antecedem a simulação para realização do cálculo das vendas normalizadas quadrimestral para o primeiro mês de simulação.

Figura 5.1– Interface de Entrada de Dados Geral (Tabelas)

2. Projeção de Demanda

Os dados fornecidos na interface da Figura 5.2 são utilizados na projeção da demanda real de cada peça do inventário.

- Meses de Previsão de Variação de Mercado: é a quantidade de meses que terão crescimento ou diminuição de mercado. O mês inicial de simulação não é considerado para crescimento ou diminuição do mercado;

- Percentual de Previsão de Variação de Mercado: é o valor percentual estimado médio do crescimento ou diminuição do mercado durante os meses de previsão de variação de mercado;
- Previsão de Promoção de Vendas: é a variação percentual das vendas sobre a demanda. De acordo com a demanda de cada mês, a empresa realiza promoções para aumentar as vendas.

Fórmula do Arquivo Geral

abrir | Inserir | Formatar | Ferramentas | Janela | Ajuda

Previsão de Variação de Mercado

Mês: A   Percentual: 5

Previsão de Promoção de Vendas

Setembro	10
Outubro	4
Novembro	4
Dezembro	1
Janeiro	4
Fevereiro	7
Março	5
Abril	6
Maio	2
Junho	8
Julho	3
Agosto	2

OK?   Sim   Cancelar

Figura 5.2 – Interface de Entrada de Dados Geral (Projeção de Demanda)

3. Dados

- Mês Atual: é o mês em que está se iniciando a simulação;
- Horizonte de Simulação: é a quantidade de meses em que será realizada a simulação;

- Taxa do Dólar: é a cotação do dólar transformada para reais no início da simulação;
- Parâmetro de Proteção: se o número de *Calls* de uma peça nos últimos doze meses for maior que o parâmetro de proteção, então a peça é reclassificada como peça normal;
- MenorDMEDeterminada: é o menor valor da demanda mensal estimada para desimpactar uma peça. Se a DME for menor que a MenorDMEDeterminada então a peça é reclassificada como desimpactada;
- Meses Desimpactação: é quantidade de vezes que se verifica durante o horizonte de simulação se é mês de desimpactar as peças. A frequência de verificação pode ser mensal, trimestral, quadrimestral, semestral ou anual;
- Prazo Máximo de Permanência no Depósito Especial Alfandegário (DEA): é o prazo máximo de permanência em meses de uma peça no estoque do DEA;
- Meses Devolução Depósito Especial Alfandegário (DEA): é quantidade de vezes que se verifica durante o horizonte de simulação se é mês de devolução de peças estocadas no DEA. A frequência de verificação pode ser mensal, bimestral, trimestral, quadrimestral, semestral ou anual;
- Parâmetro de Impactação: se o número de *Calls* de uma peça nos últimos doze meses for menor que o parâmetro de impactação, então a peça é reclassificada como desimpactada;
- Percentual Médio de Impactação: é utilizado no cálculo da nova DME quando a peça passa de desimpactada para impactada;
- Valor de Devolução do Estoque Físico de Peças Faturadas (DPF): é o valor de devolução em reais de peças do estoque do DPF permitido para cada mês de simulação;

As variáveis de entrada da interface fonte são divididas em nacional e importada. As principais variáveis de cada tipo de fonte são:

Fonte Nacional

- Política de Estoque Máximo: é a política de estoque máximo da família de peça impactada nacional normal A;
- Política de Estoque Mínimo: é a política de estoque mínimo da família de peça impactada nacional normal A;
- Alfa: é o coeficiente de suavização utilizado no cálculo da previsão de demanda das peças nacionais. Esse coeficiente é determinado por especialistas na previsão de demanda do CDP;
- Estoque em Trânsito: é o número de dias que as peças passam em média para serem transportadas dos fornecedores para o CDP;
- Política de Dias Máximos: é uma política de segurança para as peças classificadas como impactada nacional normal A, B e C;
- Tempo de Consolidação dos Pedidos: é o número de dias em média para consolidar os pedidos;
- Percentual de Adequação da DME (PADMEN): é o percentual estimado de crescimento ou diminuição da Demanda Mensal Estimada (DME) das peças nacionais durante a simulação.

Figura 5.4 – Interface de Entrada de Dados Fonte Nacional

Fonte Importada

- Política de Estoque Máximo: é a política de estoque máximo da família de peça impactada importada normal A;
- Política de Estoque Mínimo: é a política de estoque mínimo da família de peça impactada importada normal A;
- *Lead Time*: é o tempo total desde a colocação do pedido até o recebimento da peça no CDP de peças importadas. O lead time é calculado em meses.
- Alfa: é o coeficiente de suavização utilizado no cálculo da previsão de demanda da peças importadas. Esse coeficiente é determinado por especialistas na previsão de demanda do CDP;

- Percentual de Adequação da DME (PADMEI): é o percentual estimado de crescimento ou diminuição da Demanda Mensal Estimada (DME) das peças importadas durante a simulação.

Figura 5.5 – Interface de Entrada de Dados Fonte Importada

As variáveis de entrada do arquivo peça da planilha *Excel* são:

- Código da Peça: é o código da peça utilizado para localização da peça no inventário;
- Código (Fonte, Análise, Classe): é o código utilizado para o gerenciamento do inventário;
- Fator de Segurança (FatorK): é o fator de segurança utilizado no cálculo do estoque de segurança. Ele é determinado por especialista no inventário e seu valor varia de acordo com importância da peça para o CDP;

- Demanda Mensal Estimada (DME): é a previsão de demanda estimada da peça no início de cada mês de simulação. A DME fornecida no arquivo peça é utilizada somente no primeiro mês de simulação;
- Desvio: é o desvio acumulado entre a demanda real e a demanda prevista. O desvio fornecido no arquivo peça é utilizado somente no primeiro mês de simulação;
- Lote Mínimo: é o lote mínimo de compra da peça. Quando a peça é comprada, no cálculo da reposição da peça observa-se o lote mínimo de compra;
- Mínimo de Proteção: as peças classificadas como proteção possuem um estoque mínimo de proteção, que em alguns casos é o estoque mínimo ou estoque máximo;
- *Lead Time*: é o *lead time* das peças nacionais;
- Múltiplo de Embalagem: é número múltiplo de embalagem utilizado quando a peça é fabricada na própria planta industrial da empresa no Brasil;
- Peso Unitário: é o peso de cada peça;
- Preço de Venda: é o preço de venda de cada peça;
- BO (*Backorders*): são os *Calls* que não foram atendidos durante o mês de simulação;
- Estoque Físico de Peças Faturadas (DPF): é o estoque físico de peças faturadas;
- Depósito Especial Alfandegário (DEA): é o estoque físico de peças não-faturadas;
- Custo Unitário: é o custo unitário de cada peça;
- Número de *Calls*: é a quantidade de *Calls* de cada mês;

- Quantidade de Peças por *Calls*: é a quantidade de peças por *Calls* de cada mês;
- Família: é a família a qual a peça pertence. O inventário é dividido em doze famílias que são:

Tabela 5.1– Famílias das Peças do Inventário

Família	Classificação
1	Impactada Nacional Normal A
2	Impactada Nacional Normal B
3	Impactada Nacional Normal C
4	Impactada Nacional Proteção B
5	Impactada Nacional Proteção C
6	Impactada Importada Normal A
7	Impactada Importada Normal B
8	Impactada Importada Normal C
9	Impactada Importada Proteção B
10	Impactada Importada Proteção C
11	Desimpactada Nacional
12	Desimpactada Importada

- Lote Meses: é a quantidade de lotes que serão pedidos em cada mês de acordo com o preço unitário da peça.

O programa de gerenciamento do inventário do CDP fornece os dados em uma planilha do *Microsoft Excel* de acordo como está na Figura 5.6. Na Figura 5.6 a única simplificação foi nas variáveis números de *Calls* e quantidade de peças por *Calls* que foram mostradas somente em uma coluna e, na verdade, no arquivo peças cada uma dessas variáveis tem trinta e seis colunas referente aos dados históricos dos meses anteriores à simulação. A Figura 5.7 mostra a interface de visualização do arquivo peças no ambiente de simulação.

Figura 5.6 – Arquivo Peças

No	C. Peça	Fonte	Análise	Classe	FatorK	DME	Desvio	Lote Mín	Mín Prot	L. Time	M. Emb	Peso	Fam	P.Venda	BO	Est.DPF	Est.DEA	C.Unit	Call 01...36	QPC 01...36	Lot Meses
1	6R5901	11	1	1	2,75	356	0,73	0	0	21	0	4,32	1	65,68	6	50	0	31,5	22	19	2
2	2S1788	31	1	1	2,75	91	0,91	10	0	0	0	5,14	6	176,4	1	0	89	141,12	10	9	1
3	5R3456	11	1	1	2,5	189	0,73	0	0	12	0	12,65	1	259,35	4	251	0	167,4	11	18	1
4	3G7718	21	1	2	2,25	30	7,89	0	0	12	0	3,904	2	128,32	2	220	0	105,74	5	3	2
5	0R9807	31	1	1	3	101	3,54	0	0	0	0	1,217	6	188,1	0	0	263	153,65	7	7	1
6	0R4053	31	1	3	1,5	2	0,52	0	0	0	0	1,12	8	132,21	0	0	7	100,09	1	1	2
7	3B5822	11	1	1	2,5	170	0,87	0	0	5	0	8,9	1	178,77	6	145	0	145,4	10	7	2
8	3B7764	21	1	2	2,25	28	0,53	5	0	13	2	6,54	2	43,56	3	32	0	28,54	4	1	3
9	3D0490	31	1	1	3	109	1,54	0	0	0	0	1,65	6	78,9	2	0	33	71,12	7	7	2
10	4R6428	11	1	5	1,5	2	0,45	0	1	4	0	33,31	5	0,653	0	5	0	0,424	0	0	3
11	2X6472	11	1	3	2	3	3,25	0	0	22	0	41,14	3	0,751	0	5	0	0,431	1	2	3
12	3D8439	21	1	2	2,25	21	0,51	0	0	16	0	2,54	2	128,32	2	65	0	102,656	5	4	2
13	3E6387	31	1	3	2	4	0,01	0	0	0	0	13,2	8	42,2	1	0	3	33,76	1	1	2
14	3D8439	11	1	4	1,5	5	7,63	0	11	12	0	0,136	4	3,64	0	2	0	0,68	2	1	3
15	5Y1416	31	1	1	2,75	131	5,32	0	0	0	0	22,65	6	104,3	0	0	12	83,44	6	13	2
16	6F7045	31	1	3	1	5	0	0	0	0	0	11,32	8	89,07	3	0	3	71,256	1	1	2
17	6N7727	11	1	1	2,5	181	1,8	0	0	10	0	8,91	1	67,89	2	301	0	54,312	12	13	2
18	6T3580	31	1	1	3	99	1,1	0	0	0	0	5,65	6	65,98	6	0	89	52,784	13	12	2
19	6W8448	11	1	1	2	153	0,87	5	0	22	0	4,01	1	98,75	6	105	0	79,65	9	13	2
20	7X2887	21	1	2	2,25	28	0,32	0	0	24	0	4,3	2	45,32	4	41	0	36,256	6	5	2
21	7X7852	31	1	1	2,75	105	4,1	0	0	0	0	1,31	6	56,87	2	0	303	45,496	7	10	2
22	0R1447	11	1	5	1,5	3	0,16	0	2	1	0	6,22	5	261,48	0	2	0	238,75	0	0	1
23	0R2707	31	1	5	1	3	2	0	4	0	0	14,619	10	183,8	0	0	1	154,97	0	0	1
24	0R2733	31	1	4	2	8	1,04	0	8	0	0	2,406	9	133,82	0	0	3	109,43	0	0	2
25	9S9334	21	1	4	1,5	5	6,96	0	8	14	10	0,127	4	5,55	0	0	3	1,16	0	0	3
26	0R3840	31	1	5	1	1	0,4	0	2	0	0	51,62	10	340,24	0	0	3	312,54	0	0	1
27	0R4053	31	2	2	1,25	0	0	0	0	0	0	180,32	12	137,72	1	0	1	130,54	0	0	2
28	0R4125	31	1	3	2	3	1,63	0	0	0	0	91,526	8	434,77	0	0	6	344,54	1	1	1
29	0R5751	11	1	2	2,25	23	0,13	0	0	12	0	27,83	2	799,2	1	43	0	617,36	0	0	1
30	0R5880	11	1	3	1,75	2	0,12	0	0	21	0	2,414	3	960,36	0	2	0	850,89	1	1	1
31	0R5901	11	1	1	2,25	235	0,7	0	0	21	0	4,67	1	157,9	4	355	0	105,87	24	5	2
32	0R6785	31	2	2	1	0	0	0	0	0	0	2,86	12	186,49	0	0	2	171,89	0	0	1
33	4J8543	21	1	3	2	5	0,937	0	0	24	0	6,31	3	313,13	0	0	14	221,21	2	2	1
34	0R8182	31	1	2	2	18	0	8	0	0	0	6,356	7	442,03	0	0	15	408,9	5	3	1
35	4J7684	31	1	1	3	95	2,432	20	0	0	0	44,43	6	43,43	0	0	34	40,43	9	11	2
36	1N3599	21	1	2	2,5	13	2,5	0	0	37	0	1,712	2	97,27	0	25	0	47,64	2	2	2
37	2W0189	31	1	5	1	2	0	0	2	0	0	2,088	10	195,56	0	0	1	168,56	0	0	1
38	2W2605	31	1	2	2,25	10	3,7	0	0	0	0	0,409	7	67,35	1	0	12	51,18	6	5	2
39	0K1731	11	2	1	1,25	0	0	0	0	13	0	23,1	11	0,642	0	0	0	0,313	0	0	3
40	2Y3336	11	2	1	1,25	0	0	0	0	31	0	0,136	11	39,79	0	0	3	20,34	0	0	3
41	2G6365	11	1	4	1,5	4	1,322	0	14	1	0	0,135	4	2,52	0	4	0	0,3	2	2	3
42	2Y3969	31	2	2	1,25	0	0	0	0	0	0	5,5	12	561,64	0	0	1	476,23	0	0	1
43	2Y5168	31	2	2	2	0	0	0	0	0	0	36	12	416,26	0	0	1	310,76	0	0	1
44	2Y5802	31	1	3	1,75	3	0,79	0	0	0	0	0,045	8	4,28	0	0	5	3,41	0	0	3
45	2Y5880	11	1	2	2,5	15	0,51	0	0	21	0	0,045	2	0,58	0	14	0	0,32	0	0	3
46	2Y7683	11	2	1	1	0	0	0	0	50	0	1,85	11	83,06	0	0	0	27,22	0	0	3
47	3B5822	21	1	2	2,69	14	0,5	0	0	17	2	0,091	2	6,3	0	21	0	1,72	4	6	3
48	3B7764	31	2	2	1,25	0	0	0	0	0	0	180,32	12	137,72	1	0	1	130,54	0	0	2
49	3D0490	11	1	1	2,75	180	5,52	0	0	50	0	0,05	1	2,4	7	233	0	0,32	19	6	3
50	3G8047	21	1	5	1,5	2	1,14	0	1	21	0	0,182	5	10,98	0	2	0	5,52	0	0	3

