

CONFERIDO

PROC. N° 21/25100,03

RUB 7950

PRPG 79103/14

ERRATA

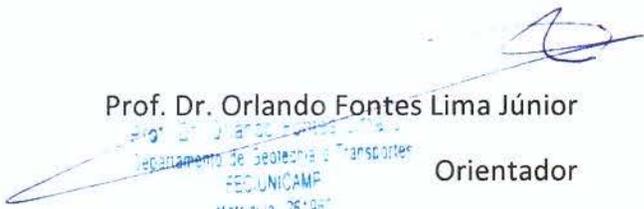
Eu, Amanda Quintal Avoleta, ex-aluna do curso de Mestrado em Engenharia Civil, informo que se deve considerar a seguinte errata em folha iii:

Onde se lê: Mestre

Leia-se: Mestra

Sem mais.


Amanda Quintal Avoleta


Prof. Dr. Orlando Fontes Lima Júnior

Departamento de Geotecnia e Transportes
RECUNICAMP
Matrícula: 261961

Orientador


Prof. Dr. José Roberto Guimarães

Coordenador da Pós-graduação

Matrícula: 245615



AMANDA QUINTAL AVOLETA

**DIMENSIONAMENTO DE ESTOQUE DE EMBALAGENS
RETORNÁVEIS EM UMA CADEIA DE SUPRIMENTOS
DE LAÇO FECHADO**

**Campinas
2013**



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO

AMANDA QUINTAL AVOLETA

**DIMENSIONAMENTO DE ESTOQUE DE EMBALAGENS
RETORNÁVEIS EM UMA CADEIA DE SUPRIMENTOS
DE LAÇO FECHADO**

Orientador: Prof. Dr. Orlando Fontes Lima Júnior

Dissertação apresentada à Comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Estadual de Campinas, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil na área de Transportes.

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELA ALUNA AMANDA QUINTAL AVOLETA E ORIENTADA PELO PROF.DR.ORLANDO FONTES LIMA JÚNIOR.

Assinatura do Orientador

**Campinas
2013**

iii

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura
Rose Meire da Silva - CRB 8/5974

Av73d Avoleta, Amanda Quintal, 1987-
Dimensionamento de estoque de embalagens retornáveis em uma cadeia de suprimentos de laço fechado / Amanda Quintal Avoleta. – Campinas, SP : [s.n.], 2013.

Orientador: Orlando Fontes Lima Junior.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.

1. Logística reversa. 2. Estoques. I. Lima Junior, Orlando Fontes, 1958-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Dimension of multiway packaging in a closed loop supply chain

Palavras-chave em inglês:

Reverse logistic

Inventory

Área de concentração: Transportes

Titulação: Mestra em Engenharia Civil

Banca examinadora:

Orlando Fontes Lima Junior [Orientador]

Antônio Batocchio

Diógenes Cortijo Costa

Data de defesa: 26-08-2013

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Civil

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E
URBANISMO**

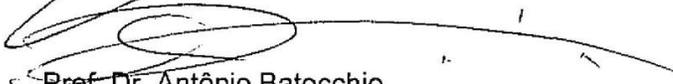
**DIMENSIONAMENTO DE ESTOQUE DE EMBALAGENS
RETORNÁVEIS EM UMA CADEIA DE SUPRIMENTOS DE
LAÇO FECHADO**

AMANDA QUINTAL AVOLETA

Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



**Prof. Dr. Orlando Fontes Lima Junior
Presidente e Orientador/Unicamp**



**Prof. Dr. Antônio Batocchio
Unicamp**



**Prof. Dr. Diógenes Cortijo Costa
Unicamp**

Campinas, 26 de Agosto de 2013

RESUMO

O objetivo desse trabalho centrou-se em desenvolver um modelo para dimensionamento do número de embalagens do tipo “múltiplas viagens” (*multiway*), em uma cadeia de suprimentos de laço fechado. Tais embalagens retornam à cadeia depois de acondicionarem o produto ao seu destino final. Em seu retorno passam por um processo de manutenção (reparo, limpeza), para voltarem a sua forma original e, então, são estocadas para próximo uso. Uma embalagem, em seu ciclo de acondicionamento do produto, está sujeita a incertezas associadas aos seguintes fatores: demanda do produto final; tempo de viagem com o produto; tempo de permanência no ponto de consumo; tempo de retorno ao ponto de reuso; tempo de manutenção para o próximo uso; e sua indisponibilidade afeta significativamente o nível de atendimento ao cliente. Embora exista um vasto material sobre o gerenciamento da cadeia direta, os estudos sobre cadeia reversa são mais raros e se prendem principalmente a estudos de configurações para o fluxo em retorno e seus custos. No dimensionamento do número ideal de embalagens para atendimento do consumidor, com um nível adequado de suprimento, não são encontrados trabalhos que considerem a questão da aleatoriedade dos tempos de viagem relacionada à gestão dessas embalagens. A proposta deste trabalho consistiu em estabelecer um procedimento para os tratamentos dos dados, visto que são aleatórios, e disponibilizar um modelo simulação que auxiliasse a gestão de cadeias com embalagens *multiway*. A aplicação é feita em uma cadeia voltada para o comércio de flores, pela necessidade de acondicionamento destas em embalagens que as protejam de danos durante o período de manipulação e viagens. Por questões econômicas, são utilizadas embalagens retornáveis que, após serem utilizadas, reintegram-se à cadeia de suprimentos, tornando-a uma cadeia de suprimentos de laço fechado.

Palavras-chave: logística reversa, simulação a eventos discretos, estoque, embalagens *multiway*

ABSTRACT

The purpose of this research was to develop a model to quantify the number of multiway packaging, which involves several journeys within a closed loop supply chain. This type of packaging returns to the chain after the goods reach their final destination. Subsequently the packaging proceed to a maintenance process (repair, cleaning) in order to return to its original condition and then be stocked for future use. The storage cycle of a package is subject to uncertainties associated to several factors such as the demand of the final product; the time spent on carriage; the dwell time at the consumption site; the time spent until it returns to the reusing site, and the time of maintenance for next use. The unavailability of the package affects meaningfully the customer attendance level. Although there is a wide set of studies on managing direct chains, studies about the reverse logistics are scarcer and mostly focused on the return process flow configuration and its costs. Regarding the definition of the ideal number of packaging to assist customers with proper supplies, it has neither been found any study that considers the randomization of the time spent on the transportation nor on the management of these packages. The aim of this analysis was to establish a protocol to manipulate data, considering it as being arbitrary, and then to release a simulation model which would benefit managing the multiway packaging chain. The application was done in a chain of a flower business, due to their need of keeping their product in a suitable package that had to protect it from damages during transportation and handling. For economical reasons, returnable packages that can be reinstated to the supply chain are used so that the process is turned into a closed loop.

Keywords: reverse logistics, discrete event simulation, inventory, multiway packaging

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO E RELEVÂNCIA DO TEMA	3
1.2	OBJETIVO E ABRANGÊNCIA DO TEMA	7
1.3	JUSTIFICATIVA	7
1.4	METODOLOGIA	8
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO	9
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1	CADEIA DE SUPRIMENTOS	13
2.2	LOGÍSTICA REVERSA CADEIAS DE SUPRIMENTOS COM FLUXO REVERSO	15
2.3	LOGÍSTICA REVERSA	16
2.4	CADEIAS DE SUPRIMENTOS DE LAÇO FECHADO (<i>CLOSED-LOOP</i>)	18
2.4.1	<i>Valor do retorno no tempo</i>	21
2.4.2	<i>Configuração logística da cadeia de suprimentos de laço fechado</i>	23
2.5	DEFINIÇÃO E OBJETIVOS DO ESTOQUE	25
2.5.1	<i>Estoque de segurança</i>	28
2.5.2	<i>Nível de serviço</i>	30
2.5.3	<i>Gestão de estoque</i>	32
2.5.4	<i>Modelos quantitativos para compras</i>	34
2.6	MODELO PARA ANÁLISES DE SISTEMA	37
2.6.1	<i>Definição de simulação</i>	38
2.6.2	<i>Formulação de um modelo de simulação</i>	42
2.6.3	<i>Ambientes de simulação</i>	44
2.6.4	<i>Linguagem de simulação</i>	45
3	DESENVOLVIMENTO DO MODELO	51
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS	52
3.2	COLETA DE DADOS	52
3.3	DESENVOLVIMENTO DO MODELO	54
3.4	ANÁLISE DOS RESULTADOS	57
4	APLICAÇÃO	63
4.1	O VEILING HOLAMBRA	63
4.2	CARACTERIZAÇÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS VEILING HOLAMBRA	65
4.3	COLETA E TRATAMENTO DE DADOS	70
4.4	MODELO COMPUTACIONAL	86
5	ANÁLISE DOS RESULTADOS	95
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	115
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	119

*Em memória dela que me deixou com a maior
saudades dessa vida, amiga e irmã: Aline Avoleta.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ser o meu pai, meu senhor e meu amigo; por me dar o dom da vida e por me sustentar até aqui.

A minha mãe Eliana que me ensinou todos os valores que carrego comigo hoje. Ao meu pai Joel, por me ensinar a perseverar em FÉ. Aos dois pelas repreensões através de suas orações em meu período de rebeldia. E, principalmente, por me darem o maior presente da minha vida: MINHA IRMÃ ALINE, quem Deus recolheu, motivo pelo qual quase desisti da finalização deste trabalho. Sem sombras de dúvida, ela estaria na primeira cadeira em minha defesa. É impossível mensurar a falta que ela me faz! Ela está em cada folha desta dissertação, representada por cada lágrima que chorei pela sua ausência. Foi por você, Aline, que eu terminei este trabalho!

Ao meu orientador, Orlando Fontes Lima Júnior, pela oportunidade, principalmente pela paciência e também pelo carinho. Obrigada pela oportunidade e por entender meu momento!

Ao professor Marcius Fábius, por acreditar neste trabalho quando nem eu mesma acreditava. Pela ajuda, pelos ensinamentos, pelos “puxões” de orelha mais carinhosos que eu já recebi. Obrigada pelo crédito!

Ao pessoal do Veiling Holambra, em especial ao Jorge e ao Marcelo, que se dispuseram a fornecer todos os dados necessários para a realização deste trabalho; também pela hospitalidade, força e crédito! Obrigada.

Aos meus amigos do LALT que me ajudaram, me auxiliaram, me acalmaram e sempre estiveram na torcida por esta finalização.

Aos meus amigos mais chegados que um irmão, que são fundamentais na minha vida e que me sustentaram, me incentivaram e sempre acreditaram neste trabalho, e que se tornaram meus irmãos. Quantos irmãos eu ganhei!

À galera do trabalho, que são literalmente os mais MIS que eu conheço, pelo incentivo, ajuda nas análises, dispensa para estudos, por entenderem esse momento, pelas “zombarias” mais incentivadoras e carinhosas que eu recebi! Vocês alegram o meu dia.

Aos meus demais familiares por todo apoio, sustento, carinho, orações, pelas demonstrações de amor que me fazem sentir tão querida. Eu não vivo sem vocês! Obrigada por me ensinarem o valor de uma família e por fazerem parte desta realização.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Exemplos de caixas do tipo CKD	5
Figura 2 –	Exemplos de embalagens <i>multiway</i> para flores e plantas ornamentais ...	6
Figura 3 –	Configuração de uma Cadeia de Suprimentos	14
Figura 4 –	Fluxo na Cadeia de Suprimentos	19
Figura 5 –	Motivadores e Processos da Cadeia Reversa	21
Figura 6 –	Perda de valor no tempo do produto devolvido	22
Figura 7 –	Cadeia de laço fechado centralizada (eficiente)	24
Figura 8 –	Cadeia de Suprimentos de laço fechado descentralizada	25
Figura 9 –	Principais motivos para o surgimento dos estoques	27
Figura 10 –	Curva Normal	31
Figura 11 –	Modelo de Revisão Periódica	36
Figura 12 –	Modelos de Representação de um Sistema Real	40
Figura 13 –	Visualização do modelo de simulação	41
Figura 14 –	Etapas de um processo de simulação	43
Figura 15 –	Etapas para o desenvolvimento do modelo	51
Figura 16 –	Etapas da coleta de dados	53
Figura 17 –	Exemplos de símbolos usados pelo simulador A-SIM	55
Figura 18 –	Exemplo de análise gráfica do tempo de aquecimento de um simulador .	58
Figura 19 –	Caracterização do processo de intermediação	66
Figura 20 –	Os ciclos encontrados na cadeia a ser modelada	67
Figura 21 –	Possíveis dimensões de embalagens <i>multiway</i> para flores e plantas ornamentais	68
Figura 22 –	Caracterização da cadeia de suprimentos de laço fechado	69
Figura 23 –	Dados referentes à demanda	71
Figura 24 –	Análise gráfica da demanda	73
Figura 25 –	Demanda projetada vs. Demanda real	79
Figura 26 –	Projeção da demanda	79
Figura 27 –	Gráfico <i>Box Plot</i>	80
Figura 28 –	Análise de frequência e histograma do <i>lead time</i> de permanência no produtor	81
Figura 29 –	Análise de frequência e histograma do <i>lead time</i> de espera no CD	83
Figura 30 –	Análise de frequência e histograma do <i>lead time</i> de permanência no cliente	85
Figura 31 –	Representação do Modelo Conceitual	87
Figura 32 –	Modelo formado pelos processos <i>monta pedido, confirma pedido e retirada de embalagens</i> feita pelo produtor	88
Figura 33 –	Modelo formado pelos processos <i>monta pedido e pedido retorna ao CD na expedição à disposição do cliente</i>	89
Figura 34 –	Modelo de devolução de embalagem	90
Figura 35 –	Modelo Computacional desenvolvido no software A-SIM	92
Figura 36 –	Tempo de Aquecimento	96
Figura 37 –	Nível de Serviço vs. Número de Embalagens	111

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Nível de serviço e valor de z	32
Tabela 2 – Estatística Descritiva da Demanda	72
Tabela 3 – Estatística Descritiva do <i>lead time</i> de permanência do produtor.....	76
Tabela 4 – Estatística Descritiva do <i>lead time</i> de espera da embalagem no CD.....	76
Tabela 5 – Estatística Descritiva do <i>lead time</i> de permanência do cliente.....	77
Tabela 6 – <i>Cluster do lead time</i> de permanência no produtor.....	82
Tabela 7 – <i>Cluster do lead time</i> de permanência da embalagem no CD.....	84
Tabela 8 – <i>Cluster do lead time</i> de permanência no cliente.....	86
Tabela 9 – Tabela dos dados para determinação do tempo de aquecimento.....	96

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Fases em que uma cadeia de suprimentos pode ter seu ciclo fechado	19
Quadro 2 – Variáveis que serão usadas no processo de simulação	70
Quadro 3 – Resultados dos Cenários Propostos	98
Quadro 4 – Projeção de Embalagens e Embalagens Perdidas.....	102
Quadro 5 – Novos Cenários	103
Quadro 6 – Dados de Saída dos Novos Cenários	105

LISTA DE SIGLAS

CKD - *Completely Knock Down*

APICs - *American Production Inventory Control Society*

CLM - *Council of Logistics Management*

LISTA DE SÍMBOLOS

L = lead time

Cv = Coeficiente de variação

1 INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E RELEVÂNCIA DO TEMA

Um processo de produção sofre interferência de meios externos e internos. Relacionam-se aos meios internos problemas com insumo, transporte, armazenagem, entre outros, que afetam diretamente a produção. Os consumidores são responsáveis pelas intervenções externas por meio de seus pedidos e grau de satisfação. Interferem também no processo as regulamentações e leis ambientais, pois exigem uma produção sustentável e consciente que não prejudique o desenvolvimento do meio ambiente.

O consumidor assume um posicionamento cada vez mais ativo no processo ao exigir que os produtos sigam as especificações de qualidade e sejam entregues nos prazos especificados. Outro requisito dos consumidores é a diminuição do *lead time* do processo, tempo entre a colocação de um pedido e seu recebimento. Para tanto, é imprescindível diminuir as “distâncias” entre os participantes da cadeia de suprimentos para meio de cooperação. Uma cadeia de suprimentos em que os elementos envolvidos trabalham de forma conjunta e ordenada é constituída, segundo Quinn (1997), por todas as atividades associadas à produção e movimentação de bens, da fonte de matéria-prima até o consumidor final.

A configuração de uma cadeia de suprimentos é determinada mediante sua necessidade de produção. Portanto, existem diferentes configurações que envolvem a logística direta, a logística reversa e, mais recentemente, a Cadeia de Suprimentos de Laço Fechado, que se destaca por ter logística direta e logística reversa atuando de forma conjunta. Kleindorfer *et al.* (2005) definem esse tipo de cadeia como aquela em que o material, em algum momento, pode retornar em fluxo reverso e, após passar por algum tipo de processamento, retornar novamente à cadeia em fluxo direto, fechando, assim, o ciclo de vida em fluxo cíclico.

Para alguns tipos de produtos, como na cadeia produtiva de flores e plantas ornamentais, destacam-se a rapidez das movimentações, por tratar-se de produtos perecíveis, e o transporte, por corresponder à última atividade logística dos produtos antes de chegarem ao destino final. Esses produtos precisam estar bem acondicionados, seja na logística direta ou reversa, visto que podem ser percorridas distâncias longas entre o distribuidor e o consumidor final, o que os torna mais suscetíveis a danos durante o processo de transporte.

Isto ocorre em vários setores produtivos e, para diminuir ou até mesmo eliminar tais danos, foram fabricadas embalagens especiais que, inicialmente, eram usadas como propaganda dos produtos. Havia preocupação com o *design* e não com a estrutura das embalagens (CAVALCANTI; CHAGAS, 2006). O foco na estrutura surgiu da oportunidade de acondicionamento que as mesmas ofereciam. Descobriu-se que certos materiais, tais como a madeira, o alumínio etc. tornavam as embalagens mais resistentes às longas viagens e aos impactos que poderiam sofrer durante o processo de distribuição, e, em decorrência, o *design* de uma embalagem passou a acompanhar a estrutura do produto. Elas podem ser de dois tipos: descartáveis, que perdem valor no momento em que o produto é entregue ou consumido; e retornável ou de “múltiplas viagens” (*multiways*), cujo valor perdura após a entrega do produto (ADLMAIER; SELUTTO, 2007).

As embalagens do tipo “múltiplas viagens” servem para o acondicionamento do produto durante o processo de transporte (logística direta), retornando à cadeia após a entrega do produto ao cliente final (logística reversa). Ao retornarem, passam por processos de reintrodução, como a inspeção, a lavagem e a manutenção, para então serem reintroduzidas à cadeia, configurando, assim, uma cadeia de suprimentos de laço fechado.

Um exemplo de embalagem do tipo *multiway* é a *Completely Knock Down* (CKD): caixas que transportam itens completamente desmontados, para serem montados em outros países, visando à segurança do produto e à redução de custo de transporte, como mostra a Figura 1. Atualmente, são utilizadas para o transporte de produtos automotivos, bicicletas e móveis. No Brasil, Moretti (2005) relata uma operação logística na cidade de Campinas, interior de São Paulo, que opera com entregas em embalagens desse tipo. Os produtos são enviados à empresa central, localizada em Charleston (Carolina do Sul/EUA), e depois são encaminhados para três plantas produtivas. Os produtos acondicionados em CKD passam necessariamente pelas três plantas, e, no final do processo, as embalagens retornam ao Brasil pelo Porto de Santos, de onde são recolhidas por uma transportadora para serem submetidas a processos de inspeção e limpeza, que pode ser úmida ou seca, e, por fim, são envolvidas por um filme plástico a fim de protegê-las até a nova utilização.



Figura 1 – Exemplos de caixas do tipo CKD
 Fonte: Santos *et al.* (2010)

Outro segmento brasileiro que tem utilizado as embalagens *multiways* é o setor de floricultura, que, segundo Marques (2002), movimenta cerca de US\$ 16 bilhões por ano a partir de 190 mil hectares de terras produtivas. Além disso, há a perspectiva de que esse setor gere um número satisfatório de empregos e renda. As principais vantagens que o Brasil possui nesse setor são microclimas, disponibilidade de terras, água e mão de obra, infraestrutura aeroportuária e canais de distribuição adequados.

O processo logístico desse setor envolve desde os produtores de insumo, responsáveis pelos suprimentos à produção, até a infraestrutura básica de transporte, incluindo os produtores das flores e as redes de distribuição e consumo.

De acordo com Claro (1998), um dos principais centros de distribuição de flores, com trabalho em regime cooperativista, encontra-se em Holambra, interior de São Paulo, com o nome de Veiling Holambra. Segundo Veiling (2010), há aproximadamente 130 fornecedores das mais diversas variações de flores, abastecendo cerca de 335 empresas de pequeno, médio e grande porte distribuídas pelo território nacional.

Por tratar-se de material perecível e muito sensível, durante o processo de distribuição ocorrem perdas significativas. Sendo assim, as flores são transportadas em embalagens *multiways*, como mostra a Figura 2, que as acondicionam durante o processo de distribuição.

Porta Vaso



Carrinho de Transporte



Figura 2 – Exemplos de embalagens *multiway* para Flores e Plantas Ornamentais

Essas embalagens são estocadas no centro de distribuição, e a logística reversa acontece em dois momentos: (1) quando o pedido retorna do fornecedor pronto para ser despachado e (2) quando devolvido pelo cliente. Por padrão da cooperativa e com o intuito de evitar perdas durante o transporte, nenhum pedido pode sair do centro de distribuição fora dessas embalagens.

