

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Serviço de Pós-Graduação EESC/USP
EXEMPLAR REVISADO
Data de entrada no Serviço: 06 / 11 / 00
Ass.: Danilo

**UMA REVISÃO DE LOGÍSTICA E A PARTICIPAÇÃO
DA SIMULAÇÃO NOS PROCESSOS DE GESTÃO
DE MATERIAIS**

Maria Cecília Sturion

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 de Produção.

ORIENTADOR: Renato Vairo Belhot

DEDALUS - Acervo - EESC



31100016793



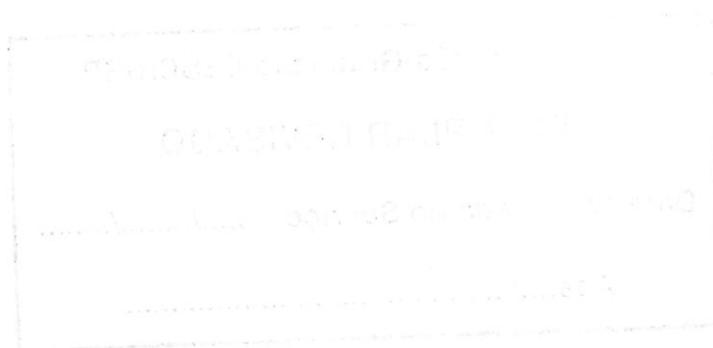
São Carlos

2000

Class. TESE-EESC
Cutt. 59.11
Tombo TO 251/00

31 1000 16 793

st 1121581



Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca - EESC/USP

S935r Sturion, Maria Cecília
Uma revisão de logística e a participação da
simulação nos processos de gestão de materiais / Maria
Cecília Sturion. -- São Carlos, 2000.

Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia de
São Carlos-Universidade de São Paulo, 2000.
Área: Engenharia de Produção.
Orientador: Prof. Dr. Renato Vairo Belhot.

1. Simulação. 2. Administração de materiais.
3. Modelagem. I. Título.

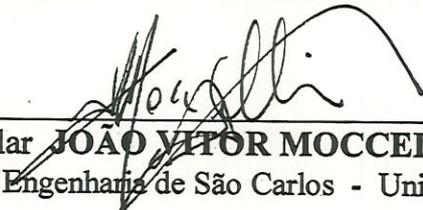
FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidata: Licenciada **MARIA CECILIA STURION**

Dissertação defendida e aprovada em 05-09-2000
pela Comissão Julgadora:



Prof. Associado **RENATO VAIRO BELHOT (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)



Prof. Titular **JOÃO VITOR MOCCELLIN**
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)



Prof. Doutor **MARCELO SEIDO NAGANO**
(Faculdade de Economia e Administração de Ribeirão Preto- Universidade de São Paulo)



Prof. Associado **RENATO VAIRO BELHOT**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação
em Engenharia de Produção



JOSÉ CARLOS A. CINTRA
Presidente da Comissão de Pós-Graduação da EESC

DEDICATÓRIA

*Não conheço tudo
Mas gostaria de conhecer
Se eu conhecesse tudo
Deus eu iria ser*

*Nunca vi uma flor desabrochar
Nem vi o sol se por.
Mas já vi o mar quando o tempo
É de calor.*

*Deus conhece tudo,
Porque foi Ele que criou o mundo.
Eu não conheço nada,
Porque sou só um ser deste mundo.*

*Dedico:
A meus pais,
E, em especial,
a minha irmã Célia.*

AGRADECIMENTOS

- A Deus por ter me dado as condições, a saúde e a persistência necessárias à conclusão desse árduo trabalho.
- Aos profissionais da saúde pela ajuda e dedicação no momento mais difícil de minha vida.
- Ao orientador, conselheiro, amigo e grande incentivador Professor Dr. Renato Vairo Belhot pelo apoio no desenvolvimento do trabalho.
- Aos professores Alfredo Hammar (in memorian), João Vitor Moccellin e Wilson Kendy Tachibana e demais colegas e professores que colaboraram de alguma forma no desenvolvimento do trabalho.
- Aos dirigentes da empresa pesquisada, Abrange Logística, que muito nos auxiliou no levantamento dos dados.
- À Secretaria de Pós-Graduação e funcionários da Engenharia da Produção pela atenção dispensada.
- A todos que direta ou indiretamente nos auxiliaram, apoiaram e incentivaram na execução do trabalho.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	ii
AGRADECIMENTOS	iii
SUMÁRIO	iv
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE QUADROS E TABELAS.....	vii
LISTA DE SIGLAS	viii
RESUMO	ix
ABSTRACT	x
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	1
1.1. O Problema de Pesquisa	6
1.2. Objetivos	9
CAPÍTULO 2 - A LOGÍSTICA À LUZ DA HISTÓRIA.....	10
2.1. Desenvolvimento Histórico.....	12
2.2. Desenvolvimento e Expansão da Logística na América Latina e no Brasil	16
2.3. Conceitos Básicos de Logística	22
CAPÍTULO 3 - A LOGÍSTICA NO ÂMBITO EMPRESARIAL	29
3.1. Definição de Logística Empresarial.....	29
3.2. Operador Logístico como Gerador de Valor na Cadeia de Suprimento... 30	
3.2.1. Importância do conceito de operador logístico	31
3.2.2. O conceito de operador logístico	31
3.2.3. Demais atividades logísticas	34
3.3. Atividades da Administração de Materiais junto à Manufatura.....	38
3.3.1. Atividades da distribuição física junto à manufatura	40
3.3.2. Atividades próprias da distribuição física.....	42
3.3.3. Atividades da distribuição física junto ao cliente do fornecedor	45
3.3.4. Atividades da distribuição física junto ao consumidor.....	45

CAPÍTULO 4 - SIMULAÇÃO - CONTRIBUIÇÃO NO CONTEXTO DA LOGÍSTICA EMPRESARIAL.....	47
4.1. Sistemas	47
4.2. Modelo	49
4.2.1. Tipos de modelos	53
4.3. Simulação: Conceitos Básicos	55
4.3.1. Áreas de atuação.....	57
4.3.2. Vantagens e desvantagens	58
4.3.3. O processo de simulação	61
4.4. Pontos Críticos em Estudos de Simulação	72
4.5. A Simulação nos Dias Atuais	75
4.5.1. Jogos de empresa versus simulação empresarial.....	76
4.5.2. Softwares utilizados.....	78
CAPÍTULO 5 - ESTUDO DE CASO	81
5.1. Situação Encontrada	81
5.1.1. Descrição dos processos.....	83
5.2. Descrição dos Processos.....	89
5.3. Respostas do Modelo.....	101
CAPÍTULO 6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	106
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	109

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 - Causa / Efeito.....	8
FIGURA 4.1 - Classificação dos modelos de sistemas.....	50
FIGURA 5.1 - Representação esquemática do sistema.....	82
FIGURA 5.2 - Diagrama de fluxo lógico.....	82
FIGURA 5.3 - Arena® - Diagrama de blocos da chegada de pedidos.....	91
FIGURA 5.4 - Arena® - Diagrama de blocos da contagem e embalagem....	92
FIGURA 5.5 - Arena® - Diagrama de blocos da escolha de caixas.....	93
FIGURA 5.6 - Arena® - Diagrama de blocos da montagem dos lotes e paletes..	93
FIGURA 5.7 - Arena® - Diagrama de blocos da estocagem.....	94
FIGURA 5.8 - Arena® - Diagrama de blocos do recolhimento/abastecimento de Peças.....	95

LISTA DE QUADROS E TABELAS

QUADRO 2.1 - Evolução do conceito de logística.	24
TABELA 2.1 - Processos chaves da cadeia de suprimentos.	27
TABELA 4.1 - Alguns modelos existentes para sistemas discretos.	53
TABELA 5.1 - Horários de entrada, saída e parada, segundo os turnos.	97
TABELA 5.2 - Estrutura de dados do modelo.	98
TABELA 5.3 - Parâmetros de entrada.....	102
TABELA 5.4 - Valores médios das variáveis observadas.	102
TABELA 5.5 - Valores máximos das variáveis observadas.....	102

LISTA DE SIGLAS

- AM** - Apontamento de Movimentação
- AMR** - Apontamento de Rota do Material
- CD** - Conferência Documental
- CEP** - Controle Estatístico de Processos
- DFL** - Diagrama de Fluxo Lógico
- EDI** - Electronic Data Interchange
- ERP** - Enterprise Resource Planning
- GPS** - Geographical Positioning System
- GPSS** - General Purpose Simulation Systems
- ILC** - Inbound Logist Center
- JIT** - Just-In-Time
- MERCOSUL** - Mercado Comum do Sul
- MTS** - Make to Stock
- NF** - Nota Fiscal
- QFD** - Quality Function Deployment
- SCM** - Supply Chain Management
- SKU** - Stock Keeping Unit

RESUMO

STURION, M.C. (2000). *Uma revisão de logística e a participação da simulação nos processos de gestão de materiais*. São Carlos, 2000. 111p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Esta pesquisa procura mostrar como a evolução da informática e das telecomunicações alterou a face da Logística contemporânea que, de “gargalo” que foi no passado, passou a ser usada como uma tecnologia que transforma e impulsiona o sucesso das empresas. Além disso, ela tenta verificar a aplicação de uma área de Informática, enquanto área de sistema, num processo logístico de abastecimento de peças. A problemática central é a inexistência de metodologia e abordagem científicas para medir o nível de utilização dos recursos (humanos e equipamentos) que determina a produtividade dos processos bem como o “custo otimizado” para alcançar os resultados definidos e desejados pela organização. Como o tema envolve relativa complexidade, a sua problematização foi dividida em algumas fases, destacando quais seriam os efeitos da implementação de um Modelo de Simulação para elevar os níveis de satisfação do cliente e o valor agregado. Tentou-se também verificar até que ponto a eficiência dos processos, devidamente medida e controlada, poderá contribuir para uma melhor utilização dos recursos produtivos e resultar em redução dos custos operacionais.

Palavras-chave: simulação; administração de materiais; modelagem.

ABSTRACT

STURION, M.C. (2000). *A logistics review and the simulation participation in the material management process*. São Carlos, 2000. 111p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

This research seeks to show how the development of Informatics and telecommunications has changed the current Logistics that used to be kind of “bottle neck” in the past and started to be employed as a technology that changes and stimulates the success of enterprises. Besides this, it tries to check the use of an area of Informatics while an area of the system, into a logistic process of component supplying. The main question here is that so far, there isn't an adequate scientific methodology/approach to evaluate the level of use of human/equipment resources that can cause both, process productivity and cost optimization in order to achieve the results defined in partnership with the customer. As far as the subject developed led to some key issues, the study was divided up into some steps. According to the mentioned steps, the questions related to the proposed subject were taken into account seeking to point out the consequences of setting up a simulation model in order to improve the levels of customer satisfaction and the adding value. We have also seeked to check the point at which properly measured and managed process fulfillment is able to contribute for an improved use of resources, leading to the decrease of operational costs.

Keywords: simulation; material management; modeling.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

A economia mundial está sofrendo grande transformação com a globalização. Muitas barreiras antes existentes estão caindo e, praticamente, já não há fronteiras a serem alcançadas. A formação de blocos econômicos, como o NAFTA, o MERCOSUL e a União Européia, mostra a grande necessidade da união de países em busca de melhor desenvolvimento e manutenção de suas economias.

Em virtude da globalização, tivemos diversos reflexos em vários segmentos industriais, desde o aumento da competitividade até o acesso a diversas tecnologias. O mercado consumidor também se modificou, mostrando-se cada vez mais exigente e mais bem informado na hora de adquirir bens e serviços.

Esses fatores estão obrigando as empresas não só a mudar suas atividades e decisões, mas, principalmente oferecer aos clientes produtos e serviços com menor preço e melhor qualidade, tendo como objetivo primordial a satisfação total dos mesmos

Com essa nova característica do mercado globalizado, as empresas estão sendo obrigadas a reformular-se para poderem adaptar sua nova estruturas às atuais exigências do mercado.

As empresas continuam aumentando os esforços por processos mais eficientes e pela adoção de sistemas de gestão mais modernos. A busca da competitividade relaciona-se cada vez mais com a busca do ótimo sistêmico, dentro e fora das fronteiras da empresa.

Parte considerável dessas mudanças relaciona-se com profundas alterações nas cadeias de valores de todos os segmentos industriais. Levando-se em consideração este cenário, a administração logística ganha

nova dimensão, envolvendo a integração de todas as atividades ao longo da cadeia de valores: da geração de matérias-primas ao serviço do cliente final. Isso é enfatizado por CHING (1999) ao afirmar que uma das soluções encontradas, embora ainda praticada por poucas companhias, é a mudança do conceito logística, agora responsável desde o recebimento da matéria-prima até a entrega do produto acabado na casa do cliente. A logística pode atuar em diversas áreas, entre as quais a área de suprimentos, produção e distribuição.

O conceito básico da logística é a integração das áreas e processos da empresa a fim de obter desempenho melhor do seus concorrentes. Com isso, ela pode diminuir seus custos e melhorar a qualidade do produto, disponibilizando ao cliente o produto correto, no tempo e quantidade que deseja.

Utilizando a logística, a empresa passa a ter uma nova visão em relação aos estoques. O conceito de logística integrada, que é um novo conceito, tem justamente a intenção de promover o fluxo contínuo de entrada de matéria-prima (suprimento), de fabricação do bem (produção) e da saída de produto acabado até o ponto de venda (distribuição), não interrompendo, em nenhum ponto, o processo, minimizando assim cada vez mais o uso de estoques pela empresa.

Muitas pessoas estudam logística porque é assunto essencial, o que as torna mais informadas. A relevância do estudo da logística é influenciada diretamente pelos custos associados a suas atividades. Fatores importantes estão influenciando o incremento dos custos logísticos. Dentre eles, os mais relevantes são: o aumento da competição internacional, as alterações populacionais, a crescente escassez de recursos e a atratividade cada vez maior da mão-de-obra no Terceiro Mundo. Assim, as condições econômicas tornarão a logística um campo mais atrativo do que ele é.

Além disso, segundo o Banco Mundial, nos países industrializados, cerca de 90% do total do estoque de infra-estrutura corresponde aos investimentos realizados em somente três setores, a saber: energia, telecomunicações e logística, entendida como a cadeia dos processos de

coleta, manuseio, armazenamento, transporte aerorodoferroaquiaviário, portos, transbordos e sistemas de distribuição. Nos países em desenvolvimento, como o Brasil, este estoque corresponde a cerca de 74%. Empiricamente, observa-se que, para cada aumento de 1% desse estoque, corresponderá um aumento do Produto Interno Bruto (PIB) de 1%.

Neste ambiente atual, o nível de competitividade industrial mundial tem imposto ao mercado novos padrões de custo, de qualidade, de desempenho de entregas e de flexibilidade, o que tem gerado a necessidade de uma série de mudanças por parte de muitas empresas. Assim, velhos paradigmas e práticas industriais têm sido revisados e alteradas, numa tentativa de se aumentar o desempenho competitivo, ou somente sobreviver (GOBBO JUNIOR & PIRES, 1997). Em paralelo, essas mudanças têm gerado novas frentes para se obter vantagem competitiva, como a Gestão da Cadeia de Suprimentos (Supply Chain Management - SCM).

Logística, distribuição física, gestão de materiais, dentre outros, são nomes que têm sido aplicados no desenvolvimento histórico do campo da SCM. Independente da questão do rótulo, atualmente a SCM é uma área vital para o gerenciamento de qualquer empresa, seja ela do setor industrial ou de serviços.

A importância potencial da cadeia de suprimentos significa que as decisões em relação à seleção dos fornecedores para construir uma aliança precisam ser tomadas a um nível estratégico, visto que inclui, entre os critérios para a escolha de parceiros, considerações sobre a tecnologia empregada pelo fornecedor e suas tendências, e não simplesmente o tamanho deste (GOBBO JUNIOR & PIRES, 1977).

A logística empresarial, como campo da administração de empresas, entrou na década de 70 em estado de semi-maturidade, segundo BOWERSOX (1987). O alto grau de interesse acabou levando à logística integrada. Apesar de a distribuição física ter sido o tema dominante nas décadas de 50 e 60, um tema similar estava sendo desenvolvido em torno de compras. Ela começava a ser entendida dentro do contexto mais amplo da administração de materiais. Hoje, a logística empresarial é entendida

como a integração, tanto da administração de materiais como da distribuição física. Mas, essa integração leva a ligações muito mais estreitas com a função de produção/operação em muitas firmas, de modo que se pode esperar que produção e logística se aproximarão muito mais em conceito e prática, num futuro próximo.

Empresas vêm executando funções logísticas há muitos anos, no sentido de rearranjar as atividades existentes na forma, de modo que o bom gerenciamento seja facilitado.

Uma vez que a logística é responsável pela movimentação e armazenagem de produtos, o transporte, a manutenção de estoques, a armazenagem e manuseio de materiais devem ser seus principais focos de interesse. A logística preocupa-se com a localização de fontes de suprimentos e os tempos para abastecimento.

O campo da logística até hoje pouco fez para ter reconhecida sua importância na administração de bancos, hospitais, escolas e outros. Os problemas logísticos concentram-se muitas vezes no lado do suprimento de firmas de serviços, onde se pode identificar um bem físico em estoque ou como item de frete.

A logística exerce a função de responder por toda a movimentação de materiais, dentro do ambiente interno e externo da empresa, iniciando pela chegada da matéria-prima até a entrega do produto final ao cliente.

Suas atividades podem ser divididas da seguinte forma: a) atividades primárias - essenciais para o cumprimento da função logística, contribuem com o maior montante do custo total da logística (transportes, gestão de estoques, processamento de pedidos); b) atividades secundárias - exercem a função de apoio às atividades primárias na obtenção dos níveis de bens e serviços requisitados pelos clientes (armazenagem, manuseio de materiais, embalagem de proteção, programação de produtos e manutenção de informação).

A logística procura agrupar as diversas atividades da empresa relacionadas aos processos logísticos finais. Estuda como a administração pode prover melhor nível de rentabilidade nos serviços de distribuição aos

clientes e consumidores, por meio de planejamento, organização e controles efetivos para as atividades de movimentação e armazenagem que visam facilitar o fluxo de produtos.

Com a logística, as empresas passam a contar com uma ferramenta precisa para medir os reflexos de um bom planejamento na distribuição de suas mercadorias, tanto no que se refere aos aspectos externos (consumidores e fornecedores), quanto a seu aspecto interno (fluxo de materiais e armazenamento físico de matéria-prima e produtos acabados).

Distribuição física “é o ramo da logística empresarial que trata da movimentação, estocagem e processamento de pedidos dos produtos finais da firma. Costuma ser a atividade mais importante em termos de custo para a maioria das empresas, pois absorve cerca de dois terços dos custos logísticos” (BALLOU, 1993, p. 40).

A distribuição física preocupa-se principalmente com bens acabados ou semi-acabados, ou seja, com mercadorias que a companhia oferece para vender e que não planeja executar processamentos posteriores. Desde o instante em que a produção é finalizada até o momento no qual o comprador toma posse dela, as mercadorias são responsabilidade da logística, que deve mantê-las no depósito da fábrica e transportá-las até depósitos locais ou diretamente ao cliente.

Há dois tipos de mercado para os quais se deve planejar. Um deles é o de usuários finais, que são aqueles que usam o produto tanto para satisfazer suas necessidades como aqueles que criam novos produtos, que é o caso dos consumidores industriais. Os consumidores finais também podem ser companhias que vendem os seus produtos aos seus clientes.

O segundo mercado é composto por intermediários que não consomem o produto, mas que o oferecem para revenda, como por exemplo: distribuidores, varejistas e usuários finais.

A administração da distribuição física é tarefa desenvolvida em três níveis: a) estratégico; b) tático; e c) operacional. Administrar a distribuição física ao nível estratégico é identificar as relações da empresa com o mercado e as estratégias a utilizar, ao nível tático é utilizar seus recursos.

Administrar ao nível operacional refere-se às tarefas diárias que o gerente de distribuição e seus subordinados devem desempenhar para garantir que os produtos fluam através do canal de distribuição até o último cliente. O foco deste aspecto da administração da distribuição é principalmente supervisão e realização das tarefas.

A administração de materiais é o inverso da distribuição física. Segundo BALLOU (1993, p. 58), *“trata do fluxo de produtos para a firma ao invés de a partir dela”*.

Da mesma forma que existe um canal de distribuição para os fluxos de produtos e informações na distribuição física, há um canal semelhante no suprimento físico. As atividades identificadas no canal de suprimento podem ser consideradas fundamentais para a administração de materiais, pois elas afetam principalmente a economia e a eficácia do movimento de materiais.

As tarefas mais importantes são: a) inicialização e transmissão das ordens (pedidos) de compras; b) transporte dos carregamentos até o local da fábrica; e c) manutenção dos estoques na planta.

A motivação da administração de materiais é satisfazer às necessidades de sistemas e operação, tais como uma linha de produção na manufatura ou um processo operacional de banco, hospital, entre outros.

1.1. O Problema de Pesquisa

A evolução da informática e das telecomunicações alterou a face da logística contemporânea. De gargalo ou limitação, tais tecnologias transformaram-se no motor que impulsiona o sucesso das empresas. Sistemas isolados, processados em “batch” estão dando lugar aos grandes sistemas integrados ou ERP (Enterprise Resource Planning), que permitem uma base única e consistente de informações para toda a organização e a integração operacional de suas diversas funções. Ligando as diversas unidades logísticas, a comunicação por satélites já se tornou um fato corriqueiro, desde o suporte ao EDI (Electronic Data Interchange) até o

rastreamento de veículos por satélite (GPS - Geographical Positioning System).

Todos os processos que compõem o ciclo de operações, constituem o foco permanente de estudo para determinação da eficiência (produção por recurso utilizado), eficácia (resultados por recurso utilizado) e custos operacionais “ideais” para atendimento dos padrões de qualidade do cliente.

A problemática central é a inexistência de metodologia e abordagem científica para medir o nível de utilização dos recursos (humanos e equipamentos) que determina a produtividade dos processos, bem como a definição dos seus “custos otimizados”. Como este tema envolve relativa complexidade, para a problematização adotou-se uma divisão em fases, que a seguir serão comentadas com maiores detalhes. Além disso, a investigação científica também considera a aplicação desses conceitos em uma situação real.

Foram considerados os aspectos mais diretamente relacionados à temática de estudo proposta, destacando alguns problemas centrais: a) Quais seriam os efeitos da implementação de um modelo de simulação para elevar os níveis de satisfação do cliente e do valor que agrega a seus processos logísticos? b) Até que ponto a eficiência dos processos, devidamente medida e controlada, irá contribuir para uma sinergia real de utilização de recursos? c) Até que ponto a sinergia de recursos, obtida entre os três processos de apoio (recebimento, embalagem e estocagem) resultarão em redução de custos operacionais.

A Figura 1.1. mostra o relacionamento entre esses processos, através de um diagrama causa-efeito e tem como finalidade ilustrar a situação encontrada na empresa pesquisada. Detalhes são oferecidos no Capítulo 5 - Estudo de Caso.

Finalmente, como alvo de todos os esforços, busca-se o aumento da competitividade aliada à melhoria no nível de serviços ao cliente e, como em todo processo administrativo, o estabelecimento de medidas de desempenho constitui ferramenta indispensável para o acompanhamento dos projetos previamente propostos.

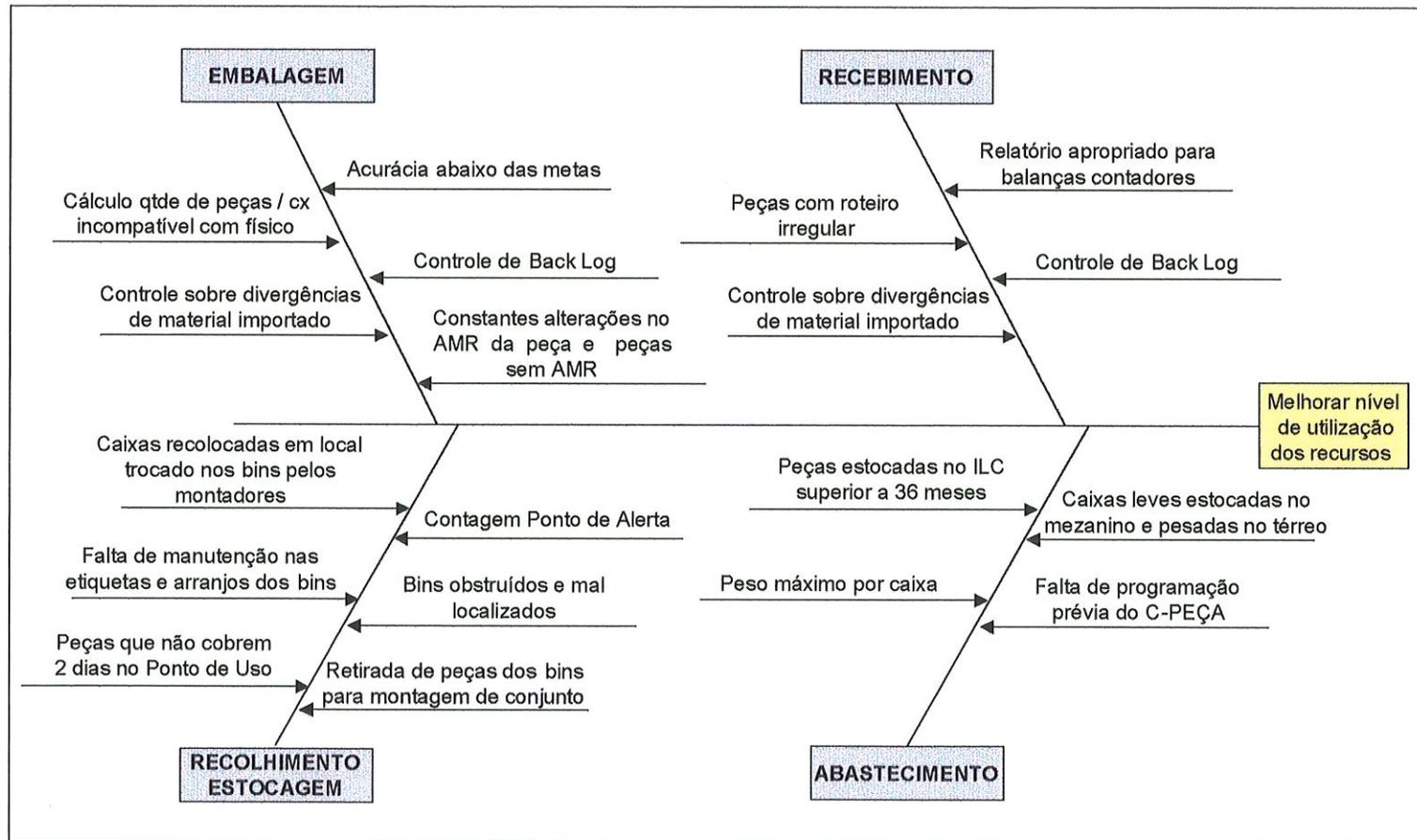


FIGURA 1.1 - Causa / Efeito.