No	Cod. Peça	Fonte	Análise	Classe	Preço	CMR	Unidade	Lote/Id	Vlt. Prod	Lead Time	Múltiplo	Peso	Paralelo	P/Venda	B.J.	Est. DPP	Est. DCA	Lote Unit	DT_CALL	DT_CALL	DT_CALL
1	0815301	11	1	1	2,75	356	5,45	0	3	21	0	4,32	1	65,66	54	1250	0	31,5	22	21	23
2	251788	31	1	1	2,75	191	1,91	70	3	0	0	5,14	6	176,4	6	0	1342	141,12	10	12	11
3	063496	11	1	1	2,5	189	5,72	0	3	12	0	12,65	1	229,33	4	251	0	167,4	11	11	12
4	363710	71	1	2	2,25	30	2,86	0	3	12	0	3,004	2	130,53	2	330	0	106,74	5	7	4
5	0813337	31	1	1	3	100	2,54	0	3	0	0	1,297	6	130,1	0	0	240	150,05	7	6	5
6	0814353	31	1	3	1,5	2	1,50	0	3	0	0	1,12	8	122,47	0	0	7	100,09	1	0	1
7	885822	21	1	1	2,5	174	5,87	0	3	5	2	8,9	1	129,77	21	887	0	145,4	10	14	12
8	387764	21	1	2	2,5	28	50	15	3	13	2	6,54	2	43,58	3	32	0	28,34	4	7	0
9	361690	11	1	1	3	100	1,54	0	3	0	0	1,65	6	25,8	2	0	23	71,12	7	8	10
10	2010301	11	1	5	1,5	2	1,45	0	3	4	0	30,20	5	128,0	0	15	0	1,45	0	2	0
11	2004702	11	1	3	2	3	2,25	0	3	22	0	41,14	3	1,75	0	5	0	1,423	1	0	1
12	301849	21	1	3	2,25	4	1,43	0	3	16	0	2,54	2	128,32	9	85	0	102,896	1	1	0
13	386387	31	1	3	2	4	1,01	0	3	0	0	13,2	8	42,2	1	0	12	33,76	1	0	1
14	301849	11	1	4	1,5	5	2,60	0	0	12	0	1,136	4	3,64	0	21	0	2,63	1	0	1
15	501416	71	1	1	2,25	130	5,30	0	3	17	4	25,85	1	154,1	0	311	0	83,91	9	10	11
16	0817065	31	1	3	1,5	5	1,10	0	3	0	0	11,20	0	60,02	3	0	2	71,260	2	0	0
17	681727	11	1	1	2,5	281	1,54	0	3	10	0	8,91	1	67,88	2	3454	0	54,312	12	12	11
18	613580	31	1	1	3	99	1,12	0	3	0	0	5,65	6	67,88	12	0	2575	52,784	13	10	12
19	6008448	11	1	1	2,75	193	1,87	40	3	22	0	4,01	1	65,75	6	1105	0	79,35	8	11	11
20	2008807	11	1	3	2	20	1,40	0	3	24	0	4,2	2	45,20	4	41	0	36,796	6	6	4
21	2008807	31	1	1	2,25	105	4,10	0	3	0	0	1,30	6	60,02	2	0	240	45,000	7	6	5
22	081447	11	1	5	1,5	3	1,16	0	4	11	0	6,22	5	281,48	0	2	0	238,75	0	1	0
23	062207	31	1	5	1,25	3	2,1	0	4	0	0	14,615	10	123,8	1	0	11	154,97	0	0	1
24	062733	31	1	4	2	8	1,04	0	3	0	0	2,405	9	33,52	0	0	3	109,43	0	0	0
25	953334	71	1	4	1,5	5	5,96	0	5	14	2	1,127	4	8,85	0	0	23	1,15	0	3	1
26	0813040	31	1	5	1	4	1,04	0	2	0	0	51,62	10	240,34	0	0	3	312,54	0	0	0
27	0814353	21	2	2	1,25	0	0	0	3	0	0	160,32	12	137,72	1	0	12	130,54	0	0	0

Figura 5.7 – Interface de Visualização do Arquivo Peças

5.4 A lógica de Funcionamento do Ambiente de Simulação

O ambiente de simulação executa sequencialmente e de maneira repetitiva um conjunto de instruções. Na medida em que as instruções são executadas, os valores das variáveis são alterados, uma vez que se modificam as condições que influenciam o comportamento do ambiente de simulação.

A ambiente de simulação inicia quando o operador do inventário solicita acesso ao sistema. O sistema verifica se ele tem autorização, em caso positivo é liberado o acesso ao sistema. Se a autorização for negativa, o operador solicita *login* e senha para o administrador do sistema. Após entrar no ambiente de simulação, o operador vai ao menu inventário e cria os arquivos de entrada de dados: fonte nacional, fonte importada e geral. No mesmo menu inventário, o operador pode visualizar o arquivo peça. Ainda no mesmo menu, o operador seleciona a opção

simular e após abrir todos os arquivos de entrada (fonte nacional e importada, geral e arquivo peça), inicia-se a simulação.

A simulação inicia com a criação de uma lista virtual denominada lista de peças para inserção dos dados de cada peça. Em seguida, o código de cada peça é formado. As peças possuem códigos numéricos de quatro dígitos formados a partir da entrada dos dados (Fonte, Análise, Classe) pelo arquivo peça. No arquivo peça há uma divisão em colunas de acordo com as características de cada peça. Estas colunas são agrupadas formando o código. De acordo com o código formado a peça é classificada. A seção 5.4.1 detalhará melhor a classificação de cada peça. Os dados de entrada de cada peça são inseridos na lista de peças de acordo com a classificação da peça.

Após a classificação da peça, o sistema inicia o cálculo da projeção da demanda real da peça. A seção 5.4.2 detalhará melhor o cálculo da projeção da demanda real.

Depois de classificar as peças, projetar suas demandas reais para todo o horizonte de simulação e inserir todos os dados na lista de peças, inicia-se a segunda fase da simulação. Na segunda fase da simulação, o sistema realiza o cálculo da Reposição de Estoque, o cálculo do Percentual de Atendimento de Pedidos, o cálculo dos Meses de Inventário, o cálculo das Devoluções de Peças Faturadas e Não-Faturadas, o cálculo do *Scrap* e o cálculo da Previsão de Demanda (*Forecast*) para cada peça do inventário. O horizonte de simulação determina a quantidade de vezes que vão ser executadas estas operações. Após a simulação gera-se um arquivo de resultados com os dados de cada peça na extensão do horizonte de simulação. As próximas seções detalharão melhor cada cálculo descrito acima.

Nas peças nacionais, após o cálculo do *Scrap*, verifica-se se é mês de calcular a devolução de peças faturadas, se for mês de devolução verifica-se a necessidade de devolução, se não for mês de devolução passa para a última fase que é o cálculo da Previsão de Demanda (*Forecast*) do próximo mês. Na Figura 5.8 se pode observar melhor o fluxo de simulação das peças nacionais.

Nas peças importadas, após o cálculo do *Scrap*, verifica-se se é mês de calcular a devolução de peças faturadas e também de peças não faturadas, se for mês de devolução verifica-se a necessidade de devolução, se não for mês de devolução passa para a última fase que é o cálculo da Previsão de Demanda (*Forecast*) do próximo mês. Na Figura 5.9 se pode observar melhor o fluxo de simulação das peças importadas.

Figura 5.8 – Fluxo de Simulação de Peças Nacionais

Figura 5.9 – Fluxo de Simulação de Peças Importadas

5.4.1 Classificação das Peças

O código da peça é formado a partir da entrada dos dados (Fonte, Análise, Classe) pelo arquivo peça. Após a formação do código inicia-se a classificação. A classificação da peça consiste nas seguintes etapas:

- Primeiramente, verifica-se se o código 2 da peça é igual a 2, ou seja, realiza-se uma análise para verificar se a peça é desimpactada (Código 2=2) ou impactada (Código 2=1);
- O segundo passo da classificação é verificar qual a fonte da peça, nacional ou importada. Se o código 0 for igual a 3 e o código 1 for igual a 1, a peça é classificada como importada. Se o código 0 for igual a 1 ou 2 e o código 1 for igual a 1, a peça é classificado como nacional. A existência de dois códigos (11 e 21) para peças nacionais é devido à existência de peças produzidas na própria fábrica da empresa e também à existência de peças compradas de fornecedores nacionais;
- O último passo da classificação da peça é a verificação de qual classe a peça pertence. As possíveis classes são: Normal A (Código 3=1), Normal B (Código 3=2), Normal C (Código 3=3), Proteção B (Código 3=4) e Proteção C (Código 3=5). A lógica dessa verificação é realizar testes para o código 3 da peça até descobrir em qual das classes a peça se encaixa.

Na Figura 5.10 o fluxograma da classificação das peças é detalhado de acordo com o descrito acima.

Figura 5.10 – Classificação das Peças

A Tabela 5.2 mostra detalhadamente exemplos de classificação das peças.

Tabela 5.2 – Exemplo de Classificação das Peças

Código	Classificação dos Itens
1121	Desimpactada Nacional
3122	Desimpactada Importada
1112	Impactada Nacional Normal B
3115	Impactada Importada Proteção C
3112	Impactada Importada Normal B
2115	Impactada Nacional Proteção C
1114	Impactada Nacional Proteção B
3111	Impactada Importada Normal A
2111	Impactada Nacional Normal A
3114	Impactada Importada Proteção B
3113	Impactada Importada Normal C
1113	Impactada Nacional Normal C

5.4.2 Projeção da Demanda Real

Para cada mês do horizonte de simulação é necessário ter uma demanda, como não é possível obter a demanda real de meses futuros, optou-se por calcular a projeção da demanda real baseando-se em métodos quantitativos baseados em séries temporais.

O cálculo da demanda real consiste em a partir da demanda histórica de trinta e seis meses projetar a demanda de acordo com horizonte de simulação. Essa projeção é realizada considerando diversos fatores como tendência, sazonalidade, promoção de venda, crescimento ou diminuição de mercado.

O cálculo da projeção da demanda real para cada peça é realizado da seguinte forma:

- Inicialmente calcula-se a tendência histórica (TH) baseada em trinta e seis meses de demanda histórica (DH). A tendência histórica é composta pela média móvel mensal (MM), o acréscimo ou decréscimo mensal da demanda (ADM) e o número de meses do horizonte de simulação (k). O cálculo da demanda histórica (DH) é obtido pela equação 5.1.

$$DH_i = C_i \times QPC_i, \quad i = 1, 36 \quad (5.1)$$

A partir dos valores obtidos pela Eq.(5.1), soma-se as demandas históricas da seguinte forma:

$$SDH_i = \sum_{j=i}^{i+11} DH_j, \quad i = 1, 25 \quad (5.2)$$

A partir dos valores obtidos na Eq.(4.2), tem-se:

$$MM_i = \frac{(SDH_i + SDH_{i+1})}{24}, \quad i = 1, 24 \quad (5.3)$$

A partir dos valores obtidos na Eq. (5.3), compara-se se houve acréscimo ou decréscimo na demanda histórica:

$$ADM = \sum_{i=13}^{24} MM_i - \sum_{i=1}^{12} MM_i \quad (5.4)$$

Somando a Eq.(5.3) com a Multiplicação da Eq. (5.4) pelo número de meses do horizonte de simulação (k), tem-se:

$$TH = MM_{24} + (k \times ADM) \quad (5.5)$$

Onde:

DH – demanda histórica

C – número de *Calls*

QPC – número de peças por *Call*

SDH – soma da demanda histórica utilizando doze meses seqüenciais

MM – média móvel mensal

TH – tendência histórica

k – número de meses do horizonte de simulação

ADM – acréscimo ou decréscimo mensal da demanda

- A segunda etapa é o cálculo da variação cíclica ou sazonalidade (S). A sazonalidade é obtida pelo cálculo do desvio médio real (DMR). O DMR é obtido a partir do cálculo do desvio real da média móvel (DR). As equações 5.6 e 5.7 mostram detalhadamente o cálculo de DR, DMR e S;

$$DR = \left(\frac{DH_i}{MM_i} \right) \times 100, \quad i = 1, 24 \quad (5.6)$$

$$S = DMR_j = \left(\frac{DR_j + DR_{j+12}}{2} \right), \quad j = 1, 12 \quad (5.7)$$

Onde:

DR – desvio real da média móvel

S – sazonalidade

DMR – desvio médio real

- A terceira etapa é o cálculo do fator de crescimento ou diminuição mensal do mercado (F). No início da simulação o operador do ambiente de simulação determina o valor de previsão de crescimento ou diminuição do mercado (VPM) e também determina em quais meses vai haver o crescimento ou diminuição do mercado. Se o mês previsto para a diminuição ou crescimento do mercado for maior que o mês simulado, então o fator F fica igual a um. A equação 5.8 mostra o cálculo do fator F;

$$F_k = \left(\frac{VPM}{100} \right) + 1 \quad (5.8)$$

Onde:

F – fator de crescimento ou diminuição mensal do mercado

VPM – valor de previsão de crescimento ou diminuição do mercado

- A quarta etapa é cálculo da promoção de venda (PV). No início da simulação o operador do ambiente de simulação determina o valor da variação percentual das vendas sobre a demanda de cada mês do ano, ou seja, determina o percentual de previsão de promoção de vendas (PPV) de cada mês do ano. A equação 5.9 mostra detalhadamente o cálculo de PV;

$$PV_k = \left(\frac{PPV}{100} \right) + 1 \quad (5.9)$$

Onde:

PV – promoção de venda

PPV – percentual de previsão de promoção de vendas

- A projeção da demanda real (PDR) para cada mês do horizonte de simulação é obtida a partir de todas as etapas anteriores. Após o cálculo de PDR, realiza-se o cálculo da quantidade média de peças por *Calls* (QPC) para cada mês do horizonte de simulação. O QPC é obtido pela média dos QPC do mesmo período da demanda histórica de trinta e seis meses. A partir do cálculo de PDR e QPC obtém-se o número de *Calls* para cada mês do horizonte de simulação. As equações 5.10, 5.11 e 5.12 descrevem matematicamente o processo descrito acima;

$$PDR_k = [MM_{24} + (k \times ADM)] \times DMR_k \times F_k \times PV_k, \quad k=1,12 \quad (5.10)$$

$$QPC[36+k] = \frac{QPC[0+k] + QPC[12+k] + QPC[24+k]}{3}, \quad k=1,12 \quad (5.11)$$

Dividindo a Eq.(5.10) pela Eq. (5.11), tem-se:

$$C[36+k] = \frac{PDR_k}{QPC[36+k]}, \quad k=1,12 \quad (5.12)$$

Figura 5.11 – Projeção da Demanda Real

5.4.3 Reposição de Peças

A reposição da peça do CDP tem como objetivo determinar quanto e quando repor a peça. A política de reposição de peça adotada para as peças impactadas utiliza recursos dos dois principais modelos para a demanda independente que são: o modelo de revisão periódica e o modelo de revisão contínua. O fluxograma do

processo de reposição das peças impactadas nacionais é mostrado no anexo 12 e o fluxograma do processo de reposição das peças impactadas importadas é mostrado no anexo 13.

As peças desimpactadas não têm uma política de reposição de peças devido ao fato de não ter demanda. Em alguns casos pode haver a necessidade de reposição de estoque somente para atender as *backorders* (BO). Na seção 5.4.3.1 detalha-se melhor esse procedimento.

A política de reposição de cada peça impactada sofre variações de acordo com a classificação da peça, mas basicamente o funcionamento do sistema é o seguinte:

- Quando a posição de estoque de cada peça atinge um nível mínimo (estoque mínimo), uma quantidade de peça (Q) é solicitada para repor o estoque para um nível máximo (estoque máximo). O cálculo do estoque mínimo, estoque máximo e da quantidade de peça varia de acordo com a classificação da peça;
- Para não ocorrer falta de estoque do momento em que se faz o pedido até o recebimento da peça utiliza-se um estoque de segurança (ES). Cada peça do inventário tem um valor de estoque de segurança diferente. O ES é obtido pela seguinte fórmula:

$$ES = D \times FatorK \quad (5.13)$$

Onde:

D – desvio acumulado

FatorK – fator de segurança

Nas próximas seções serão detalhadas as políticas de reposição de estoque de acordo com a classificação da peça.

5.4.3.1 Peça Desimpactada Nacional e Importada

As peças desimpactadas são peças que não têm mais demanda, com isso serão descontinuadas. Neste tipo de peça a reposição de estoque é realizada da seguinte forma:

- Se tiver *backorder* (BO), ou seja, a existência de ordens que não foram totalmente atendidas durante o mês, então é necessário fazer a reposição da peça somente nas quantidades exatas para atender as BO;
- Se não tiver *backorder* (BO) não se faz reposição de estoque da peça.