Nessas circunstâncias, o estoque de embalagens torna-se fator essencial no apoio à produção, pois a falta de embalagens acarreta pedidos não atendidos. A fim de evitar que a quantidade de serviço diminua e a satisfação dos clientes aumente, há em estoque um número elevado de embalagens, podendo ocasionar obsolescência por falta de uso, o que as tornaria descartáveis; além disso, elas passam por manutenção quando devolvidas pelo cliente a fim de retornarem à forma original.

A principal dificuldade aí encontrada está na determinação da demanda de pedidos, por ser sazonal e com altos picos em datas comemorativas, tais como Dia das Mães, Finados e Natal. Os gestores acreditam que, nesses dias, o gerenciamento da demanda não pode falhar devido ao alto lucro gerado. É dessa maneira que o estoque anual é determinado para suprir as demandas. Sendo assim, apenas em 25% dos dias anuais o nível de estoque irá diminuir, enquanto que nos

75% restantes haverá um alto nível de estoque, ocasionando custo em estoque, manutenção e aquisição de novas embalagens para repor as obsoletas. A aquisição de um carrinho de transporte para acondicionamento das flores (cf. Figura 2) custa, em média, R\$ 400,00, com um *lead time* de entrega de 60 dias.

Diante do cenário de incerteza relativa à demanda e do custo elevado de estoque, coloca-se a questão de pesquisa deste trabalho: como dimensionar o estoque de embalagens retornáveis em uma cadeia de suprimentos em presença de incertezas.

1.2 OBJETIVO E ABRANGÊNCIA DO TEMA

O objetivo deste trabalho é desenvolver um modelo para o dimensionamento do número de embalagens retornáveis em uma cadeia de suprimentos de laço fechado.

Os objetivos específicos, por sua vez, são:

- Estabelecer um procedimento para a coleta de dados em problemas de embalagens retornáveis;
- Estabelecer um procedimento para o tratamento de dados em problemas de embalagens retornáveis;
- Apresentar um método para os estudos de problemas de embalagens retornáveis.

1.3 JUSTIFICATIVA

A vantagem competitiva de uma cadeia de suprimentos está em seu gerenciamento. A cadeia de suprimentos de laço fechado gerencia os dois sentidos – o fluxo direto e o fluxo reverso – de movimentação de materiais, peça chave para o desempenho do produto e fundamental para o conjunto de operações até voltar à origem, sendo o gerenciamento feito de maneira correta. É interessante observar que a falta de gerenciamento influencia diretamente no nível de serviço da cadeia, e, portanto, no desempenho competitivo do produto, principalmente em relação a produtos cuja demanda está associada à alta sazonalidade, como é o caso das flores.

A sazonalidade a que embalagens que participam de uma logística reversa estão sujeitas provoca um aumento da quantidade e da diversidade dos materiais que retornam, maior tempo de reingresso das mercadorias ao ciclo de negócios e maiores riscos de perda de valor dos produtos transportados, quando as políticas de gestão da cadeia de suprimentos de laço fechado não são devidamente adotadas (LEITE, 2003). Esse processo de retorno gera impacto na gestão da cadeia, pois os materiais, enquanto retornam, garantem a continuidade do processo de abastecimento e de suprimento.

Assim, existe grande dificuldade em gerenciar o estoque de embalagens retornáveis, por tratar-se, segundo Zhang *et al.* (2010), de um processo probabilístico com variáveis aleatórias, com demanda irregular e com diferenças relativas ao *lead time* de permanência das embalagens, tanto no fornecedor quanto no cliente. Pois os produtores de flores podem ou não estar próximos ao centro de distribuição, assim como os clientes que estão localizados em toda extensão territorial brasileira. Portanto, esses fatores dificultam a assertividade da previsão dos materiais que retornam.

O *lead time*, por exemplo, afeta também a gestão da cadeia de suprimento, principalmente por não ser controlável. Com efeito, o fator incerteza de *lead time* afeta diretamente a gestão de estoque, com geração ora de escassez, ora de sobra de material, e, dessa forma, aumenta o custo de manutenção de estoque e diminui o nível de serviço do processo.

Diante de tantas variáveis que afetam a gestão de um estoque em uma cadeia de suprimentos de laço fechado, a proposição de uma metodologia para dimensionamento de embalagens retornáveis no ramo de produção e comercialização de flores, além de ser desafiadora, contribuirá para o melhor desempenho da cadeia associada.

1.4 METODOLOGIA

A metodologia se caracteriza como exploratória já que são escassos os artigos que consideram o tempo de retorno do produto como uma variável aleatória em uma cadeia de suprimentos de laço fechado. Portanto, a primeira etapa para a definição da metodologia baseou-se na leitura de bibliografia pertinente a respeito da cadeia de suprimentos de laço fechado e

gerenciamento de estoque, os quais permitiram que fossem criadas as etapas necessárias para o desenvolvimento do modelo aqui proposto.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

A dissertação é dividida em seis capítulos, descritos ao longo deste item.

No Capítulo 1, chamado Introdução, foi apresentado a relevância do tema de pesquisa do presente trabalho, como a necessidade de se ter uma gestão de estoque em uma cadeia de suprimento dinâmica. Em seguida, apresentou-se o objetivo principal e os objetivos secundários, e também a justificativa, a fim de mostrar a relevância dos objetivos estabelecidos. Por fim, a estrutura da dissertação faz uma breve apresentação de todos os capítulos encontrados nesta dissertação.

A Revisão Bibliográfica será apresentada no Capítulo 2. O objetivo desse capítulo será apresentar as principais definições dos termos utilizados neste trabalho. Ele será dividido em subitens, a fim de facilitar a leitura. As principais definições encontradas no capítulo são: cadeia de suprimentos, logística reversa, cadeia de suprimentos de laço fechado e sua configuração, gestão de estoque, apresentação de alguns modelos quantitativos para a gestão de estoque, simulação, ambientes e linguagens de simulação.

O Capítulo 3 recebe o nome de Desenvolvimento do Modelo. Nele será inicialmente apresentada uma figura a partir da qual será possível observar todos os passos utilizados para se chegar aos objetivos finais deste trabalho. Também será composto por subitens que apresentarão de forma detalhada todos os procedimentos envolvidos em cada etapa do desenvolvimento do modelo.

A aplicação do trabalho será discutida no capítulo 4, que se inicia com uma breve história sobre a criação do Veiling Holambra, tais como suas características físicas e as facilidades que esse centro de distribuição proporciona aos produtores e clientes. Logo após, serão colocadas em prática as etapas apresentadas no capítulo 3, como a caracterização da cadeia de suprimentos encontrada no Veiling, as formas de coleta e de tratamento qualitativo dos dados, e, por fim, a formulação do modelo computacional.

No capítulo 5, serão apresentados os resultados da simulação do modelo computacional, através dos *outputs* dos dados de saída dos cenários formulados. Será através da análise desses dados, que se chegará à formulação de um novo dimensionamento de estoque para embalagens retornáveis e a construção de novos cenários; por fim, será apresentada a construção da curva de produtividade que permite tomar decisões sobre o nível de estoque através do nível de serviço estabelecido.

O capítulo 6 encerra esta dissertação. Inicialmente apresentar-se-á um breve resumo dos tópicos discutidos anteriormente, seguido da avaliação da metodologia utilizada para mostrar se os objetivos estabelecidos foram alcançados ou não. E, por fim, será sugerido os passos necessários para a utilização do resultado final.

2
REVISÃO
BIBLIOGRÁFICA

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CADEIA DE SUPRIMENTOS

Segundo Parra (2000), a competição entre as empresas vem crescendo desde os anos 1990. A globalização acirrou a competição por meio da criação de marcas e companhias globais que passaram a dominar a maioria dos mercados, ocasionando a padronização dos produtos. O mercado tornou-se altamente competitivo, e a diferença que outrora estava nos produtos, passou a ser encontrada nos serviços prestados, tais como qualidade, preço, agilidade de entrega, disponibilização do produto, nível de serviço etc.

A localização das empresas ou de seus fornecedores passou a não ser mais um diferencial, pois, de acordo com Christopher (2000), as empresas de classe mundial passaram a revisar seu foco de atuação possibilitando o surgimento de fornecedores para produção em dimensão global. As empresas que antes trabalhavam com distâncias curtas passaram a fornecer para empresas em qualquer lugar do mundo, chamadas, no processo, “empresas centrais”, responsáveis pela sincronização da produção. Silva e Oliveira (2002) citam o exemplo da empresa de *hardware* Dell, que opera com fornecedores em diversos lugares do mundo. A Dell lidera as demais empresas que contribuem direta ou indiretamente para o processo de finalização de um pedido.

Graham (1989) define as cadeias de suprimentos como sistemas constituídos de fornecedores de materiais, recursos de produção ou montagem, serviços de distribuição e consumidores ligados pelo fluxo de material e pelo fluxo de informação. Para Taylor (2005), cadeia de suprimento é um conjunto de instalações conectadas por rotas de transportes, que englobam todas as atividades envolvidas no processo, desde a obtenção de matéria-prima, até a chegada dos produtos acabados aos clientes. É constituída de todas as partes envolvidas, direta ou indiretamente, na realização do pedido de um cliente (CHOPRA; MEINDL, 2011). Portanto, a cadeia é formada por elos conectados com o objetivo de obterem um resultado final.

A Figura 3 apresenta uma possível configuração de uma cadeia de suprimentos, tendo ao centro a empresa central responsável pela sincronização de todo processo da cadeia. A montante, encontram-se os responsáveis pelo processo de fornecimento de matéria prima, montagem e produção do produto, chamados de fornecedores, e, a jusante, os distribuidores e clientes finais.

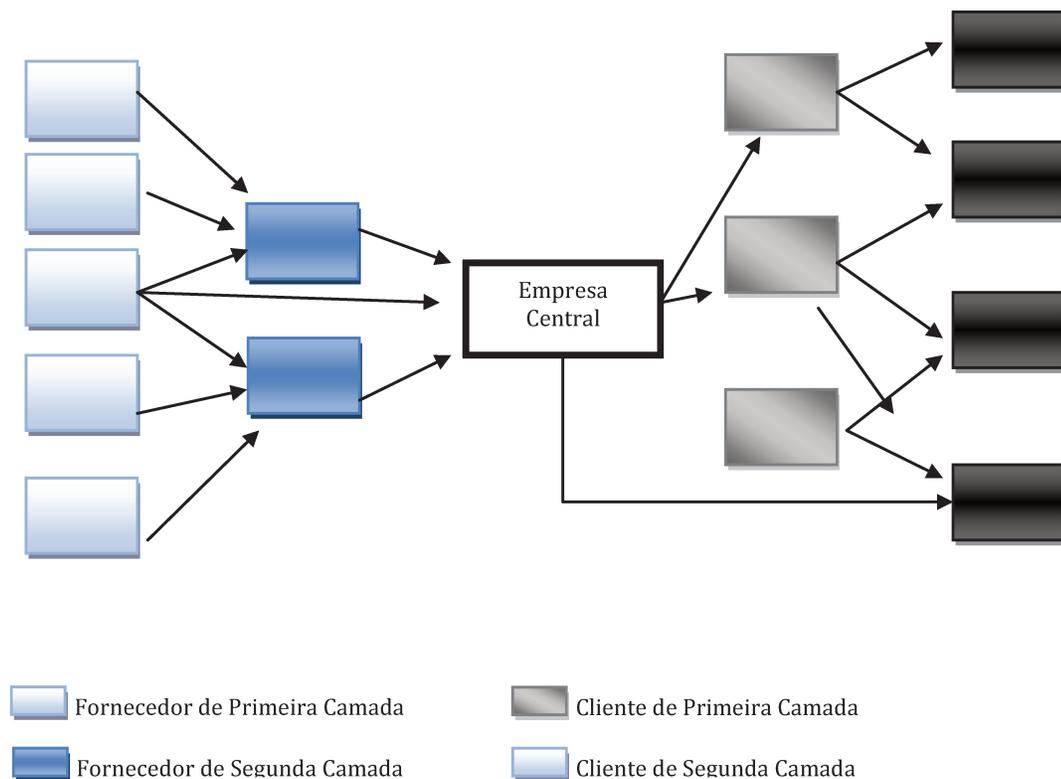


Figura 3 – Configuração de uma Cadeia de Suprimentos
 Fonte: Adaptada de Lambert *et al.* (1998)

Pela importância do termo cadeias de suprimentos, há na literatura grande quantidade de definições. Destacam-se as encontradas no dicionário APICs.

1. Todos os processos envolvidos entre os fornecedores e o cliente, desde a matéria prima até o ponto final de consumo do produto.
2. Todas as funções consideradas dentro e fora de uma empresa que garantem que a cadeia tenha todos os recursos necessários para o fornecimento de um produto.

Para Chopra e Meindl (2011), as principais responsabilidades de uma cadeia de suprimentos são:

- Responder de forma precisa as grandes variedades e quantidades solicitadas;
- Atender com tempos curtos de execução;
- Lidar com uma grande variedade de produtos;
- Atender a um alto nível de serviço.

O grande desafio desse ambiente produtivo é fazer com que todos os membros de um mesmo processo formem uma equipe e consigam trabalhar de forma integrada e sincronizada (TAYLOR, 2005). Para tanto, surgiu o gerenciamento das cadeias de suprimentos.

Pires (2004) acrescenta outro objetivo à gestão da cadeia de suprimentos: a redução dos custos produtivos e maior agregação de valor ao produto. Em seu conceito inicial, a gestão da cadeia de suprimentos se preocupa com o fluxo de produção, desde a fonte de matéria-prima até o consumidor final. Com a evolução dos sistemas produtivos, da competitividade e de regulamentações, tem crescido o interesse em fluxo reverso.

2.2 LOGÍSTICA REVERSA CADEIAS DE SUPRIMENTOS COM FLUXO REVERSO

As cadeias de suprimentos com fluxo reverso tornaram-se importantes por conta da conscientização do cliente em relação ao meio ambiente ou por razões econômicas. Para os produtores, esse interesse surgiu primeiramente com a obrigação, imposta por leis governamentais, de dar destino adequado aos seus produtos no fim de sua vida útil, e, por último, pela percepção de que os recursos naturais, usados como insumos na produção, são limitados. O sentido da cadeia de suprimentos direta começa com a obtenção de matérias-primas e acaba na entrega de um produto ao cliente final. Em uma cadeia reversa, o sentido inicial está no cliente final, e na própria cadeia o destino final, ou seja, ela caminha no sentido contrário ao da cadeia direta. Para Leite (2003), há duas principais configurações das cadeias de suprimentos reversas.

Cadeia reversa de pós-consumo: são os produtos obsoletos, ou com uma vida útil curta e sem possibilidade de reuso; tais produtos se tornarão resíduos sólidos e precisam de um destino final adequado (LEITE, 2003). São duas as principais formas para essa destinação: (1) o desmanche, definido pelo mesmo autor como sendo o processo pelo qual o material é desmontado e apenas uma parcela dele será utilizada no mercado secundário; a parcela não utilizada é então enviada para aterros sanitários ou incineradores; (2) reciclagem, definido por Carvalho, Fioravanti e Fontes (2011) como o processo de revalorização, em que os produtos retornados transformam-se novamente em matéria-prima depois de serem reprocessados.

Cadeia reversa de pós-venda: são os produtos devolvidos por uma variedade de motivos, tais como término de validade, excesso em estoque, consignação, problemas de qualidade e defeito; esses produtos podem ser reintroduzidos na cadeia, no mercado secundário, sofrerem processos de reformas, desmanche, reciclagem ou mesmo disposição final adequada (LEITE, 2003). Essa cadeia apresenta parcelas significativas de ganho. Leite (2003) estima que 0,5% do Produto Interno Bruto (PIB) dos Estados Unidos provém dessas cadeias. A cadeia especializada desse setor é chamada Cadeia de Suprimentos de Laço Fechado cujo estudo é o principal foco deste trabalho.

Embora as cadeias possam ser independentes, o caminho de retorno sempre será o mesmo (do cliente final para a cadeia de suprimentos responsável pelo produto). A grande diferença entre ambas está no processamento final, pois, na cadeia reversa de pós-consumo, o produto pode, em algum momento, voltar a ser consumido e remanufaturado ou reintroduzido. Em contrapartida, na cadeia reversa de pós-venda, o produto já está em sua fase final de vida útil e necessita de um destino final adequado.

Assim como a cadeia de suprimentos direta, a cadeia reversa também precisa de um bom planejamento e controle de fluxo, porém, no sentido reverso, por meio de planejamento de estoques, serviços e informações correlatas, do ponto final até o início da cadeia. Esse planejamento é feito pela logística, agora chamada “logística reversa”.

2.3 LOGÍSTICA REVERSA

O descarte em aterros sanitários de embalagens de produtos consumidos que possuem baixo grau de desintegração, tais como plásticos, latas, alumínio etc., tende a aumentar, uma vez que, segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), a população vai passar de 6,7 bilhões para 9,2 bilhões em 2050, acarretando aumento expressivo do número de consumidores. Sendo assim, há a necessidade de mitigar os efeitos desse descarte, caso contrário, a quantidade de embalagens em aterros sanitários ou descartados de maneira inconsciente aumentará exponencialmente com relação ao aumento da população. Dessa forma, criaram-se diretrizes legais com o objetivo de remanufaturar tais embalagens. Na Europa, o enfoque ambiental é regulamentado por diretrizes legais para transporte e descarte de embalagens. No Brasil, é dado

pelo Projeto de Lei nº 12.305, de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cabendo ao gerador a responsabilidade pelos resíduos sólidos gerados, ou seja, a responsabilidade pelo descarte torna-se do fabricante, em outros termos, ele passa a gerenciar um fluxo reverso.

Esse fluxo reverso – conhecido como Logística Reversa – quando gerenciado de maneira correta, pode trazer para a empresa, além de benefício em custos, uma imagem sustentável, aumentando seu valor para clientes que a procuram.

A primeira definição conhecida de logística reversa foi publicada pelo Conselho de Gerenciamento Logístico – CLM¹, pioneiro do atual Conselho de Profissionais de Gerenciamento de Cadeias de Suprimentos (*Council of Supply Chain Management Professionals – CSCMP*), no início dos anos 1990 (STOCK, 1992 *apud* BRITO *et al.*, 2002, p. 2):

[...] logística reversa é o termo geralmente usado para referir o papel da logística na reciclagem, disposição de resíduos e gerenciamento de materiais perigosos; uma perspectiva mais ampla se relaciona com atividades logísticas de redução de fontes de abastecimento, reciclagem, substituição, reuso de materiais e disposição.

Nesse contexto, a logística reversa era vista apenas como uma gestão do meio ambiente, com foco no gerenciamento do uso de matéria-prima e emissões de poluentes. Não se pensava ainda em logística reversa como um processo de remanufatura capaz de dar um novo valor a um produto já utilizado.

Para Pohlen e Farris (1992), ela é o movimento de bens que partem do consumidor e seguem em direção ao produtor, em um canal de distribuição que opera na direção oposta à original; o enfoque não está mais no meio ambiente, mas na manufatura dos produtos vindos do fluxo reverso.

Os conceitos e as definições até então empregadas eram teóricas e não usuais nos contextos empresariais. Pensando nesse aspecto, em 1998, Rogers & Tibben-Lembke propuseram uma adaptação à definição da CLM:

[...] logística reversa é o processo de planejamento, implementação e controle da eficiência e do custo efetivo do fluxo de matérias primas, estoque em processos, produtos acabados e as informações correspondentes do ponto de consumo, para o ponto de origem com o propósito de recapturar o valor ou dar um destino final apropriado. (ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 1998, p. 2)

Por último, Leite (2003, p. 103) propôs a seguinte definição:

A área da logística empresarial que planeja, opera e controla o fluxo e as informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e de pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, por meio dos canais de distribuição reversos, agregando-lhes valor de diversas naturezas: econômico, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, entre outros.

2.4 CADEIAS DE SUPRIMENTOS DE LAÇO FECHADO (*CLOSED-LOOP*)

Uma das configurações de cadeias reversas de pós-venda é a Cadeia de Suprimentos de Laço Fechado, em inglês *Closed-Loop*. Para Kleindorfer et al. (2005), o nome dessa cadeia tem relação com o fato de o produto vir na direção direta da cadeia e, em algum momento, retornar, num fluxo reverso, e, após passar por algum tipo de processamento, retornar novamente à cadeia no fluxo direto, fechando assim o ciclo de vida em um fluxo cíclico.

Segundo Corrêa (2010), as cadeias reversas podem ser definidas como aquelas compostas de fluxos diretos e reversos formando ciclos que fazem materiais usados retornarem a pontos anteriores da rede para reutilização ou reprocessamento. Segundo Zhang *et al.* (2011), a grande diferença dessa cadeia para as demais está no fato de a manufatura e a remanufatura serem operações que trabalham juntas e de forma coordenada.

O retorno de um produto pode ocorrer em qualquer ponto da cadeia. A principal finalidade de uma cadeia de suprimentos é fazer com que o produto chegue até o consumidor final, porém, o produto, em algum momento, ainda na cadeia ou já finalizado, tomar o sentido inverso, tendo que passar por atividades que recuperem o seu valor ou que contribuam para o descarte adequado. A relação do fluxo direto com o reverso denomina-se “laço”, e, portanto, recebe o nome de “cadeia de suprimentos de laço fechado”. A estrutura de uma cadeia desse tipo pode ser observada na Figura 4.