1.2. Objetivos

Este trabalho tem por objetivo discutir o papel da Simulação nos processos de administração de materiais. Mais especificamente, pretende-se monitorar os índices de desempenho do sistema logístico, quais sejam: a) recebimento de materiais; b) back-log de embalagem; e c) estocagem de materiais.

Para tanto, para a empresa pesquisada, pretende-se desenvolver um modelo de simulação que permita avaliar o comportamento desses três processos de apoio, para diferentes cenários de operação. Os cenários serão configurados pela variação das taxas de recebimento de materiais (variando tanto o volume, como o tipo de material recebido) e da quantidade de recursos envolvidos nas atividades dos processos

CAPÍTULO 2

A LOGÍSTICA À LUZ DA HISTÓRIA

Desde o surgimento da Administração como área do conhecimento, no início de nosso século, muitos foram os esforços, a partir dos estudos de TAYLOR, FAYOL e outros expoentes percursores das técnicas atualmente adotadas pelas empresas, no sentido de desenvolver estratégias em busca de aumento de flexibilidade e produtivo, melhoria nos padrões de qualidade e na adequação dos produtos à evolução das necessidades dos consumidores.

Assim, na constante e crescente perseguição de tais metas, observou-se o desenvolvimento, prioritariamente, de estratégias nas áreas de Marketing, Finanças, Produção e Recursos Humanos, pouca preocupação havendo, até meados dos anos setenta, com a **gestão de materiais**. Durante as primeiras décadas de nosso século, as funções de materiais não encontraram bases para um desenvolvimento pujante, em detrimento às consideradas, na época, “mais importantes e vitais” (DIAS, 1984, p. 436).

Enfatizando esse ponto de vista, DIAS em seu livro sobre o assunto, insere, na apresentação de sua obra o seguinte pensamento: *“Até há algum tempo atrás, os estoques de uma empresa eram de responsabilidade total de um almoxarife normalmente ficavam no almoxarifado, nos fundos da fábrica. As compras eram realizadas pelo “dono” da empresa ou por alguém de sua total confiança, evitando-se riscos com estranhos. Os materiais do processo de produção não eram controlados e a sua armazenagem era conseqüência das atividades produtivas. O transporte e a distribuição dos produtos funcionavam como um mal necessário que toda companhia precisava sofrer; afinal, os produtos precisavam ser entregues aos clientes.*

Todos os custos envolvidos nessa atividade não preocupavam os empresários, com o agravante de serem considerados de pequena importância. Como resultado, os profissionais da área de materiais sentiam-se sem grandes méritos e desiguais em relação dos demais” (DIAS, 1986, p. 186).

Porém, com o passar dos anos e com as tendências de globalização e regionalização das economias, presentemente sendo experimentada pelas organizações, surgiram necessidades exponencialmente crescentes de aumento da eficiência operacional em toda a atividade empresarial, incluindo-se neste contexto a área de materiais. Por envolver grande potencial de redução de custos e aumento da agilidade de qualquer organização, esta área vem ganhando importância na concepção de macro-estratégias de organizações de todo o mundo, especialmente das líderes em seus mercados.

Dessa forma percebeu-se, então, a grande importância da Administração de Materiais principalmente nas atividades de Determinação e Controle de Estoques, Compras e Desenvolvimento de Fornecedores, Transportes Internos e Externos, Manuseio e Armazenagem de Materiais e Distribuição Física.

Sobre a questão da produtividade como vantagem competitiva em toda a atividade empresarial tem-se que: *“... esta é uma preocupação que se deve estender a todas as áreas da empresa, eliminando tudo o que não agregue valor aos produtos, serviços ou tarefas. A busca de maior produtividade é uma realidade inquestionável em todas as empresas, de quaisquer parte, origem e setor. Com maior produtividade, entendemos: aumento das vendas em volume (sem necessidade de aumento dos investimentos ou aviltamento de preço); redução de recursos consumidos (menos desperdícios); e aproveitamento dos recursos investidos (melhoria na relação custo/benefício). Esta empreitada não é uma tarefa somente da diretoria e da gerência das empresas. Envolve toda a organização, desde os funcionários menos graduados até o presidente. Este envolvimento não é tarefa simples” (MIRSHAWKA & BAEZ, 1993).*

2.1. Desenvolvimento Histórico

Vale a pena rever a história e ver como a posição atual surgiu. A opinião geral sugere que a logística se desenvolveu através de três períodos distintos: a) o período de 1950 a 1964; b) os meados do período compreendido entre 1965 e 1979; e c) 1980 até o presente, incluindo períodos de recessão mundial.

† A logística empresarial é um ramo deslumbrante e em desenvolvimento, uma das mais importantes ferramentas para os administradores atuais. Somente recentemente uma filosofia integrativa esteve à disposição para conduzir seus caminhos, visando a redução de custos e a disponibilidade de produtos aos clientes, no local certo, na condição adequada e na hora requerida.

x A logística permaneceu em estado de dormência até cerca de 1950, não havendo uma filosofia dominante para conduzi-la. Nessa época, a empresa dividia as atividades-chave da logística sob responsabilidade de diferentes áreas. Geralmente, o transporte estava sob o comando da gerência de produção; os estoques eram responsabilidade de marketing, finanças ou produção e o processamento de pedidos controlado por finanças ou produção. Isso causava conflitos de objetivos e responsabilidades para as atividades logísticas.

Começaram então a aparecer alguns pioneiros, tais como ARCH SHAW (1915) que identificou a natureza da distribuição física e a forma como ela discordava da criação de demanda no marketing. Escrevendo em 1915, SHAW mostrava que: *“As relações entre as atividades de criação de demanda e o suprimento físico... ilustram a existência dos princípios de interdependência e equilíbrio. Uma falta de coordenação de qualquer um destes princípios ou ênfase ou dispêndio indevido com qualquer um deles vai certamente perturbar o equilíbrio de forças que representam uma distribuição eficiente... A distribuição física das mercadorias é um problema distinto da criação de demanda... Não são poucas as falhas nas operações de distribuição devido a falta de coordenação entre a criação da demanda e*

o fornecimento físico... Ao invés de ser um problema subsequente, esta questão do fornecimento deve ser enfrentada e respondida antes de começar o trabalho de distribuição”.

Segundo BALLOW (1993) e CHIANG (1999), a logística utilizada na Segunda Guerra Mundial foi um início para muitos dos conceitos logísticos utilizados atualmente. Somente depois de muito tempo é que esse exemplo militar conseguiu influenciar as atividades logísticas das empresas comerciais. Em meados de 1945, algumas empresas (exemplo: as indústrias alimentícias) já tinham realocado transporte e armazenagem de produtos acabados sob supervisão de um único gerente.

Pode-se observar que as atividades de logísticas sempre foram administradas pelas empresas; contudo, grande parte dos aperfeiçoamentos gerenciais dessas atividades apareceu após o reagrupamento das atividades tradicionais dentro da empresa. A justificativa para pouca exploração dos benefícios do reagrupamento e que nem o ambiente econômico nem a teoria estavam preparados para criar mudanças de atitudes. A área de administração de marketing estava desenvolvendo-se em importância, assim como a administração mudava seu foco da produção para uma inclinação ao consumidor. Além disso, após a Segunda Guerra Mundial, com a economia dos Estados Unidos (EUA) em processo de rápido crescimento, o clima era produzir e vender. Isto gerava altos lucros, fazendo com que certa ineficiência na distribuição de produtos fosse tolerada.

A maior parte dos aperfeiçoamentos gerenciais das atividades logísticas surgiram do reagrupamento das atividades tradicionais dentro da firma. Antes de 1950, poucas empresas realmente exploraram os benefícios destes rearranjos.

A característica dominante desta época foi o crescimento. A demanda contida em produtos após a guerra foi repentinamente liberada. As operações de qualquer negócio eram caracterizadas pela certeza e afluência do mercado geral. A capacidade de produção estava sendo ampliada.

Entre as décadas de 50 e 70, com um ambiente voltado para novidades na área administrativa, realmente houve a decolagem da teoria e

prática da logística. Não obstante estabelecido nas instituições educacionais e orientasse as empresas, o tema da logística não estava satisfazendo plenamente aos professores de Administração e Marketing. Os professores de marketing alertavam que as empresas estavam muito mais interessadas na compra e venda do que na distribuição física, a qual era subestimada e colocada de lado como algo sem importância. Já os professores de administração chamavam as atividades de distribuição de áreas de negócios infelizmente mais desprezadas e mais promissoras na América.

É o caso de Peter Drucker, escritor e consultor de administração de empresas bastante conhecido, chamava as atividades de distribuição que ocorriam após a produção dos bens de “as áreas de negócios infelizmente mais desprezadas e mais promissoras da América”.

Muito tempo depois e que se percebeu um fato primordial para a transformação da logística empresarial em uma disciplina, um estudo orientado para fixar qual o papel que o transporte aéreo desempenharia na distribuição física. Por meio desse estudo, verificou-se que o alto custo do transporte aéreo não impedia o uso desse serviço, mas que o ponto forte para sua aprovação seria seu menor custo total, proporcionado pela soma das taxas do frete aéreo e pelo menor custo em razão da diminuição dos estoques, derivada, por sua vez, da maior velocidade da movimentação por via aérea. Essa compensação de um custo por outro tomou-se conhecida como **conceito do custo total**, que se tornou importante argumento para o reagrupamento lógico das atividades nas empresas, e também auxiliou a explicar a reorganização das atividades de distribuição que estava ocorrendo em algumas poucas empresas pioneiras. O conceito do custo total é um princípio importante para a logística empresarial apresentada no próximo capítulo.

A partir da década de 70, a logística empresarial passou para o estado de semimaturidade, já que os princípios básicos amplamente definidos estavam proporcionando benefícios as empresas. Mesmo assim, a aceitação do mercado ainda era vagarosa, uma vez que as empresas se preocupavam mais com a geração de lucros do que com o controle de

custos. Contudo, algumas forças de mudança e eventos influenciaram cada vez mais a logística, como a competição mundial, a falta de matérias-primas, a súbita elevação de preços do petróleo, o aumento da inflação mundial. Houve mudança de filosofia que passou de estímulo da demanda para melhor gestão dos suprimentos.

As funções de logística passaram a ser áreas de interesse a medida que as empresas também começaram a enfrentar o fluxo de mercadorias importadas. Com o aumento dos preços do petróleo, os custos com transportes elevaram-se e, conseqüentemente, os custos de manutenção de estoques.

Na década de 70, iniciou-se a flexibilidade dos sistemas de produção, com redução dos tempos de setup das máquinas. Isto permitiu o atendimento da necessidade emergente de maior diversidade de produtos. Paralelamente, o desenvolvimento acelerado de informática trouxe expressiva contribuição para o aperfeiçoamento dos sistemas logísticos.

χ A partir da década de 80, o desenvolvimento da logística tornou-se revolucionário em virtude de fatores como explosão da tecnologia da informação, alterações estruturais surgidas nos negócios e na economia dos países emergentes, formação de blocos econômicos e no fenômeno da globalização. γ

* A logística é entendida como a junção da administração de materiais com a distribuição física. Isto leva a crer que futuramente a produção e a logística se aproximarão cada vez mais não só em conceito, mas também em prática. x

Provavelmente, na década de 90, o interesse sobre o assunto logística não cessara no futuro. Haverá cada vez mais uma procura maior pelos executivos, com o intuito de reduzir custos e aumentar a produtividade. Qualquer alteração referente a desregulamentação dos transportes, ambiente macroeconômico e concorrência interempresas aumentará o estado de incerteza para o planejamento e operação da logística.

2.2. Desenvolvimento e Expansão da Logística na América Latina e no Brasil

No cenário latino-americano, incluindo o Brasil, a introdução de valores e conceitos logísticos deu-se na metade da década de setenta e consolidou-se no final dos anos oitenta, período durante o qual algumas características marcantes praticamente obrigavam as empresas a preocuparem-se com a gestão de materiais.

O primeiro fator a ser considerado foi a alta taxa de juros e inflação nesse período, levando as empresas a reduzirem seus níveis de estoque e tomarem seus fluxos produtivos mais ágeis, visando operarem com menor quantidade de capital.

A seguir, a busca por uma maior maturidade política, mais democrática, sugeria as organizações prepararem-se para enfrentar mercados mais abertos.

Durante o governo Collor, verificou-se o primeiro indício da tendência de abertura do mercado, pelo menos em alguns setores da economia.

Os empresários dos setores envolvidos, pela primeira vez na história de suas empresas ou subsidiárias (no caso de multinacionais aqui instaladas) sentiram a pressão de competidores mais ágeis e com estrutura organizacional e produtiva mais “enxuta”. Ainda sob a alínea “maturidade política” há outros fatos consideráveis: início de discussões sobre privatização, maior integração nacional e até algumas reações à corrupção.

Numa outra vertente, o envolvimento do governo na economia, através de constantes modificações em regulamentos e na tentativa de regularização de parte da economia informal, sugeriu as empresas líderes de mercado a necessidade de revisarem o nível de preço praticado e a agilidade dos serviços incorporados aos produtos.

Finalmente, a grande heterogeneidade do mercado latino-americano, nas esferas sócio-econômico-culturais e na organização demográfica, exigiu das organizações direcionadas a esse mercado a concepção de modelos

para disponibilização de produtos e serviços com bastante criatividade agregada, para compensar tais diferenças.

Sobre a questão da criatividade permeando estratégias de empresas de projeção nos tempos atuais, segue uma citação interessante: *“No fim de 1992, apareceu num jornal a seguinte manchete: **Produtores vencem a crise com criatividade** (negrito original). Se nós usarmos um pouco de lógica sherlockiana, poderemos deduzir que, se os jornais procuram, por meio de suas manchetes, atrair a atenção do leitor buscando numa curta frase algo inusitado de que trata o artigo, vencer uma crise com criatividade e tido como algo fora do normal, sem dúvida nenhuma, não se deve olhar a criatividade como meio inusitado para sair da crise (demissões em massa, milhares de falências, comércio que não reage, indústria automobilística precisando vender veículos diretamente ao cliente)”*.

Na seqüência do texto, os autores enumeram seis “prioridades criativas”. Todas as seis são direta ou indiretamente aplicáveis as atividades de logística. Vejamos: *“a) redefinir todo o processo administrativo, operacional e gerencial da organização; b) investir no desenvolvimento dos recursos humanos para que a organização possa auferir maior ganho de produtividade e conseqüentemente oferecer remuneração adequada; c) descentralizar o processo de tomada de decisão, com a finalidade de fazer com que as informações fluam rapidamente pela organização e, com isso, contribuir para que o clima organizacional se torne sadio e tenha perenidade; d) estabelecer o perfil do cliente atual e dos clientes potenciais adequados a este perfil, os produtos existentes e os novos produtos; e) os prazos devem ser observados sob a ótica do tempo, em função do atendimento da necessidade do cliente; e f) os produtos da organização devem representar aquilo que de melhor existe no mercado em termos de qualidade”* (MIRSHAWKA & BÁEZ, 1993, p. 23).

Outra função organizacional contemporaneamente desenvolvida sob conceitos da logística e composta pelas atividades de distribuição física, entendendo-se por esse termos toda a movimentação (transporte) dos

produtos durante todo o processo de obtenção, manufatura e sua disponibilidade até o consumidor final.

“Através da distribuição efetua-se a transferência dos produtos/serviços desde sua origem até o lugar de uso e consumo, com ou sem a presença de intermediários” (CHIAVENATO, 1991, p. 166).

A infra-estrutura de transporte predominante no decurso das invocações logísticas na América Latina, por volta da década de setenta, era composta basicamente por rodovias e ferrovias, genericamente deficientes, não muito diferente dos tempos atuais. Somente nos últimos dez anos iniciaram-se alguns projetos voltados a intermodalidade em transporte e a implementação de malhas hidroviárias inter-regionais, especialmente no Brasil. Nesse mesmo período verificou-se a emergência de estratégias criativas de distribuição.

Hoje, existe predominância do transporte rodoviário quando comparado aos demais modais. *“O transporte de cargas pelo sistema rodoviário no Brasil tem uma estrutura respeitável e é responsável pelo escoamento, que vai desde safras inteiras da agricultura até simples encomendas. Assumir essa responsabilidade implica numa busca constante de eficiência e melhoria no nível dos serviços oferecidos, o que passe necessariamente pela absorção de novas tecnologias e procedimentos. A prática de tal política, com certeza, contribui e continuará ajudando este sistema a se manter em tal posição”* (VALENTE, et al., 1997, p. 204).

Apesar desses esforços, existe um grande potencial a ser ainda explorado no tocante a distribuição física de mercadorias, na América Latina, principalmente pelos demais modais.

Verificou-se durante o período de introdução de conceitos logísticos na América Latina uma substancial evolução no âmbito das comunicações, apesar de atualmente verificarmos sobrecargas e indícios de confiabilidade e disponibilidade em alguns sistemas.

Num primeiro momento, a rede de telefonia e “fac-simile” proliferou para dar suporte às organizações em busca de agilidade em suas operações. Mais recentemente, a incorporação de “Eletronic Data

Interchange” (EDI) e de telefonia celular vem oferecendo às organizações ferramentas mais atualizadas e eficazes para a comunicação, imprescindíveis para, juntamente com outros recursos técnicos e tecnológicos, sustentarem o desenvolvimento rumo a competitividade mundial.

Sobre o EDI, segue uma citação bibliográfica considerada relevante: *“O EDI é hoje um instrumento da maior importância para a troca de informações e documentos entre empresas, é indicado para transportadoras compatibilizarem suas rotinas de embarque e desembarque às necessidades dos clientes, com prazos e custos menores”. O EDI consiste num sistema onde uma empresa pode trocar qualquer tipo de documento, por intermédio de computadores ligados eletronicamente, com suas filiais, agências, fornecedores e clientes. Dessa forma, pedidos de compra, notas fiscais, avisos de embarque e faturamento, especificação de produtos e encomendas, listas de preços, cobranças, ordens de pagamento, prêmios de seguros e ordens de crédito passam a ser transmitido entre microcomputadores”* (VALENTE, et al. 1997, p. 204).

Na realidade, o principal benefício do sistema é a desburocratização de toda a cadeia logística envolvendo embarcadores, transportadores e destinatários. Atividades outrora eminentemente burocráticas, como digitação de ordens, levantamentos de arquivos e diversas conferências passam a representar um volume significativamente menor de trabalho, e, conseqüentemente, de custos operacionais e administrativos inferiores. Essa agilidade do sistema beneficia os processos produtivos da empresa, sobretudo atividades pertinentes a gestão de materiais.

As práticas atuais nesse cenário de adoção de conceitos logísticos, tem levado as empresas a se preocuparem com muitos fatores além dos tradicionalmente considerados. Quanto ao provisionamento de insumos, tornou-se importante desenvolver critérios mais técnicos, adequados, como por exemplo, quantidades e fluxos de reabastecimento a demanda efetiva de artigos manufaturados.

No processo de distribuição, modernos recursos garantem a eficácia desejada pelos clientes a custos compatíveis com as expectativas e exigências do mercado cada vez mais competitivo.

De forma especial, as indústrias, principalmente do setor automobilístico, estimuladas pela necessidade irreversível de aumentarem sua competitividade, destacaram-se na América Latina, na liderança da adoção de muitas dessas práticas. Esse fenômeno, na realidade, e repetição de certa forma tardia do já ocorrido, há poucas décadas, com o mesmo setor nos países do chamado “primeiro mundo”.

Outra prática comum nas empresas do setor são os estudos de centralização “versus” descentralização de suas áreas de armazenagem de mercadorias, conforme as necessidades de cada empresa ao longo dos tempos. Nesses estudos são considerados fatores como flexibilidade no atendimento interno, eficiência de comunicação entre armazéns, custos, comunicação com clientes, confiabilidade e acurácia e sistemas de transportes internos e externos, todos de cunho eminentemente logístico, predominantemente inovadores quando considera a estrutura tradicional das empresas locais.

No inter-relacionamento da produção logística, pode-se considerar duas óticas segundo MAGEE (1977). A primeira está relacionada à necessidade de resposta à procura do sistema de distribuição física, para o reabastecimento dos produtos mantidos em estoque e, não menos importante, para preservar a capacidade de responder a pedidos especiais ou incomuns dos clientes, seja de produtos padronizados não mantidos em estoque, seja de pequenas modificações, ou itens especiais.

A segunda ótica é voltada a função de produção dependendo do sistema de suprimentos para a entrega de materiais, suprimento e peças necessárias à fabricação, no tempo, quantidade e condições exigidas.

Em ambas as óticas pode-se observar a necessidade imperativa da demanda efetiva ser claramente conhecida, favorecendo as tarefas de provisionamento conseqüente manufatura.

Finalmente, como alvo de todos os esforços acima sumarizados, busca-se o aumento de competitividade aliada à melhoria no nível de serviços ao cliente e, como em todo processo administrativo, o estabelecimento de medidas de desempenho constitui em ferramenta indispensável para o acompanhamento dos projetos previamente propostos.

Nesse cenário de adoção de conceitos logísticos, as empresas latino-americanas vêm-se preocupando com muitos fatores além dos tradicionalmente considerados.

Quanto ao provisionamento de insumos, tomou-se importante desenvolver critérios mais técnicos, adequados, como por exemplo, quantidades e fluxos de reabastecimento a demanda efetiva de artigos manufaturados.

No ambiente fabril, métodos de medição de produtividade e controle de custos substituíram o dia-a-dia da produção convencional sem medição de tempo de processamento ou controles mais refinados.

No processo de distribuição, modernos recursos garantem a eficácia desejada pelos clientes a custos compatíveis com as expectativas e exigências do mercado cada vez mais competitivo.

De forma especial, as indústrias montadoras, principalmente do setor automobilístico, estimuladas pela necessidade irreversível de aumentarem sua competitividade, destacaram-se, na América Latina, na liderança da adoção de muitas dessas práticas. Esse fenômeno, na realidade, é uma repetição de certa forma tardia do ocorrido, há poucas décadas, com o mesmo setor nos países do chamado “primeiro mundo”.

Finalizando, a taxa de juros elevada é um incentivo chave para a implementação de logística na América Latina. A carência endêmica de capital para investimentos deve manter este incentivo. Além disso, a redução de custo é um argumento mais forte do que o melhor serviço ao cliente em se tratando de economias regionalizadas, como é o caso do Mercado Comum do Sul (MERCOSUL).

2.3. Conceitos Básicos de Logística

MAGEE (1977) diz que “A palavra logística é de origem francesa; era um termo militar que significava a arte de transportar, abastecer e alojar as tropas. Tomou, depois, um significado mais amplo, tanto para uso militar como industrial: a arte de administrar o fluxo de materiais e produtos, da fonte para o usuário”.

Estas atividades são designadas por: a) distribuição - refere-se a combinação de atividades e instituições ligadas a propaganda, venda e transferência física de produtos ou serviços; b) logística - como já falamos, refere-se a arte de administrar o fluxo de materiais e produtos, da fonte ao usuário. O sistema logístico inclui o fluxo de materiais desde a aquisição da matéria-prima até a entrega dos produtos acabados aos usuários finais; c) distribuição física - refere-se a parte de um sistema logístico que diz respeito a movimentação externa dos produtos, do vendedor ao cliente ou consumidor; d) suprimento físico - refere-se a parte de um sistema logístico no tocante a movimentação interna de materiais ou produtos, das fontes ao comprador; e e) planejamento e controle da produção - diz respeito ao fluxo de materiais, desde o recebimento da matéria-prima, passando pelas etapas de fabricação e processamento, até o estoque de produtos acabados. Assim, a logística pode ser vista como um conceito mais amplo que o de distribuição física ou planejamento e controle da produção, apesar de não tão abrangente quanto o de distribuição.

A terminologia “logística”, com origem “loger” popularizou-se no cenário empresarial mundial, como sinônimo do eficaz gerenciamento de recursos materiais nas empresas, iniciando nas fontes de fornecimento, atravessando o ambiente organizacional estratégico, tático e operacional das empresas atingindo o consumidor final, visto como o elo final na “cadeia de suprimento”, do qual se ocupa a logística como um todo.

Diferentes autores atribuem diferentes origens a palavra logística. Alguns afirmam que ela vem do verbo francês “loger” (acomodar, alojar).

outros dizem que ela é derivada da palavra grega “logos” (razão) e que significa “arte de calcular” a manipulação dos detalhes de uma operação.

Nas diversas definições encontradas para o conceito de logística, optamos pela Council of Logistic Management, dos Estados Unidos (EUA), pelo fato dela englobar o entendimento mais adequado ao trabalho ora proposto, segundo a qual logística é: *“... o processo de planejar, implementar e controlar eficientemente, ao custo correto, o fluxo e armazenagem de matérias-primas, estoques durante a produção e produtos acabados, e as informações relativas a estas atividades, desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o propósito de atender aos requisitos do cliente”*.

O termo logística tem sua origem nas forças armadas, que se relaciona com a aquisição e fornecimento de todos os produtos e materiais necessários para cumprir uma missão. Está agora sendo utilizado por aquelas organizações dependentes em pontos amplamente dispersos de fornecimento para satisfazer as necessidades de um grande número de clientes amplamente dispersos e pode ocorrer tanto dentro das fronteiras nacionais quanto em ambientes internacionais.