5.4.3.2 Peça Impactada Nacional Normal A

As peças impactadas nacionais normais A são as peças com maior importância dentre todas as peças do inventário devido sua representatividade nas vendas da empresa. A reposição desta peça é realizada da seguinte forma:

- Inicialmente calcula-se o *lead time* em forma de mês. O *lead time* em forma de mês de cada peça é o menor valor inteiro maior do que o resultado da divisão do *lead time* em dias por 30. O *lead time* em dias é obtido pelo arquivo de entrada peças;

$$LT_{mes} = \left\lceil \left(\frac{LT_{dias}}{30} \right) \right\rceil \quad (5.14)$$

Onde:

LT_{mes} – *lead time* em meses

LT_{dias} – *lead time* em dias

- A próxima etapa é calcular a posição final do estoque (PFE). A PFE é calculada a partir do estoque disponível total (EDT) e da demanda histórica (DH) do mês de simulação. O EDT é obtido a partir do estoque físico de peças faturadas (DPF), dos recebimentos programados (RP) e das backorders (BO). O EDT e a PFE são obtidos pelas equações 5.15 e 5.16;

$$EDT = DPF + RP - BO \quad (5.15)$$

$$PFE = EDT - DH \quad (5.16)$$

Onde:

PFE – posição final do estoque

EDT – estoque disponível total

DH – demanda histórica

DPF – estoque físico de peças faturadas

RP – recebimentos programados

BO – *backorders*

- Para verificação da necessidade de repor ou não o estoque, compara-se o valor da posição final do estoque (PFE) com o valor do estoque mínimo (MIN). Se a PFE for maior do que MIN, então não há necessidade de realizar a reposição de estoque. Se a PFE for menor do que MIN, então a quantidade de reposição da peça (Q) do mês atual de simulação será igual à diferença entre o valor do estoque máximo (MAX) e a PFE. O recebimento programado (RP) do mês atual de simulação mais o *lead time* em mês será igual à Q do mês atual de simulação. As equações 5.17 e 5.18 representam esse processo matematicamente:

Se a $PFE < MIN$:

$$Q[MêsSimulação] = MAX - PFE \quad (5.17)$$

$$RP[MêsSimulação + LTmes] = Q[MêsSimulação] \quad (5.18)$$

- Se a peça for comprada, verifica-se se o lote mínimo de compra (LMC) é diferente de zero. Se a reposição da peça (Q) do mês atual de simulação for menor que LMC, então Q será o próprio LMC;

Se a $LMC > 0$ e $Q < LMC$:

$$Q[MêsSimulação] = LMC \quad (5.19)$$

- Se a peça for fabricada na própria empresa, calcula-se a quantidade de embalagem (QE). Após calcular o QE, multiplica-se a mesma pelo múltiplo de embalagem (ME) e obtém-se a quantidade de peça por embalagem (QPE).

Se a QPE for menor que a DME, o Q do mês atual de simulação será igual a QPE. As equações 5.20, 5.21 e 5.22 mostram o processo acima;

Se a Peça for Fabricada na Própria Empresa:

$$QE = \frac{Q}{ME} \quad (5.20)$$

$$QPE = QE \times ME \quad (5.21)$$

Se $QPE < DME$:

$$Q = QPE \quad (5.22)$$

- Para calcular a reposição da peça (Q) são necessários calcular o estoque mínimo (MIN) e o estoque máximo (MAX). O cálculo do MIN e do MAX dependem da política de estoque mínimo da fonte nacional (PEMIN) e da política de estoque máximo da fonte nacional (PEMAX) que são determinadas pelo operador do inventário no início da simulação na interface fonte nacional. A O cálculo do MIN e do MAX estão representados nas equações 5.23 e 5.24;

$$MIN = DMEA \times PEMIN \quad (5.23)$$

$$MAX = DMEA \times PEMAX \quad (5.24)$$

$$DMEA = DME \times PADMEN \quad (5.25)$$

Onde:

DMEA – demanda mensal estimada atualizada

DME – demanda mensal estimada

PADMEN – percentual de adequação da DME nacional

PEMIN – política de estoque mínimo da fonte nacional

PEMAX – política de estoque máximo da fonte nacional

- Para atualizar o estoque físico de peças faturadas (DPF) e as *backorders* (BO) para o mês seguinte de simulação, verifica-se o valor da posição final do estoque (PFE). Se a PFE for menor que zero, o DPF do mês seguinte será igual a zero e a BO do mês seguinte será igual a menos PFE. Se a PFE for maior ou igual a zero, então o DPF do mês seguinte será igual a PFE e a BO do mês seguinte será igual a zero. Matematicamente tem-se:

Se $PFE < 0$: (5.26)

$DPF [MêsSimulação + 1] = 0$;

$BO [MêsSimulação + 1] = - PFE$;

Se $PFE \geq 0$: (5.27)

$DPF [MêsSimulação + 1] = PFE$;

$BO [MêsSimulação + 1] = 0$;

5.4.3.3 Peça Impactada Nacional Normal B e C

As peças impactadas nacionais normais B e C têm o processo de cálculo de reposição de peças (Q) semelhante ao das peças impactadas nacionais normais A,

ou seja, se a posição final do estoque (PFE) for menor do que estoque mínimo (MIN), então Q do mês atual de simulação será igual à diferença entre o valor do estoque máximo (MAX) e a PFE. Por último compara-se o Q com o lote mínimo de compra (LMC) e com a quantidade de peça por embalagem (QPE). O recebimento programado (RP) do mês atual de simulação mais o *lead time* em mês será igual à Q do mês atual de simulação. Se a PFE for maior do que MIN, então não há necessidade de realizar a reposição de estoque.

A diferença existente entre as peças desta seção e as da seção anterior está relacionada ao cálculo do MIN e ao cálculo do MAX. Nas equações 5.28 e 5.29 têm-se os cálculos do MIN e do MAX;

$$MIN = \left(\frac{ES}{NDU} \right) \times (LT_{dias} + DC + DT) \quad (5.28)$$

$$MAX = MIN + (PDM \times \frac{ES}{NDU}) \quad (5.29)$$

Onde:

ES – estoque de segurança

NDU – número de dias úteis no mês

LT_{dias} – *lead time* em dias limitado a 15 dias

DC – número de dias de consolidação do pedido

DT – número de dias de transporte

PDM – política de dias máximos

Para atualizar o estoque físico de peças faturadas (DPF) e as *Backorders* (BO) para o próximo mês de simulação, utiliza-se o mesmo método da seção

anterior, ou seja, se a posição final do estoque (PFE) for menor que zero, o DPF do mês seguinte será igual a zero e a BO do mês seguinte será igual a menos PFE. Se a PFE for maior ou igual a zero, então o DPF do mês seguinte será igual a PFE e a BO do mês seguinte será igual a zero.

5.4.3.4 Peça Impactada Importada Normal A

As peças impactadas importadas normais A são as peças com maior importância dentre as peças importadas devido sua representatividade nas vendas da empresa.

A reposição de estoque deste tipo de peça é realizada da seguinte forma:

- Inicialmente calcula-se a posição final do estoque (PFE). A PFE do mês de simulação é igual a diferença entre o estoque disponível total (EDT) do mês de simulação e a demanda histórica (DH) do mês de simulação. Nas peças importadas existem dois tipos de estoques físicos no CDP que são: o estoque físico de peças faturadas (DPF) e o estoque físico de peças não faturadas (DEA). A equação 5.30 e 5.31 mostram o cálculo de EDT e PFE;

$$EDT = (DPF + DEA) + RP - BO \quad (5.30)$$

$$PFE = EDT - DH \quad (5.31)$$

Onde:

PFE – posição final do estoque

EDT – estoque disponível total

DH – demanda histórica

DPF – estoque físico de peças faturadas

DEA – estoque físico de peças não-faturadas ou depósito especial alfandegário

RP – recebimentos programados

BO – *backorders*

- A próxima etapa é a verificação da necessidade de repor ou não o estoque. Se a peça tiver posição final do estoque (PFE) maior que o estoque mínimo (MIN) não há necessidade de realizar a reposição da peça (Q) no mês atual. Se a peça tiver PFE menor que o MIN, repõe-se a quantidade de peça até o estoque máximo (MAX). O recebimento programado (RP) para o próximo mês de simulação será igual a Q do mês atual de simulação;

Se a $PFE < MIN$:

$$Q[MêsSimulação] = MAX - PFE \quad (5.32)$$

$$RP[MêsSimulação + 1] = Q[MêsSimulação] \quad (5.33)$$

- Para calcular a reposição da peça (Q) são necessários calcular o estoque mínimo (MIN) e o estoque máximo (MAX). O cálculo do MIN e do MAX dependem da política de estoque mínimo da fonte importada (PMIN) e da política de estoque máximo da fonte importada (PMAX) que são determinadas pelo operador do inventário no início da simulação na interface fonte importada. A O cálculo do MIN e do MAX estão representados nas equações 5.34 e 5.35;

$$MIN = DMEA \times PMIN \quad (5.34)$$

$$MAX = DMEA \times PMAX \quad (5.35)$$

$$DMEA = DME \times PADMEI \quad (5.36)$$

Onde:

DMEA – demanda mensal estimada atualizada

DME – demanda mensal estimada

PADMEI – percentual de adequação da DME importada

PMIN – política de estoque mínimo da fonte importada

PMAX – política de estoque máximo da fonte importada

- Para atualizar o estoque físico de peças faturadas (DPF), o estoque físico de peças não-faturadas (DEA) e as backorders (BO) para o próximo mês de simulação, utiliza-se o seguinte método, se a posição final do estoque (PFE) for menor que zero, o DPF e o DEA do mês seguinte serão iguais a zero e a BO do mês seguinte de simulação será igual a menos PFE.
- Se a PFE for maior ou igual a zero, então a BO do mês seguinte será igual a zero. Se a demanda histórica (DH) do mês de simulação for menor que DPF, o DPF do mês seguinte será igual a zero e o DEA do mês seguinte será igual a PFE. Se a DH for maior ou igual ao DPF, então o DPF do mês seguinte será igual a DH e o DEA do mês seguinte será igual a PFE menos DH. As equações 5.37 e 5.38 descrevem matematicamente o processo descrito acima;

Se $PFE < 0$: (5.37)

$DPF [MêsSimulação + 1] = 0$;

$DEA [MêsSimulação + 1] = 0$;

$BO [MêsSimulação + 1] = - PFE$;

Se $PFE \geq 0$: (5.38)

$BO [MêsSimulação + 1] = 0$;

Se $DH [MêsSimulação] < DPF [MêsSimulação]$

$DPF [MêsSimulação + 1] = 0$;

$DEA [MêsSimulação + 1] = PFE$;

Se $DH [MêsSimulação] \geq DPF [MêsSimulação]$

$DPF [MêsSimulação + 1] = DH [MêsSimulação]$;

$DEA [MêsSimulação + 1] = PFE - DH [MêsSimulação]$;

5.4.3.5 Peça Impactada Importada Normal B e C

As peças impactadas importadas normais B e C têm o processo de cálculo de reposição de peça (Q) semelhante ao das peças impactadas importadas normais A, ou seja, se a posição final do estoque (PFE) for menor do que o estoque mínimo (MIN), então a Q do mês atual de simulação será igual à diferença entre o valor do estoque máximo (MAX) e a PFE. Se a PFE for maior do que MIN, então não há necessidade de realizar a reposição de estoque. O recebimento programado (RP) do próximo mês de simulação será igual à Q do mês atual de simulação.

A diferença existente entre as peças desta seção e as da seção anterior está relacionada com o cálculo do MIN e o cálculo do MAX. As equações 5.39 e 5.40 mostram matematicamente o cálculo do MIN e do MAX:

$$MIN = (DMEA \times LT) + ES \quad (5.39)$$

$$MAX = MIN + LE \quad (5.40)$$

$$LE = DME \times LM \quad (5.41)$$

Onde:

DMEA – demanda mensal estimada atualizada

LT – lead time total em meses para peças importadas

ES – estoque de segurança

LE – lote econômico

DME – demanda mensal estimada

LM – quantidade de lote por mês

As atualizações do estoque físico de peças faturadas (DPF), do estoque físico de peças não-faturadas (DEA) e das *backorders* (BO) para o próximo mês de simulação são realizadas da seguinte forma:

- Se a posição final do estoque (PFE) for menor que zero, o DPF e o DEA do mês seguinte serão iguais a zero e a BO do mês seguinte de simulação será igual a menos PFE.

- Se a PFE for maior ou igual a zero, então a BO do mês seguinte será igual a zero. Se a demanda histórica (DH) do mês de simulação for menor que o DPF, o DPF do mês seguinte será igual a zero e o DEA do mês seguinte será igual a PFE. Se a DH for maior ou igual ao DPF, então o DPF do mês seguinte será igual a DH e o DEA do mês seguinte será igual a PFE menos DH.

5.4.3.6 Peça Impactada Nacional e Importada Proteção B e C

Toda vez que uma máquina nova está sendo lançada no Brasil ou em determinado país, o CDP estoca peças referentes ao novo modelo. Essas peças são chamadas de sob proteção ou somente de proteção. Se a peça classificada como proteção tiver mais do que onze *Calls* em doze meses, ou seja, um *Call* por mês, a mesma é reclassificada para normal.

Dentro da classificação proteção, as peças podem ser classificadas como B ou C de acordo com a quantidade de *Calls* em doze meses. As peças classificadas como B têm entre seis e onze *Calls* no período de doze meses. As peças classificadas como C têm menos do que seis *Calls* no período de doze meses.

A diferença na política de reposição de estoque entre as peças normais e de proteção estão relacionadas somente com o cálculo do estoque mínimo (MIN) e do estoque máximo (MAX). Todas as peças classificadas como proteção têm o mesmo cálculo do MIN e do MAX que são obtidos de acordo com as equações 5.42 e 5.43;

$$MIN = MP \quad (5.42)$$

$$MAX = MP \quad (5.43)$$

Onde:

MP – quantidade mínima de proteção da peça

Para as peças nacionais, as atualizações do estoque físico de peças faturadas (DPF) e as *backorders* (BO) para o próximo mês de simulação são realizadas da seguinte forma:

- Se a posição final do estoque (PFE) for menor que zero, o DPF do mês seguinte será igual a zero e a BO do mês seguinte será igual a menos PFE. Se a PFE for maior ou igual a zero, então o DPF do mês seguinte será igual a PFE e a BO do mês seguinte será igual a zero.

Para as peças importadas, as atualizações do estoque físico de peças faturadas (DPF), do estoque físico de peças não-faturadas (DEA) e das *backorders* (BO) para o próximo mês de simulação são realizadas da seguinte forma:

- Se a posição final do estoque (PFE) for menor que zero, o DPF e o DEA do mês seguinte serão iguais a zero e a BO do mês seguinte de simulação será igual a menos PFE.
- Se a PFE for maior ou igual a zero, então a BO do mês seguinte será igual a zero. Se a demanda histórica (DH) do mês de simulação for menor que o DPF, o DPF do mês seguinte será igual a zero e o DEA do mês seguinte será igual a PFE. Se a DH for maior ou igual ao DPF, então o DPF do mês seguinte será igual a DH e o DEA do mês seguinte será igual a PFE menos DH.

5.4.4 Nível de Serviço ao Cliente

Para o gerenciamento do nível de serviço ao cliente utiliza-se o indicador percentual de atendimento de pedidos (PAP) que é o percentual de pedidos atendidos em sua íntegra para cada mês do horizonte de simulação. O PAP de cada peça é obtido da seguinte forma:

- Inicialmente calcula-se o número de *Calls* (C) no mês em que está ocorrendo a simulação, ou seja, somam-se todos os *Calls* do mês de simulação. Se C for igual a zero, significa dizer que não há demanda e o percentual de atendimento de pedidos (PAP) também será igual a zero. Se C for maior que zero, calcula-se a possibilidade de atendimento de pedido (POP);
- O valor de POP é o inteiro resultante da divisão do estoque disponível total (EDT) pelo número de peças por *Call* (QPC) do mês em que está ocorrendo a simulação. Se o valor de POP for igual a zero, significa dizer que não há estoque disponível da peça para atender os *Calls* e o PAP também será igual a zero. Se o valor de POP for maior que zero, calcula-se o PAP;
- O cálculo de PAP é o resultado da divisão da POP por C. Multiplica-se o resultado por 100 para transformar o número em percentual. Se o valor de PAP for maior que 100, então, limita-se PAP a 100, ou seja, $PAP = 100\%$ (maior nível de serviço possível). O cálculo de PAP é realizado para todas as peças da lista de peças. A Figura 5.12 demonstra detalhadamente o fluxograma para obtenção de PAP. As equações 5.44 e 5.45 descrevem matematicamente o cálculo de POP e PAP:

$$POP = \left\lceil \left(\frac{EDT}{QPC} \right) \right\rceil \quad (5.44)$$

$$PAP = \left(\frac{POP}{C} \right) \times 100 \quad (5.45)$$

Onde:

PAP – percentual de atendimento de pedidos

POP – possibilidade de atendimento de pedido

EDT – estoque disponível total

QPC – número de peças por *Call*

C – número de *Calls*

Figura 5.12 – Fluxograma do Percentual de Atendimento de Pedidos

5.4.5 Meses de Inventário

Para o gerenciamento do valor investido no inventário utiliza-se o indicador meses de inventário (MI) que é a quantidade de meses que o estoque de cada peça duraria, sujeito a vendas futuras, sem que haja reposição do estoque da peça. A Figura 5.13 mostra detalhadamente o fluxograma do cálculo dos Meses de Inventário.