Flapper *et al.* (2004) dizem que o processo cíclico pode ocorrer na fase de distribuição, de produção, durante o uso, ou no fim da vida útil, permitindo diferentes tipos de configurações dessa cadeia. Cabe, portanto, à empresa decidir em qual etapa o ciclo será fechado. No Quadro 1, a seguir, são apresentadas as possíveis fases em que uma cadeia de suprimentos de laço fechado pode ter seu ciclo fechado, e alguns exemplos para cada uma delas (*cf.* CORREA, 2010).

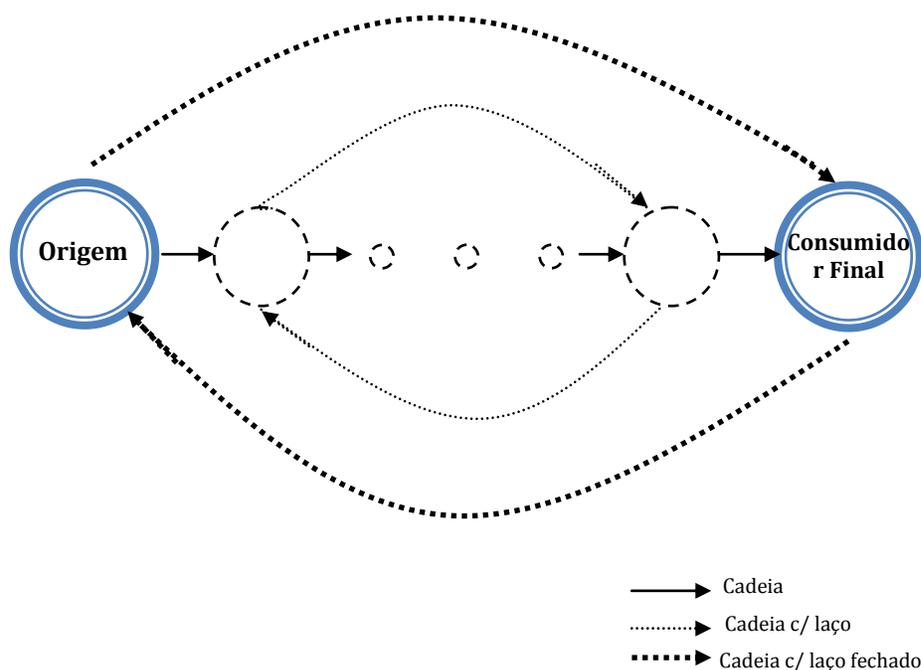


Figura 4 – Fluxo na Cadeia de Suprimentos
 Fonte: Carvalho (2008)

Fases em que o ciclo pode se fechar:	Descrição	Exemplos
Ciclo fechado na produção	Materiais produtivos obsoletos	<i>Palletes</i> e containers
	Refugio de produção etc.	Refugos de produção e papel
	Produtos defeituosos	
Ciclo fechado na distribuição	Devolução ou retorno comercial	Produtos de vendas pela internet estima-se que 50% dos sapatos vendidos retornem (CORREA, 2010)
	Entregas erradas	Quando o cliente recebe uma entrega errada
	<i>Recall</i>	Solicitação de devolução é feita pelo fabricante.
	Embalagens	<i>CKD</i> , embalagens <i>multiways</i>
	Produtos em final de leasing	Impressoras, carros, etc.
Ciclo final na fase de uso	Produtos que estão na garantia e encontram-se danificados, retornam para serem reparados e voltam ao cliente	Produtos quebrados, etc.
Ciclo na fase final de vida econômica: produtos obsoletos	Produtos que não possuem mais garantias e precisam de uma destinação final adequada	Embalagens para reciclagem, impressoras

Quadro 1 – Fases em que uma cadeia de suprimentos pode ter seu ciclo fechado
 Fonte: Adaptado de Correa (2010)

O levantamento dos motivos pelos quais um produto pode retornar é um processo probabilístico e incerto, não podendo ser previsto. Porém, há meios de se prevenir e entender os motivos do retorno (ZHANG *et al.*, 2010). Alguns meios de prevenção são: aumentar a qualidade do produto, aumentar o nível de qualidade do serviço prestado ao cliente, melhorar o acondicionamento dos materiais em embalagens capazes de percorrer grandes distâncias sem prejudicar a qualidade do produto, e, principalmente, diminuir os erros nos processos de produção e de distribuição.

Segundo Zhang *et al.* (2010), a produção nesse tipo de cadeia deve trabalhar levando em consideração a parcela de retorno. Um produto ao retornar pode passar a fazer parte novamente do processo de produção, alterando a demanda prevista. O mesmo autor conclui que a melhor produção para essa cadeia é aquela que trabalha com o balanceamento entre a demanda e o retorno incerto. Guide & Van Wassenhove (2002), em um de seus trabalhos, observaram sete empresas nos Estados Unidos e chegaram à conclusão de que a principal dificuldade das cadeias de suprimentos de laço fechado é conseguir, além do balanceamento já citado, trabalhar o balanceamento entre a qualidade e a quantidade do que foi retornado.

Depois de levantados os motivos pelo quais os produtos retornam, é necessário o estudo de quais atividades de reprocessamento estarão presentes na cadeia reversa, de modo que os produtos sejam reintegrados à produção (FIOVARANTI; CARVALHO, 2006); esses processos podem ser vistos na Figura 5. Guide & Van Wassenhove (2002) apresentam as principais atividades logísticas encontradas em uma cadeia reversa em ordem cronológica:

- Coleta: os produtos podem vir diretamente dos consumidores finais, dos varejistas ou de pontos de coletas;
- Inspeção: é o processo que analisa o estado do produto, em seu aspecto técnico e cosmético, para então autorizar a devolução do produto e, ao mesmo tempo, analisar a necessidade de troca do mesmo, em casos de garantia;
- Logística reversa: é o processo responsável pela movimentação do material;
- Recondicionamento: engloba as atividades de recuperação dos produtos;
- Descarte: se o produto não puder ser recuperado deve-se então ser descartado adequadamente;

- Distribuição e vendas: os produtos que passam pelo acondicionamento e são reparados podem retornar ao estoque ou seguir diretamente para o consumidor final.

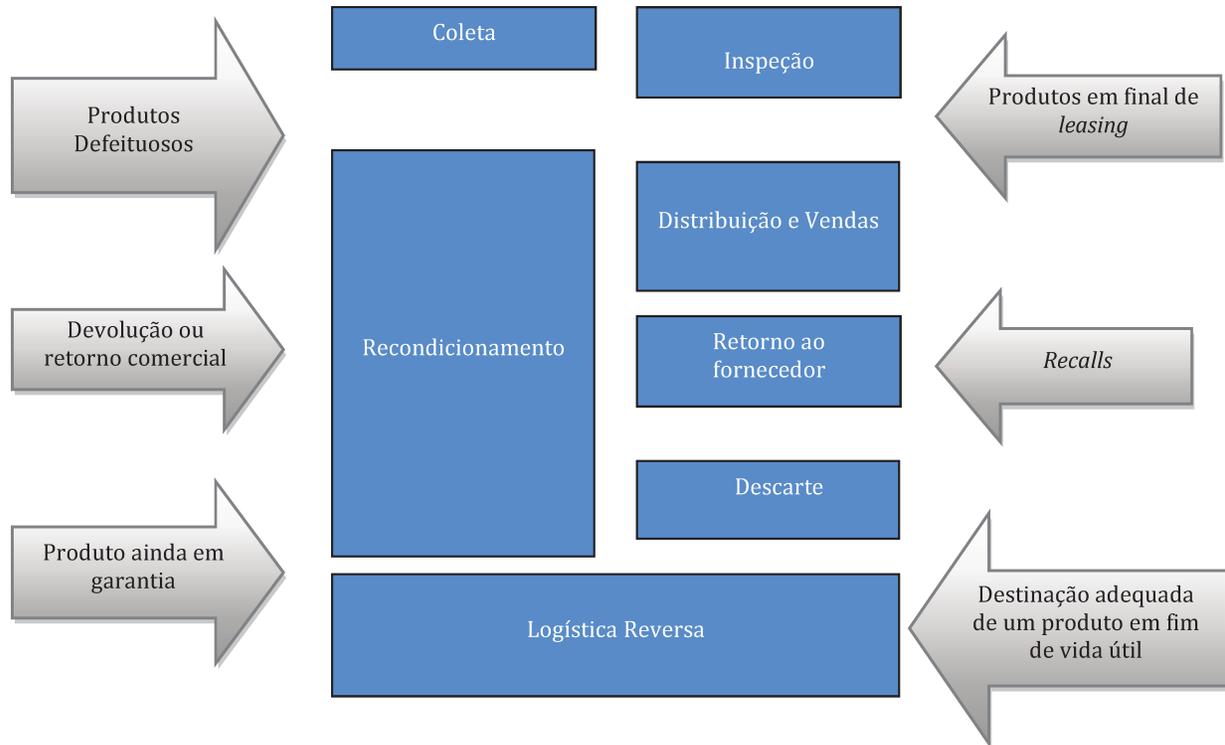


Figura 5 – Motivadores e Processos da Cadeia Reversa
 Fonte: Fiovaranti e Carvalho (2006)

2.4.1 VALOR DO RETORNO NO TEMPO

Blackburn *et al.* (2004) dizem que, antes de decidir sobre a estrutura logística de uma cadeia de suprimento reversa, é necessário um estudo detalhado sobre o valor dos produtos retornados no tempo. Para Corrêa (2010), a cadeia de suprimento precisa estar apta a receber os produtos devolvidos, independente de o motivo ter sido por causa evitável ou não. As devoluções fazem com que a perda de valor do produto, quando devolvido, seja acentuada por dois fatores principais: “[...] o tempo que leva para os processos e ciclos reversos acontecerem, e a taxa

segundo a qual o produto retornado perde valor por questões de obsolescência” (CORRÊA, 2010, p.358).

Por isso, a prevenção e a identificação dos motivos de retorno de um produto são importantes, pois diminuem o fluxo de devoluções (CORRÊA, 2010). O posicionamento estratégico de uma empresa com relação ao retorno vai ocorrer a partir da análise da importância do tempo no valor do retorno (CARVALHO, 2008).

A Figura 6 representa a perda de valor de um produto em função do tempo. O gráfico representado é linear, com o coeficiente angular menor que zero, resultando um gráfico decrescente, ou seja, quanto maior for o tempo de reintegração, maior será o valor perdido do produto. Por isso, os produtos que retornam e precisam ser remanufaturados, tais como os eletrônicos, tornam-se menos atrativos e obsoletos, pois o mercado em constante evolução lança produtos com qualidade superior a daqueles que estão no processo de espera da remanufatura. Os produtos que não precisam passar pela remanufatura, tais como as sucatas, perderão valor conforme o tempo em que permanecerem parados. Produtos que tendem a perder muito valor em função do tempo tendem a ter curvas mais inclinadas.

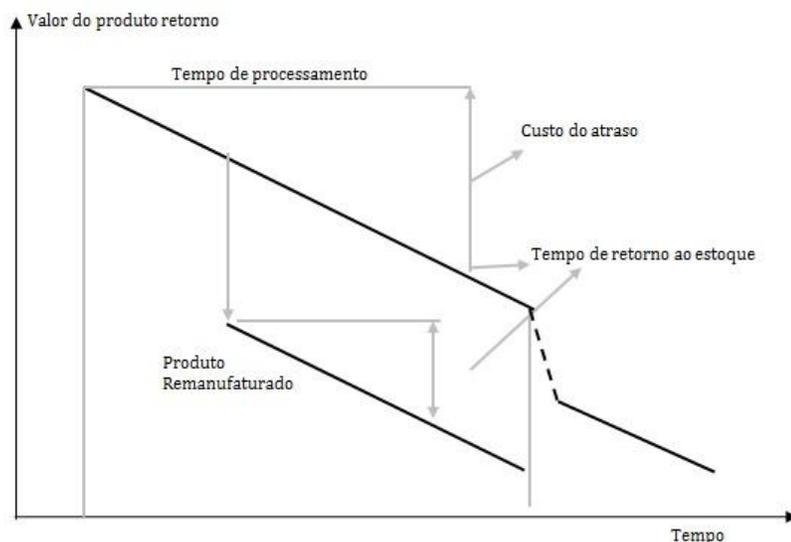


Figura 6 – Perda de valor no tempo do produto devolvido
Fonte: Blackburn *et al.* (2002)

2.4.2 CONFIGURAÇÃO LOGÍSTICA DA CADEIA DE SUPRIMENTOS DE LAÇO FECHADO

O próximo passo, depois de identificado o valor perdido por um produto retornado, é sua configuração logística, visando à possibilidade de remanufatura, quando houver, desse tipo de produto. Para os produtos que podem ser remanufaturados, é importante agilidade no processo. Christopher (2000) define agilidade como a habilidade de uma cadeia de suprimentos responder rapidamente à variação de demanda, volume e variedade. Em uma cadeia de suprimentos de laço fechado, essa habilidade deve ser vista nos dois sentidos da cadeia, o direto e o reverso, e, principalmente, no segundo, quando o produto puder ser remanufaturado, a fim de se evitar grandes perdas em seu valor.

Por outro lado, existem produtos que não sofrem depreciação acentuada em função do tempo, e, portanto, não precisam de cadeias de suprimentos ágeis, mas eficientes. A eficiência de tais cadeias está voltada para a minimização dos custos. A esse respeito, Corrêa (2010, p. 359) afirma que: “agilidade nos ciclos fechados de devoluções comerciais é essencial para produtos que sofrem grande perda de valor no tempo, e eficiência nos ciclos fechados de devoluções comerciais é essencial para produtos que não sofrem grande perda de valor no tempo”.

Com relação à atividade de avaliação do produto em retorno, uma cadeia de suprimentos de laço fechado pode ser centralizada ou descentralizada. O que determinará tal configuração é a necessidade de a cadeia ser ágil ou eficiente, por isso, Blackburn *et al.* (2002) dizem que o ponto crucial determinante da centralização ou descentralização de uma cadeia está na pretensão em aumentar o nível de sua eficiência ou de sua capacidade de resposta, por meio da agilidade ou da rapidez de cadeias reversas para devoluções comerciais.

Fiovaranti *et al.* (2011) concluem que, se a logística reversa de um produto precisa ser eficiente, a atividade de avaliação do produto deverá ser centralizada; por outro lado, se o objetivo é agilidade, a atividade de avaliação do produto deverá ser descentralizada de forma a minimizar o tempo de retorno do produto.

Na cadeia de suprimentos de laço fechado centralizada, a ênfase está na eficiência da logística reversa por intermédio da obtenção de economias de escala, tanto no processamento quanto no transporte reverso (CORRÊA, 2010). Todos os produtos devolvidos são encaminhados para uma unidade central de triagem, onde são analisadas suas condições e as opções de

processamento. Para minimizar gastos com transporte, os produtos são despachados em unidades maiores através da consolidação da carga. A Figura 7 representa a configuração dessa cadeia. Exemplos de produtos que devem adotar essa configuração são a sucata de ferro e a de alumínio, que possuem uma taxa de depreciação pequena, mas possuem um grande volume e peso (CARVALHO, FIOVARANTI e FONTES, 2011). Carvalho, Fiovaranti e Fontes (2011) declaram que a centralização permite que tais produtos tenham suas cargas consolidadas, pois, dessa forma, há economia de escala tanto na atividade de processamento quanto na de transporte do produto.

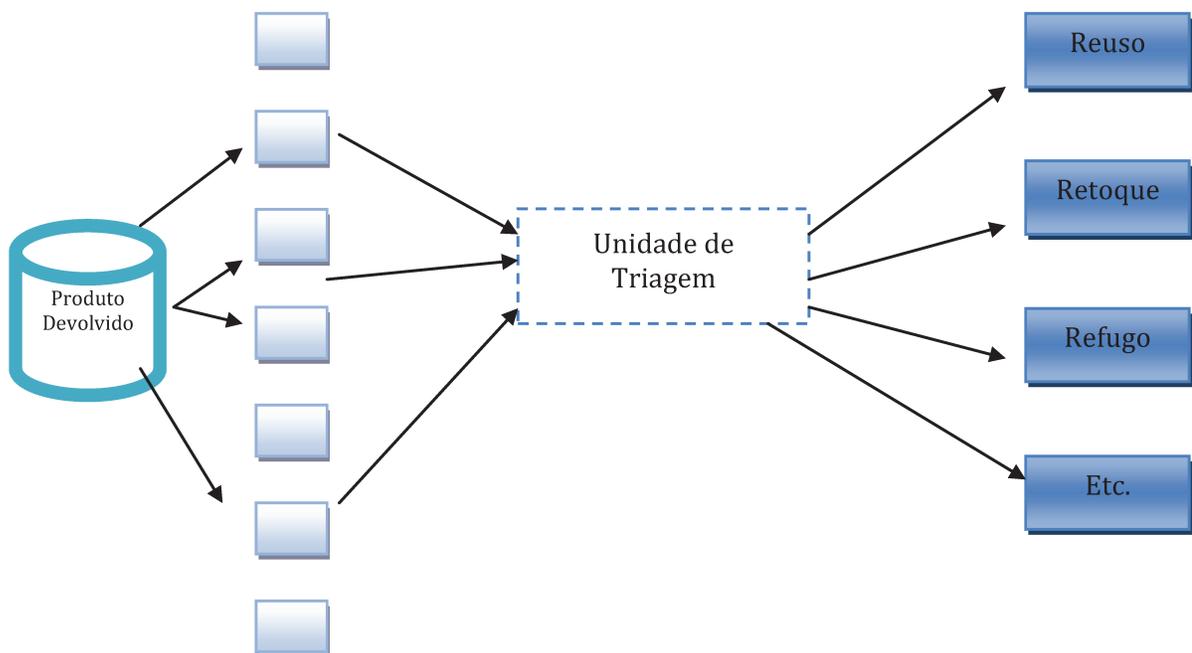


Figura 7 – Cadeia de laço fechado centralizada (eficiente)
Fonte: Adaptado de Blackburn *et al.* (2002)

Na cadeia de suprimentos laço fechado descentralizada, a ênfase está na agilidade, mesmo que prejudique a eficiência. A triagem é feita no varejo e enviada para o processamento em lotes menores. Caso algum produto não tenha um processamento específico, ele passará por nova triagem na unidade centralizada, para que, dessa forma, os produtos sofram menor perda de valor. A configuração dessa cadeia é mostrada na Figura 8. Um exemplo dessa configuração é dado por

um sistema denominado pela General Motors do Brasil de “Autogiro”, em que o principal objetivo é gerenciar e administrar a logística reversa, além de auxiliar a logística direta. É determinado um prazo para que a peça, quando não utilizada, possa retornar ao fornecedor – no caso, a General Motors do Brasil – e ser realocado novamente no estoque, permitindo, assim, evitar maiores perdas de valor para a peça (CORRÊA, 2002).

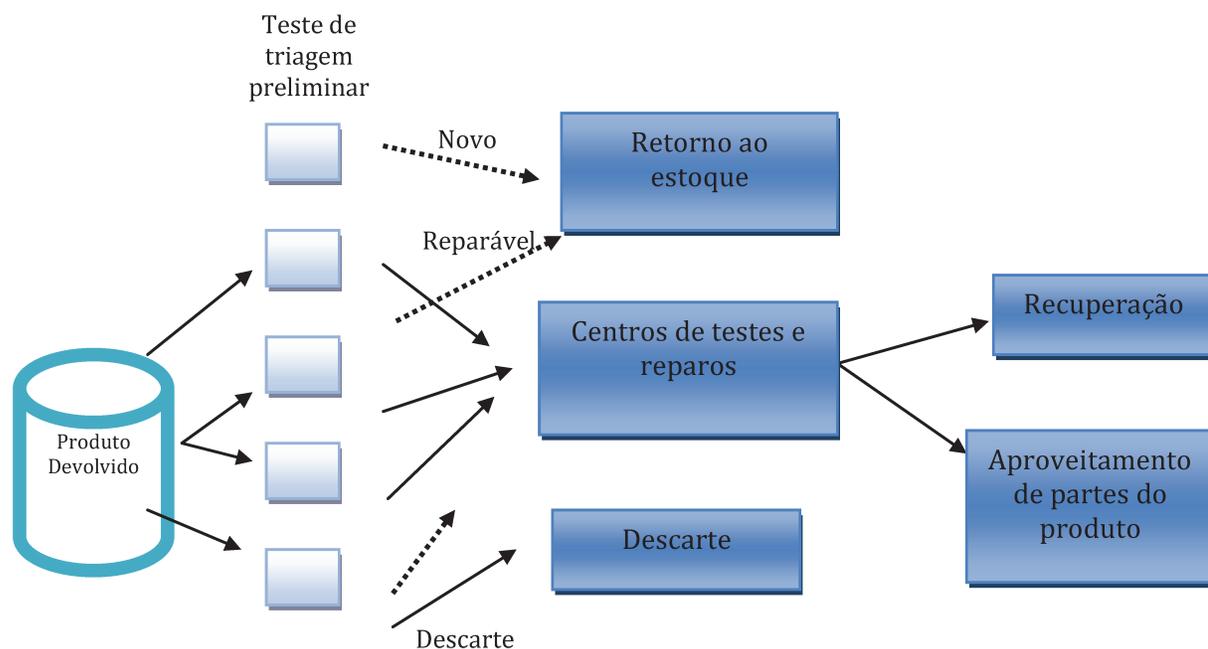


Figura 8 – Cadeia de Suprimentos de laço fechado descentralizada
 Fonte: Blackburn *et al.* (2002)

2.5 DEFINIÇÃO E OBJETIVOS DO ESTOQUE

Em 1983, Theodore Levitt – um dos mestres do marketing – afirmou, em seu artigo “*After the sale is over...*”, que “as pessoas compram expectativas, não coisas”. Levitt já previa que a entrega, o serviço, a confiabilidade e a qualidade das interações seriam muito mais importantes do que o produto e a tecnologia empregada na fabricação. Portanto, a logística passa a ser usada não apenas como um diferencial do produto, mas um diferencial do serviço prestado ao cliente (ROSENBLOOM, 2002).