¹ A logística sempre foi uma característica central e essencial de toda atividade econômica, ainda que somente nos últimos anos tenha se tornado foco de atenção por parte da direção das empresas. _y

A logística preocupa-se com o gerenciamento do fluxo físico que começa com a fonte de fornecimento e termina no ponto de consumo. É claramente mais do que apenas uma preocupação com produtos acabados - a visão tradicional da distribuição física. A logística está mais preocupada com a fábrica e o local de estocagem, níveis de inventário e sistemas de informações bem como com transporte e armazenagem.

O gerenciamento de materiais preocupa-se com o fluxo de materiais através da compra de matérias-primas, através das operações de manufatura, através do material em processo e embalagem do produto acabado.

Muitos dos conceitos logísticos utilizados atualmente são a provenientes da logística militar da Segunda Guerra Mundial. A evolução do conceito de logística e apresentada no Quadro 2.1 a seguir.

É importante notar que, ao mesmo tempo em que a função logística é enriquecida em atividades, ela também deixa de ter uma característica meramente técnica e operacional, ganhando conteúdo estratégico.

QUADRO 2.1 - Evolução do conceito de logística.

Perspectiva Dominante	Administração de Materiais	Administração de Materiais	Logística Integrada	Supply Chain Management	Supply Chain Management + Efficient Consumer Response ¹
Fase	Zero	Primeira	Segunda	Terceira	Quarta
Focos	- gestão de estoques - gestão de compras - movimentação de materiais	- otimização do sistema de transporte	- visão sistêmica da empresa - integração por sistema de informações	- visão sistêmica da empresa incluindo fornecedores e canais de distribuição	- amplo uso de alianças estratégicas, co-makership, subcontratação e canais alternativos de distribuição

Fonte: Adaptado da Revista de Administração de Empresas - Setembro/88 pela autora do referido trabalho.

Isto pode ser percebido na segunda fase do Quadro 2.1, quando a função logística passa a englobar processos de negócios fundamentais para a competitividade empresarial. A estrutura integrada de logística passa, nesta fase a harmonizar-se, toda a cadeia de abastecimento, da entrada matérias-primas até a entrega do produto final.

Mas o conteúdo estratégico só fica patente na terceira e quarta fases, nas quais a participação da função logística nas mais importantes decisões empresariais é ressaltada. É o caso das alianças estratégicas, das parcerias e dos consórcios logísticos.

A definição do Council of Logistics Management é uma boa declaração de intenção, pois menciona a integração de todas as funções,

¹ Efficient consumer response (resposta eficiente ao consumidor): trata-se de um conjunto de metodologias empregadas principalmente por empresas, cuja aplicação é quebrar as barreiras entre parceiros comerciais. Estas barreiras costumam resultar em ineficiências, com impacto em custos e tempo de resposta ao consumidor

ressalta o foco no cliente e, indiretamente, transmite uma visão sistêmica. Além disso, a tendência histórica aponta para o enriquecimento da função logística.

Há uma infinidade de definições de logística. As definições resumidas incluem: “O gerenciamento de material de chão a chão” (ou do pó a ferrugem). De acordo com o IMAM (1996), logística é *“O Processo que Integra, Coordena e Controla: a Movimentação de Materiais, Inventário de Produtos Acabados e Informações relacionadas; dos Fornecedores através de uma Empresa; para satisfazer as Necessidades dos Clientes”*.

Segundo CHRISTOPHER (1997) “A logística é o processo de gerenciar estrategicamente a aquisição, movimentação e armazenagem de materiais, peças e produtos acabados (e os fluxos de informações correlatas) através da organização e seus canais de marketing, de modo a poder maximizar as lucratividades presente e futura através do atendimento dos pedidos a baixo custo”.

Segundo DIAS (1993), existe crescente interesse pela administração logística no Brasil, e esse interesse pode ser explicado por seis razões principais: a) rápido crescimento dos custos, particularmente dos relativos aos serviços de transporte e armazenagem; b) desenvolvimento de técnicas matemáticas e do equipamento de computação capazes de tratar eficientemente a massa de dados normalmente necessária para a análise de um problema logístico; c) complexidade crescente da administração de materiais e da distribuição física, tornando necessários sistemas mais complexos; d) disponibilidade de maior gama de serviços logísticos; e) mudanças de mercado e de canais de distribuição, especialmente para bens de consumo; e f) tendência de os varejistas e atacadistas transferirem as responsabilidades de administração dos estoques para os fabricantes.

Os custos representam parte importante no processo de decisão na administração logística. Variam muito em importância de indústria para indústria, à medida que as empresas tentam balancear os custos básicos de transporte e de manutenção de estoque, de tal maneira que disso resultem custos totais relativamente baixos. A importância desses custos dependerá

das características físicas do produto e de como as políticas administrativas da empresa consideram a logística. A logística deve ser vista como o elo de ligação entre o mercado e a atividade operacional da empresa. o raio de ação da logística estende-se sobre toda a organização, do gerenciamento de matérias-primas até a entrega do produto final.

As duas últimas décadas que seguiram aos anos setenta foram marcadas por uma verdadeira revolução dos conceitos gerenciais, especificamente no que toca à função de operações. O movimento da qualidade total e o conceito de produção enxuta trouxeram consigo um conjunto de técnicas e procedimentos como o *Just in Time*, Controle Estatístico de Processos, *Quality Function Deployment*, *KANBAN* e engenharia simultânea.

Amplamente adotadas em quase todos os países industrializados de economia de mercado, estas técnicas e procedimentos contribuíram para um grande avanço da qualidade e produtividade. Além destas mudanças dois outros conceitos surgiram e vêm empolgando as organizações produtivas: o primeiro deles a logística integrada e o segundo o “Supply Chain Management” (SCM) ou Gerenciamento da Cadeia de Suprimento.

× Segundo FLEURY (1999), a logística integrada, despontou no começo de 80 e evoluiu rapidamente nos 15 anos que se seguiram, impulsionada principalmente pela revolução da tecnologia de informação e pelas exigências crescentes de desempenho em serviços de distribuição, conseqüência principalmente dos movimentos da produção enxuta e do JIT.

× Embora ainda evoluindo, o conceito de logística integrada já está bastante consolidado tanto em nível conceitual quanto de aplicação nas organizações produtivas dos países mais desenvolvidos.

Ainda de acordo com FLEURY (1999), SCM começou a se desenvolver apenas no final dos anos 80. Mesmo a nível internacional são poucas as empresas que já conseguiram implantá-lo com sucesso e em nível acadêmico o conceito ainda pode ser considerado em construção.

Dentre os processos de negócios considerados chave para o sucesso de implementação do SCM, os 7 mais citados encontram-se listados na Tabela 2.1 a seguir:

Na visão de KEARNEY (1994), a cadeia de suprimentos (Supply Chain) é uma ligação completa entre um grupo de empresas que vêm juntas adquirir, converter, e distribuir bens e serviços aos consumidores finais.

Para POIRIER & REITER (1996), a cadeia de suprimentos é um sistema através do qual empresas e organizações entregam seus produtos e serviços para seus consumidores, numa rede de organizações interligadas.

TABELA 2.1 - Processos chaves da cadeia de suprimentos.

PROCESSOS-CHAVE	OBJETIVOS
Relacionamento com os sistemas	Desenvolver equipes focadas nos clientes que busquem acordos sobre produtos e serviços que sejam atrativos para os clientes considerados estratégicos.
Serviços aos clientes	Fornecer um ponto de contato para todos os clientes atendendo de forma eficiente as suas consultas e requisições.
Administração da demanda	Captar, compilar e continuamente atualizar dados de demanda dos clientes, com o objetivo de casar a oferta com a demanda.
Atendimento de pedidos	Atender aos pedidos dos clientes sem erros e dentro do tempo combinado.
Administração do fluxo de produção	Desenvolver sistemas flexíveis de produção que sejam capazes de responder rapidamente às mudanças nas condições do mercado.
Compras/Suprimento	Gerenciar relações de parceria com fornecedores para garantir respostas rápidas e a contínua melhoria de desempenho.
Desenvolvimento de Novos Produtos	Buscar de uma forma mais rápida o envolvimento dos fornecedores no desenvolvimento de novos produtos.

Fonte: Adaptado da Revista Tecnológica - fevereiro/1999 pela autora do referido trabalho.

Segundo VOLLMANN et al. (1996) a cadeia de suprimentos pode ser vista como um canal de fluxo de informações onde são processadas matérias-primas, transformando essas em bens ou serviços que são entregues aos consumidores finais.

Embora seja um conceito ainda em evolução e cuja utilização ainda se restringe a um conjunto de empresas mais avançadas, o SCM já está na agenda da maioria dos gerentes das grandes empresas internacionais.

Uma série de estudos realizados nos Estados Unidos nos últimos anos tem confirmado as oportunidades de ganho com a adoção do SCM, mostrando que as empresas que conseguem implementar as melhores práticas de SCM tendem a se destacar em relação à redução dos custos operacionais, melhoria da produtividade dos ativos e redução dos tempos de ciclo, identificando como principais benefícios do SCM a redução de custos de estoque, transporte e armazenagem, melhoria dos serviços em termos de entregas mais rápidas e produção personalizada, e crescimento da receita devido à maior disponibilidade e personalização.

CAPÍTULO 3

A LOGÍSTICA NO ÂMBITO EMPRESARIAL

Segundo BALLOU (1993) *“A logística empresarial estuda como a administração pode prover melhor nível de rentabilidade nos serviços de distribuição aos clientes e consumidores, através de planejamento, organização e controle efetivos para as atividades de movimentação e armazenagem que visam facilitar o fluxo de produtos”*.

✧ A concepção logística de agrupar conjuntamente as atividades relacionadas ao fluxo de produtos e serviços para administrá-las de forma coletiva é uma evolução natural do pensamento administrativo. As atividades de transporte, estoques e comunicações iniciaram-se antes mesmo da existência de um comércio ativo entre regiões vizinhas. ✧

3.1. Definição de Logística Empresarial

✧ Logística empresarial não tem o mesmo significado para todas as pessoas, inclusive para aquelas que estão ativamente engajadas no assunto. ✧ Associa estudo e administração dos fluxos de bens e serviços bem como as informação respectiva que os põe em movimento.

Foram propostas muitas definições para logística empresarial. BALLOU (1993) apresenta a seguinte: *“A logística empresarial trata de todas as atividades de movimentação e armazenagem, que facilitam o fluxo de produtos (bens/serviços) desde o ponto de aquisição da matéria-prima até o ponto de consumo final, assim como dos fluxos de informação que colocam os produtos em movimento, com o propósito de providenciar níveis de serviço adequados aos clientes a um custo razoável”*.

Logística empresarial é o processo de planejamento, implementação e controle do fluxo e armazenagem eficientes e de baixo custo de matérias-primas, estoque em processo, produto acabado e informações relacionadas, desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o objetivo de atender aos requisitos do cliente (Revista Tecnológica, 1999).

A logística empresarial pode ser segmentada em duas grandes áreas: a) administração de materiais, que corresponde ao conjunto das operações relativas ao fluxo de materiais e informações associadas, desde a fonte das matérias-primas até a entrada da fábrica; e b) distribuição física, que corresponde ao conjunto das operações relativas ao fluxo de bens, desde o local de sua produção até o seu destino final e das informações associadas, garantindo que os bens cheguem em boas condições comerciais, oportunamente e a preços competitivos.

Neste capítulo, abordaremos as duas grandes áreas apresentadas de forma mais detalhada.

3.2. Operador Logístico como Gerador de Valor na Cadeia de Suprimento

Em função da importância que vem sendo assumida pela logística empresarial com instrumento de competitividade, da crescente tendência à terceirização das atividades logísticas e do uso generalizado e indiscriminado que vem sendo feito, da figura do Operador Logístico, no mercado brasileiro apresentamos uma gama de atividades logísticas que podem ocorrer ao longo de uma cadeia de suprimento ("Supply Chain") genérica, depois apresentando o conceito de Operador Logístico, em seguida será apresentada algumas definições consideradas importantes para o trabalho, a necessidade de utilização de medidas de desempenho e finalmente caracterização de todas as atividades logísticas.

3.2.1. Importância do conceito de operador logístico

Estabelecer o conceito de Operador Logístico na visão da ABML (1999a) é de grande importância para que o mercado possa ser devidamente ordenado, tendo em vista que isso deverá permitir que tanto os fornecedores de serviços logísticos, quanto os clientes desses serviços possam compreender de forma adequada: a) o conjunto total das atividades logísticas que podem ocorrer ao longo de uma cadeia de suprimento (“Supply Chain”) genérico e, entre elas, quais podem, em princípio, ser terceirizadas para fornecedores de serviços logísticos; b) quais os pré-requisitos para que um fornecedor de serviços logísticos possa ser considerado um Operador Logístico e, portanto, quais fornecedores de serviços logísticos do mercado são efetivamente operadores logísticos; c) que, muito embora, nem todos os fornecedores de serviços logísticos possam ser considerados Operadores Logísticos, há lugar para todos aqueles que oferecem serviços competitivos e de qualidade, atendendo diretamente a clientes ou aos próprios Operadores Logísticos.

Esses últimos irão certamente terceirizar parte de suas atividades, em vista da abrangência dos serviços logísticos que podem ser prestado ao longo da cadeia de suprimento ou abastecimento (“supply chain”).

A Figura 3.1 identifica as atividades logísticas ao longo de uma cadeia de abastecimento (“Supply Chain”), genérica e que, em princípio, podem ser terceirizadas para fornecedores de serviços logísticos, ficando evidente a ampla gama de atividades envolvidas.

3.2.2. O conceito de operador logístico

Atendido esse mínimo, as demais atividades mostradas na Figura 3.1, constituem-se nos possíveis diferenciais entre diversos operadores logísticos.

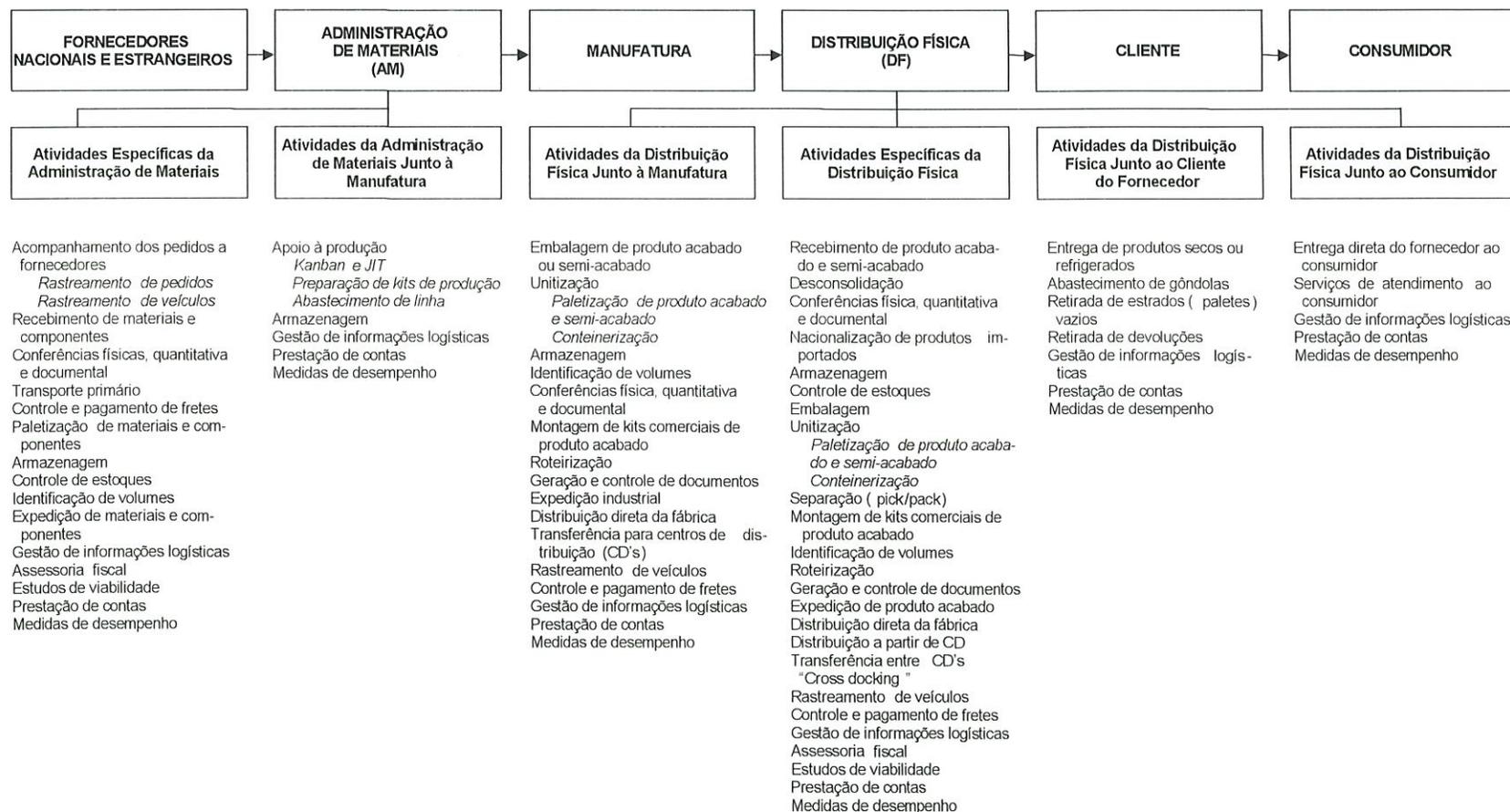


FIGURA 3.1 - As atividades logísticas ao longo da cadeia de abastecimento ("supply chain").

Operador logístico é: *“o fornecedor de serviços logísticos, especializado em gerenciar e executar todas ou parte das atividades logísticas nas várias fases da cadeia de abastecimento de seus clientes, agregando valor aos produtos dos mesmos, e que tenha competência para, no mínimo, prestar simultaneamente serviços nas três atividades básicas de controle de estoques, armazenagem e gestão de transportes”* (Revista Tecnológica, 1999).

As atividades básicas do Operador Logístico são: 1) controle de estoque - para efetuar um eficiente controle de estoque, o fornecedor de serviços logísticos deve, no mínimo: a) obter de cada cliente (ou ajudá-lo a estabelecer) a política a ser seguida no controle dos seus estoques; b) controlar e responsabilizar-se por quantidade, localização e valores do estoque físico do cliente, enquanto o mesmo estiver sob sua guarda; c) utilizar, se possível, técnicas e meios modernos para acompanhar a evolução dos estoques no tempo, em termos de quantidade e localização e para informar ao cliente com a periodicidade adequada; d) emitir relatórios periódicos sobre os estoques; e e) garantir a rastreabilidade dos produtos; 2) armazenagem - para prestar serviços eficientes de armazenagem, o fornecedor de serviços logísticos deve, no mínimo: a) dispor de instalações adequadas para o exercício da atividade de armazenagem: de acordo com a legislação e com as regras da entidades legais (Corpo de Bombeiros, Vigilância Sanitária) e em condições de atender às necessidades dos clientes, em termos de docas de recebimento e expedição, de equipamentos de movimentação, de sistemas de estantes ou áreas convenientes quando não forem necessárias estantes, climatização, quando necessário, entre outras; b) contar com uma equipe de colaboradores com funções adequadas, bem treinados e, que, com freqüência, sejam submetidos a aperfeiçoamento e outros meios. c) dispor de sistema de administração de armazéns adequados a cada caso, incluindo, quando necessário, sistemas de impressão e leitura de códigos de barra e de rádio freqüência; d) ser capaz de controlar e responsabilizar-se pelas avarias; e) realizar o controle de qualidade adequado, na entrada dos bens e materiais armazenados,

quando necessário; f) possuir apólices de seguro para as instalações e para os bens e materiais; g) emitir a documentação de despacho, de acordo com a legislação; e h) executar unitização (paletização e conteirização), quando necessário.

3.2.3. Demais atividades logísticas

As atividades apresentadas na Figura 3.1, para diferentes fases da cadeia de abastecimento ou suprimento (“*Supply Chain*”), são muitas vezes repetitivas. Dessa forma, neste trabalho a caracterização será feita na primeira vez que a atividade for citada, e nas posteriores, somente o título da atividade será escrito, sendo fornecida a referência ao item no qual a caracterização é feita.

- **Acompanhamento dos Pedidos a Fornecedores** - A coordenação e execução dos pedidos a fornecedores é, em geral, realizadas pelo cliente. Em alguns casos, o cliente transfere ao prestador de serviços logísticos, todas ou parte das atividades de acompanhamento de pedidos, tais como as indicadas a seguir:
 - Rastreamento de pedido - Acompanhamento (“*follow up*”) dos pedidos e as datas previstas para entrega.
 - Rastreamento de veículos - Acompanhamento da posição dos veículos que transportam os materiais e produtos pedidos, em tempo real (quase real) através de um sistema de rastreamento via satélite ou rádio, com objetivos tais como gerenciar o processo logístico de forma mais eficiente, aumentar a segurança, monitorar o desempenho dos veículos, entre outros.

- **Recebimento de Materiais e Componentes** - Recebimento dos materiais e componentes solicitados pelo cliente.

- **Conferência Física** - Verificação da condição física dos materiais e produtos recebidos, quando à integridade dos mesmos e das embalagens e quando à conformidade em termos de qualidade e validade.
- **Conferência Quantitativa** - Verificação da conformidade dos materiais recebidos no tocante à quantidade.
- **Conferência Documental** - Verificação conformidade dos documentos relativos aos materiais e componentes recebidos, a saber, notas fiscais, manuais, certificados, entre outros.
- **Transporte Primário**- Execução/contratação e gerenciamento do transporte de materiais e componentes, adquiridos pelo cliente, desde os fornecedores, até as instalações do cliente ou o próprio fornecedor de serviços logísticos, com a verificação da conformidade e da qualidade do transporte.
- **Controle e Pagamento de Fretes** - Controle de todo o transporte realizado por terceiros, contratados pelo cliente ou pelo próprio fornecedor de serviços logísticos, em termos das viagens realizadas e dos serviços prestados, para então liberar o pagamento dos fretes.
- **Paletização de Materiais e Componentes** - Consolidação de diversas unidades de materiais e componentes sobre uma plataforma de madeira (estrado) ou outro tipo de material, visando tornar mais ágeis e seguras as operações de manuseio, armazenagem, movimentação através de empilhadeiras e paleteiras, transbordo e transporte, reduzindo, em grande parte, a mão-de-obra e agilizando o processo de movimentação do produto.

- **Armazenagem** - É a atividade que permite manter bens e materiais, em instalações adequadas, podendo ser alfandegada, no caso de bens e materiais com origem ou destino no exterior, ou não alfandegada, no caso de bens com origem e destino no território nacional
- **Controle de estoque** - Consiste de todas as atividades e procedimentos que permitem garantir que a quantidade correta (ou o número correto de unidades) de cada item, seja mantida em estoque
- **Identificação de Volume** - Identificação de volumes (caixas, embalagens genéricas e paletes), através de marcações ou etiquetas.
- **Expedição de Materiais e Componentes** - Processo de expedição de materiais e componentes para os armazéns ou áreas industriais.
- **Gestão de Informações Logísticas** - Atividades relativas à obtenção e processamento das informações ao bom desempenho dos serviços logísticos prestados.
- **Assessoria Fiscal** - Orientação que o prestador de serviços logísticos poderá oferecer aos seus clientes, adequando as rotinas à legislação vigente, visando a legalização das operações e a redução dos custos fiscais.
- **Estudos de Viabilidade** - Estudo de serviços que o prestador de serviços logísticos pode oferecer ao cliente, visando o desenvolvimento de processos adequados e a redução dos custos. Se as equipes do prestador de serviço não estiverem habilitados para isso, os estudos de viabilidade poderão ser contratados externamente pelo cliente ou pelo próprio prestador de serviços logísticos.

- **Prestação de Contas** - Demonstrativo dos encargos financeiros do mês a ser entregues ao cliente, relacionando todas as atividades que geraram gastos com as respectivas autorizações, quando for o caso é apresentando as medidas de desempenho.
- **Medidas de Desempenho** - Ou uso de medidas de desempenho é essencial para que uma empresa possa avaliar os resultados de sua atuação. Para tanto é necessário que sejam estabelecidas as metas a serem atingidas e as medidas de desempenho a serem calculadas. A avaliação do desempenho da empresa é, então, feita pela comparação entre as metas preestabelecidas e os valores calculados das medidas de desempenho no dia-a-dia.

Os objetivos dos sistemas modernos de medida do desempenho logístico incluem a monitoração, o controle e o direcionamento das operações logísticas.

As medidas de *monitoração* visam acompanhar, no tempo, o desempenho dos processos logísticos, visando seu relato à gerência e aos clientes. Medidas típicas de monitoração incluem o nível de serviço e os componentes dos custos logísticos.

As medidas de *controle*, por sua vez, permitem acompanhar o desempenho ao longo da execução, e são utilizadas para refinar um processo logístico, com o intuito de torná-lo compatível com os padrões estabelecidos, quando esses são excedidos. Um exemplo de aplicação de controle é o acompanhamento das avarias ocorridas no transporte. Se existe um procedimento para relatar periodicamente a ocorrência de avarias em produtos, no processo de transporte, a administração logística pode identificar a causa e ajustar os processos de embalagem ou de carregamento conforme necessário.

Finalmente, as medidas de *direcionamento* são projetadas para motivar as equipes. Como exemplo podem ser citados os sistemas de “pagamento por desempenho”, utilizados para incentivar pessoal operacional de armazém e de transporte a obter altos níveis de

produtividade. Se as operações são completadas num tempo inferior ao padrão, os operadores podem, por exemplo, obter tempo livre para as atividades pessoais e se o tempo for superior ao padrão, os mesmos podem não ser compensados pelo tempo adicional necessário. A compensação pode ser também um bônus. É sempre importante que sejam medidos tanto o desempenho positivo quanto negativo.