Quando o valor de MI é pequeno, corre-se o risco de faltar peça para o atendimento ao cliente e conseqüentemente reduzir o nível de satisfação do cliente. Quando o valor de MI é grande, corre-se o risco de ter estoques obsoletos e aumento dos custos de manutenção de estoque. A determinação do valor de MI varia de peça para peça dependendo da sua importância para o CDP.

As etapas para obtenção do MI de cada peça são as seguintes:

- Inicialmente calcula-se o estoque disponível total (EDT). Se EDT for menor que zero, atribui-se zero a EDT. Se EDT for maior que zero, calcula-se o estoque disponível total em reais (EDTR). Matematicamente tem-se:

$$EDTR = EDT \times UC \quad (5.46)$$

Onde:

EDT – estoque disponível total

EDTR – estoque disponível total em reais

UC – custo unitário da peça

- Após calcular o EDTR, calcula-se a média normalizada quadrimestral de vendas (MNV) de cada peça. Matematicamente tem-se:

$$MV_i = \frac{\sum_{j=i}^{i+3} DH_j \times UC}{4}, i = 1, 12 \quad (5.47)$$

$$N = \frac{MQ}{MMQ} \quad (5.48)$$

Multiplicando a Eq. (5.47) pela Eq. (5.48), tem-se:

$$MNV = MV \times N \quad (5.49)$$

Onde:

MNV – média normalizada quadrimestral de vendas

MV – média de vendas mensal

N – normalização

DH – demanda histórica mensal

MQ – média quadrimestral dos dias úteis

MMQ – média das médias quadrimestrais dos dias úteis

- A ultima etapa é a realização do cálculo dos meses de inventário (MI). Se EDTR ou MNV for igual a zero, MI também será igual a zero. Se EDTR e MNV forem maiores que zero, o MI é obtido da seguinte forma:

Se $EDTR > 0$ e $MNV > 0$:

$$MI = \frac{EDTR}{MNV} \quad (5.50)$$

Figura 5.13 – Fluxograma dos Meses de Inventário

5.4.6 Scrap

As peças são consideradas *Scrap* quando não podem ser usadas para o seu propósito original, mas têm um certo valor para o inventário. A cálculo do *Scrap* é executado mensalmente somente para peças impactadas normais pertencentes ao estoque de peças faturadas (DPF). As etapas para o cálculo do *Scrap* são as seguintes:

- Inicialmente cria-se uma lista virtual denominada lista de peças *Scrap* para inserir todas as peças consideradas candidatas a *Scrap*;
- A próxima etapa é verificar se a peça é *Scrap*. Se a peça for impactada normal e tiver DPF diferente de zero, calcula-se a demanda histórica (DH) dos últimos trinta e seis meses da peça. Compara-se o DH com o índice de excesso sem demanda (IESD). O IESD é determinado na entrada de dados geral pelo operador do ambiente de simulação no início da simulação. Se DH for menor que IESD, denomina-se a peça como candidata a *Scrap* e adiciona a mesma na lista de peças *Scrap*;
- Se a lista de *Scrap* já tiver alguma peça, então as peças são ordenadas segundo uma regra que pode ser: por maior peso, por menor peso, por maior custo unitário, por menor custo unitário. A determinação de qual regra vai ser utilizada é realizada no início da simulação na entrada de dados geral pelo operador do inventário;
- Na próxima etapa, calcula-se o valor do estoque de cada peça (VEP) candidata a *Scrap*. Após calcula-se a cota mensal de *Scrap* (CMS). A cota anual de *Scrap* (CAS) utilizada no cálculo de CMS é determinada pelo

operador do ambiente de simulação no início da simulação na entrada de dados geral. As equações 5.51 e 5.52 mostram o cálculo de VEP e CMS:

$$VEP = PFE \times UC \quad (5.51)$$

$$CMS = \frac{CAS}{12} \quad (5.52)$$

Onde:

VEP – valor do estoque de cada peça

PFE – posição final do estoque

UC – custo unitário da peça

CMS – cota mensal de *Scrap*

CAS – cota anual de *Scrap*

- Se o valor do estoque de cada peça (VEP) for menor ou igual a cota mensal de *Scrap* (CMS), desconta-se o valor do VEP da CMS. No indicador de quantidade de *Scrap* da peça (QSP) no mês atual de simulação é colocado o valor do VEP e no estoque final da peça faturada (DPF) coloca-se zero. Se após esse procedimento ainda houver saldo na CMS, aplica-se o mesmo procedimento na próxima peça. Se não houver mais saldo na CMS, zeram-se os marcadores de candidato a *Scrap*. Matematicamente tem-se:

Se $VEP \leq CMS$:

$$CMS = CMS - VEP \quad (5.53)$$

$$QSP = VEP \quad (5.54)$$

$$DPF = 0 \quad (5.55)$$

- Se o valor do VEP for maior que a CMS, calcula-se o QSP, CMS e o DPF.

Matematicamente tem-se:

Se $VEP > CMS$:

$$QSP = \frac{CMS}{UC} \quad (5.56)$$

$$CMS = 0 \quad (5.57)$$

$$DPF = DPF - QSP \quad (5.58)$$

Figura 5.14 – Fluxograma do Cálculo do Scrap

5.4.7 Devolução de Peça Faturada

Nesta seção será descrita a operação de devolução de peças pertencentes ao estoque de peças faturadas (DPF). O DPF é composto de peças nacionais e peças importadas faturadas. A devolução da peça é realizada quando a mesma não apresenta uma demanda histórica condizente com seu estoque.

A devolução de uma peça classificada como normal ocorre quando o estoque da peça é maior do que a demanda histórica dos últimos 36 meses. Já nas peças classificadas como proteção, a devolução ocorre quando o estoque da peça é maior do que a demanda histórica dos últimos 36 meses e do que a quantidade mínima de proteção das peças.

No início da simulação o operador do ambiente de simulação determina a frequência para devolução das peças. A frequência é determinada na interface de entrada de dados geral e pode ser mensal, bimestral, trimestral, quadrimestral, semestral ou anual.

Na operação de devolução de peças pertencentes ao DPF, o CDP já desembolsou uma quantia monetária (valor da peça e impostos) para ter aquela peça em seu estoque, com isso é necessário calcular a quantidade de devolução e o valor em reais dessa quantidade de devolução. A seguir, o cálculo da quantidade para devolução e do valor de devolução é descrito e em seguida mostra-se a Figura 5.15 com o fluxograma detalhado desse cálculo:

- Nos meses determinados como de devolução, calcula-se o valor total disponível para devolução em reais (VTD). O VTD é obtido da seguinte forma:

$$VTD_{\text{reais}} = TD \times VTD_{\text{dólar}} \quad (5.59)$$

Onde:

VTD_{reais} – valor total disponível para devolução em reais

$VTD_{\text{dólar}}$ – valor total disponível para devolução em dólar

TD – taxa do dólar no início da simulação

- Para peças classificadas como normal, seleciona-se a peça caso sua quantidade no estoque de peças faturadas (DPF) seja maior que zero. Calcula-se a demanda histórica (DH) dos últimos 36 meses da peça e compara-se com a quantidade do DPF da peça. Se a quantidade do DPF da peça for maior que a DH dos últimos 36 meses da mesma, calcula-se a quantidade de peça para devolução (QPD). Após calcular QPD, calcula-se o valor de devolução da peça (VDP) em reais. Matematicamente tem-se:

Se $DPF > 0$ e $DPF > \sum_{i=1}^{36} DH_i$:

$$QPD = DPF - \sum_{i=1}^{36} DH_i \quad (5.60)$$

$$VDP = UC \times QPD \quad (5.61)$$

Onde:

DPF – estoque de peças faturadas

DH – demanda histórica

QPD – quantidade de peça para devolução

VDP – valor de devolução da peça

UC – custo unitário da peça

- Se o valor de devolução da peça (VDP) for menor que o valor total disponível para devolução (VTD) em reais, então o novo VTD será igual à diferença entre o VTD e o VDP e o novo estoque de peças faturadas (DPF) será igual à DH dos últimos 36 meses. O que restou de VTD é utilizado na próxima peça.

Matematicamente tem-se:

Se $VDP < VTD$:

$$VTD_{novo} = VTD - VDP \quad (5.62)$$

$$DPF_{novo} = \sum_1^{36} DH_i \quad (5.63)$$

- Se o valor de devolução da peça (VDP) for maior ou igual ao valor total disponível para devolução (VTD), então a quantidade de peça para devolução (QPD) será igual à divisão de VTD pelo custo unitário (UC). O novo VTD será igual a zero e o novo DPF será igual ao DPF menos a QPD.

Matematicamente tem-se:

Se $VDP \geq VTD$:

$$QPD_{novo} = \frac{VTD}{UC} \quad (5.64)$$

$$VTD_{novo} = 0 \quad (5.65)$$

$$DPF_{novo} = DPF - EDP \quad (5.66)$$

- Para peças classificadas como proteção, a única diferença em relação às peças classificadas como normal é o cálculo da quantidade de peça para devolução (QPD) que é obtido da seguinte forma:

$$QPD = DPF - \text{Maior} \left(\sum_1^{36} DH_i, MP \right) \quad (5.67)$$

Onde:

MP – quantidade mínima de proteção da peça

Figura 5.15 – Fluxograma da Devolução de Peça Faturada

5.4.8 Devolução de Peça Não-Faturada

As peças não-faturadas são as peças importadas fornecidas pelo Centro Mundial de Distribuição de Peças (CMDP) da organização. A empresa tem uma política de só faturar a peça para o CDP quando o estoque de peças faturadas (DPF) da mesma estiver vazio. Essa política é utilizada devido à organização ter diversos CDP espalhados em todo o mundo com demandas diferentes. Por exemplo, quando uma peça está no CDP no Brasil e não tem demanda, a mesma é devolvida para o CMDP que reenvia para outro CDP que tenha demanda para a peça.

Na operação de devolução desse tipo de peça, o CDP ainda não desembolsou uma quantia monetária (valor da peça e impostos) para ter a peça em seu estoque, com isso, quando a peça não tem demanda é necessário calcular apenas a quantidade de devolução para o fornecedor.

A devolução de uma peça classificada como normal ocorre quando o estoque da peça é maior do que a demanda histórica dos últimos 36 meses. Já nas peças classificadas como proteção, a devolução ocorre quando o estoque da peça é maior do que a demanda histórica dos últimos 36 meses e do que a quantidade mínima de proteção das peças.

No início da simulação o operador do ambiente de simulação determina a frequência para devolução das peças. A frequência é determinada na interface de entrada de dados geral e pode ser mensal, bimestral, trimestral, quadrimestral, semestral ou anual.

O cálculo da devolução desse tipo de peça é realizado da seguinte forma:

- Nos meses determinados como de devolução, seleciona-se a peça caso seu estoque de peças não-faturadas (DEA) seja maior que zero e verifica-se a data de entrada da peça no DEA (DEP) e a data atual (DA). O prazo de permanência da peça no DEA (PPP) é obtido pela equação 5.68;

Se $DEA > 0$;

$$PPP = DA - DEP \quad (5.68)$$

Onde:

DEP – data de entrada da peça no DEA

DA – data atual

- Compara-se o PPP com o prazo máximo de permanência de uma peça no DEA (PMPP). Se PPP for maior que PMPP, calcula-se a quantidade de peça para devolução (QPD). Para peças classificadas como normal, o QPD é obtido subtraindo do valor atual do DEA a demanda histórica dos últimos trinta e seis meses. Se o valor da demanda histórica dos últimos trinta e seis meses for maior do que o DEA, não há devolução. Matematicamente tem-se:

Se $PPP > PMPP$;

$$QPD = DEA - \sum_{i=1}^{36} DH_i \quad (5.69)$$

$$DEA_{novo} = DEA - QPD \quad (5.70)$$

Onde:

PPP – prazo de permanência da peça no DEA

PMPP – prazo máximo de permanência de uma peça no DEA

QPD – quantidade de peça para devolução

DEA – estoque de peças importadas não faturadas

DEA_{novo} – estoque de peças importadas não faturadas após devolução das peças

DH – demanda histórica

- Para peças classificadas como proteção, a única diferença em relação às peças classificadas como normal é o cálculo da quantidade de peça para devolução (QPD) que é obtido subtraindo do valor atual do DEA o maior entre a demanda histórica dos últimos trinta e seis meses e quantidade mínima de proteção da peça (MP). Matematicamente tem-se:

$$QPD = DEA - \text{Maior} \left(\sum_{i=1}^{36} DH_i, MP \right) \quad (5.71)$$

Onde:

MP – quantidade mínima de proteção da peça

Figura 5.16 – Fluxograma da Devolução de Peça Não-Faturada

5.4.9 Previsão de Demanda

A previsão de demanda ou *forecast* é realizada em todo final do mês de simulação com o objetivo de prever o mês seguinte. A previsão de demanda é

realizada baseada no método de suavização exponencial simples. Para realizar cálculo da demanda mensal estimada (DME) do próximo mês de simulação utiliza-se a demanda real atual, a previsão de demanda atual e o coeficiente de suavização (α).

A demanda real e a previsão de demanda no primeiro mês de simulação são fornecidas pelo arquivo peça. Após o primeiro ciclo de simulação utiliza-se a demanda real projetada calculada de acordo com a seção 5.4.2 e utiliza-se a DME calculada no primeiro ciclo de simulação e assim por diante em todos os meses de simulação até completar o horizonte de simulação. O coeficiente de suavização é determinado pelo operador do ambiente de simulação para cada fonte de peça (nacional ou importada) no início da simulação e seu valor deve estar entre zero e um. Na equação 5.72 tem-se matematicamente o cálculo da DME:

$$DME = ((\alpha \times D_{real}) + (1 - \alpha) \times D_{prev}) \quad (5.72)$$

Onde:

DME – previsão de demanda para o próximo mês ou demanda mensal estimada

D_{real} – demanda real do mês atual

D_{prev} – previsão de demanda do mês atual

α – coeficiente de suavização

Se a peça for classificada como proteção e a DME for menor que a D_{prev} , então a DME será igual a D_{prev} .

Além da previsão de demanda, realiza-se o monitoramento da previsão de demanda e reclassifica-se a peça quando necessário.