A redução do nível de diferenciação entre os produtos concorrentes faz com que a decisão de compra por parte do cliente seja influenciada não só pela relação entre o valor percebido do produto e seu preço, mas também pela comparação entre a qualidade do serviço oferecido e o custo desse serviço para o cliente (FIGUEIREDO, 2002) e os menores prazos relacionados à entrega (CHRISTOPHER, 2000). Em outras palavras, o cliente busca, além do produto, o pacote de serviços que o acompanha.

O mercado em constante evolução reduziu o nível do ciclo de vida do produto, o que, conseqüentemente, afetou sua previsão de demanda; esta passou a ser probabilística e suscetível a erros (CHRISTOPHER; BRAITHWAITE, 1989), podendo resultar na indisponibilidade de produto no mercado e afetando o seu nível de serviço. Para minimizar tal fato, as empresas armazenam uma quantidade de produto e, deste modo, se tornam preparadas para enfrentar o ambiente competitivo cada vez mais acirrado, mantendo, assim, a satisfação do cliente (FIGUEIREDO, 2002). Para Chopra & Meindl (2011), é nesse momento, isto é, a partir da disponibilidade do produto que a cadeia começa a se tornar visível para o cliente. A armazenagem de produtos na Logística é chamada “estoque”.

Em uma cadeia de suprimentos, o processo de produção é feito de forma coordenada e dependente. A independência das etapas de produção ocorre, segundo Corrêa (2010), por meio dos estoques, pois quando uma etapa do processo falha, a etapa seguinte funcionará normalmente enquanto houver estoque. Dessa forma, as diferenças entre entradas e saídas, no que se refere às etapas do processo de produção, são amortizadas pelo estoque.

Segundo Ballou (2001), os estoques são acumulações de matérias-primas, suprimentos, componentes de materiais em processo e produtos acabados que surgem em diferentes pontos do canal de produção e logística das empresas. Para Braga *et al.* (2010), o estoque é um conjunto de bens físicos acumulados pela empresa e tratados como ativos, pois é fruto de investimento e, portanto, possui valor agregado, características próprias e é conservado durante algum tempo; e, de alguma forma, atende a uma ou mais necessidades de determinada empresa. Os motivos para sua existência, segundo Corrêa (2010), são apresentados de forma simplificada na Figura 9 e explicados abaixo.

- **Falta de coordenação:** a competitividade, aliada à globalização, ocasionou o surgimento e o crescimento das cadeias de suprimentos, ou seja, não há no processo apenas uma empresa e sim um conjunto de empresas. Coordenar uma única empresa é

relativamente mais fácil do que coordenar o conjunto, pois este pode diferir quanto ao segmento.

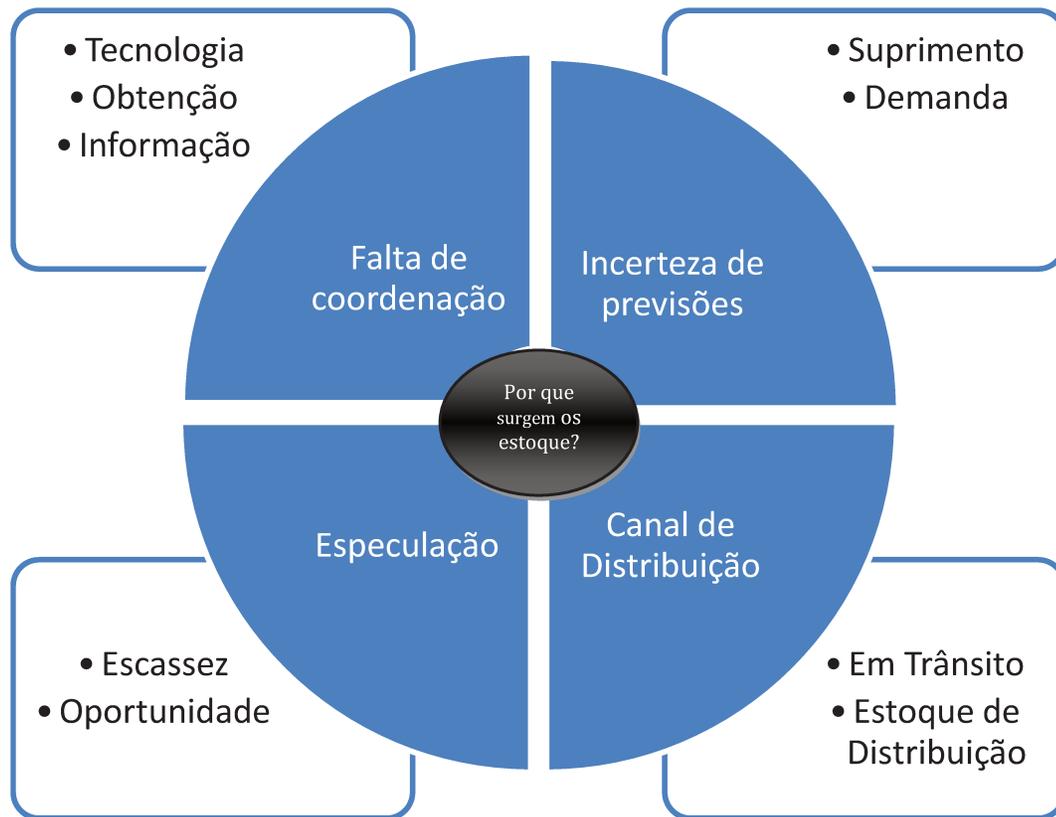


Figura 9 – Principais motivos para o surgimento dos estoques
Fonte: Corrêa (2010)

- **Incertezas:** o mercado consumidor sofre com a sazonalidade dos produtos. Alguns deles são mais procurados em determinados períodos, e se a produção não for planejada pode acontecer de não haver quantidade suficiente para a comercialização. Incertezas também ocorrem no suprimento, muitas matérias-primas sofrem com o *lead time*, resultando em atraso da etapa de finalização de um produto.
- **Especulações:** a competitividade do mercado pode ocasionar o aumento no preço da matéria-prima, por isso, a compra de uma grande quantidade cria a oportunidade de estabilização do preço final.

- **Disponibilidade no Canal de Distribuição (*pipeline inventory*):** para que o fluxo tenha um andamento constante dentro da cadeia de suprimentos, é necessário haver, perto dos grandes consumidores, meios de distribuição mais rápidos, como os *pipeline inventory*, que são armazéns, entrepostos, estabelecidos com o objetivo de dar continuidade ao fluxo da rede.

A gestão de estoques é diferente da administração de outros ativos e obrigações. Estes ativos têm um teor físico, que não se igualam aos ativos puramente financeiros. Porém, como outros ativos, os estoques representam custos significativos para as empresas, e sua gestão eficiente torna-se fator essencial de competitividade (ROGERS, RIBEIRO e ROGERS, 2004).

2.5.1 ESTOQUE DE SEGURANÇA

O estoque é formado por materiais parados e seu excesso pode aumentar os custos de manutenção; em contrapartida, sua falta resulta tanto em gastos para a empresa, quanto em prejuízo e baixa visibilidade diante dos clientes, diminuindo o nível de serviço e a competitividade da empresa. Além disso, erros de previsão de demanda, atrasos no ressuprimento de materiais, rendimento da produção abaixo do esperado são alguns geradores de incertezas (LACERDA, 2002). Surge nesse contexto a necessidade de se manter um estoque que traga segurança para a produção, chamado “estoque de segurança”. Chopra & Meindl (2011) o definem como o estoque mantido para satisfazer a demanda que ultrapassa a quantidade prevista para um determinado período.

Segundo Lacerda (2002), é preciso levar em consideração que o não planejamento do estoque de segurança resulta em alto custo de manutenção de estoque. Por isso, é preciso saber as incertezas relevantes para a definição da política de estoque e os custos que serão gerados. Essa definição é feita por meio do mapeamento do processo logístico, desde a abertura da requisição de um pedido até o atendimento ao cliente, passando pela produção de produtos acabados e pela aquisição de matéria-prima.

São inevitáveis as variações entre a demanda real e a prevista, por corresponderem a estimativas. Números aleatórios sempre apresentarão erros. Na gestão de estoque, esses erros

precisam ser quantificados e identificados através de métodos quantitativos que permitam a análise de diferentes cenários. Para ajudar no cálculo de incerteza, usa-se um indicador chamado de Razão de previsão, definido por Ballou (1998) como na equação (1):

(1)

Para saber se a previsão de demanda realizada está coerente, é preciso fazer a seguinte análise:

Além das informações acima, é preciso levar ainda em consideração as medidas de tendência central (média, mediana e moda) e as medidas de dispersão (desvio-padrão e variância) das demandas reais e previstas. Arozo (2002) argumenta que a média serve para mostrar se há erros sistemáticos na previsão, portanto, uma média inferior a 1 mostra que a previsão está acima da demanda real, problema este caracterizado por previsão através de *feeling*. O desvio padrão é uma medida estatística de dispersão, ele mede quão longe os dados podem estar da média.

Para a determinação da quantidade de estoque de segurança, é preciso levar em conta três fatores usados na formulação da equação 2 (CHOPRA; MEINDL, 2011), a seguir: (1) a demanda média por período; (2) o *lead time* (L), que é mensurado considerando-se o momento inicial em que o pedido foi feito até o momento em que acontece a entrega do lote solicitado; sua importância está no fato de que, durante esse tempo, a empresa está completamente instável (CHOPRA; MEINDL, 2011), visto que a quantidade de estoque é baixa comparada com a ideal; (3) desvio padrão da demanda, que indica o erro de previsão por período.

(2)

A equação 2 mostra a demanda encontrada pela somatória de todas as demandas que existirão no período do *lead time* (L). Espera-se que essa demanda seja distribuída normalmente e, portanto, o desvio padrão corresponderá ao erro de previsão da demanda durante o *lead time*.

Outra medida importante relacionada à incerteza é o coeficiente de variação (cv) que mede o tamanho da incerteza em relação à demanda (CHOPRA; MEINDL, 2011), o qual, matematicamente, é representado por — .

2.5.2 NÍVEL DE SERVIÇO

O principal foco da logística é transformar aspectos fundamentais da concorrência, como o preço e as características do produto, em excelência de serviços e valor para o cliente (BOVET; THIAGARAJAN, 2000).

O desempenho desses serviços é medido por um indicador chamado “nível de serviço ao cliente”. Segundo Chopra & Meindl (2011), esse indicador é medido pela quantidade de demanda através do estoque disponível, ou seja, é a probabilidade de não faltar produto segundo uma demanda. Para Bowersox (2001), ele é definido como o desempenho desejado para o atendimento das necessidades do mercado.

Ballou (1993) argumenta que quanto maior for o nível de atendimento desejado, maior será a necessidade de estoque, visto que não pode haver falta de produtos. Portanto, o principal objetivo do cálculo do nível de serviço é conseguir equilibrá-lo com o custo total de estoque (CHOPRA; MEINDL, 2011).

Os principais fatores que afetam esse indicador, segundo Chopra & Meindl (2011), são os custos, porque um nível alto de serviço requer uma quantidade alta de estoque, ocasionando aumento do custo de estocagem. Em contrapartida, falta de estoque também acarreta aumento no custo de estocagem, uma vez que, para atender novos pedidos, haverá necessidade de reposição de estoque. Por isso, é fundamental que esse indicador esteja atualizado, pois ele sempre será utilizado no cálculo do estoque de segurança.

O cálculo do nível de serviço é baseado na distribuição estatística chamada Normal ou Gaussiana. Essa distribuição utiliza variáveis aleatórias contínuas que, segundo Kazmier (2007), podem assumir qualquer valor em um determinado intervalo. A distribuição Normal é usada no cálculo de probabilidade considerando-se o uso da média e do desvio padrão.

A distribuição Normal utiliza uma curva chamada de Gauss. Conforme se apresenta na Figura 10, pode-se notar que possui o formato de um sino, por ser unimodal e simétrica, e a frequência máxima coincide com o valor de todas as medidas de tendência central (KAZMIER, 2007). A média encontra-se no centro da curva e os valores abaixo e acima da média são perfeitamente simétricos, por isso, a linha da média divide a curva em duas partes iguais. O desvio padrão forma a área de frequência de uma população analisada e estará sempre ao redor da média. A área máxima dessa curva vale 1, o que corresponde à frequência máxima de 100% (KAZMIER, 2007). Nas extremidades, situam-se os pontos com baixas frequências. Quanto maior o nível de serviço desejado, maior será a área de frequência encontrada na curva.

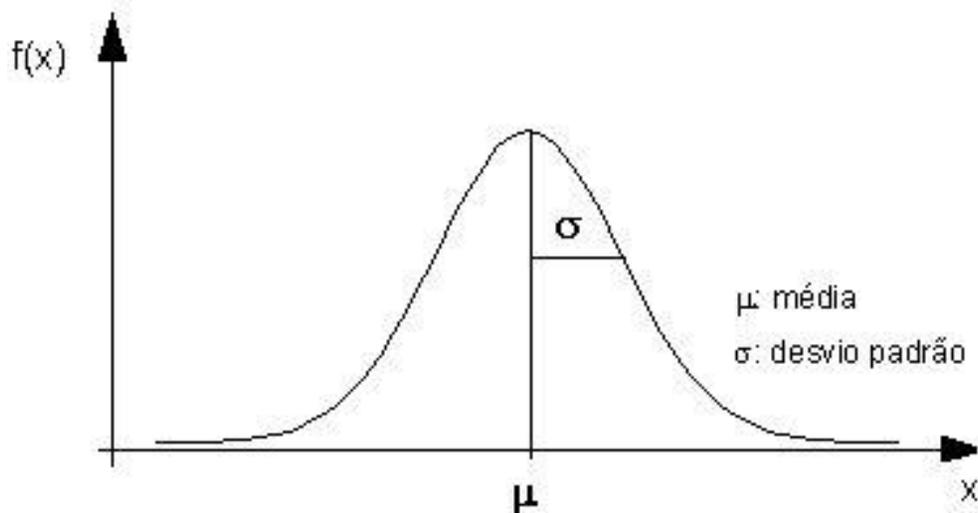


Figura 10 – Curva Normal
Fonte: Adaptada de Kazmier (2007)

Portanto, qualquer valor X de uma população que segue a distribuição normal pode ser convertido no valor z da distribuição normal padrão através da equação (3)

Segundo Spiegel (2007, p. 303), “o valor z reposiciona o valor original de X em termos do número de unidades do desvio padrão pelo qual o valor original se difere da média”. Para a gestão de um estoque, esse valor z assegura que a probabilidade de faltar estoque durante o *lead time* seja de exatamente $1 - \alpha$ (SIMCHI-LEVI *et al.*, 2003). Logo o nível de serviço faz com que o estoque tenha que satisfazer o estoque máximo:

Para facilitar os cálculos, a Tabela 1 fornece os valores z para diferentes níveis de serviço. Caso uma empresa queira ter um nível de serviço de 95% e a probabilidade de faltar estoque de apenas 5%, portanto o valor já normalizado de z, conforme a tabela abaixo, nesse caso, será 1,65.

Tabela 1 – Nível de serviço e valor de z

Nível de serviço	90%	91%	92%	93%	94%	95%	96%	97%	98%	99%	99,9%
Z	1,29	1,34	1,41	1,48	1,56	1,65	1,75	1,88	2,05	2,33	3,08

Fonte: Simchi-Levi *et al.* (2003)

2.5.3 GESTÃO DE ESTOQUE

Embora o estoque seja formado por ativos com teor físico, quando comercializados tornam-se ativos financeiros através da receita gerada. Portanto, o estoque pode ser considerado, segundo Ballou (1998), o pulmão de uma empresa, por ser capaz de gerar receita. Ao mesmo tempo em que traz benefícios, pois garante a acessibilidade aos produtos demandados, pode trazer prejuízos quando a demanda é menor que a oferta, pois acarreta capital parado.

Há, nesse contexto, a necessidade de uma estratégia de gerenciamento que alcance o objetivo de maximizar o lucro ao mesmo tempo em que minimiza os gastos. Para um processo

único, a execução de tal objetivo pode ser simples; em contrapartida, para um processo formado por múltiplos atores que devam trabalhar de forma sincronizada, como a cadeia de suprimentos, esse objetivo se torna complexo, afinal, se um processo falhar, todos os elos da cadeia serão prejudicados.

Além dos fatores internos, a política de gestão de estoque também é afetada por fatores externos, como as mudanças no cenário econômico. Bens materiais que eram considerados de difíceis acessos a determinadas classes sociais são, hoje, acessíveis a todas elas; e aqueles que ainda não são, possuem réplicas quase que idênticas e capazes de fazer as mesmas funções que os inacessíveis. Tal cenário apresenta de forma clara a competitividade global nos dias atuais.

Diante de tal situação, escolher a política e o modelo de ressuprimento configura-se uma tarefa difícil, pois ambos devem ser operados com a presença de eventos aleatórios (PETROVIC; PETROVIC, 2001), os quais dificultam a assertividade da previsão da demanda.

Em uma cadeia de suprimentos de laço fechado, a previsão de demanda é ainda mais complexa, pois ela deve ser feita no sentido direto e reverso, sendo que a interação passa a ocorrer também em ambos os sentidos. Nesse caso, os eventos aleatórios passam a ser múltiplos, pois o processo reverso é ainda mais imprevisível que o processo direto, afinal, estimar o tempo de vida útil de um produto, ou seu tempo máximo de qualidade, prever erros na produção, reciclar peças e/ou produtos e torná-los novamente estoque, prever a utilização de peças em estoque para manutenção de produtos não são processos triviais, porém, representam alguns dos motivos pelos quais um produto pode retornar à sua cadeia de origem.

Para Peixoto *et al.* (2006), as decisões estratégicas, tais como aquelas que tratam de capacidade, nível de serviço e rede de distribuição, são complexas e envolvem o comprometimento de recursos ao longo de vários anos.

Se, para a cadeia de suprimentos, que trabalha apenas com um sentido da logística, há dificuldades na escolha do modelo, o mesmo ocorre e em proporção maiores com a cadeia de suprimentos de laço fechado. Pois, neste último caso, há a necessidade de adequação da demanda com a oferta e com os produtos que poderão ser remanufaturados.

Encontra-se a aleatoriedade, na logística direta, através da demanda que ditará o planejamento da produção e, conseqüentemente, o nível de estoque, a fim de evitar que a produção pare; o mesmo ocorre quando há retorno dos produtos, pois estes podem ser descartados, quando em fim de vida útil, ou realocados no estoque, quando reutilizáveis,

aumentando o nível do estoque e, em decorrência, produzindo aumento significativo no custo de sua manutenção.

Portanto, o principal objetivo de uma gestão de estoque é saber, segundo Corrêa (2010), dimensionar o nível de estoque adequado diante de tantas incertezas, evitando-se a falta de material sem inflar o nível de estoque por excessos, quando comparado à sua necessidade real, evitando-se, dessa forma, perda de vendas e custos excessivos.

Para Chopra & Meindl (2011), as principais funções de uma gestão de estoque são: determinar o número de itens em estoque, determinar a periodicidade e a quantidade de itens para reabastecimento, manter um inventário dos itens estocados a fim de se ter o controle do mesmo e poder identificar os produtos que tenham sido danificados por obsolescência.

A gestão de estoque trabalha com previsão de demandas para, então, dimensionar o número de itens em estoque. Para auxílio na tomada de decisão no dimensionamento de estoque, faz-se necessário recorrer a modelos quantitativos de previsão de demanda, o que será discutido no próximo item.

2.5.4 MODELOS QUANTITATIVOS PARA COMPRAS

O gerenciamento de um estoque caminha paralelamente ao gerenciamento de compras, sendo esse o setor responsável pela previsão da demanda e fornecimento de recursos para a produção. Segundo Correa (2010), o principal objetivo desses modelos é determinar quanto e quando comprar um item de ressuprimento na medida em que ele vai sendo consumido.

A determinação do momento de ressuprimento e a quantidade a ser ressuprida é o que diferencia os diversos modelos quantitativos. A seguir, serão apresentados alguns desses modelos.

• Lote econômico de compra

Segundo Corrêa (2010), o modelo LEC pressupõe que a demanda é constante e conhecida. O ponto de ressuprimento agregado ao estoque de segurança passa a ser encontrado pela equação (4).

(4)

A equação (5), em seguida, apresenta a maneira de se calcular o estoque de segurança.

(5)

Há situações em que a variabilidade ocorre tanto na demanda como no *lead time* de ressuprimento (CORRÊA, 2010). O cálculo do estoque de segurança passa a ter uma nova representação, que é vista na equação (6) e apresentada por Corrêa (2010):

(6)

Onde:

σ = desvio padrão da demanda durante o *lead time*

Nesse caso, o estoque de segurança passa a ser representado pela equação (7):

(7)

- **Modelo de revisão periódica**

Esse modelo verifica periodicamente o nível de estoque, para saber em qual momento pré-determinado deve ser feito o ressuprimento (CORRÊA, 2010). Chopra & Meindl (2011) o definem como o modelo em que o estoque é acompanhado em intervalos periódicos e um pedido é feito sempre que for preciso, a fim de aumentar o nível de estoque.