As medidas do desempenho podem ir desde as inteiramente baseadas em atividades, até as inteiramente baseadas em processo. As medidas baseadas em atividades concentram-se na eficiência e na eficácia dos esforços de cada atividade específica, enquanto as medidas baseadas em processo consideram a satisfação do cliente com o desempenho de toda a cadeia de abastecimento.

De forma geral, as medidas do desempenho logístico contemplam, entre outros, parâmetros tais como:

- custos de transporte;
- custos de armazenagem;
- prazo de entrega;
- tempos de movimentos;
- tempo de atendimento a pedidos (*lead time*);
- taxa de ocupação de veículos;
- níveis de estoque;
- número de devolução;
- número de avarias;
- número de pedidos atendidos;
- número de reentregas;
- obsolescência;
- frequência de faltas de mercadorias.

3.3. Atividades da Administração de Materiais junto à Manufatura

São atividades cujos objetivos são agilizar e reduzir custos do processo produtivo e podem incluir:

- **Kanban** - Técnica japonesa de gestão de materiais e de produção, sinalizadas através de um cartão onde é apontada a necessidade ou não de peças na linha de produção.
- **JIT (Just-in-Time)** - Filosofia de manufatura baseada no fato de que os materiais e componentes cheguem ao local de produção exatamente no momento em que serão necessários, permitindo a redução zero dos estoques dos componentes básicos. Resume-se em prover as partes necessárias no local correto e no momento certo.
- **Preparação de Kits de Produção** - Separação dos materiais e componentes necessários à produção de um lote programado.
- **Abastecimento de Linha** - Transferência para a posição de entrada na linha de produção dos materiais e componentes necessários, no momento oportuno, com controle por meio visual, auditivo ou através de sistema planejado.
- **Armazenagem** - Caracterizada no item 3.2.3 - Demais atividades logísticas.
- **Gestão de Informações Logísticas** - Caracterizada no item 3.2.3 - Demais atividades logísticas.
- **Prestação de Contas** - Caracterizada no item 3.2.3 - Demais atividades logísticas.
- **Medidas de Desempenho** - Caracterizada no item 3.2.3 - Demais atividades logísticas.

3.3.1. Atividades da distribuição física junto à manufatura

- **Embalagens de produto acabado e semi-acabado** - Aplicação do invólucro apropriado sobre o produto acabado ou semi-acabado, de acordo com o tipo de produto, com o objetivo de proteger, preservar e dar condições de comercialização aos mesmos.
- **Unitização** - Processo de consolidação de diversos volumes num só, podendo ser:
 - Paletização de produtos acabado e semi-acabado - Consolidação de diversas unidades de produto acabado ou semi-acabado, sobre a plataforma de madeira (estrado) ou outro tipo de material, visando tornar mais ágeis e seguras as operações de manuseio, armazenagem, movimentação através de empilhadeiras e paleteiras, transbordo e transporte, reduzindo, em grande parte, a mão-de-obra e agilizando o processo de movimentação do produto.
 - Conteinerização - Consolidação de produtos acabados ou semi-acabados em contêineres, para serem movimentados até o descarregamento, em geral no exterior.
- **Armazenagem** - Caracterizada no item 3.2.3 - Demais atividades logística.
- **Identificação de Volumes** - Caracterizada no item 3.2.1 - Atividades Específicas da Administração de Materiais.
- **Conferência Física** - Caracterizada no item 3.2.1 - Atividades Específicas da Administração de Materiais.
- **Conferência Quantitativa** - Caracterizada no item 3.2.1 - Atividades Específicas da Administração de Materiais.

- **Conferência Documental** - Caracterizada no item 3.2.1 - Atividades Específicas da Administração de Materiais.
- **Montagem de Kits comerciais de produto acabado** - Agrupamento de uma quantidade de produtos destinados a atender um pedido especial, em geral associado a promoções, montados em embalagens específicas para atender necessidades da área de venda/cliente, formando um novo item de estoque ou SKU (Stock Keeping Unit), sigla muitas vezes utilizada no Brasil.
- **Roteirização** - Atividade de programação e ordenamento de entregas, em geral realizados através de um software específico.
- **Geração e Controle de Documentos** - Geração e controle de documentos tais como ordens de coleta, conhecimento de embarque, manifestos de carga, autorizações de movimentação e embarque e notas fiscais.
- **Expedição Industrial** - Processo de expedição de produto diretamente da fábrica a partir da fábrica.
- **Distribuição direta da fábrica** - Entrega de produto acabado diretamente da fábrica para clientes.
- **Transferências para centros de distribuição (CD's)** - Transferência de produto acabado ou semi-acabado da fábrica para centros de distribuição do próprio fornecedor, do prestador de serviços logísticos ou de terceiro, para armazenagem e posterior distribuição.
- **Rastreamento de veículo** - Caracterizado no item 3.2.1 - Demais atividades logística.

- **Controle e pagamento de fretes**- Caracterizada no item 3.2.1 - Demais atividades logística.
- **Gestão de informações logísticas** - Caracterizada no item 3.2.1 - Demais atividades logísticas.
- **Prestação de contas** - Caracterizada no item 3.2.1 - Demais atividades logística.
- **Medidas de Desempenho** - Caracterizadas no item 3.2.3 - Demais atividades logística.

3.3.2. Atividades próprias da distribuição física

- **Recebimento de produto acabado e semi-acabado** - Recebimento de produto acabado e semi-acabado proveniente da produção local, ou no exterior.
- **Desconsolidação** - Separação de cargas que cheguem consolidadas em paletes ou contêineres, com vários produtos de um mesmo cliente ou de clientes diferentes, provenientes do mercado interno ou do exterior.
- **Conferência Física** - Caracterizada no item 3.2.1.
- **Conferência Quantitativa** - Caracterizado no item 3.2.1.
- **Conferência documental** - Caracterizada no item 3.2.1.
- **Nacionalização e produtos importados** - Substituição de rótulo, manuais e outros documentos, por similares escritos no idioma Português, na nacionalização de produtos importados.

- **Embalagem de produto acabado** - Aplicação do invólucro apropriado sobre o produto acabado, de acordo com o tipo de produto, com o objetivo de proteger, preservar e dar condições de comercialização aos mesmos.
- **Armazenagem** - Caracterizada no item 3.2.3 - O Conceito de Operador Logístico.
- **Controle de Estoque** - Caracterizado no item 3.2.3.- O Conceito de Operador Logístico.
- **Unitização** - *Paletização* de produto acabado e semi-acabada Caracterizada no item 3.2.1 - Atividades da Distribuição Física junto à Manufatura; e *Conteirização* - Caracterizada no item 3.2.1 - Atividades das Atividades da Distribuição Física junto à Manufatura.
- **Separação (pick/pack)** - Separação de unidades de itens, caixas e paletes, visando o atendimento aos pedidos de clientes.
- **Montagem de Kits comerciais de produto acabado** - Caracterizada no item 3.2.1.
- **Identificação de volumes** - Caracterizada no item 3.2.1.
- **Roteirização** - Caracterizada no item 3.2.3.
- **Expedição de produto acabado** - Processo de expedição de produto acabado.
- **Distribuição direta da fábrica** - Caracterizada no item 3.2.3.

- **Distribuição a partir de CD** - Caracterizada no item 3.2.3 - Atividades da Distribuição Física junto à Manufatura.
- **Transferência entre CD's** - Transferência de produto acabado ou semi-acabado de um CD para outro, em geral, para ajustar os estoques às demandas reais.
- **“Cross docking”** - Operação em geral realizada num centro de distribuição, na qual os veículos que chegam com as cargas são descarregados, feita uma separação das mesmas e reembarcadas em outros veículos, muitas vezes menores, visando direcionar a nova composição de carga para destinos preestabelecidos. A carga não é armazenada no Centro de Distribuição onde sofre o “cross docking”.
- **Rastreamento de veículos** - Caracterizado no item 3.2.3 - Demais atividades logísticas.
- **Controle e pagamento de fretes** - Caracterizado no item 3.2.1.
- **Gestão de informações logísticas** - Caracterizada no item 3.2.1.
- **Assessoria Fiscal** - Caracterizada no item 3.2.1.
- **Estudo de viabilidade** - Caracterizados no item 3.2.1.
- **Prestação de contas**- Caracterizada no item 3.2.1.
- **Medidas de Desempenho**- Caracterizadas no item 3.2.1.

3.3.3. Atividades da distribuição física junto ao cliente do fornecedor

- **Entrega de produtos secos ou refrigerados** - Atividade comum de entrega de produto no CD ou nas lojas do cliente do fornecedor.
- **Abastecimento de gôndolas** - Controle dos estoques no ponto de vendas, através da conferência das quantidades e do reabastecimento das gôndolas.
- **Retirada de estrados (paletes) vazios** - Separação e retirada dos paletes vazios (estrados) para a liberação dos mesmos.
- **Retirada de devolução** - Recebimento e redestino dos materiais e/ou produtos que tenham sido devolvidos pelo cliente do fornecedor.
- **Gestão de informações logísticas** - Caracterizada no item 3.2.1.
- **Prestação de contas** - Caracterizada no item 3.2.1.
- **Medidas de Desempenho** - Caracterizadas no item 3.2.1.

3.3.4. Atividades da distribuição física junto ao consumidor

- **Entrega direta do fornecedor ao consumidor** - Expedição de produtos, podendo incluir os serviços inerentes à expedição, além do acompanhamento e controle de todo o processo até o recebimento, como no caso de consórcios.
- **Serviços de atendimento ao consumidor**
 - Instalação - Serviço de implantação e/ou colocação do produto no consumidor, permitindo sua total operacionalização.

- Troca de produtos - Retirada e substituição de itens adquiridos pelo consumidor, por motivos de avaria ou outro motivo técnico.
- **Gestão de informações logísticas** - Caracterizada no item 3.2.1.
- **Prestação de contas** - Já caracterizada no item 3.2.1.
- **Medidas de Desempenho** - Caracterizadas no item 3.21.

A forma encontrada para desenvolver o conceito de **Operador Logístico**, tem como expectativa que esta conceituação, venha de fato contribuir para uma melhor ordenação do mercado de prestadores de serviços logísticos, ao permitir uma melhor caracterização do conceito de operador logístico.

É importante ressaltar que o mercado brasileiro tem uma grande demanda por prestadores de serviços logísticos em geral e por operadores logísticos em particular, o que garante espaço de trabalho para todas as empresas que ofereçam serviços de qualidade a custos competitivos.

CAPÍTULO 4

SIMULAÇÃO - CONTRIBUIÇÃO NO CONTEXTO DA LOGÍSTICA EMPRESARIAL

O objetivo deste capítulo, é expor conceitos relacionados a Sistema, Modelos e Simulação, dando maior ênfase ao item “Simulação”, por ser o referencial teórico de embasamento do presente trabalho.

4.1. Sistemas

O conceito de sistema é um conceito primitivo (intuitivo) que permeia toda discussão científica, estando fora do intento deste trabalho uma conceituação mais profunda. Contudo, por opção cabe, relacionar as seguintes tentativas de definição, segundo CASSANDRAS (1993):

- “Agregação ou montagem de coisas, combinadas pelo homem ou pela natureza de modo a formar um todo unificado”.
- “Grupo de itens interdependentes ou interagindo regularmente formado um todo unificado”.
- “Combinação de componentes que agem em conjunto para desempenhar uma função que se torna impossível na ausência de qualquer das partes”.

NEELAMKAVIL (1988), quando define sistema, assim se expressa: “Sistema é uma coleção de elementos interagindo ou agindo juntos para alcançar um objetivo comum”.

A idéia fundamental de pensar o mundo em termos de sistemas tem se tornado objeto constante nas práticas contemporâneas e, o fato de se

utilizar tal abordagem para a resolução de problemas é dada como certa. A abordagem tenta considerar a performance total do sistema mais que simplesmente concentrar-se nas partes Weinberg (1975); ela é baseada no reconhecimento que, mesmo que cada elemento ou subsistema esteja otimizado de um ponto de vista operacional ou de projeto, a performance geral do sistema pode estar sub-otimizada por causa das interações entre as partes. O aumento da complexidade nos sistemas modernos e a necessidade de estar à altura desta complexidade reforça a necessidade de engenheiros e gerentes adotarem uma abordagem sistêmica de pensar.

Embora sistemas complexos e seu meio ambiente sejam objetivos, isto é, tenham existência, eles são subjetivos, pois, a seleção particular de elementos, incluída ou excluída, e sua configuração é ditada pelo analista. Análises diferentes dos mesmos processo ou fenômenos objetivos pode ser conceituados em diferentes sistemas e ambientes. Por exemplo, um arquiteto pode considerar uma fábrica e seus sistemas elétrico, de aquecimento e hidráulico como um grande sistema. Mas um engenheiro mecânico pode ver o sistema de aquecimento como um sistema e a fábrica como o seu meio ambiente. Para um engenheiro industrial, os equipamentos de manuseio de material e seus relacionamentos com as máquinas podem ser o sistema; o relacionamento entre os sistemas elétrico e de aquecimento pode ser irrelevante. Daí, várias diferentes conceituações de um sistema mundo-real particular.

Elementos de sistema são os componentes, partes e subsistemas que executam uma função ou processo. Os relacionamentos entre esses elementos e a maneira pela qual eles interagem determinam como o sistema, num todo, se comporta e quão bem ele cumprirá seus propósitos globais. Não existe tal coisa como o modelo do sistema: é possível modelar qualquer sistema de várias maneiras, dependendo do que se quer atingir. Ambos, elementos e relacionamentos incluídos, devem ser escolhidos para atingir um propósito específico.

O estudo de um sistema, qualquer que seja, dá-se pela constituição de um modelo, definido como um dispositivo que, de alguma maneira, descreve o comportamento de um sistema.

Além das definições citadas, deve-se enfatizar que o sistema que evolui ao longo do tempo, considerando que, em geral seu comportamento depende do passado, é denominado sistema dinâmico. Em oposição, encontram-se sistemas estáticos, cujo comportamento depende exclusivamente de sua situação no instante considerado.

Desde a década de 80, tem-se observado um esforço da comunidade científica no sentido de estabelecer uma teoria mais consistente para esses sistemas. Essas teorias devem permitir a análise dos sistemas, tais como previsibilidade dos comportamentos dinâmicos; permitir o desenvolvimento de técnicas de síntese de controladores e ainda lidar, adequadamente, com a complexidade dos sistemas encontrados na prática.

4.2. Modelo

A conceitualização e desenvolvimento de modelos vem ocupando uma parte vital em nossa atividade intelectual desde que nós começamos a tentar compreender e manipular nosso meio ambiente. As pessoas sempre usaram a idéia de modelo na tentativa de expressar idéias e objetos. Historicamente, modelagem tem assumido muitas formas: da comunicação através de pinturas nas paredes, à escrita de sistemas complexos de equações matemáticas para o vôo de um foguete através do espaço. Na verdade, o progresso e a história da engenharia e da ciência são mais precisamente refletidos no aperfeiçoamento de nossa habilidade de desenvolver e usar modelos.

Um dos elementos mais importantes requeridos na abordagem de qualquer problema é a construção e uso de um modelo. Usam-se modelos porque querem aprender algo sobre algum sistema real que não se pode observar ou experimentar diretamente - ou porque o sistema não existe

ainda ou porque ele é muito difícil de manipular. Um modelo concebido cuidadosamente pode despir o sistema de complexidades desnecessárias, deixando apenas o que o analista acha importante. Tal modelo pode tomar muitas formas, mas uma das mais úteis - e certamente a mais freqüentemente usada - é a simulação.

Qualquer que seja o sistema, a constituição de um modelo é fundamental, pois o modelo é definido como um dispositivo que, de alguma maneira, descreve o comportamento de um sistema.

Em geral, define-se para o modelo variáveis de entrada e variáveis de saída, esperando-se estabelecer relações entre estas variáveis.



FIGURA 4.1 - Classificação dos modelos de sistemas.

Do ponto de vista da engenharia, SOARES (1990) classifica os modelos da seguinte forma: a) Físicos ou Matemáticos; b) Estáticos ou Dinâmicos; c) Lineares ou não-lineares; e d) Analíticos ou Numéricos.

Por modelo físico, entende-se a construção de um outro sistema de fácil manipulação, como as maquetes e os computadores analógicos. O modelo matemático estabelece equações relacionadas as grandezas do sistema, de modo a permitir previsões de comportamento em situações diversas. Como exemplo, podemos citar as equações diferenciais como

modelo dinâmico. A distinção entre modelo estático e dinâmico é análoga à estabelecida anteriormente para sistemas. Nos modelos estáticos, as variáveis de saída dependem exclusivamente das variáveis de entrada, ao passo que nos modelos dinâmicos há também a dependência dos valores passados das variáveis do sistema.

A distinção entre modelos lineares e não-lineares é feita através da idéia de superposição. Se a superposição de duas entradas leva o modelo a apresentar uma saída, que é também uma suposição das saídas correspondentes às entradas aplicadas separadamente, então o modelo é linear. Caso contrário o modelo é não-linear. Finalmente, pode-se distinguir modelos numéricos, que são capazes de reproduzir o comportamento dos sistemas através de modelos simples, isto é, simuladores implementados em computadores digitais e modelos analíticos, que representam de maneira abstrata e sintética (em geral através de equações) as relações entre as variáveis do sistema.

HO (1989) propõe um conjunto de características para os modelos a serem desenvolvidos, em função dos aspectos práticos que eles devem atender:

- Natureza descontínua dos estados;
- Natureza contínua das medidas de desempenho;
- Importância da formulação probabilística;
- Necessidade de análise hierárquica;
- Presença de dinâmica;
- Realizabilidade do esforço computacional.

Entretanto, até o momento, nenhum modelo proposto na literatura pesquisada, foi possível encontrar um modelo que reúna todas essas características. O que há é um grande número de linhas teóricas concorrentes, cada uma delas descrevendo, adequadamente, alguns aspectos úteis em algumas aplicações, mas sendo insuficientes em relação a outros (não há paradigma). Esta é uma situação similar àquela classificada por KUHN (1975) como “revolucionária” no desenvolvimento de uma teoria

científica, dela podendo advir uma situação caracterizada pela síntese das correntes competidoras, ou uma situação de ruptura de áreas de conhecimento. Em qualquer caso, entrar-se-ia no que KUHN chama de período “regular”, caracterizado pela existência de um paradigma, no qual a principal função dos pesquisadores é articulá-lo.

De um modo geral, segundo SANTOS-MENDES (1995), os modelos existentes podem ser classificados segundo algumas características, descritas a seguir: a) Temporizados - levam em conta o tempo de permanência nos estados, conceito fundamental para o estudo de sistemas dinâmicos. De maneira genérica, estado constitui a informação necessária para conhecer o valor do futuro das variáveis do modelo, desde que se conheçam as entradas. Essa definição, embora qualitativa, é a mais conveniente para o estado. Outras definições de natureza quantitativa mostram-se excessivamente restritas ou aplicáveis a sistemas muito particulares; b) Não-Temporizados - interessam apenas pela sequência de estados; c) Lógicos - analisam o comportamento lógico do sistema, respondendo a questões qualitativas. Em geral, preocupam-se com a estrutura lógica da evolução dinâmica do sistema. Podem ou não utilizar como ferramenta formal algum sistema lógico (em geral não clássico), havendo alguns modelos baseados em lógica temporal; d) Algébricos - descrição através de equações algébricas, ou seja, buscam a obtenção de modelos para os sistemas discretos com propriedades de síntese, características dos modelos algébricos; e) Análise de Desempenho - tentam responder questões relacionadas ao desempenho, em geral, temporizados, principalmente aqueles baseados em simulação e em Teoria das Filas podem ser classificados desta maneira.

A Tabela 4.1 apresenta um resumo e a classificação dos modelos existentes.

TABELA 4.1 - Alguns modelos existentes para sistemas discretos.

	TEMPORIZADOS	NÃO TEMPORIZADOS
Lógicos	Lógica Temporal Redes de Petri Temporizadas	Máquinas de Estados Finitos Redes de Petri
Algébricos	Álgebra Min-Max	Processos Finitamente Recursivos Processos de Comunicação Sequencial
Desempenho	Cadeias de Markov Redes de Filas Simulação	

4.2.1. Tipos de modelos

Modelos de simulação podem ser classificados em um número diferente de formas. As classificações (e os termos usados para descrevê-las) referem-se às diferenças nos modelos e não às diferenças nos sistemas reais que representam.

Pode-se simular um sistema particular usando vários tipos diferentes de modelos. Por exemplo, um modelo de simulação pode ser uma réplica precisa de um objeto (embora executado num material diferente e numa escala diferente) ou ele pode ser uma abstração das propriedades mais salientes do objeto. Portanto, pode-se classificar modelos de simulação como *icônicos* ou *simbólicos*. Modelos de simulação icônicos (normalmente chamados simuladores) parecem, em algum sentido, com o sistema real. Simuladores icônicos, são usados, principalmente, para propósitos de treinamento, como os simuladores de vôo (para ensinar pilotos como voar e lidar com emergências) e os simuladores de direção (para ensinar estudantes como dirigir um carro). Modelos de simulação simbólicos são aqueles nos quais as propriedades e características do sistema real são capturadas de forma matemática ou simbólica. Neste trabalho, preocupamo-nos apenas com modelos de simulação simbólicos.

Modelos simbólicos são geralmente executados num computador e, portanto, sem o mesmo, a simulação torna-se impraticável. Assim, encontramos outra forma pela qual podemos classificar modelos de

simulação, que pelo tipo de computador usado para executar o modelo: analógico, digital ou híbrido.

O *computador analógico* opera representando as variáveis e seus relacionamentos por dispositivos e quantidades físicas que são facilmente geradas e controladas, tais como rotações de um eixo e voltagens elétricas. As vantagens do computador analógico são sua velocidade e operações paralelas, particularmente para resolver sistemas de equações diferenciais. O *computador digital*, por outro lado, tem muito mais precisão e alcance que o computador analógico porque ele consegue contar, obedecer a regras lógicas, executar aritméticas de ponto flutuante e usar grandes comprimentos de palavra. *Computadores híbridos* representam uma tentativa de combinar as melhores características de ambos, evitando suas limitações. Mas com o advento dos supercomputadores e da computação paralela, muito do interesse de simulação em computadores híbridos desapareceu. Uma exceção é o uso de computadores híbridos para modelos de simulação contendo “hardware” real em “loop”, isto é, quando parte do modelo consiste de componentes físicos de um sistema real, e o resto do sistema é modelado de forma digital. Os modelos de simulação serão executados em computadores digitais.

A próxima dimensão de classificação dos modelos de simulação diz respeito ao fato de o modelo reconhecer, ou não, explicitamente, a presença de variáveis aleatórias no sistema sendo modelado. Poucos sistemas no mundo real são livres da influência de variáveis aleatórias ou imprevisíveis no ambiente ou em seus componentes. Modelos de simulação *determinísticos* ignoram essa aleatoriedade, assumindo que ela não é importante para a decisão a ser tomada. Um modelo de simulação que, explicitamente, tenta captar componentes aleatórios importantes do sistema é chamado de modelo randômico ou estocástico.

Um outro tipo de classificação de modelos diz respeito ao tempo. Um modelo que descreve o comportamento de um sistema através do tempo é chamado de dinâmico. Um modelo que descreve o comportamento de um sistema em um determinado instante de tempo é chamado de modelo

estático. Um modelo que, ao final do ano, simplesmente diz o lucro, é estático, enquanto que, aquele que mostra esse resultado como uma função do tempo durante o ano, é dinâmico. A diferença é análoga à existente entre uma fotografia e um filme. Muitos modelos de simulação estáticos são executados em planilhas ou software de finanças. Neste trabalho, a nossa atenção se restringe aos modelos dinâmicos.

A dimensão final de classificação de modelos relata a maneira pela qual o modelo representa mudanças de estado dentro do modelo que se modelou. Modelos podem ser discretos, contínuos ou mistos. Se o modelo descreve as mudanças de estado do sistema como ocorrendo apenas em instantes isolados do tempo, é chamado discreto. Se o modelo trata tais mudanças como um fenômeno que ocorre continuamente, é chamado de contínuo. Modelos contínuos, geralmente, consistem em conjuntos de equações algébricas, e diferenciais. E se o modelo representa algumas partes do sistema como contínuas e outras como discretas, é chamado de modelo misto. Neste trabalho, discutiremos as três representações acima mencionadas.

4.3. Simulação: Conceitos Básicos

A simulação é uma das ferramentas disponíveis mais poderosas para os responsáveis por decisões na elaboração e operação de processos complexos e sistemas. Ela torna possível o estudo, a análise e a avaliação de situações. Num mundo crescente de competições as simulações têm se tornado uma metodologia de resolução de problemas indispensável engenheiros, projetistas e administradores.

Os termos “modelo” e “sistema” são componentes chaves de nossa definição de simulação. Por modelo entende-se a representação de um grupo de objetos ou idéias em uma forma outra que aquela da entidade em si. Por sistema entende-se um grupo ou coleção de elementos inter-relacionados que cooperam para atingir algum objetivo estabelecido. É

possível simular sistemas que já existem e também aqueles que podem ser trazidos à existência, isto é, aqueles em estágios de desenvolvimento preliminares ou em planejamento.

Simular, de acordo com Webster's Collegiate Dictionary, é "fingir, obter a essência sem a realidade". De acordo com SCHRIBER (1987), "Simulação envolve a modelagem de um processo ou sistema numa forma tal que o modelo imita a resposta do sistema real a eventos que ocorrem no tempo". Definimos simulação como o processo de desenhar um modelo de um sistema real e conduzir experimentos com este modelo com o propósito de compreender o sistema o comportamento do sistema e/ou avaliar várias estratégias para operação do sistema. Consideramos que simulação compreende tanto a construção do modelo como o uso experimental do mesmo para estudar um problema. Portanto, posso pensar a modelagem de simulação como uma metodologia experimental e aplicada que busca alcançar o seguinte:

- Descrever o comportamento dos sistemas;
- Construir teorias ou hipóteses que prestem contas do comportamento observado; e
- Usar o modelo para prever comportamentos futuros, isto é, os efeitos produzidos por mudanças no sistema ou em seu método de operação.

PRADO (1999) diz que a definição mais aceita atualmente é "Simulação é uma técnica de solução de problema pela análise de um modelo que descreve o comportamento do, sistema usando um computador digital".