O monitoramento é realizado com o cálculo do desvio acumulado (D). O D é também calculado no final de cada mês. Para o cálculo do desvio acumulado do primeiro mês de simulação utiliza-se o desvio fornecido pelo arquivo peça. Após o primeiro ciclo de simulação utiliza-se sempre o desvio anterior (DA), e assim por diante em todos os meses de simulação até completar o horizonte de simulação. Além do desvio anterior, o desvio acumulado (D) é composto pelo erro ponderado (EP). O EP e o D são obtidos pelas equações 5.73 e 5.74.

$$EP = ((D_{real} - D_{prev} - DA) \times \alpha) \quad (5.73)$$

$$D = EP + DA \quad (5.74)$$

Onde:

D – desvio acumulado

EP – erro ponderado

DA – desvio anterior

A última etapa do *forecast* é verificar a necessidade de reclassificar a peça e definir o momento necessário para realizar a reclassificação. No ambiente de simulação há três tipos de reclassificação que são:

- Com relação à análise: a peça pode ser impactada ou desimpactada. A peça é classificada como impactada quando o número de *Calls* nos últimos doze meses é maior ou igual a três. Se o número de *Calls* nos últimos doze meses for menor que três, reclassifica-se a peça para desimpactada. Quando a peça é desimpactada realiza-se o mesmo procedimento de verificação da

necessidade de reclassificar a peça e, quando necessário, realiza-se a reclassificação;

- Com relação à classe: a peça pode ser classificada como A, B ou C. A classe de cada peça está relacionada com a quantidade de *Calls* dos últimos doze meses. Se nos últimos doze meses a peça tiver menos do que seis *Calls*, a peça é classificada como C. Se nos últimos doze meses a peça tiver mais de cinco e menos de trinta e seis *Calls*, a peça é classificada como B. Se nos últimos doze meses a peça tiver mais do que trinta e cinco *Calls*, a peça é classificada como A. Caso uma peça tenha a quantidade de *Calls* diferente da quantidade determinada para sua classe a mesma é reclassificada;
- Com relação à classificação proteção e à classificação normal: a peça sob proteção é reclassificada para normal quando nos últimos doze meses a quantidade de *Calls* é maior do que onze, ou seja, se a peça tiver um *Call* por mês é reclassificada para normal. A peça normal nunca é reclassificada para proteção devido já estar estabilizada no mercado e não precisar ficar sob proteção.

Figura 5.17 – Fluxograma da Previsão de Demanda (*Forecast*)

5.5 Saídas do Ambiente de Simulação

O ambiente de simulação oferece a possibilidade da saída de dados em planilha de *Excel* ou via interface do próprio ambiente de simulação. Os dados de saída do ambiente de simulação são:

- Código do Inventário: é o código utilizado para o gerenciamento do inventário;

- Código da Peça: é o código da peça utilizado para localização da peça no inventário;
- Família: é a família à qual a peça pertence;
- Número de *Calls* (atendimentos): é a quantidade de *Calls* de cada mês do horizonte de simulação;
- Quantidade de Peças por *Calls*: é a quantidade de peças por *Calls* de cada mês do horizonte de simulação;
- *Backorders* (BO): são os *Calls* de cada peça que não foram atendidos durante cada mês do horizonte de simulação;
- Reposição da Peça: é quantidade a ser repostada de cada peça durante o horizonte de simulação;
- Recebimento da Peça: é quantidade de recebimento de cada peça durante o horizonte de simulação;
- Meses de Inventário (MI): é a quantidade de meses de inventário de cada peça durante o horizonte de simulação. Na interface de visualização de resultados do ambiente de simulação se pode calcular a média mensal do MI e plotar em um gráfico de barras para uma melhor análise;
- Percentual de Atendimento de Pedidos (PAP): é o percentual de atendimentos de pedidos de cada peça durante o horizonte de simulação. Na interface de visualização de resultados do ambiente de simulação se pode calcular a média mensal do PAP e plotar em um gráfico de barras para uma melhor análise;
- Estoque Físico de Peças Faturadas (DPF): é o estoque físico de peças faturadas durante o horizonte de simulação;

- Devolução de Peças do Estoque Físico de Peças Faturadas (DPF): é a quantidade devolvida aos fornecedores das peças pertencentes ao DPF durante o horizonte de simulação;
- Scrap (refugo): é a quantidade de peças *Scrap* em cada mês de simulação;
- Demanda Mensal Estimada (DME): é a previsão de demanda estimada da peça em cada mês de simulação;
- Desvio: é o desvio acumulado entre a demanda real e a demanda prevista da peça em cada mês de simulação;
- Estoque Físico de Peças Não-Faturadas ou Depósito Especial Alfandegário (DEA): é o estoque físico de peças não-faturadas durante o horizonte de simulação;
- Devolução de Peças do Depósito Especial Alfandegário (DEA): é a quantidade devolvida ao CMDP das peças pertencentes ao DEA durante o horizonte de simulação;
- Lote Meses: é a quantidade de lotes da peça que serão pedidos em cada mês de acordo com o preço unitário da peça.

5.6 Interfaces do Ambiente de Simulação

O principal objetivo subjacente ao desenvolvimento da interface do ambiente de simulação foi permitir de um modo rápido, fácil e eficaz, o manuseamento por parte dos usuários do sistema.

Os princípios que estiveram na base do desenho da interface foram os seguintes:

- Acessibilidade: permitir que qualquer usuário, mesmo não conhecendo o ambiente de simulação possa utilizá-lo intuitivamente;
- Flexibilidade: permitir que o usuário tenha opção de escolha nas mais diversas situações;
- Interatividade: permitir que a informação circule eficientemente entre o usuário e o sistema e vice-versa;
- Ergonomia: permitir que o usuário se comunique eficientemente e eficazmente com o sistema.

Foram realizados testes informais de adaptação de usuários reais na interface do ambiente de simulação, considerando os princípios descritos acima. No entanto, não é objetivo deste trabalho realizar uma análise rigorosa dos métodos de avaliação de interface e desenvolver uma interface complexa e de difícil manuseio.

A Figura 5.18 mostra a interface de acesso ao ambiente de simulação de inventário para Centro de Distribuição de Peças. Esta interface pode ser acessada a partir do executável do programa que pode estar no *desktop* do computador ou na pasta onde se encontra instalado o programa.

O acesso ao ambiente de simulação é realizado da seguinte forma:

- O usuário informa o *login* e a senha.
- O sistema verifica o *login* e a senha.
- Caso o *login* e a senha estejam corretos, o acesso ao ambiente de simulação é liberado.
- Caso o usuário forneça o *login* incorreto, o sistema retorna a mensagem: “*Login incorreto*”.

- Caso o usuário forneça a senha incorreta, o sistema retorna a mensagem: “Senha Incorreta”.
- Caso o usuário forneça o *login* e a senha incorreta, o sistema retorna a mensagem: “*Login* e Senha Incorretos”.

Figura 5.18 – Interface de Acesso ao Ambiente de Simulação

A Figura 5.19 mostra a interface principal do ambiente de simulação. Esta interface é obtida logo após a confirmação do *login* e senha na tela de acesso ao ambiente de simulação. A tela principal do ambiente de simulação é dividida em cinco menus principais que são: inventário, resultados, controle de acesso, sair e *about*.

O menu inventário tem como objetivo fornecer acesso às interfaces para entrada de dados, assim como, fornecer acesso à interface para a realização da simulação do inventário. Nessa menu se apresentam as interfaces de entrada de

dados geral, fonte nacional e importada e de visualização do arquivo peças. A última interface de acesso a partir deste menu é a interface de simulação do inventário.

O menu resultados tem como objetivo fornecer acesso à interface com os resultados obtidos na simulação.

O menu controle de acesso tem como objetivo fornecer acesso à interface de alteração de senha para o usuário do ambiente de simulação e fornecer acesso à interface de gerenciamento de *login* para o administrador do ambiente de simulação.

O menu sair tem como objetivo fornecer ao usuário do ambiente de simulação as opções de realizar *Logoff* (mudar de usuário do programa) ou sair do programa.

O menu *about* tem como função mostrar a versão atual do programa, assim como o nome do programa e o nome do responsável pelo desenvolvimento do programa.

Figura 5.19 – Interface da Tela Principal do Ambiente de Simulação

As interfaces de entrada de dados (geral, fonte nacional, fonte importada e arquivo peças) acessadas a partir da barra de ferramentas inventário foram mostradas na seção 5.3 (Figuras 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6 e 5.7).

A Figura 5.20 mostra a interface de simulação do inventário que está inserida no menu inventário. Nesta interface o usuário do ambiente de simulação fornece os arquivos de entrada de dados fonte nacional, fonte importada, geral e arquivo peças e realiza a simulação.

A simulação do inventário é realizada ao clicar no botão simular. A simulação é realizada da seguinte forma: o sistema cria uma instância de inventário com os dados dos arquivos de entrada e faz as operações de reposição de estoque, percentual de atendimento de pedidos, meses de inventário, *Scrap*, devolução de peças faturadas e não faturadas e previsão de demanda (*Forecast*) em todas as peças do inventário, tantas vezes quanto for o horizonte de simulação.

Figura 5.20 – Interface de Simulação do Inventário

A Figura 5.21 mostra a interface de visualização de resultados que está inserida no menu resultados. Essa interface mostra todas as variáveis resultantes da simulação do inventário. Ao clicar no botão resultados o usuário alimenta a interface visualização de resultados com os dados contidos na planilha resultados do *Microsoft Excel* que é gerada logo após a simulação.

Nas variáveis meses de inventário (MI) e percentual de atendimento de pedidos (PAP) além do resultado por peça e por mês, pode-se obter a média mensal de todas as peças (ao clicar nos botões MI e PAP) e, em seguida, pode-se plotar essas médias em gráficos de barras (ao clicar nos botões Gráfico MI e Gráfico PAP) para melhor análise do resultado.

Figura 5.21 – Interface de Visualização de Resultados

A Figura 5.22 mostra a interface de gerenciamento de acesso do usuário que está inserida no menu controle de acesso. Somente o administrador do ambiente de simulação tem acesso a essa interface. Nesta interface o administrador pode criar um novo *login* ou excluir um *login* existente.

Para criar um novo *login* o administrador do ambiente de simulação realiza os seguintes passos:

- O administrador solicita o cadastro do novo usuário clicando no botão novo.
- O administrador preenche o formulário com o *login* e a senha e pede para gravar clicando no botão salvar.
- O sistema verifica se o novo *login* e senha não existem e armazena.
- O sistema envia uma mensagem “Cadastro gerado com sucesso”.

Para excluir um *login* existente o administrador do ambiente de simulação realiza os seguintes passos:

- O administrador seleciona o *login* a ser excluído.
- O administrador clica no botão excluir. Em seguida aparece uma janela perguntando “Tem certeza que deseja excluir esse *login*?”. O administrador clica em sim para excluir o *login* ou clica em cancelar para continuar com o *login* no ambiente de simulação.

Figura 5.22 – Interface de Gerenciamento de Acesso do Usuário

A Figura 5.23 mostra a interface de alteração de senha do usuário que está inserida no menu controle de acesso. Nesta interface o usuário do ambiente de simulação pode alterar a senha da seguinte forma:

- O usuário do ambiente de simulação solicita alteração de senha na barra de ferramentas controle de acesso.
- O usuário digita a senha antiga, a senha nova e confirma a senha nova.
- O usuário pede para gravar a senha clicando no botão confirmar. Ao confirmar a alteração da senha aparece uma janela com a mensagem “Senha alterada com sucesso”.
- Caso no momento da confirmação da senha nova o usuário digitou a senha errada, o sistema avisa com a mensagem “Senha incorreta. Entra novamente com a senha”.

Figura 5.23 – Interface de Alteração de Senha

A Figura 5.24 mostra a interface de saída do ambiente de simulação que está inserida no menu sair. Quando o operador do ambiente de simulação deseja sair do programa, o mesmo vai até a barra de ferramentas sair e clica em sair do programa, em seguida aparece uma janela com a mensagem “Tem certeza que deseja sair do programa?”, e depois é só clicar em sim para sair do programa ou cancelar para continuar no programa.

A Figura 5.25 mostra a interface de *Logoff* do usuário atual do ambiente de simulação e esta interface está inserida no menu sair. Ela é utilizada quando o usuário atual quer mudar de *login*, mas não quer sair do programa. O usuário clica em *Logoff* na barra de ferramentas sair e em seguida aparece uma janela com a mensagem “Tem certeza que deseja efetuar *logoff* do *login* atual?”, e depois é só clicar em sim para mudar de *login* ou cancelar para continuar no programa com o

mesmo *login*. Ao confirmar o *Logoff* aparece uma janela com a frase “*Logoff* efetuado com sucesso”.

Figura 5.24 – Interface de Saída do Ambiente de Simulação

Figura 5.25 – Interface de Logoff do Usuário Atual

A Figura 5.26 mostra a interface *About*. Nesta interface são mostrados o nome do programa, a versão e o nome do responsável pelo programa.

Figura 5.26 – Interface About

6. CONCLUSÃO

Este capítulo apresenta as principais conclusões e comentários do trabalho, como: objetivos alcançados, importância do trabalho, benefícios observados, dificuldades encontradas, dentre outros. Por fim, apresentam-se sugestões para realização de trabalhos futuros.

6.1 Comentários e Conclusões

Este trabalho apresentou o desenvolvimento de um ambiente de simulação que permite fazer previsões de demanda, da política de reposição das peças, do percentual de atendimento dos pedidos completos, do valor do inventário, da quantidade de *Scrap*, da quantidade de peças para devolução, sempre com a preocupação de interagir de forma flexível e mantendo a integridade dos dados variáveis originais.

A importância desse trabalho foi demonstrada na adaptação da metodologia de Freitas (2001, p.13) e no desenvolvimento propriamente dito do ambiente de simulação (sua lógica de funcionamento, entradas e saídas de dados, interfaces, dentre outros).

A realização deste trabalho evidenciou algumas vantagens do uso do ambiente de simulação de inventário para o CDP em estudo, que foram:

- A possibilidade de avaliar diferentes políticas gerenciais do inventário do CDP sem impactar ou interromper os processos em andamento no mundo real, o que poderia produzir custos adicionais significativos;
- A possibilidade de comprimir o tempo, permitindo aos responsáveis pelo inventário conhecer em pouco tempo, as consequências de longo prazo de suas ações;
- A possibilidade de melhor entender o funcionamento dos processos gerenciais do inventário do CDP individualmente, assim como suas influências sobre o sistema como um todo;
- A utilização de interfaces simples e amigáveis que permitem a manipulação dos dados de entrada e saída e a realização da simulação facilmente e eficazmente;
- A observação da importância de cada peça do inventário, assim como a sinalização de quando a peça deve ser descontinuada ou devolvida ao fornecedor;
- A possibilidade de melhor avaliar o desempenho do gerenciamento do inventário;

Com a utilização do ambiente de simulação, os gestores podem alcançar um melhor desempenho no gerenciamento do inventário. A partir de simulações, os responsáveis pelo inventário têm condições de tomar decisões com maior segurança e mais rapidamente.

Devido à política de privacidade de dados da empresa, validou-se o ambiente de simulação com 1.000 peças. A quantidade de peças (1.000 peças) foi

representativa para validação devido ao fato de contemplar todas as possíveis características do inventário do CDP.

As principais dificuldades encontradas durante a realização do trabalho foram:

- A coleta de dados ocorreu com dificuldade devido o CDP em estudo ter um política de privacidade de dados;
- Realização da projeção da demanda futura das peças.

6.2 Sugestões para futuros trabalhos

Com base nos conhecimentos adquiridos na elaboração desta dissertação, são apresentadas algumas sugestões para trabalhos futuros são:

- Desenvolver uma ferramenta baseada nos resultados de estudos de simulação pré-definidos para tomar decisões relacionadas ao gerenciamento do inventário do CDP;
- Desenvolver a interligação entre um *software* de banco de dados e o ambiente de simulação para que se possa analisar melhor os dados de saída, podendo assim gerar uma maior quantidade de relatórios gerenciais.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, A.C; NOVAES, A.G. N. (2000) - *Logística aplicada: suprimento e distribuição física*. 3.ed, São Paulo: Edgar Blucher Ltda.
- ALVES, Pedro L. (2000) - *Implantação de tecnologias de automação de depósitos: um estudo de casos*. Dissertação de Mestrado – Administração, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- ARNOLD, J. R. T. (1999). *Administração de Materiais*. São Paulo: Atlas.