A Figura 11 apresenta esse modelo graficamente: o eixo das abscissas corresponde aos intervalos periódicos em que a análise do estoque será feita. Observa-se que entre intervalos o nível de estoque sempre aumenta, pois um pedido, representado por Q, é feito de modo a aumentar o nível de estoque. No eixo das ordenadas, encontra-se o nível de estoque. Uma linha superior representa o limite máximo em que o nível de estoque pode chegar.

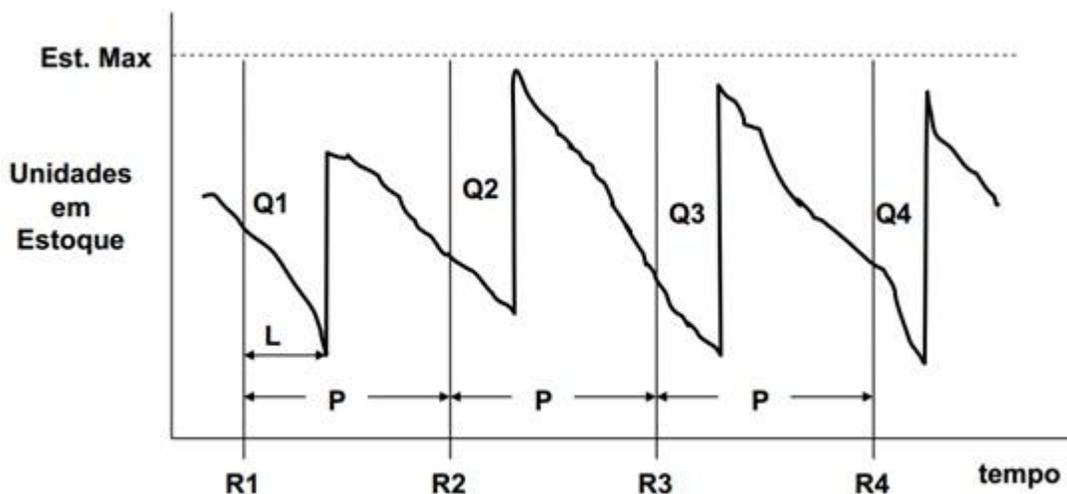


Figura 11 – Modelo de Revisão Periódica
 Fonte: Corrêa (2010)

Nesse modelo, o período é fixo e a quantidade pedida é variável (CORRÊA, 2010), sendo dada pela equação (8).

$$\frac{Q_i}{P} = \frac{Est. Max - Est. R_i}{P} + D \quad (8)$$

A vantagem do uso desse modelo, segundo Corrêa (2010), está no fato de ele não precisar usar recursos financeiros absurdos e não assumir que a demanda seja constante. Em contrapartida, a desvantagem é que há o risco de faltar itens no estoque, pelo fato de as revisões serem periódicas.

2.6 MODELO PARA ANÁLISES DE SISTEMA

Os modelos do item 2.5 tratam dos modelos específicos para a gestão de estoque de uma empresa; a logística reversa nesses modelos não é considerada, pois todos eles trabalham com ressurgimento de novas peças. Por esse motivo, em uma cadeia de suprimentos de laço fechado esses modelos não seriam adequados, embora possam sofrer adaptações, pois esta cadeia configura um complexo sistema produtivo.

A evolução tecnológica alterou o processo industrial, tornando-o ágil e eficiente. Porém, riscos como escassez de insumos para a produção, demandas instáveis e problemas financeiros não foram eliminados do processo, pelo contrário, muitas vezes aumentados pela diminuição dos prazos de entrega e aumento da distância física e gerencial. Tais riscos afetaram diretamente o processo, tornando-se de suma importância identificar e entender suas causas e efeitos, para, dessa maneira, tomar medidas que evitem ou minimizem riscos prejudiciais a processos em andamento.

Um processo industrial é um processo complexo e probabilístico, guiado por eventos aleatórios, ocasionados pela instabilidade do próprio processo. Para tais eventos, a solução única passou a ser incoerente, pois, a qualquer momento, ela pode ser afetada pela instabilidade e aleatoriedade. O ideal nesses casos são as soluções analíticas, que, segundo Banks *et al.* (1996), abrangem cálculo diferencial, teoria de probabilidade, métodos algébricos e teoria de filas. Esses métodos não preveem uma solução única, mas a elaboração de soluções adequadas a diferentes cenários.

Dimensionar a quantidade de cenários dependerá, entre outros fatores, do tipo de processo para o qual se busca uma solução. Em um mundo onde a agilidade é cobrada, identificar cenários sem a ajuda da tecnologia seria um processo demorado ou até mesmo impossível. A inovação tecnológica trouxe resposta a essa questão, através da criação de *softwares* capazes de representar de forma real uma operação, sem a necessidade de implementá-la no ambiente real.

A gestão de estoque passou a ser beneficiada por essa inovação, pois a mesma pode prever resultados, buscar melhorias, identificar erros, além de ser um processo que não demanda mudança física para a obtenção de resultados. Esse processo, chamado “simulação”, pode também ser utilizado em procedimentos de logística direta e reversa.

2.6.1 DEFINIÇÃO DE SIMULAÇÃO

A palavra simulação tem sua origem no latim *simulare*, que significa simular ou imitar. A partir dessa definição, observa-se, no meio acadêmico, outras definições similares, tais como a de Miyagi (2004), para quem simulação é o processo de imitação de uma operação ou de um processo do mundo real. Banks *et al.* (1996) argumentam ainda que essa representação só será válida quando houver detalhamento suficiente para tal. Para Pritsker (1986), a simulação também poderia ser chamada “simulação computacional”, pelo fato de seu processo se basear em um modelo lógico matemático de um sistema real com a ajuda de um computador, o que permite alcançar conclusões sobre os sistemas sem construí-los, se forem novos, ou sem perturbá-los, se já existirem. Com efeito, a simulação assim concebida seria viável porque utiliza somente recursos computacionais sem interferir nos sistemas reais.

Segundo Miyagi (2004), a simulação é usada principalmente para as seguintes finalidades:

- Entender todas as interações que acontecem dentro de um sistema complexo e de seus subsistemas;
- Identificar os principais defeitos dentro de um sistema através de alterações nas informações, organizações e nos ambientes;
- Exergar os impactos que novos projetos podem trazer antes de serem implementados;
- Identificar as variáveis mais importantes de um sistema e como interagem;
- Validar as soluções analíticas;
- Entender o processo de forma global e, assim, poder desenvolver modelos de melhoria do sistema.

Sistema em simulação é definido como um grupo de entidades que estão agregadas de acordo com relações de interdependência para atingir certos objetivos (MIYAGI, 2004). Essas entidades podem ser máquinas, homens etc., e seu verdadeiro significado dependerá principalmente do objetivo do estudo, pois uma coleção de entidades pode gerar um subconjunto no sistema, quando analisado por completo. Todo sistema possui um estado, segundo Smith (1989), que é o conjunto de variáveis – estocásticas ou determinísticas – a partir das quais se descreve um sistema real em um determinado instante.

Chwif *et al.* (2006) relatam que, antes de entender um sistema, é primordial saber os termos técnicos usados na linguagem de simulação, quais sejam:

- Entidade: objeto de interesse em um sistema.
- Atributo: propriedade da entidade.
- Atividade: ação que ocorre dentro do sistema mudando a qualidade ou qualificação de uma entidade.
- Evento: ocorrência que pode alterar o estado do sistema.
- Estado: uma situação do sistema identificado através de variáveis quantitativas em um dado momento.

O modelo, por sua vez, é a linguagem de representação das atividades por meio de uma relação de entrada/saída compatível com a do sistema real, procurando manter as características mais relevantes do sistema físico sob análise. Além de ser uma ciência, é a arte do projeto de representação dos aspectos de interesse de um sistema para uma linguagem simbólica, matemática, física ou mental, como mostra a Figura 12. Porém, vale ressaltar que sua representação é, a princípio, subjetiva, visto não haver modelos ideais que representem os sistemas para fins gerenciais (RIVETT, 1980). O início da modelagem está na compreensão da estrutura e da dinâmica do sistema real a ser simulado, e, somente então, prossegue-se a derivação dos procedimentos experimentais que possibilitarão analisar seu comportamento (SAKURADA *et al.*, 2009).

A representação de um sistema real pode ser feita de quatro maneiras diferentes, que, interligadas, chegam à conclusão do modelo matemático (modelo final) a ser usado:

- (1) Modelos mentais: são os modelos heurísticos e intuitivos; são confusos (*fuzzy logic*), imprecisos e de difícil comunicação, pois dependem principalmente do conhecimento de quem decide (SILVA, 2002).
- (2) Modelos físicos: representam o sistema real por meio de representações análogas ou por protótipos; têm o objetivo de construir réplicas do sistema, por exemplo, o uso de circuitos elétricos pode representar o estado de um sistema físico.
- (3) Modelos simbólicos: utilizam apenas representações linguísticas, como o uso de gráficos, esquemas etc.

(4) Modelos matemáticos: são soluções analíticas ou soluções numéricas; constituem-se da composição de equações matemáticas destinadas à representação de uma classe específica de problemas (SILVA, 2002). Nesses modelos, utilizam-se equações que transformam um conjunto de entradas em um conjunto correspondente de saídas (HARREL *et al.*, 2002). Existem dois modelos de solução: a otimização e a simulação. Segundo Moore & Weatherford (2006), a diferença fundamental entre tais modelos está no papel das variáveis de decisão de cada um deles.

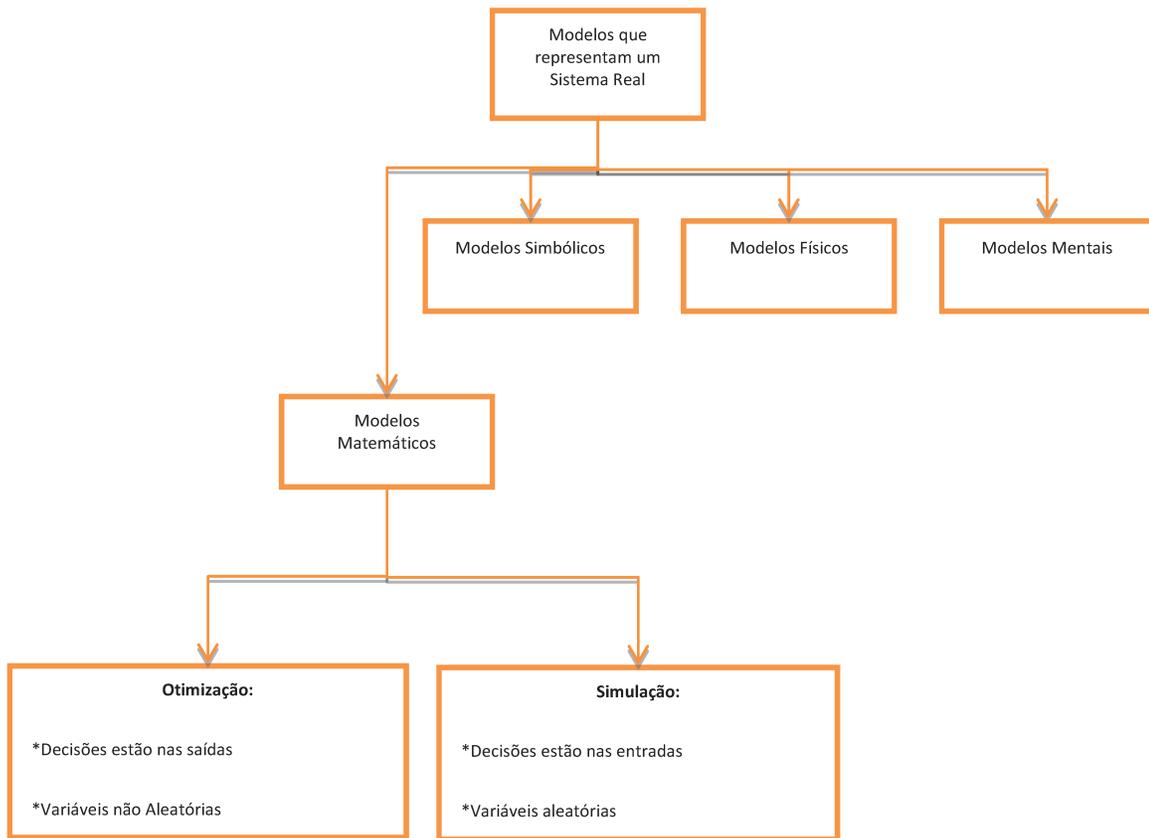


Figura 12 – Modelos de Representação de um sistema real

Na simulação, as equações matemáticas são funções f que produzem uma saída y através de uma entrada x e um parâmetro p . Matematicamente podemos escrever $y = f(x, p)$, e tal relação

é apresentada na Figura 13. Segundo Law & Kelton (1991), os modelos matemáticos de simulação podem ser:

1. Modelos estáticos ou dinâmicos: são modelos em que há apenas a descrição do estado do sistema em um momento específico (SILVA, 2002). O Modelo estocástico não é influenciado pelo tempo, enquanto o dinâmico sim (HARREL *et al.*, 2002).
2. Modelos estocásticos ou determinísticos: as variáveis aleatórias são usadas nos modelos estocásticos, já para os determinísticos elas são variáveis que não seguem uma distribuição de probabilidades.
3. Modelos discretos e contínuos: os modelos contínuos acontecem continuamente em incrementos de tempo com valores iguais (SILVA, 2002), portanto, são ações que não cessam; nesse caso, usam-se equações diferenciais para a representação do tempo (HARREL *et al.*, 2002). Os modelos discretos acontecem mediante a ocorrência de eventos em intervalos discretos de tempo (SILVA, 2002), ou seja, ocorrem em um único momento e causam mudanças no estado do sistema (HARREL *et al.*, 2002).

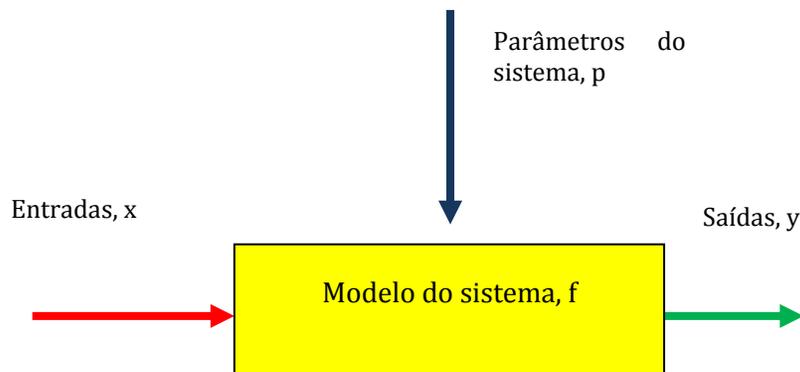


Figura 13 – Visualização do modelo de simulação
Fonte: Menner (1997)

Chwif e Medina (2007) utilizam um exemplo bem simples para diferenciar o modelo discreto do contínuo: uma xícara de chá colocada para resfriar em temperatura ambiente. Esse processo acontecerá em um tempo contínuo, ou seja, não sofrerá oscilações, mas por meio de queda relativamente constante de temperatura. Ao pensarmos na preparação do chá, temos três

eventos: (1) colocar a água quente na xícara, (2) colocar o chá na água quente e (3) a disponibilização do chá. Logo, a xícara de chá é obtida mediante três eventos em tempos discretos, em que um evento depende do outro para acontecer.

Portanto, a simulação torna-se o interesse de estudo deste trabalho, por ser a representação mais adequada para sistemas pouco estruturados como o de dimensionamento de embalagens, já que este sistema apresenta aleatoriedades associadas à demanda, tempos de viagens, disponibilidade de produto e demanda sazonal.

2.6.2 FORMULAÇÃO DE UM MODELO DE SIMULAÇÃO

A formulação de um modelo de simulação tem por principal objetivo detalhar o processo que se deseja simular. A visão detalhada do modelo envolve um conjunto de etapas que se ligam de forma interativa, pois muitas vezes, ao caminhar para uma determinada etapa, é necessário voltar para a anterior. Essa interação pode ser vista na Figura 14 cujas etapas são descritas em seguida.

1ª Etapa – Definição do problema: para essa etapa é necessário ter o levantamento dos principais detalhes do sistema para, em seguida, levantar as questões que a simulação deve responder e os objetivos do estudo. Esse será um processo contínuo, pois, na medida em que o projeto evolui, novos interesses surgem e devem, portanto, ser incluídos no projeto.

2ª Etapa – Modelagem: esse processo é dividido em duas etapas, quais sejam, (i) Modelagem dos Dados, em que os dados coletados são tratados; (ii) Modelagem Computacional, em que se utiliza a interface de linguagem de simulação, pois, por meio dela, o projeto poderá ser implementado em um computador. Essa interface transforma a definição do sistema, os processos e as especificações de entrada e saída em uma linguagem que o computador reconheça.

3ª Etapa – Simulação: é o processo que permite examinar o comportamento do sistema real em diferentes situações, através das trocas de parâmetros de entrada. Portanto, esse processo gera experiência sobre o sistema real e permite a comparação entre o desempenho das várias alternativas e a escolha do melhor cenário.

4ª Etapa – Validação do modelo: é a confirmação de que o modelo é uma representação adequada do sistema real. Para tanto, confirmam-se os resultados obtidos com os dados históricos do sistema ou através de dados gráficos como histogramas, gráficos de evolução, animações etc.

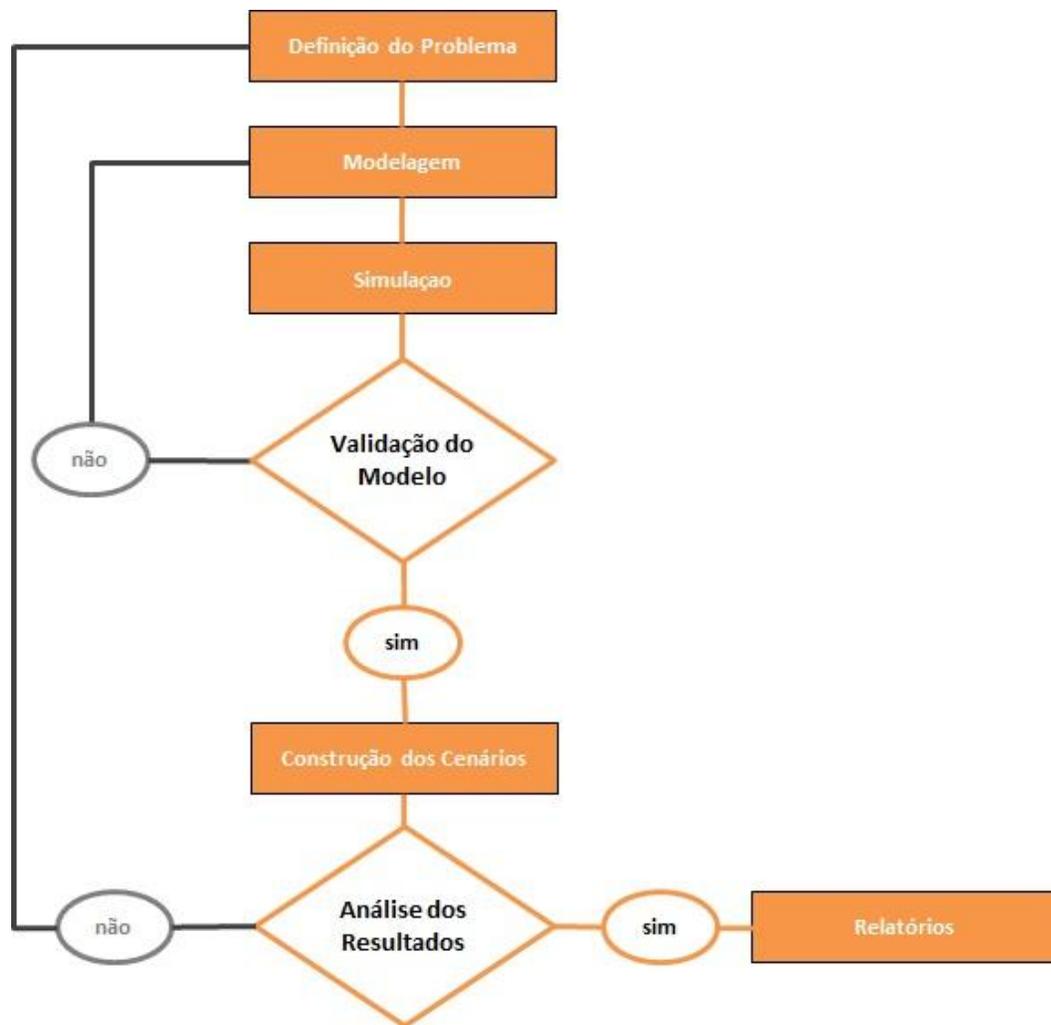


Figura 14 – Etapas de um processo de simulação

5ª Etapa – Construção de cenários: a grande vantagem da simulação está na geração de todos os possíveis cenários e não de um cenário ótimo. Esses cenários surgem através de mudanças incrementais em um parâmetro por vez, e são armazenados para posterior análise.