Modelo e o sistema são elementos chaves de nossa definição de simulação. A simulação é o melhor instrumento para se observar um verdadeiro sistema em operação, uma vez que nos permite estudar a situação embora sejamos incapazes de testar diretamente com o sistema real.

Consideramos que a simulação inclui tanto a construção do modelo como o uso do experimental do modelo para se estudar o problema. Dessa

forma pode-se pensar no modelo de simulação como uma metodologia experimental e aplicada, que busquem como já foram mencionados: a) descrever o comportamento de um sistema; b) usar o modelo para prever um comportamento futuro, isto é, os efeitos que serão produzidos pelas mudanças no sistema ou no seu método de operação.

4.3.1. Áreas de atuação

A simulação tem inúmeras aplicações no mundo atual, nas áreas mais diversas, desde a produção em uma manufatura até o movimento de papéis em um escritório. Costuma-se dizer que “tudo que pode ser descrito pode ser simulado” (PRADO, 1999).

Em virtude de sua grande versatilidade, flexibilidade e poder, é apropriada a todos os estudos de pesquisa sobre utilidades e uso de técnicas de pesquisa operacional. Poderíamos dizer que a maioria dos tipos de sistema foram ou podem ser simulados. Mais que tentar dar uma lista exhaustiva, nós simplesmente, apontaremos algumas aplicações representativas:

- Sistemas de computadores: componentes de hardware, sistemas de software, redes de computadores, estrutura e gerenciamento de bancos de dados, processamento de informações, confiabilidade de hardware e software.
- Manufatura: sistemas de movimentação de material, linhas de montagem, instalação de produção automatizada, instalação de armazenagem automatizada, sistemas de controle de estoque, estudos de confiabilidade e manutenção, lay-out de fábricas, projeto de máquinas.
- Negócios: análise de ações e commodities, política de preços, estratégias de marketing, estudos de aquisição, análise de fluxo de caixa, planejamento, alternativas de transporte, planejamento de mão-de-obra.
- Governo: armas militares e seu uso, táticas militares, planejamento de população, uso da terra, assistência médica, proteção contra incêndios,

serviços policiais, justiça criminal, projeto de rodovias, controle de tráfego, serviços sanitários.

- Ecologia e Meio Ambiente: poluição e purificação das águas, coleta de lixo, poluição do ar, controle de pestes, previsão do tempo, análise de terremotos e tempestades, exploração e extração mineral, sistemas de energia solar, produção agrícola.
- Sociedade e Comportamento: análises comida/população, políticas educacionais, estrutura organizacional, análise de sistemas, sistemas de proteção social, administração universitária.
- Biociências: análise de performance esportiva, controle de doenças, ciclos de vida biológica, estudos biomédicos.

Essa lista é apenas uma amostra das aplicações de simulação; de fato, teríamos dificuldades em encontrar qualquer área do esforço humano que não tenha visto qualquer atividade de simulação. A lista meramente sugere que simulação é de grande utilidade para ajudar a resolver uma larga faixa de problemas importantes. Simulação é uma forma de baixo custo para pré-testar sistemas propostos, planos ou políticas antes de incorrer em despesas de protótipos, campo de testes ou implementações reais. O gerenciamento está cada vez mais vendo a simulação como uma apólice de seguros muito barata.

Vejamos outras aplicações: linhas de produção, comunicações, bancos, supermercados, escritórios e logística. Nesta última área, ou seja, na logística, tem-se observado uso crescente de simulação. O cenário pode ser uma fábrica, um banco, o tráfego de uma cidade, entre outros.

4.3.2. Vantagens e desvantagens

A simulação possui inúmeras vantagens sobre os modelos analíticos ou matemáticos na análise de sistemas. Primeiramente, o conceito básico de simulação é fácil de se compreender, e por isso, conseqüentemente, mais fácil de justificar a administradores ou clientes. Mais ainda, o modelo de

simulação pode ganhar mais crédito pelo fato de seu comportamento ser comparado ao do sistema real ou porque exige poucas suposições simplificadoras. As vantagens adicionais incluem:

- A possibilidade de se testar novos projetos, *layouts*, entre outros sem comprometer os recursos de suas implementações.
- O uso na exploração de novas políticas administrativas, procedimentos operacionais, regras de decisão, estruturas organizacionais, fluxo de informações, etc, sem interromper com as operações em andamento.
- A identificação *o funil* das informações sobre os fluxos de produto e material e testes das opções para se aumentar os índices de fluxo.
- Testes de hipóteses sobre como ou por que certos fenômenos ocorrem no sistema.
- Controle do tempo, que nos permite operar os sistemas por vários meses ou anos de experiência, permitindo-nos avistar rapidamente horizontes longínquos no tempo ou desacelerar fenômenos para estudá-los.
- O ponto considerado mais forte, que é sua habilidade de nos permitir experimentar tantas situações novas e não familiares, como responder a questões “e se ...”.

Embora a simulação possua vários pontos positivos e vantagens, ela não é totalmente isenta de desvantagens. Entre as desvantagens estão:

- A criação de modelos de simulação é uma arte que exige treino especializado, portanto os níveis de habilidade dos profissionais varia amplamente. A utilidade do estudo depende da qualidade do modelo e a habilidade do modelador.
- Juntar dados de input altamente confiáveis pode consumir muito tempo e os dados resultantes são, às vezes altamente questionáveis. A simulação não pode-se satisfazer com dados inadequados ou decisões mal administradas.
- Os modelos de simulação são do tipo input-output, isto é, produzem os prováveis resultados (outputs) de um sistema a partir de um dado

fornecido (input); eles são, portanto, incorrentes mais do que resolvidos. Não produzem uma solução ótima, servem principalmente como instrumento para análise do comportamento de um sistema sob condições especificadas pelo experimentador.

Embora existam vários tipos diferentes de metodologias de simulação, limitamo-nos aqui, a abordagem *de estocagem, e processamento dirigido*.

Em tal abordagem, faremos um modelo de um sistema particular através do estudo do fluxo de componentes que se movem dentro desse sistema. Os componentes podem ser os clientes, pedidos de serviço, peças particulares, pacotes de informações, entre outros. Um componente pode ser qualquer objeto que entre nesse sistema, mova-se através de uma série de processos e então saia do mesmo. Os componentes podem ter características individuais que serão chamados de *atributos*. Um atributo é associado a um componente individual específico. Os atributos podem ser coisas tais: como nome, prioridade, prazo de entrega, tempo de CPU exigido, alimentação (dados) e entre outros.

Conforme os componentes percorrem o sistema, serão processados por uma série de recursos. Recursos são quaisquer coisas que os componentes necessitem para serem processados. Por exemplo, os recursos podem ser trabalhadores, equipamento de uso manual, instrumentos especiais, uma cama hospitalar, acesso a CPU, uma máquina aguardando espaço de armazenamento, etc. Os recursos podem ser colocados em um local fixo (por exemplo, uma máquina pesada, um atendente de banco, leito hospitalar) ou movendo-se pelo sistema (por exemplo um técnico, um médico).

Um modelo de simulação é, portanto, um programa do computador que representa a lógica do sistema à medida que os componentes com atributos aparecem, liga as linhas de espera para aguardar a tarefa dos recursos necessários, são processados pelos recursos, liberados e deixam o sistema. Adicionando-se a lógica de como um componente percorre o sistema, o programa do computador acompanha as projeções futuras da

mesma forma que acompanha a utilização dos recursos, o tempo gasto nas linhas de espera, o tempo gasto dentro do sistema (tempo de processamento) e outras estatísticas desejadas.

Muito do que acontece no sistema é probabilística ou armazenamento na natureza. Por exemplo, o tempo entre recebimentos, o tempo para um recurso processar o componente, o tempo de transporte de uma parte a outra do sistema e se uma peça passa ou não por inspeção são, geralmente, todas variáveis aleatórias. São estes tipos de dados a serem colocados (input) no modelo que são difíceis de se obter.

4.3.3. O processo de simulação

A essência do propósito do modelo de simulação é ajudar os responsáveis por decisões a resolver um problema. Portanto, para aprender a ser um bom modelador de situações, é necessário unir boas técnicas de solução de problemas com boa prática de engenharia “Software”. Podemos identificar os seguintes passos, que deveriam ser apresentados em qualquer estudo de simulação:

- 1. Definição do problema.** Definir, claramente, os objetivos do estudo para conhecer seu propósito, isto é, por que estamos estudando este problema e quais questões desejamos responder?
- 2. Planejamento do projeto.** Assegurando-se da existência de pessoal apropriado e suficiente, apoio gerencial, recursos de computadores “Software” para executar a tarefa.
- 3. Definição do sistema.** Determinar os limites e as restrições a serem usados para definir o sistema ou (processo) e investigar como o sistema funciona.
- 4. Formulação do Modelo Conceitual.** Desenvolver um modelo preliminar ou graficamente (diagrama em bloco ou quadro de fluxo) ou em pseudocódigo para definir os componentes, variáveis descritíveis, e interações lógicas que constituem o sistema.

5. **Projeto Experimental Preliminar.** Selecionar as medidas de eficácia a serem usadas, os fatores a serem variados, e os níveis daqueles fatores a serem investigados, isto é, quais dados precisam ser reunidos de que forma, e com que extensão.
6. **Preparação para dados de Input.** Identificar e juntar os dados (Input) necessários para o modelo.
7. **Tradução do Modelo.** Formular o modelo numa linguagem de simulação apropriada.
8. **Verificação e Validação.** Confirmar que o modelo opera da maneira como o analista pretendia (debugging) e que o resultado (output) do modelo é confiável e representa o (output) do sistema real.
9. **Projeto Experimental Final.** Elaborar um experimento que produzirá a informação desejada e determinar como funcionará cada teste especificado na elaboração experimental a ser executada.
10. **Testagem.** Executar a simulação para gerar os dados desejados e interpretar a análise sensivelmente.
11. **Análise e Interpretação.** Fazer inferências dos dados gerados pela simulação determinada.
12. **Implementação e Documentação.** Relatar os resultados, colocando-os em uso, gravando os achados e documentando o modelo e seu uso.

É importante para o modelador inexperiente entender que o quanto mais se espera para começar o passo 7, mais rapidamente completará o modelo e o projeto - presumindo-se naturalmente que deve gastar aquele tempo para entender o problema, elaborar o modelo, e elaborar o experimento a ser efetuado. Cientistas em computação dedicaram grande parte de seus esforços em “engenharia de Software” e desenvolveram “projeto” e métodos de gerenciamento, com a finalidade de produzir programas que minimizassem erros. Uma das maiores idéias que surgiram desse esforço é a validade da “Regra 20-40-20”. Esta regra diz que 40% do esforço e tempo em um projeto deveria ser dedicado aos passos 1 ao 6 ;

20% ao passo 7, e os restantes 40% aos passos 8 ao 12 (SHEPPARD, 1983; MCKAY et. al., 1986).

A Definição do Sistema e a Formulação do Modelo Conceitual (etapas 3 e 4).

A essência da arte de modelar é abstração e simplificação. Estamos tentando identificar que pequenas subpartes de características ou traços do sistema são suficientes para servir aos objetivos específicos do estudo. Pretendemos elaborar um modelo do sistema real que não venha super-simplificar o sistema a ponto de torná-lo trivial, nem sobrecarregar em detalhes que torna caro para construir e produzir. A tendência entre modeladores inexperientes é tentar incluir muitos detalhes.

Deveria-se sempre elaborar o modelo acerca das questões a serem respondidas mais do que tentar imitar exatamente o sistema real. A Lei de Parteto diz que em todo grupo ou reunião de componentes, existem poucos vitais e muitos triviais. Na verdade 80% do comportamento pode ser explicado pela ação de 20% dos componentes. O problema em elaborar o modelo de simulação é certificar-se de que foram identificados corretamente os poucos componentes vitais e incluí-los no modelo.

Para se definir o sistema, há certas tarefas que devem ser realizadas. Entre elas ,estão:

- Dividir o sistema em subsistemas lógicos.
- Definir os componentes que irão percorrer o sistema.
- Para cada subsistema, definir as estações (local onde algo é feito para ou pelos componentes).
- Definir o fluxo básico de componentes, através das estações, usando diagramas de fluxo.
- Definir projetos alternativos que devem ser considerados para o sistema.
- Desenvolver quadros de fluxos para mostrar rotas lógicas para caminhos flexíveis.

Projeto Experimental Preliminar e Preparação para Dados de Interpretação (etapas 5 e 6)

Definimos simulação como sendo testagem via um modelo para obter informação sobre um processo ou sistema do mundo real. Para a realização dessa simulação, devemos nos preocupar com o planejamento estratégico de como elaborar um experimento ou experimentos que produzirão informações a preços reduzidos.

A elaboração de experimentos entra em atividade em dois estágios diferentes de um estudo de simulação. Aparece, primeiramente, logo no início do estudo, antes que a primeira linha de código tenha sido escrita e antes da finalização da elaboração do modelo. Assim que possível temos que selecionar as medidas de eficácia a serem usadas no estudo, que fatores irão variar, quantos níveis de cada um desses fatores serão investigados e o número de amostras que precisaremos para dar continuidade ao experimento todo. Podemos calcular antecipadamente os tamanhos das amostras necessárias (SHANNON, 1975). Se o número for grande, então saberemos que modelo será produzido rapidamente e permitindo que isto influencie na elaboração do modelo (isto é, quantos detalhes serão incluídos). Essa idéia detalhada do plano experimental antecipado permite que o modelo seja melhor planejado para fornecer desenvolvimento eficiente dos dados desejados.

Precisamos de dados para guiar nosso modelo de simulação. Todo estudo de simulação envolve coleta de dados e análise. Sistemas de armazenamento contêm fontes numerosas de aleatoriedade. O analista deve, portanto, preocupar-se com qual dado deve usar no modelo para coisas como a taxa de interchegada dos componentes ao sistema, o tempo de processamento necessário em várias estações, tempo entre parada dos equipamentos, taxas de rejeição, tempo de transporte entre estações etc.

Possuir bons dados para guiar um modelo é tão importante quanto possuir estrutura e lógica segura do mesmo. O velho clichê “isto serve - isto não serve” aplica-se a modelos de simulação, tanto quanto a qualquer outro

programa de computador. A coleta de dados é, normalmente, interpretada por coleta de números, mas juntar números é apenas um aspecto do problema. O analista deve também decidir quais dados serão necessários, quais dados estão disponíveis, se são pertinentes, se são válidos para o propósito pedido, e como juntá-los. Em estudos de simulação do mundo real (oposto a exercícios de sala de aula), a coleta e avaliação de dados são demorados e difíceis. Até um terço do tempo total usado no estudo é freqüentemente consumido por esta tarefa.

Dependendo da situação, existem várias fontes potenciais de dados que incluem:

- Registros históricos
- Dados observados
- Sistemas similares
- Estimativa de operadores de telefonia
- Estimativa de vendedor
- Estimativa do projetista
- Considerações teóricas

Cada um desses recursos possui problemas potenciais (BRATELY et al 1987, PEGDEN et al 1995). Mesmo quando temos dados em abundância, eles podem não ser relevantes. Por exemplo, podemos ter dados de vendas quando precisamos de dados de demanda (as vendas não demonstram a demanda não encontrada). Em outros casos, podemos ter somente estatísticas de resumo (mensais quando precisamos de diárias).

Quando dados históricos não existem porque o sistema não foi bem estruturado ou não foi possível reuni-los, o problema é até mais difícil. Em tais casos devemos estimar ambas as probabilidades e os parâmetros de distribuição baseados em considerações teóricas. Como guia veja LAW & KELTON (1991) e/ou PEGDEN et al (1995).

Tradução de Modelo (etapa 7)

Estamos finalmente prontos a descrever ou programar o modelo numa linguagem acessível ao computador. Existem mais de cem diferentes simulações de linguagem comercialmente disponíveis. Somando-se, há, literalmente, centenas de outras linguagens localmente desenvolvidas em uso em Empresas e Universidades. Temos três escolhas genéricas, chamadas:

- Construção do modelo numa linguagem geral
- Construção do modelo numa linguagem de simulação geral
- Uso de um pacote de simulações especiais

Apesar de programas de linguagem geral como FORTRAN, C++, Visual Basic, ou Pascal poderem ser usados, raramente os vemos em uso. Usar um dos pacotes de simulação geral ou especial traz vantagens distintas em termos de facilidade, eficiência e exatidão do uso. Algumas das vantagens de usar um agrupamento de simulações são:

- Redução das tarefas de programação
- Provisão de liderança conceitual
- Aumento de flexibilidade para troca de modelo
- Menos erros de programação
- Coleta de estatísticas automatizadas

A finalidade do agrupamento de qualquer simulação é preencher a lacuna entre o conceito de uso do modelo e uma forma de executá-lo. Agrupamento de simulações dividem-se em mais ou menos duas categorias, denominadas (a) linguagem de simulação geral (simulador de linguagem geral) e (b) simuladores especiais. Na primeira categoria, estão aqueles que podem resolver quase qualquer problema discreto de simulação. Entre estes estão sistemas como ARENA, AWESIM, GPSS\H, SIMSCRIPT II.5, Extend.

Alguns sistemas são usados para a simulação de problemas de fabricação e entrega de materiais. Agrupamentos tais como SimFactory, ProModel, AutoMod, TaylorII, e Witness pertencem a essa categoria. Outros são elaborados para conduzir estudos de Reengenharia de Processos. Esses incluem BPSimulator, ProcessModel, SIMPROCESS, e Extend+BPR. Ainda outros são para entrega de cuidados da saúde ou redes de comunicação (COMNET II.5). Por haver numerosos Software tutoriais, bem como demonstrações sendo dadas em conferências, não discutiremos mais esse assunto.

Verificação e Validação (etapa 8)

O fato de que um modelo compõe, executa e produz números não garante que esteja correto ou que os números gerados sejam representativos do sistema a ser modelado. Depois do desenvolvimento do modelo estar completo funcionalmente, devemos perguntar, “ele funciona corretamente?”. Há dois aspectos nesta questão. Primeiro, ele opera da maneira como o analista pretendia?. Segundo, ele se comporta de acordo com o sistema do mundo real? Achamos as respostas para essas perguntas através do modelo de verificação e validade. A verificação procura mostrar que o programa de computador funciona como esperado e pretendido. A validação, por outro lado, questiona se a validade do modelo de comportamento representa o sistema real do mundo sendo simulado.

A verificação é um vigoroso debugging ao mostrar que as partes do modelo funcionam independentemente e junto, usando os dados corretos na hora correta. Apesar do analista achar que ele ou ela sabe o que o modelo faz e como faz, qualquer um que tenha feito qualquer programação sabe como é fácil cometer erros. Através do processo de verificação, tentamos achar e retirar erros não intencionais na lógica do modelo.

Validação, por outro lado, é o processo de alcançar um nível de segurança aceitável tal que as inferências feitas sejam corretas e aplicáveis ao sistema do mundo real que está sendo representado.

Estamos basicamente tentando responder as perguntas:

- O modelo representa adequadamente o sistema do mundo real?
- O modelo gerou características de dados comportamentais dos dados reais comportamentais do sistema?
- O usuário do modelo de simulação confia nos resultados do modelo?

Através da *validação*, tentamos determinar se as simplificações e omissões de detalhes esclarecidas e deliberadamente feitas em nosso modelo, apresentaram grandes erros inaceitáveis nos resultados.

A *validação* é o processo que determina se construímos um modelo correto, e a *verificação* é elaborada para verificar se construímos o modelo correto. A verificação e validação do modelo são geralmente difíceis e exigem tempo, mas são extremamente importantes para o sucesso da simulação. Caso o modelo e os resultados sejam recusados pelo(s) responsável(is), então o esforço foi inútil. É absolutamente obrigatório que demonstremos confiança plena no modelo para as pessoas que utilizarão os resultados. Algumas referências excelentes são PEGDEN et al. (1995), SHANNON (1981), BALCI (1995) e SARGENT (1996).

Projeto Experimental Final (etapa 9)

Agora que desenvolvemos o modelo, verificamos sua correção e validamos sua adequação, temos novamente que considerar a estratégia final e planos táticos para execução do(s) experimento(s). Devemos atualizar as restrições de tempo (horário) e custo do projeto para refletir as condições atuais. Embora tenhamos exercitado o planejamento, cuidadosamente, e o controle orçamental desde o início do projeto, devemos agora olhar de forma realista e precisa quais recursos nos sobram e como melhor usá-los. Teremos também aprendido mais sobre o sistema no processo de elaboração, construção, verificação e validação do modelo.

A elaboração de um experimento de simulação em computador é em essência, um plano para a aquisição de uma quantidade de informações

que podem custar mais ou menos dependendo de como foi adquirida. A elaboração (projeto) afeta profundamente o uso efetivo de recursos experimentais porque:

- A elaboração (projeto) dos experimentos determina a forma de análise estatística que pode ser aplicada aos dados.
- O sucesso dos experimentos, ao responder as perguntas desejadas está intensamente ligado à função da escolha certa do projeto.

As experiências com simulação são caras tanto em termos de tempo e trabalho do analista, com também do tempo de computação. Devemos, portanto planejar cuidadosamente e elaborar não apenas o modelo mas também seu uso (COOK, 1992; HOOD and WELCH, 1992; SWAIN e FORRINGTON, 1994).

Análise e Interpretação (etapa 11)

Em seguida, atingimos o desenvolvimento real do experimento e a análise dos resultados. Temos agora que negociar questões, tais como: a extensão do modelo (por exemplo tamanho das amostras); o que fazer em relação as condições iniciais, se os dados resultantes (output) estão correlacionados; e quais testes estatísticos são válidos para os dados. Antes de nos dirigirmos a essas questões, devemos, primeiramente, nos certificarmos se o sistema real é definitivo ou não-definitivo devido a estas características determinarem o desenvolvimento e a análise dos métodos a serem usados.

Num sistema definitivo, a simulação termina quando um evento crítico ocorre. Por exemplo um banco abre no período da manhã vazio e ocioso. No final do dia, encontra-se novamente vazio e ocioso. Um outro exemplo seria o de um duelo, no qual os ambos participantes são mortos ou as armas são descarregadas. Em outras palavras, um sistema é considerado definitivo se os eventos que conduzem o sistema naturalmente cessam em algum ponto no tempo. Num sistema não- definitivo, nenhum evento crítico

ocorre e o sistema continua indefinidamente (por exemplo uma permuta de telefone ou um hospital).

Uma segunda característica de interesse é se o sistema é fixo ou móvel. Um sistema é fixo quando a distribuição de suas respostas das variáveis (e por isso seu significado variante) não muda com o tempo.

Com tais sistemas, estamos geralmente preocupados em encontrar as condições fixas, ou seja, o valor limite da variável de resposta se a extensão da simulação for a infinito indefinidamente.

Se o sistema for definitivo ou não definitivo, devemos decidir por quanto tempo desenvolver o modelo de simulação, isto é, devemos determinar o tamanho da amostra (SHANNON, 1975). Mas, primeiramente, temos que definir, com precisão o que constitui uma amostra única. Existem diversas possibilidades:

1. Cada transação é considerada uma amostra individual, por exemplo, um tempo cíclico completo para cada trabalho ou tempo total no sistema para cada cliente.
2. O completo desenvolvimento do modelo, que pode causar a consideração do valor médio da resposta das variáveis do desenvolvimento total como sendo um ponto dado. Desenvolvimentos múltiplos são referidos como sendo replicações.
3. Um período fixo em termos de tempo simulado. Dessa forma, uma simulação pode se desenvolver por períodos $n(x)$ de tempo, em que um período de tempo é uma hora, ou um mês, ou um dia.
4. Transação agregada em grupos de tamanho fixo. Por exemplo, podemos pegar o tempo no sistema para cada grupo de 25 trabalhos em desenvolvimento e então usar o tempo médio do grupo como um dado único. Isto é geralmente referido como sendo remessa.

Se o sistema for não-definitivo, fixo, devemos considerar as condições iniciais, isto é a situação do sistema quando começamos a colher dados estatísticos. Se tivermos um sistema vazio ou ocioso, ou seja, ausência de clientes, podemos não ter condições fixas típicas. Portanto, devemos, ou

esperar que o sistema atinja estado fixo antes de colhermos os dados (período de pré-aquecimento), ou começar sob condições iniciais mais realistas. Ambas as abordagens exigem que sejamos capazes de identificar quando o sistema atingiu estado fixo, o que é considerado um problema difícil.

Finalmente, a maior parte dos testes de estatística exigem que os pontos de dados das amostras sejam independentes, isto é, não ligados. Considerando que muitos dos sistemas que modelamos são redes em seqüência, eles não correspondem a essas condições, porque são auto-relacionados. Portanto, muito freqüentemente, devemos fazer algo que nos assegure que os dados sejam independentes antes que possamos proceder à análise.

Implementação e Documentação (etapa 12)

Nesse ponto, completamos todos os passos para a elaboração (projeto), programação e desenvolvimento do modelo, bem como a análise dos resultados. Os dois últimos elementos que devem ser incluídos em qualquer estudo de simulação são implementação e documentação. Nenhum estudo de simulação pode ser considerado completo, com sucesso, até que seus resultados sejam compreendidos, aceitos e usados.

É admirável a freqüência com que os modeladores gastam muito tempo tentando encontrar os modos mais elegantes e eficazes para modelar um sistema e depois enviam, em boletim, ao patrocinador ou usuário no último minuto. Se os resultados não são usados, o projeto falhou. Se os resultados não são claramente, conscientemente e convincentemente apresentados, eles não serão usados. A apresentação dos resultados do estudo é uma parte crítica e importante do estudo e deve ser planejada tão cuidadosamente como qualquer outra parte do projeto (SADOWSKI, 1993).

Entre as questões a serem discutidas na documentação do modelo e estudo estão:

- Escolha de um vocabulário apropriado (sem jargões técnicos);

- Duração e formato de boletins escritos (curtos e concisos);
- Temporalidade;
- Discutir questões que o patrocinador ou usuário considere importante.

4.4. Pontos Críticos em Estudos de Simulação

Nem todos os estudos de simulação são sucessos não qualificados. De fato, infelizmente, na entrega falham em relação as prometido.