- BALLOU, R. H. (2001). *Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial*. 4.ed. Porto Alegre: Bookman.
- BANKS, J. (1998). *Handbook of simulation: principles, methodology, advances, applications, and practice*. New York: John Wiley & Sons.
- BANKS, J.; CARLSON, J. S.; NELSON, B. L. (1996). *Discrete-event system simulation*. 2.ed New Jersey: Prentice-Hall.
- BARRÔNIO, S. (2000). *Desenvolvimento de modelos de simulação computacional para análise e melhorias de sistemas produtivos*. Dissertação de Mestrado, Porto Alegre: Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção/ Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- BENNETT, B.S. (1995). *Simulation Fundamentals*. New Jersey: Prentice-Hall
- BERTRAND, J.W.M; FRANSOO, J.C. (2002). *Modeling and Simulation: Operations management research methodologies using quantitative modeling*. *International Journal of Operations & Production Management*, v.22, n.2, p.241-264.
- BLAU, P.M; SCOTT, W.R. (1979). *Organizações Formais*. São Paulo: Atlas.
- BOOCH, G.; RUMBAUGH, J.; JACOBSON, I. (2000). *UML - Guia do usuário*. Rio de Janeiro: Campus.
- BOX, G. E. P.; JENKINS, G.M.; REINSEL, G. C. (1994). *Time series analysis: forecasting and control*. 3.ed, New Jersey: Prentice-Hall.
- BOWDEN, R. (1998). *The spectrum of simulation software*. *IIE Solutions*, v.30, n.5, p.44-46
- BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. (2001). *Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento*. São Paulo: Atlas.
- BREWER, A.M.; BUTTON, K.J.; HENSHER, D.A. (2001). *Handbook of logistics and supply-chain management*. Kidlington: Elsevier Science Ltd.
- CARSON II, J, S. (2004). *Introduction to modeling and simulation*. *Proceedings of the 2001 Winter Simulation Conference*. P.01-08.
- CENTENO, M.A.; CARRILLO, M. (2001). *Challenges of introducing simulation as a decision making tool*. *Proceedings of the 2001 Winter Simulation Conference*. P.17-21.

- CHRISTOPHER, M. (1997). *Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégia para a redução de custos e melhoria dos serviços*. São Paulo: Pioneira.
- COAD, P.; YOURDON, E. (1991). *Object-oriented analysis*. 2.ed, New Jersey: Prentice-Hall.
- COX III, J.F.; BLACKSTONE JUNIOR, J.H. (2002). *APICS Dictionary*. 9.ed. Falls Church: *American Production and Inventory Control Society*.
- DIAS, M.A.P. (1993). *Administração de materiais: uma abordagem logística*. 4.ed. São Paulo: Atlas.
- DEAR, A. (1990). *Inventory Management Demystified*. London: Chapman and Hall.
- DILLON, R.E. (1990). *Some simple steps to inventory reduction*. *Journal of Production and Inventory Management*. v.31, n.1, p.62-65.
- ELSAIED, E.A.; BOUCHER, T.O. (1994). *Analysis and control of production systems*. 2.ed. New Jersey: Prentice-Hall.
- FARAH JUNIOR, M. (2002). *Os desafios da logística e os centros de distribuição física*. Revista FAE BUSINESS, n.2, p.44-46.
- FRAZELLE, E. (2002). *World-class warehousing and material handling*. New York: McGraw-Hill.
- FOGARTY, D.W.; BLACKSTONE, J.H.; HOFFMANN, T.R. (1991). *Production & inventory management*. 2.ed. Cincinnati: South Western Publishing Co.
- FREITAS FILHO, P.J. (2001). *Introdução à modelagem e simulação de sistemas: com aplicação em Arena*. Florianópolis: Visual Books.
- FURLAN, J.D. (1998). *Modelagem de Objetos através da UML*. São Paulo: Makron Books
- GAITHER, N.; FRAIZER, G. (2002). *Administração da Produção e Operações*. 8.ed. São Paulo: Pioneira.
- GONÇALVES, P. S.; SCHWEMBER, E. (1979). *Administração de estoques: teoria e prática*. Rio de Janeiro: Interciência.
- GURGEL, F. A. (1996). *Administração dos fluxos de materiais e de produtos*. São Paulo: Atlas.
- HARREL, C.; TUMAY, K. (1997). *Simulation made easy*. IIE Solutions, p.39-41, July.

- KHEIR, N. A. (1996). *Systems modeling and computer simulation*. 2.ed. New York: Marcel Dekker, Inc.
- KELTON, W. D.; SADOWSKI, R. P.; SADOWSKI, D. (1998). *Simulation with arena*. New York: WCB/McGraw-Hill.
- KRAJEWSKI, L.J; RITZMAN, L. P. (2004). *Administração da Produção e Operações*. São Paulo: Prentice Hall.
- KRUPP, J. A. G. (1997). *Safety Stock Management. Journal of Production and Inventory Management*. v.38, n.3, p.11-18,
- LAW, A.M.; KELTON, W.D. (2000). *Simulation modeling and analysis*. 3.ed. New York: McGraw-Hill.
- LAW, A.M.; KELTON, W.D. (1991). *Simulation modeling and analysis*. 2.ed. New York: McGraw-Hill.
- MAKRIDAKIS, S.; WHELLRIGHT, S.C.; HYNDMAN, R.J. (1998). *Forecasting: methods and applications*. 3.ed. New York: McGraw-Hill.
- MARTINS, J. T.; LAUGENI, F. P. (1999). *Administração da produção*. São Paulo: Saraiva.
- MOURA, R. A. (1989). *Logística: suprimentos, armazenagem e distribuição física*. São Paulo: IMAM.
- MULCAHY, D. E. (1994). *Warehouse distribution & operations handbook*. New York: McGraw-Hill.
- MONTGOMERY, D.C; JOHNSON, L. A.; GARDINER, J.S. (1990). *Forecasting and times series analysis*. 2.ed. New York: McGraw-Hill.
- MOREIRA, D. (1998). *Administração da produção e operações*. 3.ed. São Paulo: Pioneira.
- NAYLOR, T. H.; BALINTFY, J.L.; BURDICK, D.S.; CHU, K. (1971). *Computer simulation techniques*. New York: John Wiley & Sons.
- NONATO, S. A. (1999). *Utilização de redes de Petri para avaliação de sistemas computacionais*. Dissertação de Mestrado, São Carlos, Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo.
- PAGE-JONES, M. (2000). *Fundamentals of object-oriented design in UML*. New York: Addison-Wesley.
- PEGDEN, C.D.; SHANNON, R.E.; SADOWSKI, R.P. (1990). *Introduction to simulation using siman*. New York: McGraw-Hill.

- PELLEGRINI, F.R.; FOGLIATTO, F.S. (2000). *Estudo comparativo entre os modelos de Winters e de Box-Jenkins para previsão de demanda sazonal*. Revista Produto & Produção, v.14, n. especial, p.72-85, Porto Alegre.
- PIDD, M. (1998). *Modelagem empresarial: ferramentas para tomada de decisão*. Porto Alegre: Artes Médicas.
- PIDD, M. (1992). *Computer Simulation in Management Science*. 3.ed. New York: John Wiley & Sons.
- PRADO, D. S. (1999). *Teoria das filas e da simulação*. 2 vol. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial.
- PRESSMAN, R. S. (2002). *Engenharia de Software*. Rio de Janeiro: McGraw-Hill.
- PRITSKER, A. A.B. (1986). *Introduction to Simulation and SLAM II*. New York : John Wiley & Sons.
- ROBESON, J.F.; COPACINO, W.C. (1994). *The logistics handbook*. New York: The Free Press
- RODRIGUES, G. G; PIZZOLATO, N.D. (2003). *Centros de Distribuição: armazenagem estratégica*. XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Ouro Preto-Minas Gerais, P.01-08.
- ROSSETI, M.D. et al. (2000). *Simfone: an object-oriented simulation framework*. In: *Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference*. P.1855-1864.
- ROSSETI, M.D; Chan, H.T. (2003). *A prototype object-oriented supply chain simulation framework*. In: *Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference*. P.1612-1620.
- SARGENT, R.G. (1998). *Verification and validation of simulation models*. In: *Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference*. P.121-130.
- SCHEMENNERM, R.W. (1999). *Administração de operações em serviço*. São Paulo: Saraiva
- SCHRIBER, T. J. (1991). *An introduction to simulation using GPSS/H*. New York: John Wiley & Sons.
- SLACK, N., et al. (1997). *Administração da produção*. São Paulo: Editora Atlas.
- SHANNON, Robert E. (1998). *Introduction to the art and science of simulation*. In: *Proceedings of the 1993 Winter Simulation Conference*. P.07-14.
- SILVA, E.L.; MENEZES, E.M. (2001). *Metodologia de pesquisa e elaboração de dissertação*. 3.ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 121p. Disponível em <http://www.stela.ufsc.br/ppgep>. Acesso 13 jun 2005.

TIBERTI, A. J. (2004). *Desenvolvimento do software de apoio ao projeto de arranjo físico de fábrica baseado em um framework orientado a objeto*. Tese de Doutorado, São Carlos: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica/ Universidade de São Paulo.

TOMPKINS, J. A. et al. (1996). *Facilities planning*. 2.ed. New York: John Wiley & Sons.

TUBINO, D. F. (2000). *Manual de planejamento e controle da produção*. 2.ed, São Paulo: Atlas.

VAN DEN BERG, J.P.; ZIJM, W.H.M. (1999). *Models for warehouse management: classification and examples*. *International Journal of Production Economics*. n.59, P.519-528.

YAMADA, M. C. (2004). *Especificação de experimentos, modelos e interfaces padrões para o apoio ao planejamento da produção no setor sucroalcooleiro, via simulação*. Tese de Doutorado, São Carlos: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica/ Universidade de São Paulo.

GLOSSÁRIO

Backorders – é a demanda de itens que não pode ser atendida por falta de estoque destes itens.

Break Bulk – esta é a função oposta à consolidação do produto, ou seja, o armazém é um ponto de “quebra” da carga de transporte. É uma função comum quando os clientes pedem quantidades de produtos inferiores à capacidade do transporte e a distância destes ao produtor/distribuidor é grande, então compensa, ter um armazém que se situe perto dos clientes e que receba as quantidades de produtos que depois serão redistribuídas através de outros transporte para os clientes individuais.

Cross-Dock – a mercadorias que chegam no armazém e rapidamente é passada da expedição para os clientes. O *cross-dock* é um sistema no qual os bens entram e saem de um centro de distribuição, sem ali serem armazenados.

Lead Time – é o tempo compreendido entre a primeira atividade até a última de um processo de várias atividades.

Scrap – são produtos não podem ser usados para o seu propósito original, mas têm um certo valor para a empresa. São também chamados de refugos.

Sistema *Pull* – é o abastecimento do armazém baseado no consumo, portanto não exige um reservatório. O armazém serve como centro de fluxo para permitir um posicionamento do estoque mais próximo do cliente.

Sistema *Push* – os planos de produção são feitos com base nas capacidades da fábrica. A produção é feita na expectativa de que será mais tarde ou mais cedo vendida. Neste sistema, o armazém serve para absorver o excesso de produção

Trade-Off – é também chamado de compensação. O resultado incorre em um aumento de custos em uma determinada área com o intuito de obter uma grande vantagem em relação as outras áreas.

ANEXO
Anexo 01 – UML e C++
UML
C++ Syntax
Includes Attributes And Operations
Includes Documentation
Generated agosto 5, 2005
11:44:41
C:\Heraclito\USP\UML\UML.mdl

Logical View Report

InventarioClass

Private Attributes:

Int MesSimulacao

float *TotalPA

float *MI

TList *Lista_CItem

Public Operations:

void Reposicao ()

void Forcast ()

void CalculaTotalMI ()

void CalculaScrap ()

float CalculaTotalPA ()

void CalculaPRA_DEA ()

void CalculaPRA_DP ()

void CriaArqResultados (char *)

ItemClass

Private Attributes:

char CPeca[6]

char Código[4]

int *Calls

int *QtddPecacalls

int *BO

float USPPM_DN

int *Reposicao

int *Recebimento

int MesSimulacao

int *ContabilCBL

float CustoUnit

float *MI

float Peso

float *PA

int LoteMin

int *Scrap

float *PRA_DP

float *DME

int LoteMeses

```
float *Desvio
float FatorK
float Seguranca
int LeadTime
int MultiploEmb
int *ContabilDEA
```

Public Operations:

```
void CopyItemTo (CItem *ItReclassif)
virtual void FazerRequisicao()=0
float CalculaDH()
virtual float Calcula EDT()=0
virtual void Forcast (CItem *It)=0
float CalculaMI()
float CalculaPA()
int VerificaScrap()
virtual int CalculaPRA()
virtual int CalculaPRA_DP(float *VDP)
void Calcula_Demanda()
void StringToFile(Ansistring &AsInfo)
int Somacalls()
```

FonteClass

Private Attributes:

```
float Alfa
float PercAdeqDME
float PoliticaMin
float PoliticaMax
LeadTimeImportado
```

Public Operations:

```
void GetAlfa ()
void GetPercAdeqDME ()
void GetPoliticaMin ()
void GetPoliticaMax ()
virtual void Abrir(const char * FileName);
virtual void Salvar(const char * FileName);
```

FonteNacClass

Private Attributes:

```
int DiasMax
int DiasConsolidacao
int DiasProcesso
```

Public Operations:

```
void DiasMax ()
void GetDiasConsolidacao ()
void GetDiasProcesso ()
void Abrir(const char * FileName);
void Salvar(const char * FileName);
```

FontImpClass

Private Attributes:

```
float LeadTimeImp
```

Public Operations:

```
void GetLeadTimeImportado ()
```

```
void Abrir(const char * FileName);
void Salvar(const char * FileName);
```

GeralClass

Private Attributes:

```
int TabelaLoteMeses[2]
int DiaUteisMes[15]
int TabelaEntries[2]
int HorizonteSimulacao
int EntriesImpactacao
float PorcImpactacao
int EntriesProtecao
int MesesDesimpactaca
float MenorDMEDeterminada
int MesAtual
float Normalizacao
float CotaAnualScrap
int TipoScrap
int PrazoLimiteDEA
int MesesPRA_DEA
float ValorPRA_DP
int MesesPRA_DP
int MesPrevisaoMercado
float ValorPrevisaoMercado
float PrevisaoPromocao[12]
float TxDolar
float IESD
```

Public Operations:

```
void Abrir(const char * FileName);
void Salvar(const char * FileName);
void set_Normalizacao()
```

DesimpactadoClass

Derived from ItemClass

Public Operations:

```
virtual void FazerRequisicao()=0
virtual float Calcula EDT()=0
virtual void Forcast (CItem *It) =0
virtual int CalculaPRA()=0
```

DesimpactadoNacClass

Derived from DesimpactadoClass

Public Operations:

```
void FazerRequisicao()
float Calcula EDT()
void Forcast (CItem *It)
```

DesimpactadoImpClass

Derived from DesimpactadoClass

Public Operations:

```
void FazerRequisicao()
```

```
float Calcula EDT()
void Forecast (CItem *It)
int CalculaPRA()
```

ImpactadoClass

Derived from ItemClass

Public Operations:

```
virtual void Reclassifica (CItem *It)=0
virtual void CalculaDME()=0
virtual void CalculaDesvio()=0
void CalculaLoteMeses ()
void Forecast(CItem *It)
```

ImportadoClass

Item Impactado Importado

Derived from ItemImpactadoClass

Public Operations:

```
void CalculaDesvio()
void FazerRequisicao ()
virtual void CalculaDME()
virtual float CalculaMin()=0
virtual float CalculaMax()=0
float CalculaDMEatualizada ()
float CalculaEDT()
virtual int CalculaPRA()
```

NacionalClass

Item Impactado Nacional

Derived from ItemImpactadoClass

Public Operations:

```
void FazerRequisicao ()
void CalculaDesvio()
virtual void CalculaDME()
virtual float CalculaMin ()=0
virtual float CalculaMax ()=0
float CalculaEDT()
```

ItNormImptA

Item Impactado Importado Normal A

Derived from ItemImportadoClass

Public Operations:

```
float CalculaMin ()
float CalculaMax ()
```

```
void Reclassifica(CItem *It)
int CalculaPRA()
```

ItNormImptB

Item Impactado Importado Normal B

Derived from ItemImportadoClass

Public Operations:

```
float CalculaMin ()
float CalculaMax ()
void Reclassifica(CItem *It)
```

int CalculaPRA()

ItNormImptC

Item Impactado Importado Normal C

Derived from ItemImportadoClass

Public Operations:

float CalculaMin ()

float CalculaMax ()

void Reclassifica(CItem *It)

int CalculaPRA()

ItProtImportB

Item Impactado Importado Proteção B

Derived from ItemImportadoClass

Public Operations:

float CalculaMin()

float CalculaMax()

void Reclassifica (CItem *It)

void CalculaDME()

int CalculaPRA()

void CalculaPRA_DP(float *VDP)

ItProtImportC

Item Impactado Importado Proteção C

Derived from ItemImportadoClass

Public Operations:

float CalculaMin()

float CalculaMax()

void Reclassifica (CItem *It)

void CalculaDME()

int CalculaPRA()

void CalculaPRA_DP(float *VDP)

ItNormNacA

Item Impactado Nacional Normal A

Derived from ItemNacionalClass

Public Operations:

float CalculaMin ()

float CalculaMax ()

void Reclassifica(CItem *It)

ItNormNacB

Item Impactado Nacional Normal B

Derived from ItemNacionalClass

Public Operations:

float CalculaMin ()

float CalculaMax ()

void Reclassifica(CItem *It)

ItNormNacC

Item Impactado Nacional Normal C

Derived from ItemNacionalClass

Public Operations:

float CalculaMin ()

```
float CalculaMax ()  
void Reclassifica(CItem *It)
```

ItProtNacB
Item Impactado Nacional Proteção B
Derived from ItemNacionalClass

Public Operations:
void Reclassifica (CItem* It)
float CalculaDME ()
float CalculaMin ()
float CalculaMax ()
void CalculaPRA_DP(float *VDP)

ItProtNacC
Item Impactado Nacional Proteção C
Derived from ItemNacionalClass

Private Attributes:
float Minimo

Public Operations:
void Reclassifica (CItem* It)
float CalculaDME ()
float CalculaMin ()
float CalculaMax ()
void CalculaPRA_DP(float *VDP)

Anexo 02 –Diagramas de Casos de Uso (Uso Case)

O diagrama caso de uso (Use Case) é um diagrama baseado em cenários para obtenção de requisitos. Ele mostra um conjunto de casos de uso e atores e seus relacionamentos.