6ª Etapa – Análise de resultados: devido ao grande número de informações e sua complexidade gerada durante o processo, muitas vezes a compreensão dos resultados torna-se difícil, por isso, a necessidade de detalhamento. Para uma decisão correta, é imprescindível que os avaliadores conheçam o sistema real e consigam fazer as interpretações dos cenários obtidos. É por meio da análise dos resultados que serão estipuladas as medidas de desempenho do processo.

2.6.3 AMBIENTES DE SIMULAÇÃO

Os ambientes de simulação surgiram da necessidade de comunicação entre o modelador e o computador. No início da década de 50, a simulação, segundo Medina e Chwif (2006), era realizada por meio de programação em linguagem processual, de forma que todas as funções, tais como geração de números aleatórios, tratamento estatístico dos dados etc. precisavam ser escritas em forma de linguagem de programação. Um dos primeiros simuladores foi desenvolvido na linguagem **FORTRAN** – *Mathematical FORmula TRANslation System* – e utilizado para modelos de meteorologia, astronomia, oceanografia, física etc., pois seu principal objetivo era simular modelos complexos em alta velocidade (CUNHA, 2005). Alguns softwares de análise estatística utilizam a linguagem Fortran pela facilidade de se relacionar os comandos utilizando números, como no software SAS, utilizado em instituições financeiras, que necessitam realizar análises estatísticas em bases de dados extensas e complexas.

Naquela época, a simulação era restrita à programadores altamente competentes, capazes de traduzir em linguagem de programação o modelo a ser simulado. A fim de diminuir o grau de dificuldade durante um processo de simulação, em 1961 criou-se a primeira linguagem de programação direcionada à simulação, o *General Purpose Simulation System*, chamado popularmente de GPSS (MEDINA; CHWIF, 2006), mas que, para ser operado, ainda demandava conhecimentos técnicos e específicos de programação.

A simulação passou a ser um processo trivial e popular quando surgiram computadores com interfaces gráficas e processadores altamente velozes, pois foi através dessa evolução tecnológica que a criação de softwares voltados exclusivamente à simulação – aqui chamados “ambientes de simulação” – se tornou viável. Tais softwares possuem recursos próprios para a

análise de números aleatórios através da adequação de uma função de probabilidade que descreve o seu comportamento e apresenta os resultados de maneira clara e objetiva. Dessa forma, o entendimento sobre a simulação computacional, antes restrito aos programadores, passa a ser compreendido por todos os participantes do processo.

2.6.4 LINGUAGEM DE SIMULAÇÃO

Como o foco do presente trabalho é realizar uma aplicação em um centro de distribuição que pode ser representado por eventos discretos, procurou-se na literatura ambientes de simulação que possuíssem uma interface simples, com opção de figuras e/ou ícones e/ou animações e que possibilitasse a representação do sistema de forma dinâmica.

- **SIMULA**

Desenvolvido na década de 60, com base em formulação de modelos de simulação em linguagem SQL (*Structured Query Language*), é, segundo Birtwistle *et al.* (1973), uma linguagem para bancos de dados de fácil uso e declarativa, pois especifica a forma do resultado e não o caminho para se chegar ao resultado, sendo esta a principal diferença em relação à linguagem processual. Segundo o mesmo autor, a SIMULA foi criada com o intuito de isolar os objetos utilizados durante o processo de simulação, permitindo, dessa forma, a visualização do modelo. Ela permite a simulação de eventos discretos através de duas funções que permitem a criação de filas. Uma das funções tem como objetivo descrever uma fila através da inserção ou retirada de objetos e o andamento da mesma. A segunda função descreve os processos ocorridos em uma fila, tais como descrição de eventos e de rotinas que possam ocorrer durante o processo de simulação, permitindo, assim, a sincronização e o controle do estado dos objetos. Os objetos, por sua vez, possuem quatro estados: (i) ativo; (ii) suspenso, esperando na fila; (iii) passivo, quando depende de outro objeto para se tornar ativo, porém, com tempo de espera desconhecido; e (iv) terminado, quando já realizara todos os comandos descritos.

Observa-se, dessa forma, que a linguagem SIMULA permitia a simulação de processos um pouco mais complexos.

- **ARENA**

O software ARENA é um dos mais utilizados nos dias atuais para a modelagem de sistemas. Ele é, segundo Prado (1999), a junção de dois programas, o SIMAN, uma linguagem de simulação, e o CINEMA, o primeiro programa de animação para simulação, sendo reconhecido como um dos softwares mais completos voltados à simulação.

A facilidade em operar com esse software se deve aos diversos comandos existentes em sua interface, o que elimina a necessidade de comandos de programação para o seu funcionamento; os comandos que ele disponibiliza seguem, inclusive, os padrões do MS Office. Uma de suas principais funções é a chamada *input analyzer*, ferramenta estatística que apresenta a distribuição de probabilidade relativa aos dados através de *output* sob a forma de um histograma com a curva de frequência; além disso, essa função apresenta os resultados dos principais testes estatísticos de confirmação das hipóteses do melhor ajuste de curva, dados estes que são apresentados sob forma de tabela, dispostos em ordem decrescente ou crescente.

Com o ARENA, o desenho do processo simulado é feito em forma de fluxograma, através de formas geométricas que se ligam para representar procedimentos, decisões, início e término de processos, atribuições etc. Há também a possibilidade da apresentação do modelo em forma de animação.

- **A – SIM**

O ambiente A-SIM é um *software* de simulação, que, assim como o ARENA, possui módulos em sua interface que eliminam a necessidade de linguagem de programação para a modelagem. O desenho do processo é feito por meio de um fluxograma e representado por objetos geométricos que se ligam por processos tais como: ação, processo, atribuição, decisões etc. Para a formulação do modelo, há um módulo denominado Editor de Redes, onde se encontram todos os símbolos que podem ser interconectados por sintaxe.

Ao operar em forma de módulo, o software impede que etapas da simulação não sejam executadas. Por exemplo, o *template* de ação não pode ser usado depois do de fila, visto que a ação não muda o estado da entidade (*cf.* CARVALHO, SILVA FILHO e FERNANDES, 1997). As principais rotinas apresentadas no ambiente A-SIM são: a possibilidade de avançar o tempo, a geração de números aleatórios, a estruturação das informações da simulação e as rotinas de coleta

e tratamento de dados da simulação. Por intermédio dessas rotinas é que são gerados os retratos dinâmicos das mudanças ocorridas no estado do sistema, os sumários estatísticos e a animação do sistema (*ibid.*).

Nesse ambiente, a apresentação dos resultados é feita em forma de relatório, em que são apresentados os principais dados estatísticos, como médias, variâncias de filas etc. Além disso, os dados também podem ser apresentados graficamente, sendo que, no *template* do modelo, os gráficos podem ainda ser apresentados em forma de animação.

O software escolhido para a simulação do caso do presente trabalho foi o A-SIM. O fato de ter sido desenvolvido no Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer tornou fácil o seu acesso, assim como o conhecimento de seu funcionamento. Além disso, o A-SIM possui todas as ferramentas necessárias para o desenvolvimento do modelo e para a apresentação, de forma clara e objetiva, das respostas procuradas durante o processo de simulação. Embora se tenha apresentado apenas alguns ambientes de simulação, há vários outros que possuem as ferramentas necessárias ao estabelecimento da resolução do problema de pesquisa aqui apresentado.

3

DESENVOLVIMENTO DO MODELO

3. DESENVOLVIMENTO DO MODELO

A Figura 15 apresenta as etapas a serem realizadas para o desenvolvimento do modelo de simulação. Em seguida, serão apresentadas as descrições detalhadas de cada etapa.

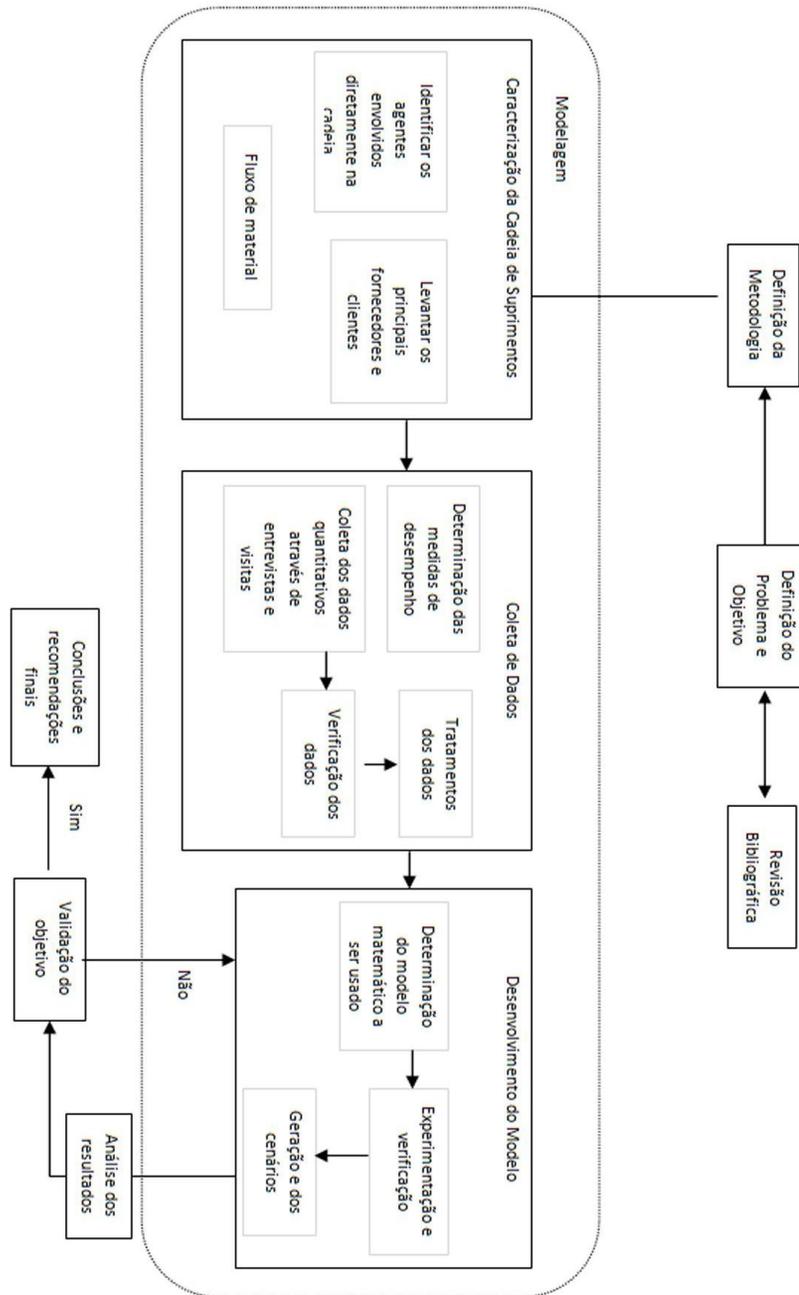


Figura 15 – Etapas para o desenvolvimento do modelo

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

Esta etapa visa à caracterização da cadeia de suprimentos por meio do levantamento dos dados qualitativos do processo logístico. Esta caracterização se faz necessária, pois orientará a definição das próximas etapas. A cadeia de suprimentos se caracteriza conforme listagem a seguir:

- Identificar os agentes envolvidos diretamente na cadeia: através de entrevistas com os gestores da cadeia em estudo. Entende-se por agentes os responsáveis pela organização, fornecimento e andamento sincronizado da cadeia. Exemplos: fornecedores de matérias primas, montadores do produto final, clientes finais etc.
- Mapear todos os estágios existentes no processo logístico: além de entrevistas, é necessária a validação do processo real, através de visitas técnicas à produção, a fim de que se defina a extensão da cadeia que será considerada no modelo simulado.
- Mapear o processo de retorno de embalagens, a fim de se identificar as principais estratégias utilizadas para a gestão do retorno: através de entrevistas com o gestor responsável pela logística reversa da cadeia e, posteriormente, validação através de visitas técnicas.
- Identificar o modelo quantitativo de gestão do estoque e de reposição do mesmo: o primeiro passo é através de entrevistas e, se necessário, validação dos dados fornecidos através de visitas técnicas à produção, ou, comparação com os dados incididos de softwares, se houver, usados no processo logístico.

3.2 COLETA DE DADOS

Através do mapeamento da etapa anterior é que foram determinados os principais elementos considerados tanto na cadeia direta quanto na cadeia reversa. Através desses elementos procedeu-se à identificação dos dados quantitativos primordiais no processo de simulação. Após a coleta de dados, seguiu-se o fluxo mostrado na Figura 16. Abaixo, serão descritos exemplos de dados quantitativos e eventuais formas de coleta dos mesmos.

- Demanda de pedidos: mediante históricos de demandas do passado.
- *Lead time* de reabastecimento de estoque: entrevistas com o responsável do setor de compras a fim de identificar o espaço de tempo entre o momento que um novo pedido é feito e o momento de sua entrega.
- Produtos sucateados: mediante dados históricos da área responsável pela quantificação de produtos que não poderão ser utilizados por invalidez.

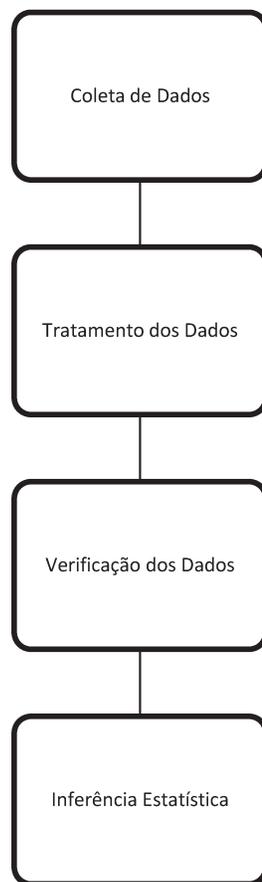


Figura 16 – Etapa da coleta de dados

As etapas que sucedem a coleta de dados serão descritas abaixo:

- (1) Tratamento de dados: nessa etapa será feita a estatística descritiva dos dados, em que ocorrem organização, resumo, apresentação em forma de tabelas ou gráficos,

determinação das medidas de tendência central e dispersão, determinação de seus máximos e mínimos, as projeções necessárias para o modelo de simulação, ou seja, toda a informação que for relevante para a futura análise de dados. Para essa etapa, é possível utilizar recursos computacionais como ferramentas de análises disponíveis no Excel ou softwares específicos de análises estatística.

- (2) Verificação dos dados: nessa etapa, realiza-se a análise dos dados, a fim de identificar os responsáveis, se houver, pelas inconsistências. Um auxiliador nesse processo é o gráfico *Box Plots*, pois, com base em sua representação, é possível identificar posição, dispersão, assimetria, caudas e dados discrepantes (BUSSAB; MORETTIN, 2010). Para essa etapa, é possível utilizar também recursos computacionais como ferramentas de análises disponíveis no Excel ou softwares específicos de análises estatística.
- (3) Inferência Estatística: nessa etapa será feito o processo de raciocínio indutivo, por meio do qual, através das propriedades verificadas em uma amostra, inferem-se propriedades de sua população. De forma resumida, as inferências que poderão ser feitas sobre a população serão: (i) estimação de parâmetros: através da identificação do modelo de distribuição a que tal população pode tender, tais como Normal, Binomial, Poisson, entre outros; (ii) testar hipóteses das características do modelo, tais como parâmetros, forma de distribuição de probabilidade, através de testes como o de Kalmogorov-Smirnov, Anderson-Darling, Cramer-von Mises, entre outros. Para essa etapa, de Inferência Estatística, podem ser utilizados softwares específicos compostos por ferramentas de inferência estatística.

3.3 DESENVOLVIMENTO DO MODELO

É nessa etapa que o modelo é traduzido para o computador como discutido no item 2.6.3. A escolha do software para a representação do modelo se dá por conveniência, e o escolhido foi o A-SIM, um software livre que fornece recursos para realização de simulação de eventos discretos, e que foi desenvolvido pelo Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI).

O simulador utiliza os conceitos de entidade, fila, ação, entre outros, para descrever o comportamento dinâmico do sistema, representado por 15 símbolos, sendo eles: gerador, fila, operação, ação, finalizador, atribuição, rótulo, observador, agrupador, fila recurso, altera recurso, libera recurso, fila chave, liga e desliga. Alguns desses símbolos são apresentados na Figura 17, a seguir. Esses símbolos, quando combinados, permitem o desenvolvimento de modelos em qualquer nível de complexidade.

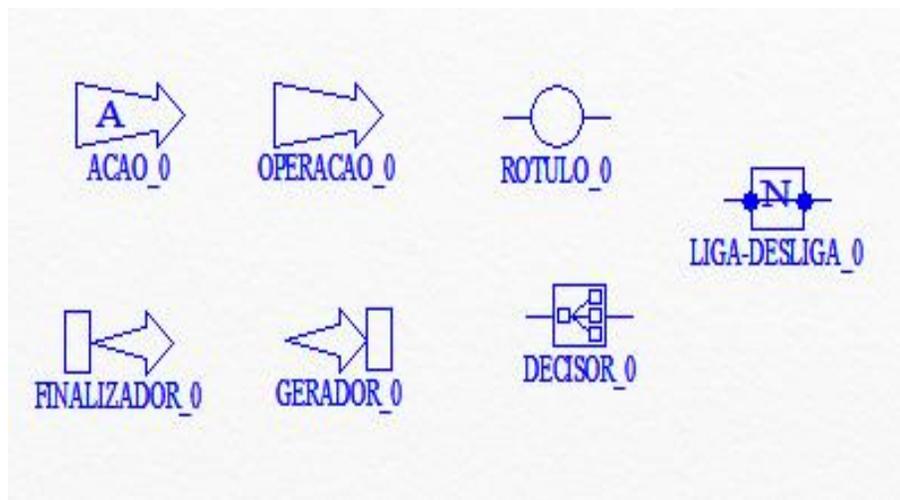


Figura 17 – Exemplos de símbolos usados pelo simulador A-SIM

Para a análise dos resultados, discussão descrita no próximo tópico, o simulador possui três elementos básicos:

1. Animação: é uma animação gráfica feita na tela do computador em tempo real de simulação, ou seja, ela representa o que acontece no modelo durante sua execução;
2. Cenário: são conjuntos de desenhos e textos estatísticos que melhoram a representação do modelo;
3. Relatório Estatístico: é um dos mais importantes para a análise dos resultados, pois é a partir dele que os resultados da simulação são apresentados em formas de indicadores estatísticos, tais como média, desvio padrão, coeficiente de variação etc.

Diante de todos os recursos encontrados no simulador escolhido, será possível, por fim, o desenvolvimento do modelo a ser simulado. A fim de se ter convicção de que o modelo simulado condiz com o modelo real, é necessário duas etapas: a verificação e a validação.

Segundo Medina e Chwif (2007), o termo validação diz respeito ao modelo conceitual, de forma a observar se os detalhes utilizados, as considerações feitas, entre outros conceitos utilizados, representarão em realidade o sistema a ser simulado. Algumas técnicas de validação descritas por esses autores são:

- *Teste de Turing ou Validação Black-Box*: essa técnica, desenvolvida pelo matemático Alan Turing, visa identificar os dados fornecidos pelo computador e os dados reais do modelo. Um exemplo de funcionamento do teste é a observação dos dados de saída do simulador e dos dados reais feitas por um especialista do modelo a ser simulado, de modo que ele identifique as origens dos dados apresentados. Caso a identificação, pelo especialista, não seja trivial, o modelo poderá ser considerado válido.
- *Comparação com modelos anteriores*: caso exista, é possível realizar a comparação entre um modelo que já tenha sido desenvolvido, quer ele seja simples ou complexo, com o modelo em desenvolvimento.

Já o processo de verificação tem o objetivo de avaliar a maneira pela qual o modelo foi implementado, identificando-se os responsáveis pelo seu mau funcionamento. Algumas técnicas de verificação são assim descritas por Medina e Chwif (2007):

- *Implementação Modular vs. Verificação Modular*: essa técnica visa à verificação de cada parte do modelo, de forma que a parte posterior que se analisa só poderá ser analisada caso esteja correta.
- *Animação Gráfica*: segundo os autores, essa é uma importante ferramenta de verificação, pois sua representação permite a visualização de erros do processo, tais como o desaparecimento de entidades em algum momento no sistema.

3.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Segundo Medina e Chwif (2007), após a verificação e a validação conceitual, o modelo de simulação está apto para ser utilizado no processo de análise do comportamento de um sistema. Porém, ao iniciar as rodadas de simulação, é importante levar em consideração que estamos iniciando um sistema, ou seja, não há ainda entidades em processo. Tal fato torna o modelo simulado diferente do modelo real se este for uma cadeia já em processo.

Dessa maneira, antes de avaliar os resultados, é necessário identificar os seguintes aspectos, para modelos de simulação:

1. O tempo em que o sistema deixa de ser transitório e entra em regime permanente, pois é nesse período que o desempenho do sistema simulado não sofre influência das condições iniciais.
2. O número de replicações da simulação, uma vez que se trata de um processo aleatório.

Medina e Chwif (2007) chamam de período transitório o período de aquecimento do sistema ou tempo de *warm up*. Segundo os autores, a identificação do tempo de aquecimento é possível através da análise das saídas de um número mínimo de replicações. Os mesmos autores sugerem 5 replicações como o número mínimo, em tempos sequenciais de simulação.