Quando olhamos os motivos pelos quais um projeto falha, descobrimos que são quase sempre os mesmos. A maior parte das falhas ocorre em projetos iniciais, isto é, no primeiro ou no segundo projeto feito por uma organização. Muitos modeladores inexperientes abocanham mais do que podem digerir. Isso não surpreende porque, na maioria dos casos, eles aprenderam a ciência mas não a arte da simulação. Por isso, é aconselhável iniciar com projetos pequenos que não são de importância crítica para a organização geradora.

Quase todas as falhas podem ser esboçadas por uma das seguintes:

- Falha em definir um objetivo claro e atingível;
- Planejamento inadequado e subestimação dos recursos necessários;
- Participação inadequada do usuário;
- Escrever código muito antes do sistema estar realmente compreendido;
- Nível inapropriado de detalhes incluídos (geralmente em demasia);
- Mistura incorreta das habilidades do grupo;
- Falta de confiança, segurança e apoio gerencial.

Assim como podemos aprender estudando projetos que falharam, podemos também aprender com aqueles que se realizaram com sucesso (MUSSELMAN, 1994, ROBINSON and BATHIA, 1995). Obviamente, a primeira coisa que queremos fazer é evitar os erros dos que falharam. Assim, temos que:

- Ter claramente objetivos definidos e atingíveis;

- Assegurar-nos de ter recursos disponíveis adequados para completar com sucesso o projeto, no tempo determinado;
- Ter apoio gerencial e conhecimento daqueles que deverão cooperar fornecendo informações e dados;
- Assegurar-nos de que teremos todas as habilidades necessárias disponíveis durante o projeto todo;
- Assegurar-nos de que existem canais de comunicação adequados ao patrocinador e usuário final;
- Ter um claro entendimento com o patrocinador e usuário final conforme o alvo e objetivos do projeto, bem como horários;
- Ter boa documentação de todo planejamento e empreendimento do modelo.

Apesar dos vários motivos que justificam sua maior utilização na opinião de SALIBY (1989), a simulação também tem suas desvantagens, muitas delas conseqüência de sua baixa relação custo-benefício. De fato, apesar do elevado trabalho envolvido numa aplicação prática, a precisão dos resultados é, geralmente, pouco produtivo; na melhor das hipóteses, são apenas boas aproximações da solução procurada.

Muitas destas dificuldades, no entanto, têm sido estudadas e, aos poucos, estão sendo superadas. As principais são: a) *Dificuldade de Modelagem* - A tradução de um problema num modelo de simulação é para a qual se tem procurado obter maior suporte computacional.

De acordo com PIDD (1984) o uso de diagramas, como o ciclo de atividades para representar a evolução das entidades de um sistema ao longo do tempo tem sido cada vez mais recomendado. Por outro lado, o desenvolvimento de facilidades computacionais interativas de apoio à modelagem também representa grande progresso: este é o caso, por exemplo, dos “programas geradores” que, simultaneamente, também simplificam a tarefa de programação. b) *Dificuldade de programação* - A programação de um modelo de simulação pode tornar-se uma tarefa altamente dispendiosa e desgastante, se os recursos de *software* não forem

apropriados. O uso de linguagens gerais de programação poderá implicar num elevado custo e, além disso, comprometer o prazo de conclusão de um estudo. Uma das maneiras de simplificar esta etapa tem resultado no desenvolvimento de programas geradores de simulação. c) *Tempo e baixa precisão dos resultados* - A baixa precisão dos resultados é o que faz da simulação um “último recurso.” Esta imprecisão é conseqüência da amostragem. Uma alternativa seria trabalhar com “amostras maiores”, mas dessa forma, aumentaríamos o esforço computacional, comprometendo assim, o tempo de processamento. Por isso, ao estudar o problema da precisão dos resultados, não é somente o custo de processamento que importa, mas também o tempo de resposta. d) *Validação dos modelos de simulação* - As soluções obtidas num estudo de simulação, relacionam-se na verdade, como modelo utilizado. Sua relação com o problema real é indireta, sendo o modelo o seu elo de ligação. Assim, para que tais soluções sejam, de fato, úteis, elas devem ser também válidas para o mundo real. No caso da simulação, isto pode ser feito em dois níveis: na verificação do modelo computadorizado e na validade do modelo conceitual.

Quanto ao modelo computadorizado, a preocupação é a de que o programa esteja livre de erros, ou seja, faça o que dele se espera. A programação estruturada e a decomposição apropriada de um programa em módulos são práticas que contribuem para se atingir tal objetivo. O teste de um programa de simulação é uma etapa geralmente trabalhosa, mas que não deve ser nunca negligenciada.

Já a validação conceitual refere-se à correspondência que deve existir entre o modelo e a realidade. Em geral, é muito mais fácil encontrar erros num programa de computador do que “conferir” um modelo com a realidade que, apesar de sua relevância, é pouco explorado nos textos de simulação.

4.5. A Simulação nos Dias Atuais

Segundo SALIBY (1989), as pesquisas recentes sobre o uso de técnicas quantitativas mostram que a simulação é sempre uma das mais empregadas. Dentre os motivos que justificam sua popularidade, podemos citar:

a) *Modelos mais realistas* - A maior liberdade de que dispomos na construção de um modelo de simulação é, certamente, um bom motivo.

A simulação não nos obriga a enquadrar um problema em determinado molde para que se possa obter uma solução, como ocorre no caso da programação linear. Assim, em lugar de soluções exatas para “problemas aproximados”, teremos agora soluções aproximadas para “problemas mais reais”.

b) *Processo de modelagem evolutivo* - Importante benefício do processo de modelagem em simulação é o seu caráter evolutivo. Começando com um modelo relativamente simples, iremos, aos poucos, identificando de maneira mais clara as peculiaridades do problema. Em função desse aprendizado, teremos também condições de aperfeiçoar nosso modelo, incorporando novas variáveis e/ou relações.

c) *Perguntas do tipo “What if”*- Muitas vezes, em lugar da busca de uma solução, nosso objetivo resume-se em tornar mais claras as possíveis conseqüências de um conjunto de decisões. A simulação é propícia à formulação de perguntas “what if”?, que permitem avaliar, com base no modelo, o efeito de possíveis mudanças de cenário ou diferentes decisões.

d) *Problemas “mal estruturados”*- Muitos problemas da vida real são do tipo “mal estruturado”, ou seja, referem-se a situações em que dispomos apenas de um conhecimento parcial sobre suas variáveis e/ou relações. A simulação é uma dos poucos instrumentais para o estudo deste tipo de problema; no entanto, é também importante lembrar que, em casos como estes, a solução obtida deve ser vista com máxima cautela. Portanto, uma simulação nunca será melhor do que suas próprias premissas.

- e) *Facilidade de comunicação*- Outro bom motivo para sua maior utilização é a facilidade de comunicação proporcionada por um modelo de simulação, em geral, muito mais fácil de se compreender do que um conjunto de complicadas equações matemáticas. Atualmente, esforços de pesquisa vêm sendo dedicados ao desenvolvimento da simulação visual, mostrando-se imagem animada do problema. Uma das principais vantagens da simulação visual consiste na melhor comunicação com os demais elementos interessados ou que venham a ser afetados pelas decisões tomadas. Com isso, aumentamos a probabilidade de aceitação do estudo e de que sua implementação seja bem-sucedida.
- f) *Soluções “rápidas”* - A simulação permite obter as chamadas soluções “rápidas porém pobres”, fazendo com que, rapidamente, tenhamos uma noção da ordem de grandeza dos valores em jogo. No conturbado ambiente empresarial dos dias de hoje, notadamente no caso do Brasil, onde as “regras” mudam da noite para o dia, esta talvez seja uma das principais vantagens que a simulação tem a oferecer.
- g) *Maior disponibilidade de recursos computacionais*- Finalmente, recursos de *hardware* e *software* tem tomado bem mais simples a tarefa de construção e teste dos modelos de simulação, assim como sua programação e seu processamento. Além disso, a difusão de uso do computador no apoio à tomada de decisão tem também levado a um maior interesse em relação a técnicas de análise mais sofisticadas, como é o caso da simulação.

4.5.1. Jogos de empresa versus simulação empresarial

O emprego dos termos “jogos de empresas” e “simulação empresarial”, freqüentemente, causam dúvidas quando de sua utilização, tanto para o leigo, quanto para especialistas. O termo “jogos de empresas” tem sido empregado desde meados da década de 50, data em que esta técnica surgiu. Atualmente tem-se observado uma tendência de substituir o termo “jogo de empresa” por “simulação empresarial”.

Uma das razões dessa tendência talvez seja o significado que o termo “jogos” possa assumir. Ao falar “jogos”, poderá estar dando um caráter essencialmente lúdico à técnica, deixando para segundo plano a sua real finalidade.

Os jogos de empresas são um modelo específico de simulação. A simulação pode ser definida como “uma técnica que manipula modelos representativos e simplificados da realidade complexa e suas dependências, para obter determinados resultados que seriam técnica ou economicamente inviáveis de serem obtidos no ambiente real considerado”.

Uma certa confusão, entretanto, pode surgir com o uso indiscriminado do termo “simulação empresarial”, pois ele também pode ser empregado para referenciar sistemas desenvolvidos para simular situações reais da empresa. Nesse caso, não existe a finalidade de treinamento e desenvolvimento empresarial, típico dos jogos de empresas, mas sim fazer projeções de situações futuras da empresa real. Um termo que poderia ser utilizado para dissipar qualquer dúvida seria “simulação da gestão empresarial”.

Modelos de simulação podem: a) reduzir o risco de implantação de novos sistemas, alertando sobre eventuais problemas de desempenho ou capacidade das instalações; b) otimizar a utilização de área, mão-de-obra, equipamentos e outros recursos de produção; c) testar e avaliar alternativas, garantindo a escolha de soluções de menor risco e maior confiabilidade; d) elevar o nível e a qualidade de atendimento a clientes; e, e) aumentar a lucratividade de seus negócios, economizar tempo e otimizar investimentos.

Modelos completos, consistentes com o sistema real, permitem uma análise fiel e determinante para o sucesso de problemas nos modernos ambientes de produção.

4.5.2. Softwares utilizados

A partir do conceito de simulação mais aceito hoje, já mencionado anteriormente, tem-se que é parte integrante da definição de simulação o uso de computador digital para se chegar aos resultados.

O computador foi desenvolvido na década de quarenta e passou a ser usado comercialmente a partir de 1951. Na década de cinquenta, as linguagens FORTRAN e ALGOL foram bastante utilizadas para a confecção de programas de simulação. A principal característica dessa fase é o fato de que o usuário necessitava ter forte conhecimento de programação ou então contar com o auxílio de um programador.

Na década de sessenta, começaram a aparecer as “linguagens” de simulação baseadas no fato de que, de um modo geral, qualquer programa de simulação era constituído de partes semelhantes. Dentre as linguagens surgidas nessa década, destacamos o GPSS, que foi criado em 1961 em um trabalho conjunto da IBM com os laboratórios BELL. Trata-se de uma poderosa linguagem que, por muito tempo, foi a mais usada em todo o mundo em virtude de seu poderio e facilidade de uso.

Nessa década, poucos eram os computadores capazes de executar tais programas, tendo em vista que necessitavam de um espaço de memória não comum na época.

A década de setenta é chamada de “década de ouro” da simulação pela enorme divulgação que esta técnica teve em todo o mundo. A partir de meados da década de oitenta, a simulação passou a explorar o enorme potencial do computador pessoal e tivemos o surgimento da chamada “simulação virtual”. Existem hoje inúmeros programas com esta habilidade, entre eles o ARENA.

4.5.2.1. O ARENA em simulação

O ARENA foi lançado pela empresa americana Systems Modeling em 1993, sendo o sucessor de outros dois produtos de sucesso da mesma

empresa. Possui um conjunto de blocos (ou módulos) que são utilizados para se descrever uma aplicação real. Esses blocos funcionam como comandos de uma linguagem de programação como o Fortran, Cobol, entre outros.

O ARENA utiliza uma Interface Gráfica para o Usuário (ou GUI - Graphical User Interface) que, em muito, automatiza o processo e reduz a necessidade do teclado, pois o mouse é a ferramenta utilizada.

O ARENA possui ainda ferramentas muito úteis: a) Analisador de dados de entrada (Input Analyser); b) Analisador de resultados (Output Analyser); c) Visualizador da simulação: Arena Viewer; e d) Execução em lotes: Scenario Manager.

O ARENA visualiza o sistema a ser modulado como constituído de um conjunto de estações de trabalho que prestam serviços a clientes (também chamados de entidades ou transações) que se movem através do sistema.

Para montarmos um modelo em ARENA, devemos fornecer informações sobre o que acontece em cada estação de trabalho, sobre o deslocamento entre as estações, entre outras: o processo de chegada e o processo de atendimento.

Um modelo em ARENA é constituído de duas partes: a) lógica - nesta parte montamos um programa, utilizando comandos do ARENA; e b) animação - nesta parte são colocados desenhos e símbolos para representar as estações de trabalho e os caminhos por onde passa a entidade. O ARENA simula a evolução do tempo e movimenta a entidade pelos caminhos e estações.

Quando um modelo é executado, o ARENA vai criando entidades e movimentando-as entre as estações de trabalho. O ARENA simula e gerencia o transcorrer do tempo.

O ARENA se baseia na lógica da programação fornecida para o modelo. Ele se encarrega de manusear todos os dados surgidos na própria simulação. Ele faz com que a animação na tela tenha um aspecto próximo da realidade. Ao final da simulação, ele disponibiliza um relatório que mostra os principais resultados do processo.

Dentre os programas existentes atualmente, optamos pelo ARENA, por ser utilizado em algumas empresas e, principalmente pelas universidades brasileiras, pois parece-nos ser uma linguagem de programação mais adequada, facilitadora como metodologia para o ensino-aprendizagem nos meios acadêmicos, habilitando, contribuindo e possibilitando o aluno a efetuar uma análise crítica no contexto científico, empresarial e educacional em que irá atuar como um profissional em Simulação.

Tal como a maioria dos *software* de Simulação, o ARENA visualiza o sistema a ser modelado como constituído de um conjunto de *estações de trabalho* que prestam serviços a *clientes* (também chamados de entidades ou transações) que movem através do sistema. O movimento pode ser feito pela própria entidade ou por transportadores (por exemplo, empilhadeiras), sendo que esta característica básica pode ser usada de inúmeras maneiras.

Assim, para montar um modelo com o ARENA deve-se, inicialmente, construir um desenho mostrando o sistema que está sendo simulado, constituído de *Estação de trabalho* (onde a entidade receberá algum serviço); *Opções de Fluxo* (para entidade, entre as *estações de trabalho*), para a entidade, serão tratadas pela lógica da programação dependendo do modelo que está sendo montado.

CAPÍTULO 5

ESTUDO DE CASO

5.1. Situação Encontrada

Conforme foi detalhado na descrição do problema, o objetivo deste estudo de simulação será o de aferir os índices de desempenho de um sistema logístico. Para que tal estudo tivesse uma correspondente aplicação no mundo real, decidimos pelo estudo de um problema real, com todas as limitações e complicações a ele inerentes.

Para uma concreta fundamentação do estudo, foi necessário levantamento de todos os processos envolvidos (*Inbound Logistic Center - ILC*), que é responsável tanto pelo recebimento dos materiais pelo cliente, quanto pela sua movimentação dentro da Empresa, concluindo com a entrega dos referidos insumos na linha de montagem.

Dessa forma, o processo logístico é dividido em cinco fases:

- Recebimento
- Embalagem
- Estocagem
- Recolhimento
- Abastecimento

O objetivo do estudo de simulação, para esta unidade (ILC) é construir (e operar) um modelo que represente cada uma dessas operações e mais, represente os inter-relacionamentos entre as funções. Por que isso? Porque, em operações complexas como essas, é inevitável o compartilhamento de recursos entre as diversas funções logísticas. É,

portanto, temerário que se analise, e por conseqüência, se tente otimizar cada operação separadamente.

Está, portanto, claro que o diagrama de fluxo lógico do modelo será totalmente integrado. Dessa forma, pode-se definir como sistema as cinco funções logísticas, que serão descritas de forma detalhada adiante. Todos os demais dados, como chegada de materiais, consumo de peças, entre outros, serão considerados como parte do meio ambiente no qual o sistema está inserido. Esses dados serão então tratados como entradas ou saídas do sistema, conforme a Figura 5.1.

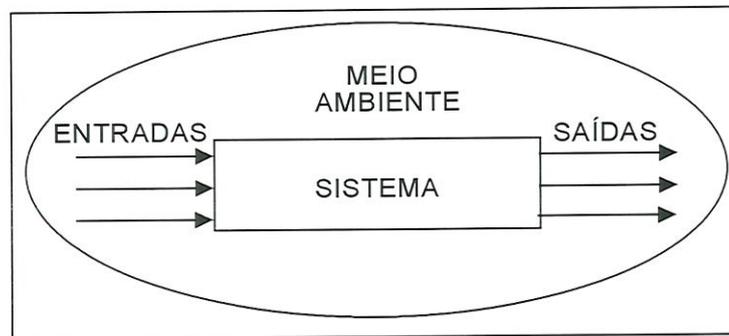


FIGURA 5.1 - Representação esquemática do sistema.

Detalhando um pouco mais o que vem a ser o sistema tem-se:

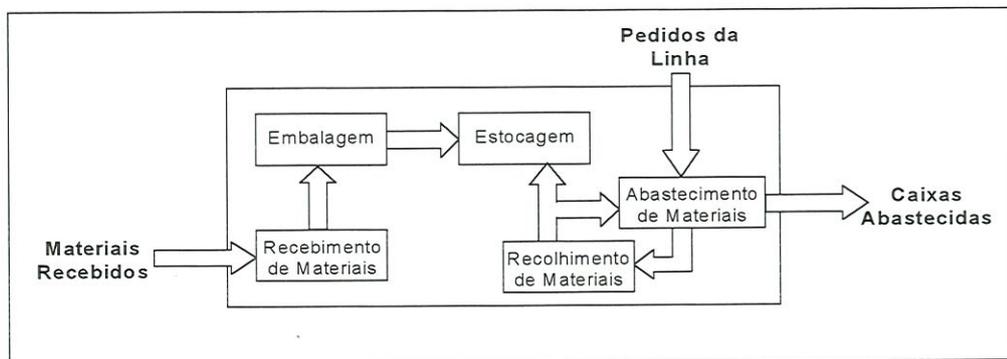


FIGURA 5.2 - Diagrama de fluxo lógico.

No esquema apresentado na Figura 5.2, é apresentado o diagrama de fluxo lógico do sistema. O Diagrama de Fluxo Lógico (DFL) descreve o

caminho que os materiais ou pedidos, que daqui por diante serão denominados entidades, percorrem dentro do sistema. Desse modo, quando um material é recebido, ou quando um pedido é feito, cria-se uma entidade no modelo de simulação. Estas entidades nascem com características (atributos) que irão determinar seu comportamento em cada módulo do sistema. Seguindo um fluxo lógico, que tenta simular as decisões tomadas no mundo real, essa entidade segue um caminho até que saia do sistema e chegue à linha de montagem.

Ao lado das entidades, elementos implementação do modelo em alguma linguagem de simulação, seja ela genérica também de fundamental importância em um modelo de simulação, são os recursos. Recursos são todos os elementos que, de alguma forma, executam operações sobre as entidades. Um recurso pode ser um operador, uma máquina, um sistema de transporte ou qualquer outro elemento que se faça necessário para que a entidade complete seu fluxo pelo sistema. As entidades, portanto, “ocupam” recursos por determinados intervalos de tempo (tempos de processamento). O DFL, portanto, ao exprimir a trajetória da entidade pelo sistema, também indica a seqüência de recursos que irá ocupar para concluir seu caminho.

O DFL é o último passo para implementação do modelo em alguma linguagem de simulação, seja ela genérica ou específica. Portanto o correto detalhamento desse diagrama irá definir o desempenho do modelo implementado. Se detalhado ao extremo, será difícil implementação, principalmente quanto a obtenção dos dados de entrada. Se malfeito, pouco poderá dizer sobre a realidade que se pretende estudar.

5.1.1. Descrição dos processos

Dos cinco processos que compõem a unidade (ILC), somente os três primeiros, a saber, recebimento, embalagem e estocagem foram objeto de estudo deste trabalho.

A seguir, é apresentado uma descrição de cada um desses processos.

RECEBIMENTO DE PEÇAS

O recebedor ILC recebe Peças e Notas Fiscais do depósito de uma transportador, em São Paulo, e Recebimento CBL, com Fase-I concluída no sistema Make to Stock.

Para os fornecedores que entregam o material diretamente no ILC, o recebedor deve verificar se a Nota Fiscal está com a Fase 1 concluída pelo Recebimento (CBL). Caso isso não ocorra, o mesmo não poderá receber o material.

O recebedor organiza o material na área de Cross Dock, conferindo o número de volumes (pallets, caixas ou caçamba) com os volumes mencionados na Nota Fiscal.

Solicita Fase 2 ao Recebimento para emissão da etiqueta de movimentação (Pick Tag).

Confere material fisicamente através do Recebimento Cego.

- Se houver quantidade do Pick Tag for diferente da quantidade física recebida (Pick Tag X Recebimento Cego) se faz uma recontagem do material.
- Se houver discrepância no material a menor, o recebedor deve apontar a divergência no sistema, através da tela, e enviar o Pick Tag para o coordenador CBL.
- Se a discrepância for maior, o recebedor deve separar o material excedente e comunicar ao coordenador CBL sobre o excesso. Este irá definir se o material excedente será sucateado, devolvido ou recebido através de Nota Fiscal complementar.

Caso haja necessidade de envio de amostras para a análise (laboratório/inspeção) as peças são separadas e, enviadas a área solicitante.

Concluído todo o processo de recebimento, o recebedor devem assinar as Notas Fiscais sendo-as Notas Fiscais com discrepâncias a menor deve conter a assinatura do Gestor/Coordenado. Feito isso o recebedor envia as Notas Fiscais até o coordenador da CBL.

Neste processo, estão envolvidas as seguintes atividades:

- Descarregamento de veículos provenientes de fornecedores nacionais;
- Conferência física dos materiais em relação à Nota Fiscal;
- Contato com o cliente(CBL) para emissão de etiquetas de movimentação;
- Separação de peças para serem inspecionadas;
- Identificação de lotes de peças já conferidos;
- Liberação de Notas Fiscais para o setor contábil do cliente;
- Envio do material para área de estocagem.

Principais problemas operacionais encontrados

- Excesso de peças a serem conferidas em função da indisponibilidade de recebedores de materiais, e de equipamentos de contagem de peças(balanças contadoras);
- Atraso na liberação de Notas Fiscais para a área contábil do cliente;
- Atraso na liberação de peças compradas para inspeção de recebimento;
- Atraso na liberação de peças críticas para células de produção;
- Queda da qualidade de serviço prestado ao cliente(acurácia na contagem de peças);
- Aumento do volume de horas extras ou banco de horas.

EMBALAGEM DE PEÇAS

Prepara-se área e o equipamento para iniciar a atividade de embalagem de peças e pega-se o material que está aguardando para ser embalados.

Conferem-se os dados da Etiqueta de Movimentação (Pick Tag) com o lote de peças recebidas.

O embalador segue o AMR (quantidade por caixa e tipo de caixa) planejando na Pick Tag. Se o AMR planejado na Pick Tag for diferente da capacidade da caixa, o embalador liga para o planer responsável pela peça que verificará pela tela menu - AM "MTS" e solicita a alteração no AMR. Feito isso, o embalador separa as peças e aguarda um retorno do planer.

Para lotes até 1.000 peças, conta-se manualmente, para lotes acima de 1.000 peças, conta-se através de balança.

O embalador deve proteger as peças em sacos plásticos, quando solicitado através de Pick Tag.

As caixas embaladas não podem exceder 18 Kg. Na falta de caixas recicláveis, o embalador é responsável pela montagem das mesmas.

Para os materiais importados, fabricados e de pintura - quando no término do processo de embalagem do lote de peças existir alguma discrepância com relação à etiqueta de movimentação - o embalador informa o coordenador e providencia o ajuste da quantidade através da transação MTS para os lotes com divergência de quantidade.

Em seguida gera etiquetas de movimentação de materiais, Pick Tag, no sistema MTS VR BDF e etiquetas gomadas, no sistema HKOOT (TSO). Agrupa as caixas de forma organizada na plataforma, colando as etiquetas gomadas na parte frontal da caixa e etiquetas Pick Tag anexada aos lotes de peças já embalados (caixas pequenas do mesmo lote até 12 caixas/ caixas grandes do mesmo lote até 06 caixas).

Em relação a quebra de lote o embalador deve separar a mesma em plataforma específica para quebra.

Movimenta a plataforma com lotes de caixas embaladas e identificadas para a área de estocagem.

Todo o colaborador do ILC que for embalar peças, deve ler a Instrução Técnica de Trabalho) antes de começar o trabalho nesta área.

Peças com o mesmo número mas com quantidade diferente não poderão estar na mesma plataforma.

Neste processo, estão envolvidas as seguintes atividades:

- Colocação nas plataformas com as peças embaladas para dentro da área de estocagem;
- Procurar coordenadas (estantes) para a estocagem das caixas;
- Acomodar lotes de caixas;
- Alimentar o sistema com as coordenadas das caixas;
- Arquivar etiquetas e preencher formulários.

Principais problemas operacionais:

- Excesso de peças a serem embaladas em função da indisponibilidade de embaladores de materiais e de equipamentos de contagem de peças (balança contadores);
- Dificuldade de localização de peças críticas na área de pré-embalagem;
- Aumento do volume de horas extras ou banco de horas;
- Queda na qualidade do serviço prestado ao cliente (acurácia na localização de peças);
- Penalidade contratual decorrente da peças pendentes para estocagem a mais de 48 horas na área de pré-embalagem;
- “Visual da Área” - Organização/Limpeza.

ESTOCAGEM DE PEÇAS

O estoquista verifica na tela, quais são os lotes mais antigos, antes de dar início a estocagem.

Retira a plataforma referente a quebra de lote e escolhe uma rua para estocar as peças.