Os diagramas de caso de uso são importantes principalmente para a organização e modelagem dos comportamentos de um sistema. Eles fazem com que sistemas, subsistemas e classes fiquem acessíveis e compreensíveis, por apresentarem uma visão externa sobre como esses elementos podem ser utilizados no contexto.

Neste trabalho os diagramas de caso de uso foram utilizados da seguinte forma:

1.1 Definição dos atores

1.2 Lista de Eventos

No	Descrição	Eventos	Caso de Uso	Resposta
01	Operador solicita acesso a Simulação	DadosAcesso	ValidarLoginSenha	msg01
02	Operador faz Simulação	DadosSimulacao	Simular	msg02
03	Operador cria arquivo Geral	DadosGeral	GerarArqGeral	msg03
04	Operador cria arquivo Fonte Nacional e Importado	DadosFonteNacImp	GerarArqFonteNac e FontImp	msg04
05	Administrador solicita cadastro operador	DadosOperador	Cadastrar	msg05
06	Operador altera a senha	DadosSenha	AlterarSenha	msg06

01 – ValidarLoginSenha

Este Caso de Uso permite e verifica o tipo de acesso do operador do inventário no ambiente de simulação.

Cenário Sucesso Principal:

- (a) O operador informa o *login* e a senha.
- (b) O sistema verifica se o operador é autorizado.
- (c) O sistema cria uma instância do operador e emite Msg01 "Acesso Liberado".

Cenário Alternativo:

Passo (b). O operador digitou *login* errado.

- (b.1) O sistema emite a Msg01 "*Login* Incorreto".
- (c) Abandona o caso de uso.

Cenário Alternativo:

Passo (b). O operador digitou senha errada.

- (b.1) O sistema emite a Msg01 "Senha Incorreta".
- (c) Abandona o caso de uso.

Cenário Alternativo:

Passo (b). O operador digitou o *login* e a senha errada.

- (b.1) O sistema emite a Msg01 "*Login* e Senha Incorretos".
- (c) Abandona o caso de uso.

02 – Simular

Este Caso de Uso é responsável em executar a simulação do inventário testando uma gama de variáveis distintas para fazer previsões ou projeções do inventário.

Cenário Sucesso Principal:

- (a) O operador fornece o nome do arquivo Fonte Nacional.
- (b) O operador fornece o nome do arquivo Fonte Importada.
- (c) O operador fornece o nome do arquivo Geral.
- (d) O operador fornece o nome do arquivo de Peça.
- (e) O sistema cria uma instância de inventário com os dados dos arquivos acima, e faz as operações de Reposição de Estoque, Percentual de Atendimento, Meses de Inventário, *Scrap*, devolução e *Forecast* em todas as peças do inventário tantas vezes quanto for o horizonte de simulação.
- (f) O sistema cria um arquivo com todos os dados gerados e emite a Msg02 "Sucesso na Simulação".

Cenário Alternativo 1:

Passo (a). O arquivo não existe ou não pode ser aberto.

- (a.1) O sistema emite a Msg02 "Arquivo não pode ser aberto, Deseja continuar simulação?".
- (a.2) O operador do inventário abre um novo arquivo.
- (a.3) O sistema continua no Curso Normal.

Cenário Alternativo 2:

Passo (a). O arquivo não existe ou não pode ser aberto.

- (a.1) O sistema emite a Msg02 "Arquivo não pode ser aberto, Deseja continuar simulação?".
- (a.2) O operador do inventário cancela a simulação.
- (a.3) O sistema fecha todos os arquivos e sai da simulação.

Cenários Alternativos:

Para o Passo (b), (c) e (d) faz os mesmos procedimentos do Curso Alternativo 1 e 2 para os arquivos Fonte Importada Geral e Itens.

03 – GerarArqGeral

Este Caso de Uso permite a criação de um arquivo de dados com informações gerais.

Cenário Sucesso Principal:

- (a) O operador preenche os dados gerais na interface.
- (b) O operador pede para gravar.
- (c) O sistema verifica a entrada de dados.
- (d) O sistema cria um arquivo geral.
- (e) O sistema envia Msg03 "Arquivo gerado com sucesso".

Cenário Alternativo 1:

Passo (b). O operador pede para cancelar.

- (b.1) O sistema aborta a operação sem gravar os dados.

Cenário Alternativo 2:

Passo (c) O sistema avisa ao usuário Msg03 "Dados inconsistente"

- (c.1) O operador arruma os dados.
- (c.2) vai p/ Curso Normal passo (b).

Cenário Alternativo 2.1:

Passo (c.1) O operador pede para cancelar

- (c.1.1) O sistema aborta a operação sem gravar os dados.

04 – GerarArqFonteNac e FontImp

Este Caso de Uso permite a criação de um arquivo de dados com informações das Fontes Nacionais e Importadas.

Cenário Sucesso Principal:

- (a) O operador preenche os dados fonte nacional e importada na interface.
- (b) O operador pede para gravar.
- (c) O sistema verifica a entrada de dados.
- (d) O sistema cria um arquivo Fonte Nacional e Fonte Importada.
- (e) O sistema envia Msg04 "Arquivo gerado com sucesso".

Cenário Alternativo 1:

Passo (b). O operador pede para cancelar.

- (b.1) O sistema aborta a operação sem gravar os dados.

Cenário Alternativo 2:

Passo (c). O sistema avisa ao usuário Msg04 "Dados inconsistente".

(c.1) O operador arruma os dados.

(c.2) vai p/ Curso Normal passo (b).

Cenário Alternativo 2.1:

Passo (c.1). O operador pede para cancelar.

(c.1.1) O sistema aborta a operação sem gravar os dados.

05 – Cadastrar

Este Caso de Uso é responsável em cadastrar um novo operador de inventário.

Cenário Sucesso Principal:

(a) O administrador solicita o cadastro do novo operador na interface.

(b) O administrador pede para gravar o novo *login* e senha.

(c) O sistema verifica se o novo *login* e senha não existem e armazena.

(d) O sistema envia Msg05 "Cadastro gerado com sucesso".

Cenário Alternativo 1:

Passo (b). O operador pede para fechar

(b.1) O sistema aborta a operação sem gravar os dados.

Cenário Alternativo 2:

Passo (c). O sistema avisa ao usuário Msg05 "Dados inconsistente".

(c.1) O operador arruma os dados.

(c.2) vai p/ Curso Normal passo (b).

Cenário Alternativo 2.1:

Passo (c.1). O operador pede para cancelar.

(c.1.1) O sistema aborta a operação sem gravar os dados.

06 – AlterarSenha

Este Caso de Uso é responsável por alterar uma senha do operador já existente.

Cenário Sucesso Principal:

(a) O operador solicita alteração de senha na interface.

(b) O operador digita a senha antiga, a senha nova e confirma a senha nova.

(c) O operador pede para gravar a senha.

(d) O sistema verifica a não existência da senha.

(e) O sistema envia Msg06 "Senha alterada com sucesso".

Cenário Alternativo 1:

Passo (c). O operador pede para fechar

(c.1) O sistema aborta a operação sem gravar os dados.

Cenário Alternativo 2:

Passo(d). O sistema avisa ao usuário Msg06 "Senha incorreta. Entre novamente com a senha".

(d.1) O operador digita novamente as senhas.

(d.2) vai p/ Curso Normal passo (c).

Cenário Alternativo 2.1:

Passo (d.1). O operador pede para cancelar.

(d.1.1) O sistema aborta a operação sem gravar os dados.

Anexo 03 – Diagrama de Classe

Anexo 04 – Diagrama de Seqüência

01 – ValidarLoginSenha

O sistema verifica o tipo de acesso do operador do inventário no ambiente de simulação.

02 – Simular

O ambiente de simulação testa uma gama de variáveis distintas para fazer previsões ou projeções do inventário.

03 – GerarArqGeral

O operador do inventário cria um arquivo de dados com informações gerais.

04 – GerarArqFonteNac e FontImp

O operador do inventário cria um arquivo de dados com informações das Fontes Importados e Nacionais.

05 – Cadastrar

O administrador do inventário cadastra um novo operador de inventário no ambiente de simulação.

06 – Alterar Senha

O administrador do inventário altera a senha do operador já existente.

07 – ReposiçãoPeça

Durante a simulação a peça passa pela operação reposição da peça.

08 –PercentualAtendimentoPedidos

Durante a simulação a peça passa pela operação cálculo do percentual de atendimento de pedidos.

09 – MesesInventário

Durante a simulação a peça passa pela operação cálculo dos meses de inventário.

10 – QuantidadeScrap

Durante a simulação a peça passa pela operação cálculo da quantidade de peça Scrap.

11 – DevoluçãoPeçaFaturada

Durante a simulação a peça passa pela operação cálculo da devolução de peça faturada.

12 – DevoluçãoPeçaNãoFaturada

Durante a simulação a peça passa pela operação cálculo da devolução de peça não faturada.

13 – Previsão Demanda

Durante a simulação a peça passa pela operação de previsão de demanda.

Anexo 05 – Cenário 1 (Dados de Entrada)

Dados de Entrada Fonte Nacional

Tipo de Dado de Entrada	Valor do Dado de Entrada
Política de Estoque Máximo	1,8
Política de Estoque Mínimo	1,1
Alfa	0,2
Estoque em Trânsito (dias)	3
Política de Dias Máximos (dias)	4
Tempo de Consolidação dos Pedidos (dias)	4
Percentual de Adequação da DME 1	100
Percentual de Adequação da DME 2	95
Percentual de Adequação da DME 3	100
Percentual de Adequação da DME 4	100
Percentual de Adequação da DME 5	100

Dados de Entrada Fonte Importada

Tipo de Dado de Entrada	Valor do Dado de Entrada
Política de Estoque Máximo (meses)	1,7
Política de Estoque Mínimo (meses)	1,1
Lead Time (meses)	1,3
Alfa	0,2
Percentual de Adequação da DME 1	100
Percentual de Adequação da DME 2	100
Percentual de Adequação da DME 3	100
Percentual de Adequação da DME 4	100
Percentual de Adequação da DME 5	100

Dados de Entrada Geral

Tipo de Dado de Entrada	Valor do Dado de Entrada
Tabela Entrada de Calls A	Acima que 35
Tabela Entrada de Calls B	Entre 6 e 35
Tabela Entrada de Calls C	Abaixo que 6
Tabela Lote Meses (Lote 1)	Acima de 150
Tabela Lote Meses (Lote 2)	Entre 30 e 150
Tabela Lote Meses (Lote 3)	Abaixo de 30
Dias Úteis por mês (15 meses)	22,22,22,24,22,21,21,22,20,22,21,20,22,21,20
Previsão de Variação de Mercado (Mês)	3
Previsão de Variação de Mercado (Percentual)	5
Previsão de Promoção de Vendas (12 meses)	10,4,4,1,4,7,5,6,7,8,3,2
Mês de Inicio da Simulação	Janeiro
Horizonte de Simulação	12
Taxa do Dólar	2,2
Parâmetro de Proteção	11
Menor DME Determinada	0,04
Período de verificação para desimpactação	Quadrimestral
Percentual Médio de Impactação	2
Parâmetro de Impactação	3
Prazo Máximo de Permanência no DEA	2
Período de verificação para devolução de peça do DEA	Quadrimestral
Estimativa do valor de devolução das peças do DPF	4.000
Período de verificação para devolução de peça do DPF	Quadrimestral
Tipo de Scrap	Maior Peso
Cota Anual de Scrap	24.000
IESD	5.000

Anexo 06 – Cenário 2 (Dados de Entrada)

Dados de Entrada Fonte Nacional

Tipo de Dado de Entrada	Valor do Dado de Entrada
Política de Estoque Máximo	1,9
Política de Estoque Mínimo	1,2
Alfa	0,7
Estoque em Trânsito (dias)	5
Política de Dias Máximos (dias)	6
Tempo de Consolidação dos Pedidos (dias)	5
Percentual de Adequação da DME 1	95
Percentual de Adequação da DME 2	90
Percentual de Adequação da DME 3	100
Percentual de Adequação da DME 4	95
Percentual de Adequação da DME 5	95

Dados de Entrada Fonte Importada

Tipo de Dado de Entrada	Valor do Dado de Entrada
Política de Estoque Máximo (meses)	1,5
Política de Estoque Mínimo (meses)	1,2
Lead Time (meses)	1,6
Alfa	0,5
Percentual de Adequação da DME 1	95
Percentual de Adequação da DME 2	95
Percentual de Adequação da DME 3	90
Percentual de Adequação da DME 4	100
Percentual de Adequação da DME 5	95

Dados de Entrada Geral

Tipo de Dado de Entrada	Valor do Dado de Entrada
Tabela Entrada de Calls A	Acima que 35
Tabela Entrada de Calls B	Entre 6 e 35
Tabela Entrada de Calls C	Abaixo que 6
Tabela Lote Meses (Lote 1)	Acima de 150
Tabela Lote Meses (Lote 2)	Entre 30 e 150
Tabela Lote Meses (Lote 3)	Abaixo de 30
Dias Úteis por mês (15 meses)	21,22,21,20,23,22,23,21,24,21,22,22,20,23,22
Previsão de Variação de Mercado (Mês)	9
Previsão de Variação de Mercado (Percentual)	8
Previsão de Promoção de Vendas (12 meses)	5,7,8,7,10,2,3,3,4,6,2,8
Mês de Início da Simulação	Fevereiro
Horizonte de Simulação	10
Taxa do Dólar	2,3
Parâmetro de Proteção	11
Menor DME Determinada	0,04
Período de verificação para desimpactação	Bimestral
Percentual Médio de Impactação	4
Parâmetro de Impactação	3
Prazo Máximo de Permanência no DEA	6
Período de verificação para devolução de peça do DEA	Mensal
Estimativa do valor de devolução das peças do DPF	2.500
Período de verificação para devolução de peça do DPF	Mensal
Tipo de Scrap	Menor Preço
Cota Anual de Scrap	20.000
IESD	2.500

Anexo 07 – Cenário 3 (Dados de Entrada)

Dados de Entrada Fonte Nacional

Tipo de Dado de Entrada	Valor do Dado de Entrada
Política de Estoque Máximo	1,6
Política de Estoque Mínimo	1,25
Alfa	0,8
Estoque em Trânsito (dias)	4
Política de Dias Máximos (dias)	4
Tempo de Consolidação dos Pedidos (dias)	4
Percentual de Adequação da DME 1	95
Percentual de Adequação da DME 2	100
Percentual de Adequação da DME 3	100
Percentual de Adequação da DME 4	90
Percentual de Adequação da DME 5	95