Depois de coletada as replicações em tempos de simulação sequenciais, deve-se determinar a média móvel dos dados, pois, segundo Morettin e Bussab (2010), a média é uma das principais ferramentas utilizadas em previsões de series temporais; é através dela que se torna possível identificar agrupamentos de pontos que caracterizam melhor o início do estado de regime permanente do sistema (MEDINA; CHWIF, 2007). A escolha do número de agrupamentos para a determinação da média modal é feita mediante o número de replicações escolhidas, ressalvado que um grupo é formado por mais de um elemento. A representação gráfica, Figura 18, das médias e médias modais mostra o momento em que o sistema passa de transitório para permanente; Observa-se que esse processo acontece no tempo de simulação 1100, sendo este o valor do tempo de aquecimento do sistema.

O tempo total de simulação é determinado, segundo Medina e Chwif (2007), como o tempo de aquecimento acrescido do tempo a ser simulado mais um intervalo de 1% de confiança sobre este valor, a fim de que se tenha certeza de que o resultado não tenha sido influenciado pelo tempo de aquecimento, o qual deverá ser desconsiderado nas análises finais.

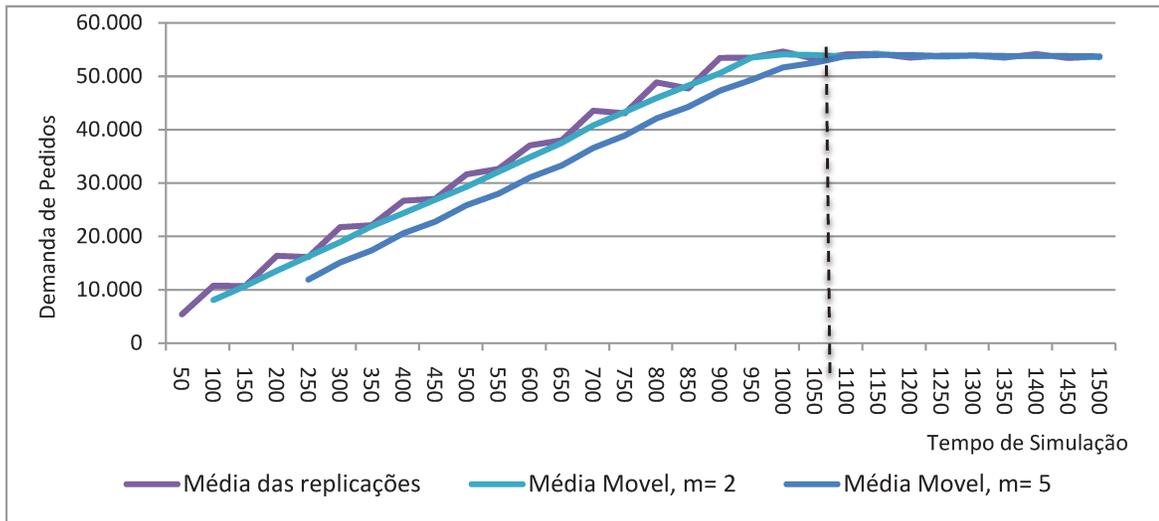


Figura 18 – Exemplo de análise gráfica do tempo de aquecimento de um simulador

Nesse estágio, o modelo apto a ser utilizado não sofrerá mais a influência das condições iniciais, alcançando, assim, o objetivo de um modelo de simulação: simular um sistema real em processo.

Portanto, o modelo já poderá ser rodado no simulador; contudo, como as entradas da simulação são processos aleatórios, em cada replicação realizada, o valor dos dados de saída também o serão (LAW; KELTON, 1991). E diante desse cenário percebe-se que seria inconclusivo a análise de uma única replicação de um modelo de simulação.

A determinação do número de replicações necessárias e suficientes é feita posteriormente à criação de um modelo piloto, com a quantidade de replicações que convir à pessoa responsável pelo processo de simulação. É através dessa amostra que será possível a construção do intervalo de confiança para a média obtida, que, segundo Devore (2006), pode ser construído através da equação (9) ou da equação (10):

(9)

Ou:

(10)

—

Onde:

;

—;

n é o número de cenários;

Caso a precisão encontrada (h) tenha sido maior do que a estabelecida como mínima (h*), deve-se aumentar o número de replicações, cujo valor é encontrado através da equação (11):

(11)

—

Onde,

= é o intervalo de confiança;

Uma vez determinado o novo número de replicações n*, deve-se calcular uma nova precisão, e se este valor for menor que h*, a quantidade de cenários estabelecida por n* será suficiente. Em um segundo momento, será feita a análise de sensibilidade dos cenários através da matriz de avaliação, para que se possa chegar ao objetivo final do presente trabalho.

4 APLICAÇÃO

4. APLICAÇÃO

Este capítulo tem como principal objetivo testar a aplicabilidade da pesquisa e discutir seus resultados. Para a aplicação prática, utilizou-se a cadeia de suprimentos do mercado de flores e plantas, mais especificamente, o Veiling Holambra, localizado na cidade de Holambra, estado de São Paulo.

A fim de manter a confiabilidade e o sigilo dos dados, alguns deles foram descaracterizados ou alterados quando apresentados; contudo, esse procedimento não foi realizado durante a modelagem computacional.

A seguir serão apresentadas as etapas de desenvolvimento e os resultados do procedimento proposto.

4.1 O VEILING HOLAMBRA

Localizado no município de Holambra, no Estado de São Paulo, a aproximadamente 41 quilômetros da cidade de Campinas, o centro de distribuição Veiling Holambra é um dos principais centros de comercialização de flores e plantas no Brasil; atualmente, é o maior da América, sendo responsável por 45% do mercado nacional. Nele está concentrada a produção de cerca de 200 fornecedores da macrorregião de Holambra e de outras regiões, o que garante fornecimento de flores e plantas para clientes localizados em todo país.

O município tornou-se uma cidade turística, sendo conhecida pelo nome de Cidade das Flores; seu grande atrativo está no fato de haver ali oportunidade de se conhecer a produção, a comercialização, novas tendências e técnicas, degustação de alimentos baseados em flores e plantas etc.

A produção da cidade, a princípio, era baseada em pequenas culturas não voltadas à comercialização. A mudança de foco foi ocasionada pelos imigrantes holandeses que se instalaram em Holambra, e ali introduziram técnicas e experiências. Afinal, as técnicas utilizadas na Holanda são conhecidas até os dias atuais como as melhores para o plantio e comercialização de flores e plantas.

Com o tempo, o município foi ganhando notoriedade no mercado, e, com o intuito de facilitar a comercialização, criou-se o Centro de Distribuição *Veiling* Holambra. O trabalho do *Veiling* ocorre sob a forma de cooperativa; sua área total é de 80 hectares e uma de suas principais vantagens está em sua localização, com acesso às principais rodovias.

O *Veiling* possui toda infraestrutura necessária para a conservação e prevenção de danos a que seus produtos possam estar sujeitos durante a distribuição. Para a conservação, existe uma área climatizada de 65 mil m² e 46 mil m² de câmaras frias. Para o acondicionamento, existem embalagens *multiways*, e os produtos devem ser entregues pelos produtores aos clientes por meio dessas embalagens. O procedimento de entrega é padronizado, portanto, os produtos fora do padrão não são recebidos.

O Centro de Distribuição possui também mão de obra qualificada operando nos principais setores, tais como:

- Serralheria: esse setor é responsável pela inspeção de acessórios, qualidade e manutenção;
- Central de Atendimento: é o setor de *Call Center*, responsável por toda comercialização;
- Logística: é o setor responsável pelo gerenciamento da logística;
- Financeiro: é o setor responsável por toda parte financeira e pelas compras;
- Klok: é o setor responsável pelos leilões;

A comercialização, por sua vez, acontece de duas maneiras:

- 1) **Klok**: é um sistema de leilão holandês. Estima-se que 35% das vendas venham desse segmento, cujo nome decorre da palavra em inglês *clock*. O sistema é baseado em três grandes relógios que estipulam o tempo de leilão: o primeiro destina-se à venda de plantas em vaso, o terceiro às plantas de corte e o do meio é um *mix*, ora plantas em vaso ora plantas de corte. O processo é dinâmico e rápido, pois acontece no tempo máximo de 30 segundos e, em média, os lotes são vendidos em 1,8 segundos. Ele funciona de forma reversa, ou seja, do preço máximo para o mínimo, e ganha o lote leiloado o cliente que acionar primeiramente o botão do leilão. As compras são feitas por um cartão próprio do *Veiling*. A equipe de compradores pode ser formada por no máximo quatro pessoas. Caso o comprador não tenha adquirido todos os produtos

necessários, poderá terminar sua compra através da intermediação, outra forma de comercialização que será descrita em seguida.

- 2) **Intermediação:** estima-se que 65% das vendas sejam realizadas nesse segmento. São as vendas pré-determinadas ou pré-negociadas. O setor responsável pela venda e comercialização é a central de atendimento, o *call center*, que conta com profissionais especializados e responsáveis por receberem os pedidos via telefone ou via internet.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS VEILING HOLAMBRA

O Centro de Distribuição *Veiling* Holambra se caracteriza como a empresa central em uma cadeia de suprimentos e responsável pela sincronização de todo o processo da cadeia, pois, a montante, encontram-se os responsáveis pelo fornecimento do produto, ou seja, os produtores, que, se cooperados ao *Veiling*, tornam-se gestores indiretos dessa cadeia. E a jusante encontram-se seus clientes, destinatários do produto final.

Por se tratar de um produto perecível e muito sensível, o acondicionamento deve ser feito de forma a evitar qualquer possível dano, principalmente em relação à logística de distribuição. Seguindo os parâmetros holandeses, as flores e as plantas entram no *Veiling* sempre acondicionadas em embalagens adequadas e padronizadas do tipo *multiway*.

O processo de intermediação, por ter a maior e a mais sazonal demanda, foi o escolhido para a modelagem. Como visto no item 4.1, na comercialização por intermediação, os pedidos são feitos via internet ou *call center* diretamente na central de atendimento, localizada nas dependências do *Veiling*. Ao receber um pedido, o produtor é avisado imediatamente através de um software de comunicação *online*, para que ele confirme ou não a montagem do pedido. O tempo desse processo é de aproximadamente 30 minutos. Caso não haja confirmação por parte do produtor, no modelo que será simulado, esse pedido será considerado como perdido, visto que, pelo fato de o produto ser perecível, um alto *lead time* de espera de confirmação é inaceitável.

Caso haja a confirmação da montagem do pedido, o produtor obrigatoriamente deve retirar do *Veiling* a embalagem que acondicionará o produto final, que, ao ser finalizado, é enviado à área de expedição para uma breve conferência, a fim de se detectar inconsistências

entre o pedido feito e o pedido montado. O pedido, após a conferência, é enviado ao cliente que o solicitou. Depois de descarregado em seu destino final, é de inteira responsabilidade do cliente o retorno da embalagem que acondicionou seu pedido mediante prazo máximo de 10 dias. O fluxograma dessa cadeia é apresentado na Figura 19, a seguir.

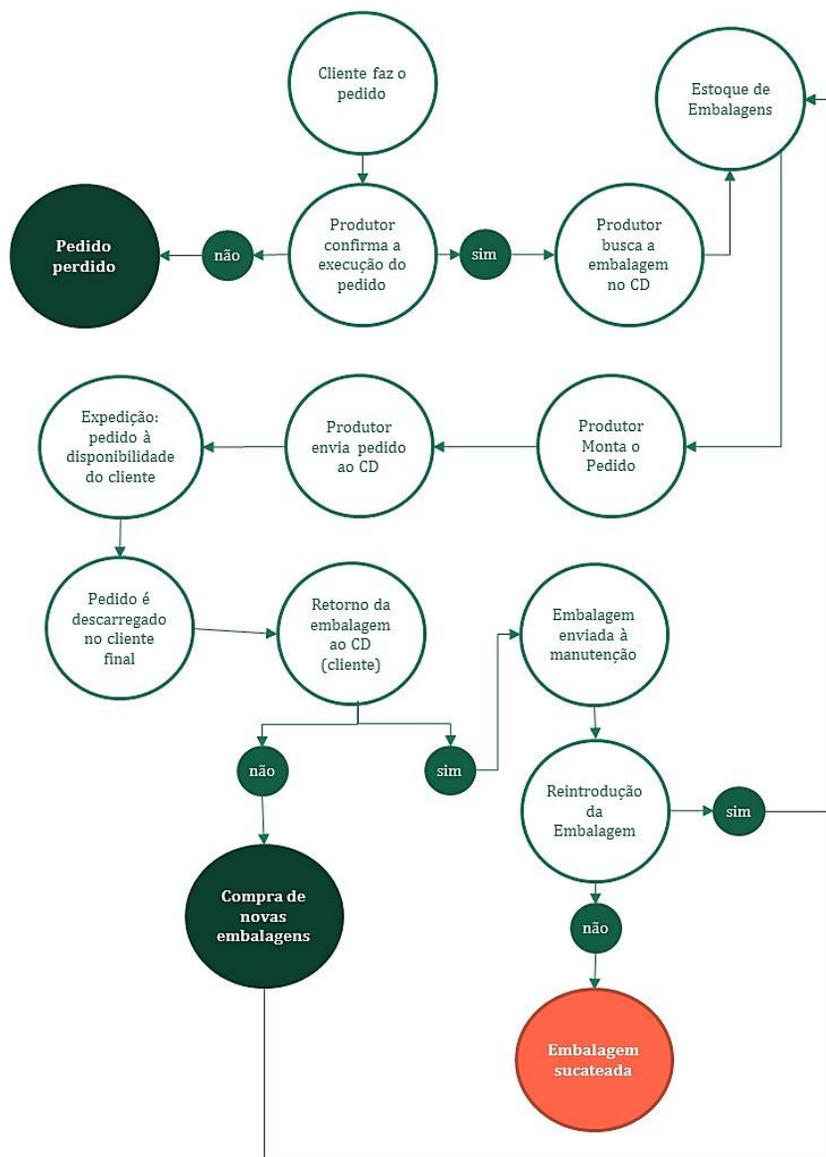


Figura 19 – Caracterização do processo de Intermediação

Diante desse cenário, percebe-se que as embalagens são, pela logística reversa, as motivadoras dessa cadeia, que acontece em dois momentos: quando a embalagem retorna do

produtor e quando a embalagem retorna do cliente. Porém, é após o retorno do cliente que a embalagem é reintroduzida novamente à cadeia, caracterizando, dessa forma, um ciclo fechado no processo de distribuição: logística direta (embalagem até o cliente) e logística reversa (embalagem retorna do cliente ao centro de distribuição). Tal ciclo caracteriza a cadeia como uma cadeia de suprimentos de laço fechado, como mostra a Figura 20, a seguir.

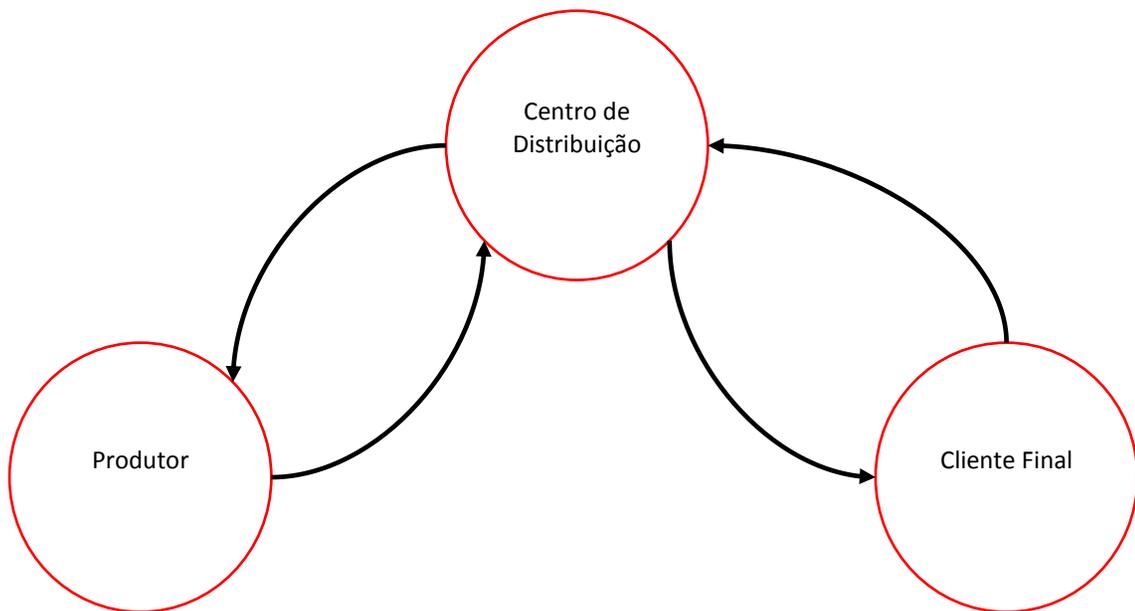


Figura 20 – Os ciclos encontrados na cadeia a ser modelada

O processo probabilístico dessa cadeia está em todo seu ciclo, como no retorno das embalagens – que é um processo obrigatório – e na possibilidade dela poder ou não ser reintroduzida novamente à cadeia. Para tanto, as embalagens devem passar por processos de reintrodução a fim de que voltem ao estado inicial. Dentre as possíveis etapas de reprocessamento que produtos retornados podem passar, na cadeia em questão destacam-se os seguintes:

- (1) Inspeção: feita pela área de manutenção para a verificação do estado da embalagem.
- (2) Recondicionamento: são as etapas de reparo e concerto feitas na manutenção.

(3) Descarte: caso as embalagens não possam ser recuperadas elas deverão ser descartadas.

Portanto, as embalagens não precisam ser substituídas, salvo os casos em que se perdem, quando não retornam do cliente ou sofrem alguma degradação com o tempo, tornando-se, por isso, inutilizáveis.

Existem alguns tipos de embalagens que armazenam as flores, tais como o porta vaso, porém, para o transporte desse tipo de embalagem é necessário a disponibilidade de carrinhos, conforme mostra a Figura 21. Esta é a embalagem com maior valor agregado, por ser necessário que seja resistente e por ser feita com material adequado a fim de se evitar danos ao produto durante o processo. Dessa maneira, escolheu-se a gestão dessa embalagem – os carrinhos de transporte – para o desenvolvimento do modelo de simulação.



Modelo	Dimensões do carrinho			Base		Divisórias		Colunas (4)	
	Altura (mm)	Largura (mm)	Comprimento (mm)	Peso (kg)	Capacidade Nominal (kg)	Peso (kg)	Capacidade Nominal (kg)	Altura (mm)	Peso (kg)
60121	1950	600	1210	14	350	9,80	50	1860	14,80
60135	1950	600	1350	19	400	10,50	50	1860	14,80
80135	1950	800	1350	22	600	12,70	120	1860	14,60

Figura 21 – Possíveis dimensões de embalagens *multiway* para flores e plantas ornamentais
Fonte: Novatech

A cadeia se caracteriza como ágil durante o processo de envio do pedido ao cliente, visto que se trata de um produto perecível. Também se caracteriza como uma cadeia eficiente durante o retorno da embalagem do cliente ao centro de distribuição, pois há um prazo durante o qual o cliente deve escolher o melhor tempo pra efetuar a devolução da embalagem, podendo este coincidir com o momento de retirada de um novo pedido, conforme mostra, a seguir, a Figura 22.

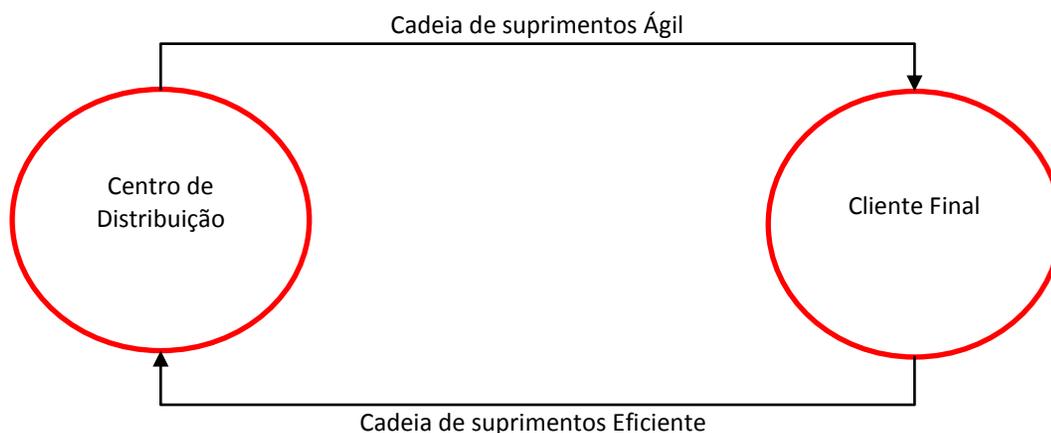


Figura 22 – Caracterização da cadeia de suprimentos de laço fechado

O estabelecimento de um número adequado de embalagens em estoque, nessa cadeia, vem da necessidade de garantir agilidade ao atendimento do pedido, caracterizado por possuir demanda aleatória de um produto que é perecível. Além disso, por ser uma embalagem específica para transporte, é constituída por materiais que a tornam resistente ao tempo e ao processo a que foram destinadas; dessa maneira, a produção desse tipo de embalagem não é um processo trivial e seu *lead time* de entrega é de pelo menos 60 dias, contados a partir do momento em que é solicitado o pedido.