Para as quebras de lote ficam determinadas as ruas 1, 2, 21, 22 e as 03 primeiras e os 03 últimas coordenadas das ruas 03 à 20 e 23 `a 40.

Para lotes acima de 03 caixas fixa a critério do estoquista o local a ser estocado o material, sempre observando o seguinte:

- Caixa leve: coordenada 1, 5, 6, e 7;
- Caixa pesada: coordenada 2, 3 e 4.

Para as caixas consideradas “pesadas”, o estoquista irá procurar sempre estocá-las na parte térrea do estoque, deixando a parte do mezanino (parte superior) para as caixas mais leves.

O estoquista observa se a caixa a ser estocada não ultrapassa o limite de 18 Kg, caso isso aconteça, o mesmo irá devolver para o setor de embalagem para retrabalhar o material.

Peças com menos número, mas com o número de lotes diferentes não poderão ser estocados na mesma coordenada.

- caixa pequena - lote com no máximo 12 caixas;
- caixa grande - lote com no máximo 06 caixas;
- Caso o Estoquista ache uma que exceda 12 ou 6 caixas , o mesmo devolverá para área de embalagem.

Após estocar a caixa, o estoquista anota na Pick Tag o número da rua da coordenada e a altura que a mesma foi estocada, feito isso pega-se as informações da Pick Tag e transfere através de digitação para o sistema.

No final da estogagem(físico/sistema) consulta-se a tela para verificar se o sistema aceitou a estocagem, e arquiva-se por um período mínimo de 04 anos em local pré-estabelecido.

Neste processo, estão envolvidas as seguintes atividades:

- Colocar as plataformas com as peças embaladas para dentro da área de estocagem;
- Procurar coordenada (estantes) para estocagem das caixas;
- Anotar coordenadas nas etiquetas de movimentação;
- Alimentar etiquetas e preencher formulário.

Principais problemas operacionais:

- Excesso de peças a serem estocadas em função da indisponibilidade de estoquista de peças;

- Queda na qualidade de serviço prestado ao cliente (acurácia na localização de peças);
- Penalidades contratuais decorrente de peças pendentes para estocagem a mais de 48 horas na área de pré- embalagem.

5.2. Descrição dos Processos

Para o passo seguinte, qual seja, a implementação do Modelo em determinada linguagem se simulação, o **DFL** deve ser detalhado até um nível que seja compatível com os componentes existentes na linguagem. Isso significa que cada operação do **DFL** básico (recebimento, embalagem e estocagem) deve ser detalhada em cada uma de suas tarefas básicas.

Qual o limite desse detalhamento? Os dados de que se dispuser. Assim, deve-se ter em mente que, quando especificamos uma tarefa, deve-se deixar claro quais recursos são necessários para a sua execução e qual o seu tempo de duração. Como já foi comentada na parte introdutória, para dados com alta variabilidade, tais como tempos e quantidades, deve-se ter uma massa significativa de dados que permite fazer uso de uma curva de distribuição obter uma mais próxima da realidade.

Cada operação será detalhada separadamente.

O recebimento engloba as tarefas de recepção e conferência dos materiais que chegam ao **ILC**. O principal dado necessário a essa operação, e que vai influenciar todos os demais blocos, é a taxa de chegada de materiais ao **ILC**. Ou seja, precisa-se saber que tipos de materiais são entregues no **ILC**, suas quantidades e procedências.

Por exemplo, o tipo do material - características tais como peso, tamanho, etc. - determinará todo o fluxo ao longo do sistema, determinando tempos de operação, formas de armazenagem, entre outros. A quantidade também está intimamente ligada ao tempo de processamento do pedido dentro do sistema, como também a quantidade de caixas embaladas, se há ou não quebra de lote, etc. E a procedência, se de fornecedor nacional,

importado ou fabricado, determina qual elenco de operações serão executadas sobre o pedido, em que local tais operações serão executadas e qual grupo de trabalhadores ficará a cargo delas. Outro detalhe de fundamental importância é a distribuição da chegada de materiais ao longo do dia. No caso específico do ILC as chegadas se concentram mais no período da tarde, e a lógica do modelo busca atender esse requisito. Além disso, no caso específico do primeiro dia, foram criadas condições iniciais. Ou seja, no princípio da simulação já há um certo número de pedidos para serem processados, simulando um saldo do dia anterior.

Estabelecidos quais os dados de entrada para essa operação, imediatamente determinou-se os recursos necessários. No caso do ILC da Abrange, os recursos que se pretendem estudar são os humanos. Mais precisamente os recebedores-embaladores. Deve-se notar que a tarefa de recebimento e conferência só é executada pelos embaladores de produtos de fornecedores nacionais. Os materiais importados ou fabricados já vêm com essa fase, no ILC chamada de Fase 2, concluída.

A Figura 5.3 é a representação no Arena, da linguagem de simulação SIMAN, da lógica que foi descrito até então. Os blocos nomeados ARRIVE representam a chegada de entidades no sistema. Os blocos DUPLICATE multiplicarão essas entidades pela taxa de chegada (TRIA(19.5, 39, 104), por exemplo) e os blocos PROCESS efetuam um processamento. Neste caso o descarregamento. Os blocos ASSIGN atribuem valores à atributos das entidades, como Quantidade e Peças por Caixa. O bloco CHANCE define a chance do pedido chegar em determinado horário e os blocos WAIT seguram os pedidos, só os liberando no horário programado. Logo em seguida é feito o cálculo do número de caixas que serão geradas pelo pedido no bloco ASSIGN e, através do bloco CHOOSE, é determinado se o pedido irá para a área de embalagem de materiais nacionais (Cross Dock) ou para a de embalagem de produtos importados e fabricados (Embalagem).

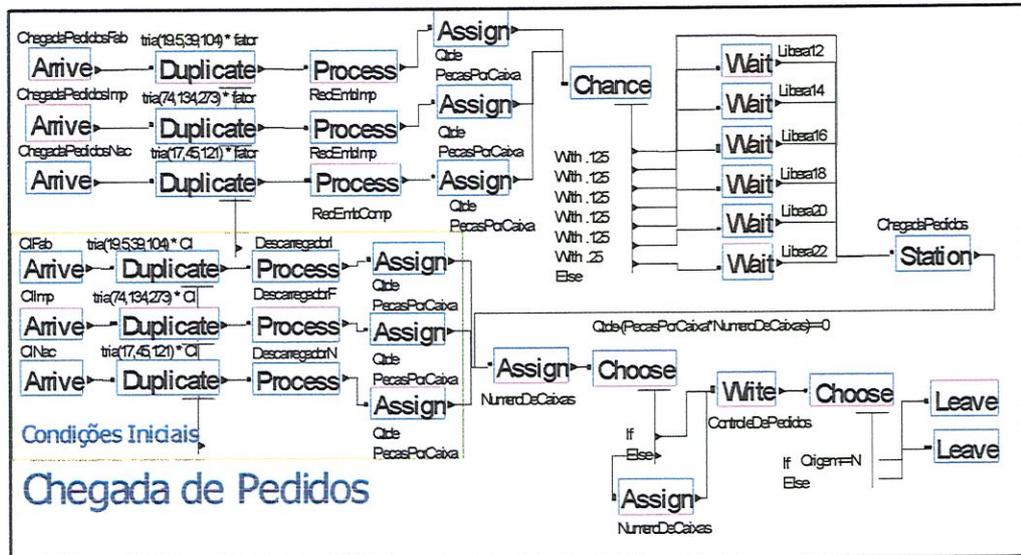


FIGURA 5.3 - Arena® - Diagrama de blocos da chegada de pedidos.

Ainda dentro da operação de recebimento são executadas as tarefas de contagem e embalagem dos materiais. Como pode-se observar na figura 04, assim como no sistema real, aqui considerou-se duas áreas distintas de trabalho: 1) o RecebimentoNac (para materiais provenientes de fornecedores nacionais) e 2) o RecebimentoIF (que trata os materiais importados e/ou fabricados). Apesar de os processos estarem logicamente separados, assim como no sistema real, os recursos (mão-de-obra), representados pelo blocos ADVSERVER, são compartilhados. Isso quer dizer que um embalador da área 2 pode ajudar na área 1, e vice-versa. Os blocos ASSIGN são usados para assinalar tempos de operação, que serão diferentes em cada caso.

Os blocos TALLY são usados para aferir os tempos reais de operação, pois foram assinaladas apenas as distribuições estatísticas dos mesmos. Os blocos CHANCE vão determinar a chance de ser executada uma recontagem no pedido, ou seja, a chance de o pedido ter vindo com discrepância, a maior ou a menor, entre a quantidade discriminada na Nota Fiscal e o valor efetivamente contado. Logo após são assinalados os tempos finais de operação e as caixas são consideradas disponíveis para estocagem contabilizadas na variável BackLogT_C, através do bloco COUNT.

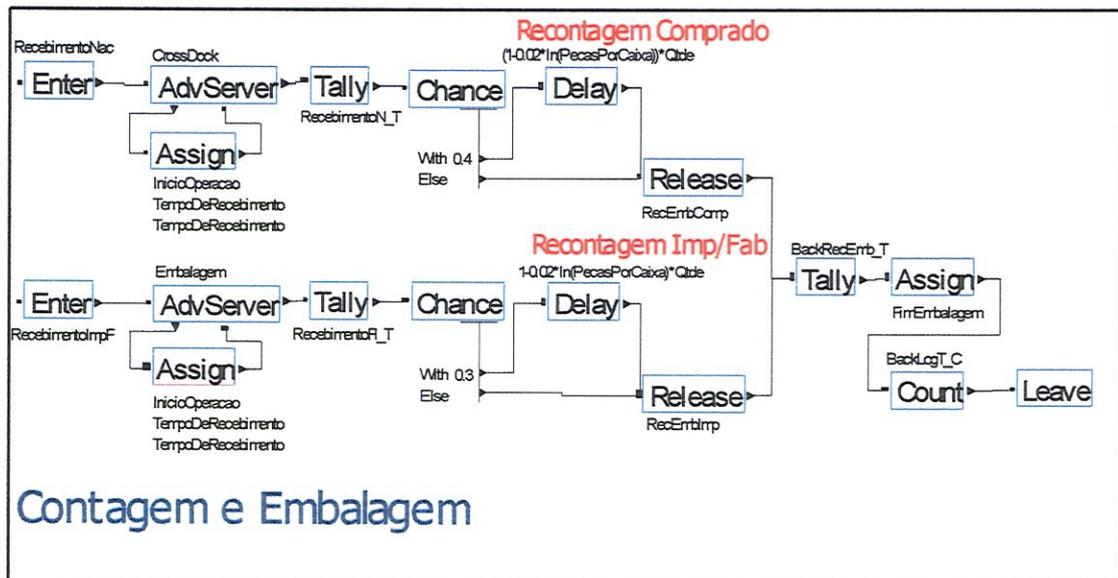


FIGURA 5.4 - Arena® - Diagrama de blocos da contagem e embalagem.

A Figura 5.5 representa uma decisão puramente lógica acerca da escolha do tamanho das caixas que serão utilizadas para embalagem: se grandes ou pequenas. Com base em informações históricas do processo, optou-se por determinar que 80% das peças seriam embaladas em caixas pequenas e o restante em caixas grandes. Essa operação é levada a cabo pelo bloco CHANCE. Feita essa escolha segue-se então para a determinação dos lotes. Os lotes serão de 12 caixas, se as mesmas forem pequenas; ou de 6 caixas, se forem grandes. Através do bloco CHOOSE determina-se, portanto, quantos lotes serão montados e, em caso de quebra de lote, quantas caixas haverão nessa quebra.

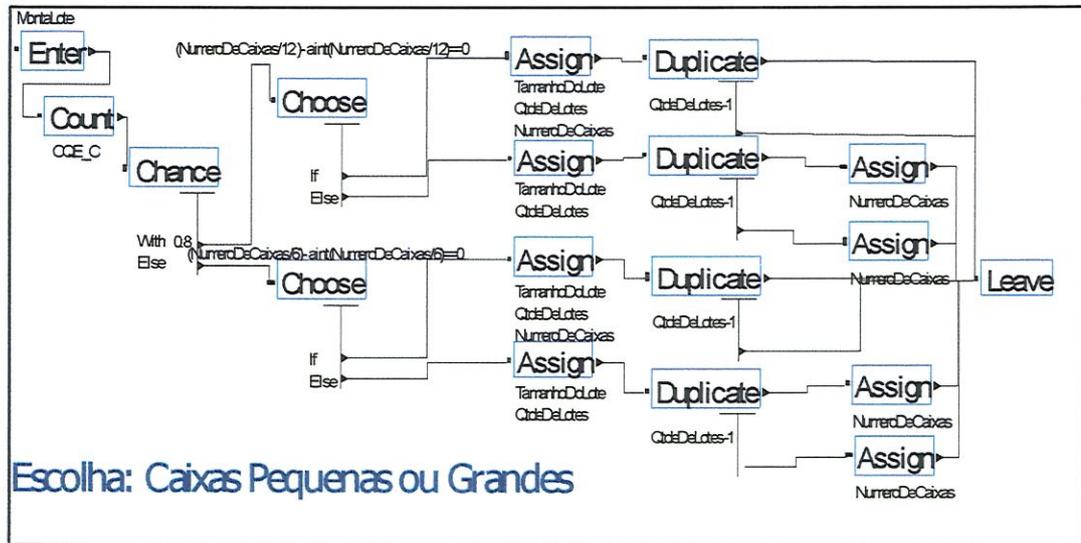


FIGURA 5.5 - Arena® - Diagrama de blocos da escolha de caixas.

Na lógica apresentada na Figura 5.6 são montados os paletes, arbitrariamente definidos como contendo 6 lotes, e requisita-se um funcionário para levá-lo à área de estocagem. Esse funcionário pode ser o próprio embalador, como também pode ser o estoquista, se o mesmo não tiver nenhuma caixa para estocar. O estoquista é requisitado principalmente no turno da noite, quando há apenas um funcionário na área de embalagem. Essa escolha é feita no bloco CHOOSE. Feito isso, o palete é levado para a área de estocagem.

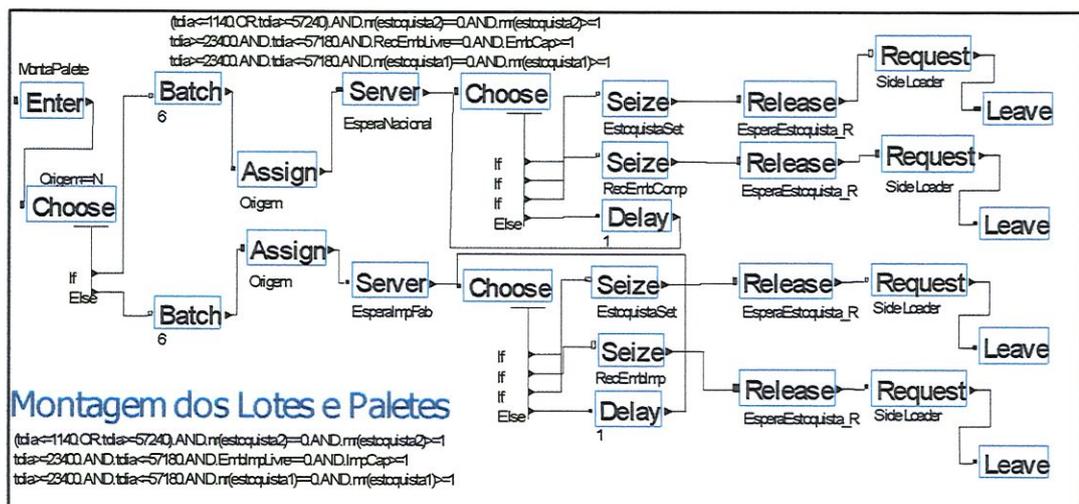


FIGURA 5.6 - Arena® - Diagrama de blocos da montagem dos lotes e paletes.

Finalizando o ciclo das entidades no modelo, descreve-se na Figura 5.7 a representação da operação da estocagem. Nela, os paletes vindos de diferentes locais, do Cross Dock ou da Embalagem, trazidos pelo embaladores ou pelo estoquista são abertos, através do bloco SPLIT e transformados novamente em caixas, que serão armazenadas pelo estoquista. As três tarefas do estoquista, procurar por posições vazias, estocar os materiais e atualizar o sistema, estão contempladas no modelo, bem como os tempo gastos, incluídos no bloco PROCESS e SERVER. Só após concluídas tais tarefas para cada lote o estoquista será liberado, através do bloco RELEASE, para que proceda as mesmas operações para outro lote.

Ao final tem-se um bloco COUNT, que contabiliza o total de caixas estocadas. O bloco TALLY calcula o tempo total da entidade no sistema. Enfim, no bloco DEPART, a entidade é eliminada, e o contador BackLogT_C é decrementado, atualizando o backlog de caixas esperando estocagem.

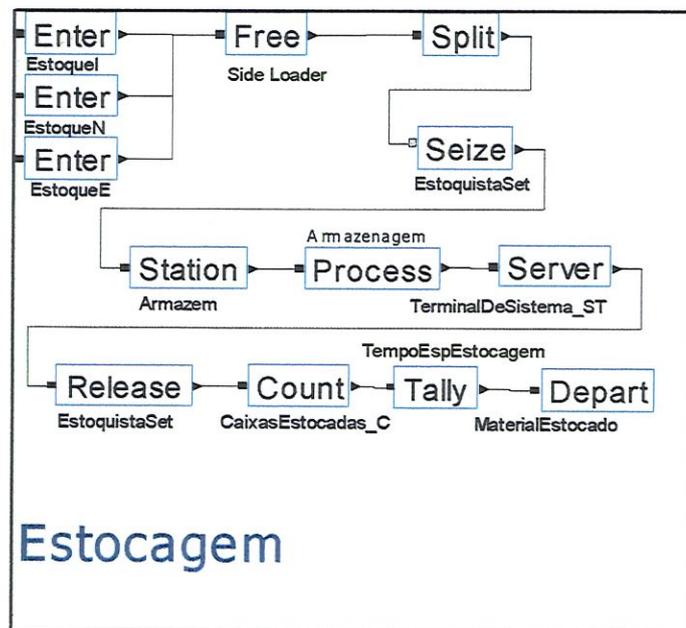


FIGURA 5.7- Arena® - Diagrama de blocos da estocagem.

Apesar de não fazer parte do foco de estudo do modelo, foram também modeladas as operações de recolhimento e abastecimento de peças, cujas operações estão descritas na Figura 5.8. No processo de abastecimento tem-se um nova entrada de dados no sistema. Aqui os

pedidos da linha de montagem são recolhidos pelos abastecedores através da ronda diária na linha. Logo após os pedidos são alimentados no sistema, sendo imediatamente percebidos no ILC, onde começa o processo de recolhimento de peças.

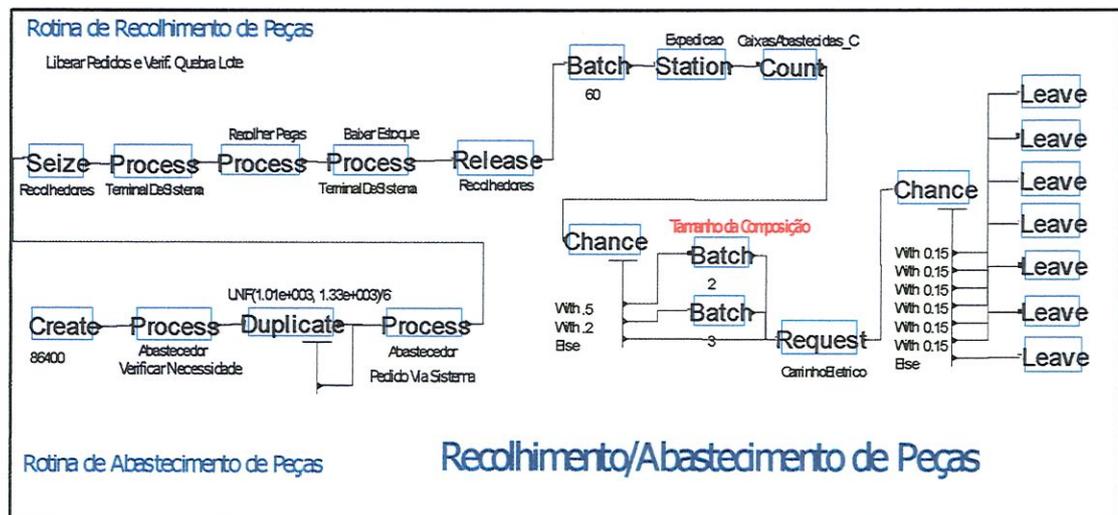


FIGURA 5.8 - Arena® - Diagrama de blocos do recolhimento/abastecimento de Peças.

Os recolhedores então buscam as peças no estoque, baixam as retiradas no sistema, e montam os carrinhos bin com 60 caixas. Logo após, um operador, requisita um carrinho elétrico, através do bloco REQUEST, monta um comboio de um, dois ou três carros, e os leva para as áreas. Apenas para efeito de animação foram indicados três pontos de uso no prédio B e outros quatro no prédio D. O bloco CHANCE determina, com chances iguais, para que ponto de uso o carrinho deve se encaminhar.

Os recolhedores então buscam as peças no estoque, baixam as retiradas no sistema, e montam os carrinhos bin com 60 caixas. Logo após, um operador, requisita um carrinho elétrico, através do bloco REQUEST, monta um comboio de um, dois ou três carros, e os leva para as áreas. Apenas para efeito de animação foram indicados três pontos de uso no prédio B e outros quatro no prédio D. O bloco CHANCE determina, com chances iguais, para que ponto de uso o carrinho deve se encaminhar.

Análise dos Dados de Entrada

Como já foi dito e repetido por diversas vezes, um modelo, por mais elaborado que possa ser, é de pouca ou nenhuma valia se suas entradas não tiverem sido tratadas com o mesmo rigor. No caso específico deste trabalho, por tratar-se de um projeto piloto, abriu-se mão de algumas premissas e permitiu-se a inferência de vários dados que, ou não estavam disponíveis na forma adequada, ou demandariam muito esforço, humano e de tempo, para serem levantados.

Alguns conceitos básicos foram obedecidos, como a tentativa de colocar tantos dados quantos possíveis na forma de distribuições estatísticas. Nessa forma evidencia-se o efeito da variabilidade no modelo, permitindo ainda a rápida alteração de vários parâmetros. Assim, por exemplo, quando dispunha-se de apenas uma média para determinado processo, optou-se por uma distribuição normal de mesma média. Para outros dados, dos quais dispunha-se de algumas observações, foram levantadas as respectivas curvas de distribuição. Mesmo para esses casos, cumpre ressaltar que o levantamento dos valores não se deu sob condições de um experimento controlado. Ou seja, se haviam condições de sazonalidade, eventos alheios ao sistema (como greves, bug do milênio, etc.), ou outras interferências, esses desvios não foram percebidos e eliminados.

São apresentados a seguir os dados utilizados no modelo:

- **Recursos Humanos:** este piloto, acerca de uma operação da Abrange Logística, tem como principal objetivo a otimização do uso dos recursos humanos nela envolvidos. Conforme informações da empresa, sua operação conta atualmente com os seguintes profissionais:
 - 09 recebedores/embaladores (8 no turno da manhã e 1 no turno da tarde)
 - 02 estoquistas (1 no turno da manhã e 1 no turno da tarde)
 - 06 abastecedores (todos no turno da manhã)
 - 05 recolhedores (todos noturno da manhã)
 - 01 operador de empilhadeira/carrinho elétrico (no turno da manhã).

Neste estudo não foram considerados os profissionais de apoio/administrativos. No caso específico dos recebedores/embaladores, foi previsto o uso de até dois trabalhadores temporários, para atender aumentos de demanda. Ainda no caso dos recebedores/embaladores, eles foram divididos para produtos importados/fabricados e fornecedores nacionais.

Mas atendendo a requisitos do sistema real, qualquer um pode atuar em qualquer área, dependendo da necessidade.

Para os trabalhadores foi também criada uma agenda de trabalho. Nessa agenda estão contemplados os horários de entrada e saída, intervalo para almoço e paradas diversas. As agendas para os dois turnos é a seguinte:

TABELA 5.1 - Horários de entrada, saída e parada, segundo os turnos.

Itens	Turno da manhã	Turno da tarde
Horário de entrada	06:30	15:54
Horário de saída	15:54	00:20
Intervalo para almoço	36 minutos	36 minutos
Turno	08 horas e 48 minutos	08 horas e 26 minutos
Paradas diversas	01 hora e 20 minutos	01 hora e 20 minutos

A Tabela apresenta, horários de entrada, saída e paradas tanto para o turno da manhã, quanto para o turno da tarde. Podemos verificar que o intervalo para o almoço em ambos os turnos são idênticos, bem como o tempo das paradas diversas. Por outro lado, verificamos uma pequena diferença ente os turnos da manhã e tarde com relação ao horário total de permanência dos funcionários na empresa.

Apesar de modelados, recursos físicos, tais como empilhadeiras, não foram detalhadamente analisados, visto que não constituem gargalos para o sistema.

A seguir serão apresentados os valores de dados utilizados no modelo.

TABELA 5.2 - Estrutura de dados do modelo.