Dados de Entrada Fonte Importada

Tipo de Dado de Entrada	Valor do Dado de Entrada
Política de Estoque Máximo (meses)	1,4
Política de Estoque Mínimo (meses)	1,05
Lead Time (meses)	1,1
Alfa	0,8
Percentual de Adequação da DME 1	100
Percentual de Adequação da DME 2	90
Percentual de Adequação da DME 3	95
Percentual de Adequação da DME 4	90
Percentual de Adequação da DME 5	100

Dados de Entrada Geral

Tipo de Dado de Entrada	Valor do Dado de Entrada
Tabela Entrada de Calls A	Acima que 35
Tabela Entrada de Calls B	Entre 6 e 35
Tabela Entrada de Calls C	Abaixo que 6
Tabela Lote Meses (Lote 1)	Acima de 150
Tabela Lote Meses (Lote 2)	Entre 30 e 150
Tabela Lote Meses (Lote 3)	Abaixo de 30
Dias Úteis por mês (15 meses)	22,23,22,21,21,24,22,22,21,20,24,23,23,22,22
Previsão de Variação de Mercado (Mês)	7
Previsão de Variação de Mercado (Percentual)	5
Previsão de Promoção de Vendas (12 meses)	5,5,6,7,8,9,9,8,7,6,5,6
Mês de Início da Simulação	Janeiro
Horizonte de Simulação	6
Taxa do Dólar	2,2
Parâmetro de Proteção	11
Menor DME Determinada	0,04
Período de verificação para desimpactação	bimestral
Percentual Médio de Impactação	4
Parâmetros de Impactação	3
Prazo Máximo de Permanência no DEA	2
Período de verificação para devolução de peça do DEA	bimestral
Estimativa do valor de devolução das peças do DPF	1.000
Período de verificação para devolução de peça do DPF	bimestral
Tipo de Scrap	Maior Preço
Cota Anual de Scrap	10.000
IESD	2.000

Anexo 08 – Planilha Peça

No.	Cod. Peça	Fonte	Análise	Classe	FatorK	DME	Desvio	Lote Mín	Mín Prot	Lead Time	Mult Emb	Peso	Família	P.Venda	BO	Est.DPF	Est.DEA	Custo Unit
1	2Y3967	11	1	1	3	309	22	0	0	11	0	11,44	1	109,56	5	2987	0	107,92
2	2S1788	31	1	1	2,75	154	11	0	0	0	0	5,14	6	176,40	5	0	546	141,12
3	9S3523	21	1	2	2	15	9	20	0	16	0	0,41	2	29,42	0	153	0	23,79
4	0R8182	31	1	2	2,5	23	12	0	0	0	0	6,36	7	442,03	0	0	56	408,90
5	0P2732	11	1	3	1,75	4	2	0	0	15	0	42,24	3	4,13	0	32	0	3,32
6	6J3832	31	1	3	1,5	5	3	0	0	0	0	3,31	8	14,31	0	0	13	6,52
7	5N1941	31	1	4	2	16	7	0	5	0	0	44,31	9	0,04	0	0	32	0,00
8	9S9334	21	1	4	1,5	7	6	0	8	14	10	0,13	4	5,55	0	0	12	1,16
9	5Y3731	31	1	5	1	4	3	0	3	0	0	543,13	10	542,42	2	0	13	444,41
10	9O8417	11	1	5	1,25	3	2	3	2	3	0	22,21	5	43,12	0	15	0	41,12
11	0R4053	31	2	2	1,25	0	0	0	0	0	0	180,32	12	137,72	1	0	14	130,54
12	0K1731	11	2	1	1,25	0	0	0	0	13	0	23,10	11	0,64	0	21	0	0,31

[illegible]

[illegible][illegible]

[illegible][illegible]

Cód. Invent	Cód.Peca	Est.DPF3	Est.DPF4	Est.DPF5	Est.DPF6	Est.DPF7	Est.DPF8	Est.DPF9	Est.DPF10	Est.DPF11	Est.DPF12	Dev.DPF4	Dev.DPF8	Dev.DPF12	Scrap1
1111	2Y3967	2576	2420	2210	2002	1660	1464	1254	1098	906	752	0	0	0	0
3111	2S1788	132	154	156	196	0	180	0	144	154	154	0	0	0	0
2112	9S3523	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	87
3112	0R8182	0	6	0	15	0	16	0	4	4	0	0	0	0	0
1113	0P2732	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3113	6J3832	4	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3114	5N1941	0	0	9	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0
2114	9S9334	2	7	8	8	6	5	8	8	7	6	0	0	0	0
3115	5Y3731	0	4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
1115	9O8417	13	13	13	13	12	12	12	12	10	10	0	0	0	0
3122	0R4053	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1121	0K1731	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Cód.Invent	Cód.Peca	Scrap2	Scrap3	Scrap4	Scrap5	Scrap6	Scrap7	Scrap8	Scrap9	Scrap10	Scrap11	Scrap12	DME1	DME2	DME3	DME4	DME5	DME6
1111	2Y3967	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	309	283	271	247	239	232
3111	2S1788	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	154	141	139	142	144	154
2112	9S3523	30	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	15	12	16	14	11	15
3112	0R8182	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	23	21	18	15	12	12
1113	0P2732	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	2	1	1	0
3113	6J3832	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	3	2	1	0
3114	5N1941	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	16	16	16	16	16
2114	9S9334	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	5	5	4	3	2
3115	5Y3731	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	4	4	4	4
1115	9O8417	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	3	3
3122	0R4053	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1121	0K1731	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Cód.Invent	Cód.Peca	DME7	DME8	DME9	DME10	DME11	DME12	Desvio1	Desvio2	Desvio3	Desvio4	Desvio5	Desvio6	Desvio7	Desvio8	Desvio9	Desvio10	Desvio11
1111	2Y3967	254	242	235	219	213	201	22	7	6	18	7	0	22	6	1	15	6
3111	2S1788	159	163	161	157	156	155	11	4	1	3	5	14	16	17	12	6	4

[illegible][illegible]

Anexo 10 – Cenário 2 (Resultados)

Cód.Invent	Cód.Peca	Familia	Calls1	Calls2	Calls3	Calls4	Calls5	Calls6	Calls7	Calls8	Calls9	Calls10	QPC1	QPC2	QPC3	QPC4	QPC5	QPC6	QPC7
1111	2Y3967	1	14	14	13	15	13	18	14	14	13	12	13	16	12	14	16	19	14
3111	2S1788	6	10	12	11	12	14	14	15	12	12	14	9	11	14	13	14	13	12
2112	9S3523	2	1	4	2	1	5	2	6	2	2	1	4	8	3	4	7	4	3
3112	0R8182	7	5	5	3	3	5	2	4	6	2	3	3	2	2	1	3	2	4
1113	0P2732	3	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	3	0	1	2	0	4	0
3113	6J3832	8	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0
3114	5N1941	9	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0
2114	9S9334	4	0	3	1	0	0	1	3	0	0	1	0	2	1	0	0	2	1
3115	5Y3731	10	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0
1115	9O8417	5	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2	0	0	0	1	0
3122	0R4053	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1121	0K1731	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Cód.Invent	Cód.Peca	QPC8	QPC9	QPC10	BO1	BO2	BO3	BO4	BO5	BO6	BO7	BO8	BO9	BO10	Rep.1	Rep.2	Rep.3	Rep.4	Rep.5
1111	2Y3967	15	12	16	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3111	2S1788	13	12	11	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	201	49
2112	9S3523	6	4	3	0	0	0	6	10	0	0	18	9	0	0	0	59	27	0
3112	0R8182	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	0	0	0	0
1113	0P2732	1	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	3	1	0
3113	6J3832	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3114	5N1941	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2114	9S9334	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	6	1	0	0
3115	5Y3731	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1115	9O8417	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3122	0R4053	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1121	0K1731	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Cód. Invent	Cód.Peca	Rep.6	Rep.7	Rep.8	Rep.9	Rep.10	Receb.1	Receb.2	Receb.3	Receb.4	Receb.5	Receb.6	Receb.7	Receb.8	Receb.9	Receb.10	MI1	MI2	MI3
1111	2Y3967	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,32	10,84	10,56
3111	2S1788	182	187	0	170	0	0	0	0	0	201	49	182	187	0	170	3,77	2,64	1,26

2112	9S3523	21	34	23	0	0	0	0	0	0	59	27	0	21	34	23	21,26	3,95	0
3112	0R8182	0	0	15	0	0	0	39	0	0	0	0	0	0	15	0	3,21	4,96	5,44
1113	0P2732	3	2	0	0	0	0	0	0	3	1	0	3	2	0	0	28,97	28,29	0
3113	6J3832	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	51,94	36,37	35,96
3114	5N1941	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2114	9S9334	2	3	0	0	0	0	8	6	1	0	0	2	3	0	0	0	1,01	4
3115	5Y3731	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43,95	44,46	27,97
1115	9O8417	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19,98	17,51	17,31
3122	0R4053	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1121	0K1731	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Cód.Invent	Cód.Peca	MI4	MI5	MI6	MI7	MI8	MI9	MI10	PAP1	PAP2	PAP3	PAP4	PAP5	PAP6	PAP7	PAP8	PAP9	PAP10	Est.DPF1
1111	2Y3967	9,81	8,79	6,29	5,43	4,37	3,82	3,58	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	2987
3111	2S1788	0,07	1,18	0,44	0,47	1,48	0,45	1,01	100	100	100	8,33	85,71	35,71	40	100	50	100	0
2112	9S3523	0	0,75	2,21	0	0	1,54	3,44	100	100	0	0	40	100	0	0	100	100	153
3112	0R8182	5,42	4,66	6,38	3,36	2,61	5,9	3,44	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0
1113	0P2732	0	1,32	0	0	1,01	4	0	100	0	0	0	0	0	0	100	0	0	32
3113	6J3832	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	0	0
3114	5N1941	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	100	0	0	0	0	0
2114	9S9334	4,57	4,51	11,85	3,45	5,39	5,33	4,56	0	33,33	100	0	0	100	100	0	0	100	0
3115	5Y3731	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	100	0	0
1115	9O8417	51,94	0	0	49,64	48,5	47,95	39,07	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	15
3122	0R4053	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1121	0K1731	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21

Cód. Invent	Cód.Peca	Est.DPF2	Est.DPF3	Est.DPF4	Est.DPF5	Est.DPF6	Est.DPF7	Est.DPF8	Est.DPF9	Est.DPF10	Dev.DPF1	Dev.DPF2	Dev.DPF3	Dev.DPF4	Dev.DPF5
1111	2Y3967	2800	2576	2420	2210	2002	1660	1464	1254	1098	0	0	0	0	0
3111	2S1788	90	132	154	156	196	0	180	0	144	0	0	0	0	0
2112	9S3523	76	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3112	0R8182	15	0	6	0	15	0	16	0	0	0	0	0	0	0
1113	0P2732	28	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
3113	6J3832	0	4	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
3114	5N1941	0	0	0	9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

2114	9S9334	0	2	7	8	8	6	5	8	8	0	0	0	0	0
3115	5Y3731	0	0	4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
1115	9O8417	15	13	13	13	13	12	12	12	12	0	0	0	0	0
3122	0R4053	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1121	0K1731	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0

[illegible][illegible]

Cód.Invent	Cód.Peca	Desvio10	Est.D EA1	Est.D EA2	Est.D EA3	Est.D EA4	Est.D EA5	Est.D EA6	Est.D EA7	Est.D EA8	Est.D EA9	Est.D EA10	Dev.D EA1	Dev.D EA2	Dev.D EA3	Dev.D EA4	Dev.D EA5	Dev.D EA6	Dev.D EA7
1111	2Y3967	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3111	2S1788	9	546	361	187	11	0	0	63	0	211	0	0	0	0	0	0	0	0
2112	9S3523	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3112	0R8182	2	56	26	70	58	61	31	42	10	20	27	0	0	0	0	0	0	0
1113	0P2732	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3113	6J3832	0	13	13	5	9	9	9	1	5	10	10	0	0	0	0	0	0	0
3114	5N1941	5	32	32	32	32	14	23	21	22	22	22	0	0	0	0	0	0	0
2114	9S9334	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3115	5Y3731	0	13	11	11	3	7	7	7	7	7	0	0	0	0	0	0	0	0
1115	9O8417	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3122	0R4053	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0
1121	0K1731	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Cód.Invent	Cód.Peca	Dev.DEA8	Dev.DEA9	Dev.DEA10	LoteMeses
1111	2Y3967	0	0	0	1
3111	2S1788	0	0	0	1
2112	9S3523	0	0	0	2
3112	0R8182	0	0	0	1
1113	0P2732	0	0	0	3
3113	6J3832	2	2	2	3
3114	5N1941	0	0	0	3
2114	9S9334	0	0	0	3
3115	5Y3731	0	0	0	1
1115	9O8417	0	0	0	2
3122	0R4053	0	0	0	0
1121	0K1731	0	0	0	0

Anexo 11 – Cenário 3 (Resultados)

[illegible][illegible]

Cód.Invent	Cód.Peca	MI2	MI3	MI4	MI5	MI6	PAP1	PAP2	PAP3	PAP4	PAP5	PAP6	Est.DPF1	Est.DPF2	Est.DPF3	Est.DPF4	Est.DPF5
1111	2Y3967	10,88	10,59	9,84	8,81	6,31	100	100	100	100	100	100	2987	2800	2576	2420	2210
3111	2S1788	2,64	1,26	0,07	1,01	0,65	100	100	100	8,33	71,43	57,14	0	90	132	154	156
2112	9S3523	7,21	4,24	0	0	0,13	100	100	100	0	0	50	153	112	43	0	0
3112	0R8182	4,41	4,77	4,72	3,86	5,18	100	100	100	100	100	100	0	15	0	6	0
1113	0P2732	29,39	27,05	50,09	0	0	100	0	100	100	0	0	32	29	28	27	0
3113	6J3832	36,48	36,07	0	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	4	0	0
3114	5N1941	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	100	0	0	0	0	9
2114	9S9334	1,01	4,01	4,58	4,53	11,89	0	33,33	100	0	0	100	0	0	2	7	8
3115	5Y3731	44,59	28,05	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	4	0
1115	9O8417	17,57	17,37	52,1	0	0	0	100	0	0	0	100	15	15	13	13	13
3122	0R4053	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1121	0K1731	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	21	0	0	0

[illegible]

Cód.Invent	Cód.Peca	Desvio1	Desvio2	Desvio3	Desvio4	Desvio5	Desvio6	Est.DEA1	Est.DEA2	Est.DEA3	Est.DEA4	Est.DEA5	Est.DEA6	Dev.DEA2
1111	2Y3967	22	97	33	44	42	14	0	0	0	0	0	0	0
3111	2S1788	11	49	33	29	12	36	546	361	187	11	0	0	0
2112	9S3523	9	7	22	11	1	25	0	0	0	0	0	0	0
3112	0R8182	12	4	4	3	2	10	56	26	62	50	53	23	0
1113	0P2732	2	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
3113	6J3832	3	3	3	1	0	0	13	13	5	9	9	9	0
3114	5N1941	7	11	10	10	3	12	32	32	32	32	14	23	0
2114	9S9334	6	4	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3115	5Y3731	3	2	2	0	3	2	13	11	11	3	7	7	0
1115	9O8417	2	2	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
3122	0R4053	0	0	0	0	0	0	14	13	0	0	0	0	0
1121	0K1731	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Cód.Invent	Cód.Peca	Dev.DEA4	Dev.DEA6	LoteMeses
1111	2Y3967	0	0	1
3111	2S1788	0	0	1
2112	9S3523	0	0	1
3112	0R8182	0	0	1
1113	0P2732	0	0	3
3113	6J3832	0	0	2
3114	5N1941	0	0	3
2114	9S9334	0	0	3
3115	5Y3731	0	0	1
1115	9O8417	0	0	2
3122	0R4053	13	0	0
1121	0K1731	0	0	0

Anexo 12 – Fluxograma Reposição de Peças Impactadas Nacionais

Anexo 13 – Fluxograma Reposição de Peças Impactadas Importadas