DADO	VALOR UTILIZADO
Qtde. de peças por pedido (fabricados)	$\text{aint}(1+\text{expo}(66.7))$
Qtde. de peças por pedido (importados)	$\text{aint}(1+1.6\text{e}+003*\text{beta}(0.634,25.4))$
Qtde. de peças por pedido (nacionais)	$\text{aint}(1+\text{expo}(45.4))$
Qtde. de peças por caixa (fabricados)	$\text{aint}(1+\text{expo}(503))$
Qtde. de peças por caixa (importados)	$\text{aint}(1+\text{expo}(33.4))$
Qtde. de peças por caixa (nacionais)	$\text{aint}(1+\text{expo}(45.4))$
Qtde. de pedidos por dia (fabricados)	Tria(19.5,39,104)
Qtde. de pedidos por dia (importados)	Tria(74,134,273)
Qtde. de pedidos por dia (nacionais)	Tria(17,45,121)
Descarregamento de caminhões (por pedido) (nacional)	$\text{expo}(150)$
Colocação da caixas na área (fabricados e importados)	$\text{expo}(30)$
Distribuição de chegada dos pedidos ao longo do dia	12,5 % =>10:00 ---- 12:00 12,5 % =>12:00 ---- 14:00 12,5 % =>14:00 ---- 16:00 12,5 % =>16:00 ---- 18:00 12,5 % =>18:00 ---- 20:00 12,5 % =>20:00 ---- 22:00 25,0 % =>22:00.
Tempo de recebimento, contagem e embalagem.	(norm(9,1) (norm(15,2)*NumeroDeCaixas ((1-0.02*ln(PecasPorCaixa))*Qtde))*fator3 norm(20,2) norm(4,1) (17-1.4*ln(NumeroDeCaixas)) norm(5,1) norm(24,1) norm(9,1)
Chance de recontagem (fornecedor nacional)	40%
Chance de recontagem (importados e fabricados)	30%
Distribuição entre caixas pequenas e grandes	80% => caixas pequenas 20% => caixas grandes
Tamanho dos lotes	12 caixas => caixas pequenas 06 caixas => caixas grandes
Número de lotes por palete	06 lotes
Tempo de deslocamento ente a área de embalagem e o estoque	norm(30,3)
Tempo de estocagem (procura por espaço, organização e estocagem)	norm(17,4)

(continua...)

TABELA 5.2 - Estrutura de dados do modelo.

(continuação...)

DADO	VALOR UTILIZADO
Atualização dos dados no sistema	norm(36,2)
Tempo para o abastecedor correr a linha	norm(7200, 72)
Tempo para o abastecedor alimentar os pedidos no sistema (por caixa)	norm(1560,150)/89
Necessidade diária da linha de montagem	unif(1.01e+003, 1.33e+003)
Tempo para o recolhedor listar os pedidos (por caixa)	norm(20,2.0)
Tempo de recolhimento (por caixa)	norm(60,6)
Tempo de atualização do sistema (por caixa)	norm(10,1)
Caixas por carrinho bin	60
Distâncias entre a expedição e os pontos de uso	PU_B1 => 630 m; PU_B2 => 630 m; PU_B3 => 630 m; PU_D1 => 1200 m; PU_D2 => 1200 m; PU_D3 => 1200 m; PU_D4 => 1200 m.

Para melhor entendimento dos dados apresentados na Tabela 5.2, cabe salientar as informações de forma mais específica.

As distribuições de probabilidades utilizadas, no modelo foram: Distribuição Normal; Distribuição Exponencial; Distribuição Uniforme e Distribuição Triangular.

A representação destas distribuições na Tabela 5.2, estão representadas conforme a notação apresentada a seguir:

- Norm: normal - média e desvio-padrão;
- Expo: expo - média;
- Unif: uniforme - mínimo e máximo;
- Tria: triangular - mínimo, moda e máximo;
- Aint: que aparece em algumas distribuições, significam que a função, considera ou “trunca” para o valor inteiro mais próximo.

Quando observamos na tabela, a quantidade de pedidos por dia, ela está representada por uma distribuição triangular com os parâmetros: $Tria(17; 45; 121)$. Esses parâmetros significam respectivamente:

- número mínimo de pedidos por dia: 17;
- número de pedidos de maior ocorrência (moda): 45;
- número máximo de pedidos por dia: 121.

Ainda, com relação a tabela, a distribuições de chegada dos pedidos, ao longo do dia, é indicado por um valor percentual, por intervalo de tempo: exemplo, 12,5% dos pedidos chegam entre 10:00 |----- 12:00 horas: 12,5% chegam entre 12:00 |---- 14:00 horas, assim sucessivamente, perfazendo um total de 100% dos pedidos restantes.

O tempo de recebimento, contagem e embalagem, utiliza-se das mesmas distribuições já mencionadas, tento como um diferencial que, estas representam o número de caixas sendo movimentadas, ressaltamos que, aqui são considerados o tempo de abrir uma caixa vazia, fazer a contagem propriamente dita delas, colocar o itens na caixa, embalar e contar, e colocá-los em cima do palete.

O último elemento da tabela, distância entre expedição e ponto de uso, segue a seguinte notação:

PU_ B1 = ponto de uso;

B = bloco;

1 = número do ponto de uso.

A determinação dos tempos de deslocamento do abastecedor, entre o armazém, ILC e a linha de montagem, foram estimados 7 lotes de percurso chamadas PU_Bi ($i = 1; 2 \text{ e } 3$) e PU_Di ($i = 1; 2; 3 \text{ e } 4$), esses valores vão determinar os tempos de deslocamentos que o abastecedor leva deste o momento que pega as caixas no ILC, até chegar na linha de montagem.

Cen**: nome dos cenários analisados;

Backlog_CD: quantidade de peças aguardando recebimento na área de material nacional;

Backlog_EMB: quantidade de peças aguardando embalagem na área de material importad/fabricado;

BacklogT_C: quantidades de caixas aguardando para serem estocadas;

Recepção_CD: tempo, em horas, decorrido desde a entrada no armazém do material de origem nacional, até o término de sua embalagem (liberação para estocagem);

Recp_Imp_Fab: tempo, em horas, decorrido desde a entrada no armazém do material de origem importada ou de fabricação própria, até o término de sua embalagem (liberação para a estocagem);

Tempo_Armaz: tempo, em horas, que o material embalado aguarda para ser estocado efetivamente;

Parâmetros: 1,0 - 3 - 3

- quantidade de funcionários no setor de embalagem de importados.
- quantidade de funcionários no setor de peças nacionais.
- incremento na taxa de chegada de peças em relação à taxa básica. Cada décimo equivale a 10% de incremento.

A descrição dos dados acima também cumpre o requisito de explicitar que, para um projeto que vise tomada de decisões no sistema real, tais dados devem ser levantados da forma mais acurada possível.

5.3. Respostas do Modelo

Após a conclusão do modelo e sua alimentação com os dados de entrada, passou-se a “utilizar” o mesmo, qual seja, elaborar questões do tipo “E, se...”. Nessa etapa, consideramos alguns dados de entrada que seriam variados e observou-se as variações que isso causava no sistema. Foram considerados, então, a Taxa de Chegada de Materiais e o Número de Embaladores como variáveis independentes e passou-se a monitorar os valores de Backlog (no Cross Dock, na Embalagem de

Fabricados/Importados e na Estocagem) e os respectivas Recepções (Recp). Para atender as várias variações, montou-se um conjunto preliminar de 9 cenários, como descrito na tabela a seguir:

Com base em tais parâmetros, o sistema retornou os seguintes valores para as variáveis observadas:

TABELA 5.3 - Parâmetros de entrada.

Cenário	Taxa de Chegada	No. Embaladores Nacional	No. Embaladores Imp./Fabric.
01	1,0	3	3
02	1,2	3	3
02-b	1,2	3	4
02-c	1,2	4	4
03	1,4	4	4
03-b	1,4	4	5
04	1,6	4	5
04-b	1,6	5	5
05	1,8	5	5

TABELA 5.4 - Valores médios das variáveis observadas.

	Médias							Parâmetros
	Backlog CD	Backlog EMB	BacklogT C	Recepcao CD	Recp Imp Fab	Tempo Armaz		
Cen-01	559	454	214	7,10	7,90	1,68	1,0 - 3 - 3	
Cen-02	2.360	1.369	154	26,25	26,61	1,26	1,2 - 3 - 3	
Cen-02b	1.381	864	318	12,67	13,53	2,38	1,2 - 4 - 3	
Cen-02c	296	329	350	3,45	4,34	2,29	1,2 - 4 - 4	
Cen-03	1.852	951	421	13,81	15,92	2,58	1,4 - 4 - 4	
Cen-03b	592	673	613	5,25	6,56	3,33	1,4 - 5 - 4	
Cen-04	1.642	1.111	841	12,02	12,65	4,64	1,6 - 5 - 4	
Cen-04b	730	654	873	5,93	6,38	4,33	1,6 - 5 - 5	
Cen-05	1.754	1.270	1.768	12,86	13,26	9,06	1,8 - 5 - 5	

TABELA 5.5 - Valores máximos das variáveis observadas.

	Máximos							Parâmetros
	Backlog CD	Backlog EMB	BacklogT C	Recepcao CD	Recp Imp Fab	Tempo Armaz		
Cen-01	4.247	1.487	2.227	24,60	24,50	25,06	1,0 - 3 - 3	
Cen-02	7.033	3.913	1.969	68,68	69,11	26,08	1,2 - 3 - 3	
Cen-02b	5.400	2.655	2.219	43,41	43,50	42,78	1,2 - 4 - 3	
Cen-02c	3.564	1.797	3.152	16,49	16,61	26,36	1,2 - 4 - 4	
Cen-03	6.965	3.055	3.498	45,91	45,50	25,58	1,4 - 4 - 4	
Cen-03b	4.480	2.677	3.492	20,32	20,50	27,50	1,4 - 5 - 4	
Cen-04	7.118	4.553	3.404	42,17	42,11	26,44	1,6 - 5 - 4	
Cen-04b	5.264	3.824	3.606	23,73	22,50	27,61	1,6 - 5 - 5	
Cen-05	6.656	3.459	5.918	41,99	41,11	38,89	1,8 - 5 - 5	

Cumpramos ressaltar que os valores de Backlog são contabilizados como caixas, e os valores para de recepção são medidos em horas.

Apresentamos a metodologia para a coleta das informações: a) Para as colunas Backlog_CD: , Backlog_EMB: , BacklogT_C: , **Recepcao_CD**: e Recp_Imp_Fab criou-se um bloco de lógica no modelo que a cada 30 minutos coletava as informações e as gravava em um arquivo ASCII. Este arquivo ao final da simulação foi lido pelo Excel extraindo-se os valores médios e máximos de cada item. Para os itens medidos em caixas, eram simplesmente contadas as quantidades existentes em cada fila respectivamente e para os itens medidos em horas (**Recepcao_CD** e **Recp_Imp_Fab**), antes de se efetuar a gravação no arquivo ASCII, encontrava-se a caixa com maior tempo de fila e calculava-se a diferença de tempo decorrida entre a hora atual e o momento em que tal caixa entrou na fila; e b) Para o item, *Tempo_Armaz* utilizou-se um recurso próprio do Arena® que, se destina a armazenar valores de Tallies (ou variáveis de tempo). O valor armazenado neste tally foi calculado pela diferença entre o momento em que a peça saía da área de embalagem e momento em que ela era efetivamente estocada. Na *Figura 07- Arena® - Diagrama de Blocos da Estocagem* este recurso é o bloco *Tally* da lógica.

Para um melhor entendimento dos resultados, mostraremos de forma aleatória alguns dos cenários construídos nas tabelas apresentadas anteriormente:

a) Cenário 1: A análise dos resultados do cenário 1 (cenário base para comparações) indica que na área de recepção de material de origem nacional a quantidade de peças que permanecem na fila aguardando para serem recebidas (Backlog_CD) atingiu o valor máximo de 4.247 peças, enquanto que para os materiais de origem importada e/ou de fabricação própria o tamanho máximo da fila foi de 1.487 peças (Backlog_EMB). Na fila de estocagem (BacklogT_C), que é compartilhada por todos os materiais, a fila máxima encontrada foi de 2.227 caixas.

Quanto aos índices de desempenho, que se pretendia monitorar com a simulação, que eram o tempo máximo para embalagem (**Recepcao_CD**

e *Recp_Imp_Fab*) e o tempo máximo para estocagem (*Tempo_Armaz*) os resultados indicaram um valor máximo de 24,6 horas para a embalagem dos materiais nacionais (*Recepcao_CD*), e de 24,5 horas para os materiais importados ou de fabricação própria (*Recp_Imp_Fab*) e 25,06 horas para estocagem (*Tempo_Armaz*). Estes valores que foram obtidos com os dados reais do mês de novembro, indicam que os recursos humanos disponíveis estavam aquém do necessário para cumprir a meta estabelecida que era de embalagem em no máximo 24 horas.

Outra premissa de análise é a de que o tempo total de tramitação do material (embalagem + estocagem) não pode ser superior a 48 horas. Para a análise desta premissa é necessário somar os valores de embalagem e de estocagem, sendo que para os materiais nacionais os valores a serem somados são os das colunas *Recepcao_CD* e *Tempo_Armaz*; e para os demais somam-se as colunas *Recp_Imp_Fab* e *Tempo_Armaz*.

b) Cenário 2: Para o cenário 2, que teve um incremento de 20% na taxa de chegada de materiais em relação ao cenário 1, os resultados indicam que com 3 funcionários em cada setor de embalagem (nacionais e importados/fabricados) não é possível atender as premissas básicas de atendimento (24 horas para recebimento/embalagem). Para os materiais nacionais o tempo para recebimento foi de 68,68 horas e, para os materiais importados/fabricados foi de 69,11 horas.

Como tentativa de diminuir os tempos de sistema criou-se o cenário 2b, no qual aumentou-se de 3 para 4 a quantidade de funcionários na área de nacionais (coluna Parâmetros, segundo valor). Esta interferência embora tenha diminuído os tempos em 36,8% e 37,1 %, respetivamente para os materiais nacionais e importados, não foi suficiente para atender a premissa das 24 horas.

Em face destes resultados montou-se o cenário 2c, incrementando-se mais um funcionário no setor de importados/fabricados. Com esta medida

verifica-se que todas as premissas são atendidas, ou seja, tanto os materiais nacionais são embalados em menos de 24 horas (16,49 horas) como os importados/fabricados (16,61 horas). A premissa do tempo máximo de 48 horas de tramitação também é alcançada para todos os materiais (16,49 + 26,36 para os nacionais e 16,61 + 26,36 para os importados).

O mesmo procedimento foi adotado para os demais cenários, analisando-se os tempos determinados como premissas em função do aumento da taxa de chegada de materiais. Ressalta-se, no entanto, que o objetivo da aplicação de um modelo de simulação para as análises dos índices de eficiência foi alcançado, já que é possível determinar com precisão a quantidade de funcionários requerida em função da demanda gerada pela chegada de materiais.

Quanto ao cenário 4b é importante observar que embora a premissa de embalagem em 24 horas tenha sido alcançada, a premissa de tempo total de 48 horas não o foi.

Observando-se mais atentamente os valores máximos, podemos perceber claramente o efeito da variação nas taxas de chegada na recepção e nas quantidades de Backlog no Cross Dock e na embalagem de Importado/fabricado. Partindo-se de uma taxa de chegada básica (valor que seria multiplicado por 1,0), aumentou-se essa taxa, seguidamente, em 20%, 40%, 60% e 80%. Para cada taxa verificou-se a premissa, de embalagem em no máximo 24 horas, que era atendida. Caso não o fosse, aumentava-se o número de funcionários, até que a atingisse.

CAPÍTULO 6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No começo do novo milênio, o mundo está caracterizado por transformações e mudanças rápidas e profundas que exigem capacidade de compreensão, de adaptabilidade e de decisões. Também as empresas, públicas e privadas, são obrigadas a mudar porque a sociedade está se modificando, porque o mercado em que operam e porque os recursos que estas podem e devem utilizar são diferentes.

Evolui-se em direção à sociedade do conhecimento e da informação, baseada na utilização sempre mais difusa do computador e da Internet. A concorrência é global e não conhece fronteiras.

No mercado em que empresas operam, os clientes mudam o próprio estilo de vida e têm exigências diferenciadas, sempre mais personalizadas, os produtos devem atender não somente às tendências dos vários segmentos do mercado, mas ao gosto de cada indivíduo. A competição no desenvolvimento de novos produtos é sempre mais forte e, curiosamente, o ciclo de vida deles é sempre mais curto. Os recursos gerenciais são constituídos de um número menor de pessoas, mais competentes e, o fluxo de caixa assumiu mais importância e deve ser utilizado com maior eficiência.

Portanto, as empresas se transformam. Reorganizam-se os vários setores econômicos. Surgem alianças internacionais e instauram-se formas de colaboração que levam a uma crescente eficiência. Acontecem reestruturações radicais das empresas, com diminuição do pessoal e novas formas de organização.

A logística, em muitos setores econômicos, é a atividade que pode criar a diferença com os concorrentes e oferecer uma vantagem competitiva. É na logística, portanto, que devem ser efetuados os melhoramentos e as

inovações para aumentar a própria competitividade. Enquanto continua o empenho para melhorar a qualidade, diminuir os custos, reduzir os tempos, aumentar a segurança, deve-se procurar também outros caminhos para enfrentar os desafios de nossa época e incrementar o valor da própria empresa.

Deve-se procurar estabelecer relacionamentos estáveis com os próprios clientes, em particular com aqueles estratégicos, compreendendo as suas novas exigências, achar fornecedores que colaborem com as políticas da empresa e tornem-se parceiros, além de adquirir novas competências e tecnologias, estabelecendo alianças com outras empresas.

Quem está empenhado no setor logístico deve preocupar-se em oferecer serviços integrados de distribuição física, contribuir para a redução dos custos dos clientes, ativar infra-estruturas de informática que produzam uma diferença em relação à concorrência, aumentar a eficiência para maximizar o lucro, formar pessoal atento às essas problemáticas, aprender a operar sempre com maior produtividade, flexibilidade e rapidez.

Diante desse cenário, o que motivou a escolha desse tema foi a possibilidade de se realizar uma pesquisa que tratasse de uma situação real, e que permitisse o desenvolvimento de um estudo teórico sobre o assunto.

Esse trabalho foi inicialmente desenvolvido a partir de um levantamento bibliográfico descritivo, sem uma análise crítica dos conceitos e definições apresentadas pelos autores mencionados. Posteriormente, a pesquisa realizada teve o propósito de mostrar a simulação dos processos de administração de materiais, como potencializador do aumento do valor agregado em serviços logísticos. A logística deve ser entendida não só como um fator de diferenciação competitiva, porém deve ficar claro que não se faz logística sem informação. Por exemplo, nos processos de operações logísticas quais são as informações importantes para um operador logístico? Uma vez que o mesmo é fornecedor de serviços logísticos, especializado em gerenciar e executar todas as partes das atividades logísticas.

Neste sentido, esta pesquisa teve como objetivo principal desenvolver um modelo de simulação que permitisse avaliar o comportamento dos três

processos de apoio: recebimento, embalagem e estocagem, para diferentes cenários de operação.

Através da execução do modelo foi possível observar o grau de interatividade existente entre os diversos processos. Observou-se, por exemplo, que ao haver maior escoamento dos processos de recebimento e embalagem, foi gerada uma fila no processo de estocagem. Também se pode notar que à medida que se aumentava o número de embaladores, a fila de estoque também diminuía. Isso se deve ao fato de que, com mais embaladores, havia mais disponibilidade para levar os paletes até o estoque, ficando o estoquista com a única missão de estocar os materiais.

Por tratar-se exatamente de uma pesquisa piloto, cercada por algumas restrições na obtenção de dados, toda a avaliação restringiu-se à observação sistêmica. Para conclusões mais dirigidas às características operacionais do sistema, seria necessário uma coleta de dados mais apurada e um processo de validação do modelo a ser realizado pelos usuários.

Mesmo diante de tais limitações, ficou clara a viabilidade do uso de modelos de simulação para análise de sistemas logísticos de movimentação de materiais. Foi possível analisar as respostas do sistema a partir da variação de parâmetros e, a partir dessa variação, encontrar uma nova configuração que atendesse os requisitos básicos do sistema.

Cabe ressaltar que, quando foram apresentados os resultados dos Valores Máximos das Variáveis Observadas, foi constatado, nos cenários apresentados, que estes podem apresentar limitações. No decorrer da análise, este problema ocorreu no cenário 4b. Neste cenário é importante observar que embora a premissa de embalagem em 24 horas tenha sido alcançada, a premissa de tempo total de 48 horas não o foi. No entanto, fica a sugestão para um novo trabalho que aborde a questão econômica das atividades, comparando-se o custo gerado por uma eventual multa pelo não cumprimento das premissas, versus o custo gerado pelo aumento do quadro de mão-de-obra para alcançar estas premissas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABML. (1999). São Paulo: Associação Brasileira de Movimentação e Logística: *O conceito de operador logístico*. Fev. 1999, p. 1-15.
- BALLOU, R.H. (1993). *Logística empresarial: transporte, administração de materiais e distribuição física*. São Paulo: Atlas, 1993.
- BALCI, O. (1995) In proceedings of the 1995 Winter Simulation Conference, ed. C Alexopoulos, K Kang, W. R. Lilegdon, and Godsman.
- BOWERSOX, D.J.; CLOSS, D.J. Logistical management: the integrated supply chain process. *Planning*, v.20, n.1,p.25-34,1987.
- BRATELY, P., FOX, B.L. and SCHRAGE, L.E. (1987). *A guide to simulation*. Edition, Springer-Verlag.
- CASSANDRAS, C. (1993). *Discrete event systems; modeling and performance analysis*. Aksen Associates, 1993.
- CHIAVENATO, I. (1991). *Iniciação a administração de materiais*. São Paulo, Makron Books, 1991, 167 p.
- CHING, H.Y. (1999). *Gestão de estoques na cadeia de logística integrada - supply chain*. São Paulo: Atlas, 1999.
- CHRISTOPHER, M. (1997) *Logística e gerenciamento da cadeia de suprimento; estratégia para a redução e melhoria dos serviços*. São Paulo, Ed. Pioneira, 1997, 240 p.
- COOK, L.S. (1992). Factor screening of multiple responses. In *Proceedings of the 1992, Winter Simulation*.
- DIAS, M.A.P. (1984). *Administração de materiais: uma abordagem logística*. São Paulo: Atlas, 1984, 436 p.
- DIAS, M.A.P. (1986). *Gerência de materiais: a eficácia da administração de materiais: um modelo para situações de crise e incerteza*. São Paulo: Atlas, 1986, 186 p.

- DIAS, M.A.P. (1993). *Administração de materiais: uma abordagem logística*. Sao Paulo: Atlas, 1993.
- FLEURY, P.F. (1999). *Supply chain management*. Rio de Janeiro: Centro de Estudos em Logística da Coppead, 1999.
- GOBBO JUNIOR, J. A. and PIRES, S.R.I. (1997). Gestão da cadeia de suprimentos: um estudo de caso no setor de máquinas rodoviárias. *Anais do 17º ENEGEP - ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, Gramado: ABEPRO, outubro de 1997.
- HO, Y.C. (1989). Dynamics of discrete event systems. *Proceedings of IEEE*, v.77. n.1, p.3, 1989.
- HOOD, S.J. and WELCH. (1992). Experimental desing issues in simulation with examples from semiconductor manufacturing. In *Proceedings of the 1992 Winter Simulation Conference*, ed. J.J. Swain, 1992, GOLDDSMAN, D., GRAIN, R.C. and WILSON, J.R..
- KEARNEY, A.T. (1994). Management approaches to supply chain. *FEEDBACK Report to Research Participants*. Chicago: A.T. KEARNEY, February 1994.
- KUHN, T.S. *Estrutura das revoluções científicas*. Trad. BOEIRA, B.V., BOEIRA, N. E. São Paulo: Perspectiva, 1975.
- LAW, A.M., and KELTON. (1991) *Simulation modeling and analysis*. McGraw-Hill, 1991.
- MCKAY, K.N., BUZACOTT, C.J. (1986) Software engineering applied to discrete event simulation. In *Proceedings of the 1986 Winter Simulation* ed WILSON, J.R., HENRIKESSEN, J.O and ROBERTS, S.D.
- MAGEE, J.F. (1977). *Logística industrial: análise e administração dos sistemas de suprimento e distribuição*. São Paulo: Pioneira, 1977, 351 p.
- MIRSHAWKA, V. and BÁEZ, V.E. (1993). *Produmetria: idéias para aumentar a produtividade*. São Paulo: Makron Books, 1993, 333 p.
- MIRSHAWKA, V. and BÁEZ, V.E. (1995). O conceito de operador logístico. Suplemento da *Revista Tecnológica*. São Paulo. p . 35-46, Fev.1995.
- NEELAMKAVIL, F. (1988). *Computer simulation and modelling*. John Wiley & Songs, 1988.

- PEGDEN, C.D.; SHANNON, R.E.; SADOWSKI, R.P. (1995). *Introduction to simulation using*. Rio de Janeiro, McGraw-Hill.
- PIDD, M. (1984). *Computer simulation in management*, Wiley.
- POIRIER, C.C.; REITER, S.E. (1996). *Supply chain optimization: building the strongest total business network*: San Francisco Berrett-koeehler publishers, 1996. 303p.
- PRADO, D. (1999). *Usando o ARENA em simulação*. Belo Horizonte, Editora de Desenvolvimento Gerencial.
- SALIBY, E. (1989). *Repensando a simulação: amostragem descritiva*. Atlas, 1989.
- SHAW, A.W. (1915). *Some problems in market distribution*. Harvard University Press, 1915.
- SANTOS-MENDES, R. (1995). *Modelagem e controle de sistemas a eventos discretos*. Manufatura Integrada por computador. Belo Horizonte: Fundação CEFETMINAS, p. 159-67,1995.
- SARGENT, R. (1996). Verifying and validating simulation models. In *Proceedings of the 1996 Winter Simulation Conference*, ed. J.M. Chames, D. J., and J.J. Svvain.
- SOARES, L.F.G. (1990). *Modelagem e simulação discreta de sistemas*. In: VII Escola de Computação, 1990, IME/USP, São Paulo.
- SHANNON, R.E. (1975). *Systems simulation: the art and science*. Prentice-Hall, 1975.
- SHEPPARD, S. (1983). Applying software engineering to simulation. V.10, N.1, p.13-19.
- SWAIN, J.J.; FORRINGTON, P.A. (1994). Designing simulation experimentes for evaluating manufacturing systems. In *Proceedings of the 1994*.
- VALENTE, A.M., PASSAGLIA, E. and NOVAES, A. G. (1997). *Gerenciamento de transportes e frotas*. São Paulo: Pioneira, 1997, 215 p.
- VOLLMANN, T.E., COLLINIS, R.S., CORDON, C. (1996). Outsourcing/ insourcing and supplier development. *Business Briefing: Manufacturing 2000 Forum*. n.9, Autumn, 1996 a. Lausanne: IMD.