A gestão do estoque das embalagens é feita pelos próprios gestores da logística que não utilizam nenhum dos clássicos modelos quantitativos encontrados na literatura. O modelo utilizado é baseado na projeção da maior demanda, ou seja, é esta que determina o tamanho do estoque anual, pois os gestores acreditam que, tendo embalagens suficientes para atender a maior demanda, as demais também serão atendidas, visto que serão menores. Dessa forma, o estoque anual encontrado nesse centro de distribuição será determinado pela maior demanda, que

acontecerá uma única vez no ano. Percebe-se que a manutenção de tal estoque acarreta alto custo, provocando perdas de embalagens por degradação ambiental, sem que ao menos tenham sido utilizadas.

4.3 COLETA E TRATAMENTO DE DADOS

Através do mapeamento da cadeia de suprimentos *Veiling*, foi possível identificar as entradas primordiais para o desenvolvimento do modelo a ser simulado. O Quadro 2, a seguir, apresenta as variáveis coletadas para o desenvolvimento do modelo.

Variável	Descrição	Unidade de Medida
	Demanda de embalagens	Unidades
	Total de embalagens disponível no centro de distribuição	Unidades
	<i>Lead time</i> de permanência da embalagem no produtor	Dias
	Embalagens não devolvidas pelo cliente	Unidade
	<i>Lead time</i> de espera da embalagem no CD	Dias
	Embalagens sucateadas	Unidades
	Tempo total gasto no processo de reintrodução das embalagens (Manutenção)	Dias
	Lead time permanência no cliente	Dias
	Nível de serviço	

Quadro 2 – Variáveis que serão usadas no processo de simulação

1º PASSO: COLETA DE DADOS QUANTITATIVOS

Todo conjunto de dados coletados originou-se de uma única fonte, o centro de distribuição *Veiling* Holambra. Para a demanda de embalagens, observaram-se os dados históricos referentes aos anos de 2009, 2010 e 2011, conforme mostra, a seguir, a Figura 23.

Fornecedores						
	Carrinhos Retirados			Carrinhos Devolvidos		
	2009	2010	2011	2009	2010	2011
Jan	55.287	59.227	65.341	54.100	58.482	65.501
Fev	49.785	53.338	59.665	48.027	51.994	59.878
Mar	62.101	66.743	64.701	64.353	67.963	64.959
Abr	72.498	79.248	84.627	67.335	74.546	79.245
Mai	70.278	71.595	70.192	74.367	75.652	76.021
Jun	56.074	58.810	61.998	57.170	59.424	61.990
Jul	59.214	65.320	67.288	58.403	64.583	67.327
Ago	68.851	74.458	81.824	69.314	74.286	80.515
Set	73.033	75.949	81.378	71.502	73.689	80.139
Out	82.933	88.586	95.181	82.801	87.388	95.233
Nov	81.082	83.829	89.866	81.142	80.246	89.105
Dez	63.011	75.998	83.888	63.013	77.013	86.697

Clientes						
	Carrinhos Retirados			Carrinhos Devolvidos		
	2009	2010	2011	2009	2010	2011
Jan	66.279	76.231	86.327	67.736	76.691	86.698
Fev	57.004	65.983	79.617	56.507	64.629	79.918
Mar	75.065	86.691	86.691	75.579	87.312	86.457
Abr	73.844	88.812	98.527	67.339	79.720	87.159
Mai	87.658	98.939	102.726	93.753	107.357	115.332
Jun	70.510	80.055	88.616	71.108	80.249	89.382
Jul	67.212	79.987	86.493	67.007	78.817	85.481
Ago	85.917	99.526	108.144	82.536	97.083	103.624
Set	83.125	95.517	109.832	84.534	97.483	113.704
Out	96.392	108.062	126.530	87.305	98.645	114.768
Nov	94.742	106.710	122.204	99.350	113.217	125.465
Dez	76.069	93.671	113.379	80.365	100.026	117.170

Figura 23 – Dados referentes à demanda

Os valores de *lead time* foram extraídos do banco de dados que armazena dados referentes à hora, dia e mês em que as embalagens são retiradas e devolvidas. Com esses dados coletados, foi possível a determinação das seguintes variáveis:

- *Lead time* de permanência da embalagem no produtor : é o tempo contabilizado entre o momento em que o produtor retira uma embalagem vazia do *Veiling* de Holambra e o momento em que a devolve contendo o pedido finalizado no mesmo local de que foi retirado.
- *Lead time* de espera da embalagem no CD : é o tempo contabilizado a partir do momento em que a embalagem é devolvida pelo produtor contendo o pedido final até o momento em que ela é retirada pelo cliente final. Esse processo acontece na área de expedição.
- *Lead time* de permanência no cliente : é o tempo contabilizado no momento em que a embalagem é retirada de *Veiling* pelo cliente final até o momento em que ela é devolvida por ele, na área de devolução.

Os dados referentes às embalagens não devolvidas pelo cliente e às embalagens sucateadas foram obtidos mediante médias utilizadas pelo *Veiling*. O nível de serviço e o tempo total gasto para a reintrodução das embalagens (foram obtidos mediante as metas

preestabelecidas. Por fim, o total disponível de embalagens foi fornecido pela área de logística, responsável pela gestão do estoque.

2º PASSO: TRATAMENTO DOS DADOS

- Demanda

Essa variável é o dado de entrada do programa, sendo, portanto, a responsável por iniciar o processo de simulação. Foram coletados 36 dados originários dos anos de 2009, 2010 e 2011; dados esses referentes à demanda mensal. Como os mesmos já vieram tabelados, não houve a necessidade de tabulá-los nem de organizá-los. A estatística descritiva desses dados foi feita através da ferramenta de análise de dados disponível no Excel, como mostra a Tabela 2, a seguir.

Tabela 2 – Estatística Descritiva da Demanda

<i>Estatística Descritiva</i>	
Média	70.922 pedidos
Erro padrão	1.895 pedidos
Mediana	70.235 pedidos
Moda	Amodal
Desvio padrão	11.368 pedidos
Variância da amostra	129.233.673 pedidos
Curtose	-0,78
Assimetria	0,18
Intervalo	45.396 pedidos
Mínimo	49.785 pedidos
Máximo	95.181 pedidos
Soma	2.553.197 pedidos
Contagem	Amostra composta por 36 dados
Nível de confiança (95,0%)	3.846

Por ser amodal, como mostra a estatística descritiva dos dados, a demanda nos 36 meses ali considerados nunca teve um valor que tenha se repetido; além disso, há uma grande diferença entre seu valor mínimo e seu valor máximo, o que permite concluir que se trata de uma demanda

sazonal. Essa afirmação pode ser feita mediante análise gráfica, apresentada na Figura 24, que também permite a afirmação de que os dados estão escritos em séries temporais, pelo fato de serem dados históricos sequenciais.

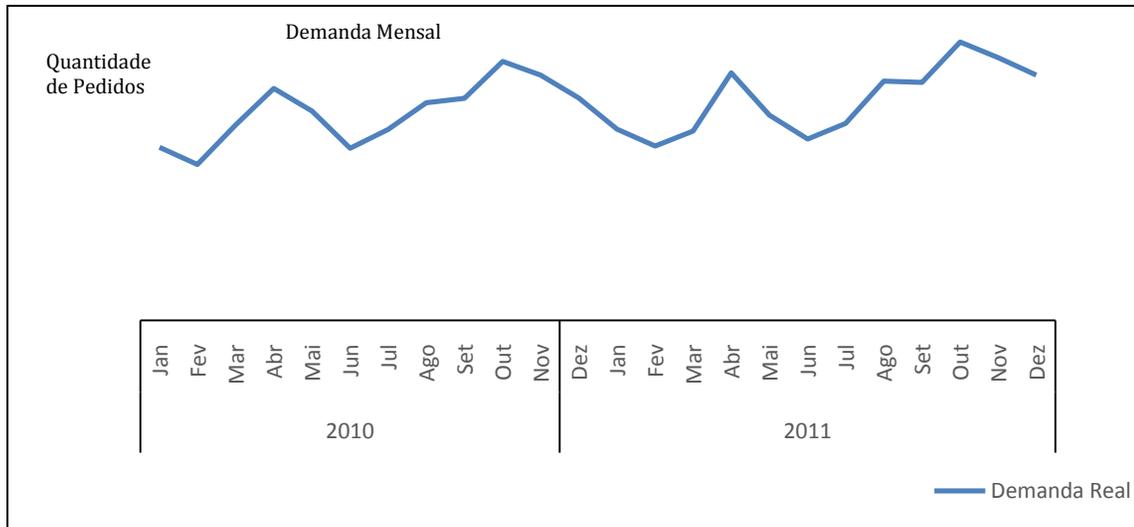


Figura 24 – Análise gráfica da demanda

Portanto, a sazonalidade da demanda deve ser considerada durante a projeção. Dessa forma, procurou-se na literatura modelos de projeção que levassem em conta a sazonalidade para determinarem o resultado final. Para comparação de resultados, foram escolhidos dois modelos de projeção, considerados mais adequados para o problema aqui descrito, a fim de que os resultados encontrados por esses modelos pudessem ser comparados.

O primeiro modelo escolhido é chamado por Ragsdale (2009) de Previsão de Séries Temporais com efeitos multiplicativos. Tais efeitos são as sazonalidades. Segundo o autor, esse modelo apresenta a equação descrita em (12):

Em que:

—
—

No primeiro modelo, os fatores multiplicativos são encontrados com a ajuda da programação linear, através da minimização da função objetivo.

O segundo modelo escolhido é o de projeção por tendência linear com índice de sazonalidade, em que o tempo é uma variável independente (RAGSDALE, 2009) descrito pela equação (13):

(13)

Onde:

Segundo ainda Ragsdale (2009), o índice de sazonalidade é responsável por determinar a porcentagem média entre os dados reais e os dados projetados, e esse valor, multiplicado à demanda encontrada pelo modelo de tendência linear, resulta na demanda projetada.

- *Lead time*

Os dados do *lead time* vieram exatamente da maneira que foram coletados do RFID, com as seguintes informações: número da embalagem, hora em que foi retirada ou devolvida, se a embalagem estava vazia ou não e quem a retirou e/ou devolveu. Para que esses dados pudessem ser usados em seus propósitos, eles foram primeiramente organizados e depois separados em “fornecedor”, “expedição” e “cliente”.

Os dados foram tabulados, para que pudessem ser organizados, da seguinte maneira:

1. Número da embalagem
2. Entrega vazio (momento em que a embalagem é retirada do CD pelo produtor)
3. Recebe cheio (momento em que a embalagem é devolvida ao CD acondicionando o pedido finalizado)
4. Entrega cheio (momento em que a embalagem é entregue ao cliente acondicionando o pedido finalizado)
5. Recebe vazio (momento em que a embalagem é devolvida ao CD depois do pedido ter sido descarregado pelo cliente)

Como as informações de tempo estavam em hora e minuto, com a ajuda de fórmulas do Excel, elas foram transformadas de acordo com a unidade de tempo usada no presente trabalho: dia. O tempo de permanência da embalagem no CD, aqui chamado de “processo de expedição”, foi encontrado através do cálculo da diferença entre o momento que a embalagem era devolvida pelo produtor e o momento em que ela era retirada pelo cliente. As informações de embalagens que possuíam apenas informações do produtor ou apenas do cliente foram eliminadas da análise. Depois de organizados, os 105 dados finais foram separados, conforme seguinte critério:

a) Lead time de permanência da embalagem no produtor

A estatística descritiva desses dados foi feita com a ajuda da ferramenta de análise do Excel, que forneceu a Tabela 3. A partir desta tabela, pode-se concluir que, em média, as embalagens permaneciam no produtor por 2 dias. No caso de produtores da região, algumas embalagens retornavam no mesmo dia; no caso de produtores localizados a maiores distâncias, a demora poderia ser de até 13 dias (valor máximo), ressalvado que esses casos foram verificados para os produtores de plantas, visto que as flores possuem menor tempo de vida.

b) Lead time de espera da embalagem no CD

A estatística descritiva desses dados foi feita com a ajuda da ferramenta de análise do Excel que forneceu a Tabela 4. A partir desta tabela, pode-se concluir que, em média, as embalagens permanecem metade de um dia no CD, pois muitas vezes o cliente já está à espera do pedido. O valor de espera máximo da embalagem no CD é de 3 dias, ressalvado também que se trataria, nesses casos, de pedidos de plantas, pelo mesmo motivo citado acima.

Tabela 3 – Estatística Descritiva do *lead time* de permanência do produtor

<i>Estatística Descritiva</i>	
Média	2,29 dias
Erro padrão	0,21 dias
Mediana	1,89 dias
Moda	0,94 dias
Desvio padrão	2,26 dias
Variância da amostra	5,14 dias
Curtose	7,73
Assimetria	2,28
Intervalo	13,08 dias
Mínimo	0,04 dias
Máximo	13 dias
Soma	247 dias
Contagem	Amostra composta por 105 dados
Nível de confiança (95,0%)	0,43

Tabela 4 – Estatística Descritiva do *lead time* de espera da embalagem no CD

<i>Estatística Descritiva</i>	
Média	0,45 dias
Erro padrão	0,083 dias
Mediana	0,036 dias
Modo	0,002 dias
Desvio padrão	0,852 dias
Variância da amostra	0,726 dias
Curtose	2,821
Assimetria	1,996
Intervalo	3,164 dias
Mínimo	0 dias
Máximo	3 dias
Soma	47 dias
Contagem	Amostra composta por 105 dados
Nível de confiança (95,0%)	0,164

c) *Lead time* de permanência do cliente

A estatística descritiva desses dados foi feita com a ajuda da ferramenta de análise do Excel que forneceu a Tabela 5. A partir desta tabela, pode-se concluir que, em média, as embalagens permanecem 3 dias com o cliente, com um tempo máximo de permanência de 20 dias. Nestes casos, a embalagem nem mesmo retornaria, pois o tempo máximo de entrega é de 10 dias e, passado esse tempo, a embalagem é tida como perdida e, automaticamente, o cliente recebe uma fatura referente à embalagem – é ele quem arca com a despesa de adquirir uma nova embalagem, caso não devolva alguma no tempo preestabelecido. Casos em que a permanência é de até 1 dia correspondem a clientes que já possuem as embalagens para transporte e apenas efetuam a troca de embalagem ainda dentro do CD, antes de serem transportadas.

Tabela 5 – Estatística Descritiva do *lead time* de permanência do cliente

<i>Estatística Descritiva</i>	
Média	3,72 dias
Erro padrão	0,43 dias
Mediana	1,89 dias
Moda	Amodal
Desvio padrão	4,43 dias
Variância da amostra	19,69 dias
Curtose	3,40
Assimetria	1,83
Intervalo	20 dias
Mínimo	0 dias
Máximo	20 dias
Soma	391 dias
Contagem	Amostra composta por 105 dados
Nível de confiança (95,0%)	0,86

3° e 4° PASSOS: VERIFICAÇÃO DOS DADOS E INFERÊNCIA ESTATÍSTICA

Estas etapas visam, além da verificação dos dados, à validação da escolha da distribuição de probabilidade. Para tanto, utilizou-se o *software* de inteligência analítica, chamado SAS, que oferece um conjunto de processos, modelos e tecnologias que auxiliam diversas análises com bancos de dados complexos. O SAS – *Statistical Analysis System* – é um software de inteligência analítica não livre, utilizado para realizar análises em bancos de dados complexos, pois possibilita a transformação de dados em informações estratégicas.

O *software* possui uma ferramenta de estatística descritiva, com a qual é possível encontrar a curva de frequência e estabelecer a distribuição de frequência para os modelos Normal, Exponencial, Logarítmico, Poisson, Binomial e Uniforme. O teste de hipótese das distribuições de probabilidade foi fornecido também pela ferramenta estatística SAS, através dos Testes: (1) Kalmogorov-Smirnov, (2) Anderson-Darling e (3) Cramer-von Mises. E, por esse motivo, as etapas foram feitas em um mesmo momento.

- Demanda

Para a verificação e escolha da melhor projeção da demanda, os dados projetados e a demanda real foram representados graficamente, a fim de se verificar as diferenças ambos, como mostra a Figura 25. A análise desta figura permitiu identificar que a projeção por Séries Temporais possui um erro muito superior à demanda projetada pelo modelo de Tendência Linear com sazonalidade, a qual, em alguns períodos, apresentou erro praticamente inexistente ou muito pequeno. Portanto, a demanda escolhida foi a projetada por Tendência Linear.

A análise gráfica da projeção definida e sua tendência linear, apresentada na Figura 26, levou à conclusão de que três possíveis cenários poderiam ser simulados:

- 1) Cenário Mediano: são as projeções que se encontram bem próximas da média como nos meses de Abril, Agosto, Setembro e Dezembro, cujas demandas se situam no intervalo [89.046; 91.310].
- 2) Cenário acima da média (altos picos): são as projeções que se encontram acima da média, como nos meses de Maio, Outubro e Novembro, cujas demandas se situam no intervalo [91.311; 105.937].

- 3) Cenário abaixo da média: são as projeções que se encontram abaixo da média, como nos meses de Janeiro, Fevereiro, Março, Junho e Julho, cujas demandas se situam no intervalo [64.482; 89.045].

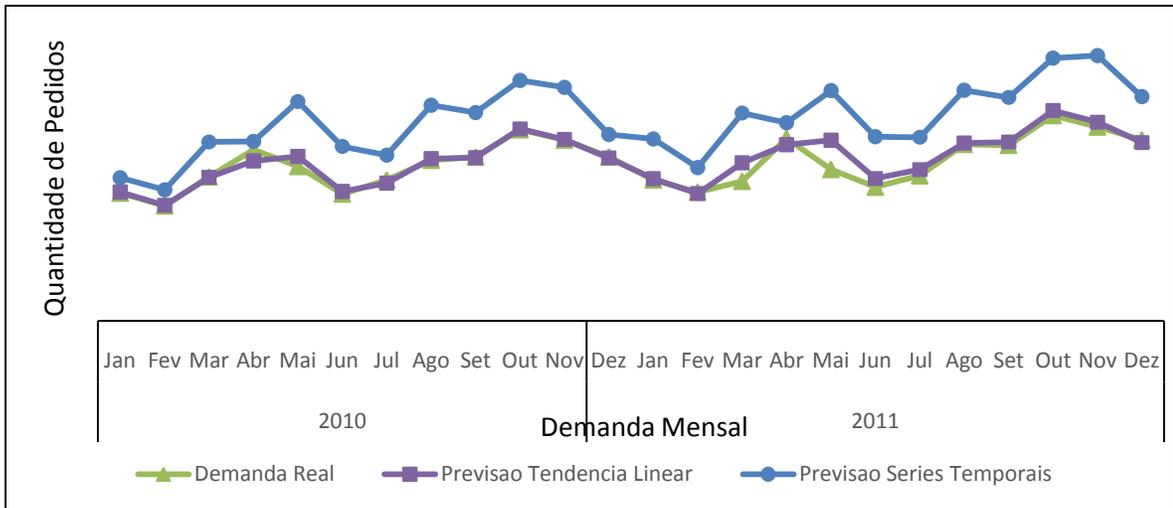


Figura 25 – Demanda projetada vs. Demanda real

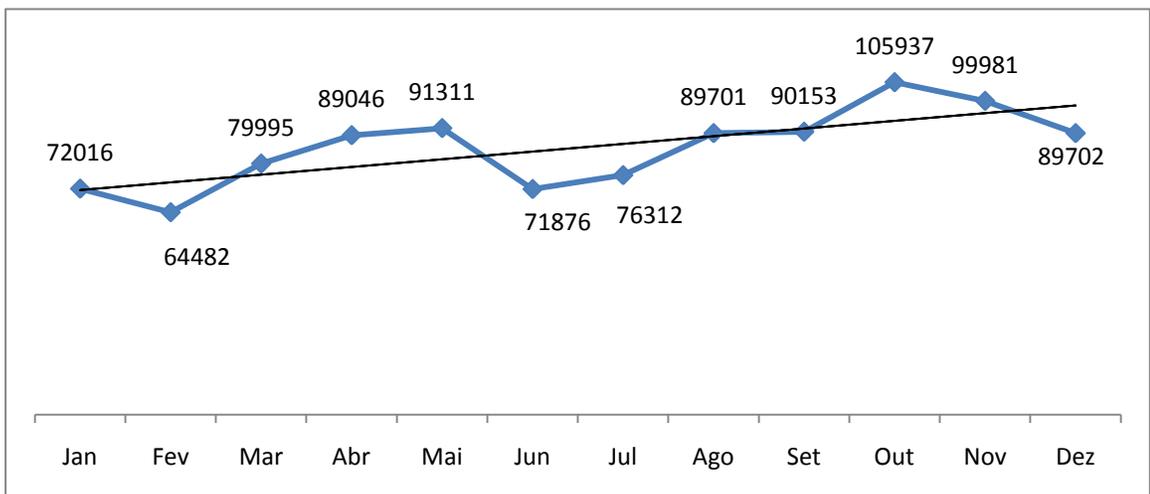


Figura 26 – Projeção da demanda

Diante dos cenários propostos, espera-se que o simulador gere números aleatórios que estejam no intervalo do cenário escolhido, caracterizando, dessa maneira, a distribuição de probabilidade uniforme.

- *Lead time*

Para a verificação da consistência dos dados do *lead time*, utilizou-se o gráfico *Box Plot*, apresentado na Figura 27. Este gráfico é formado pelo primeiro e terceiro quartil e pela mediana dos dados, o que permite estudar a simetria das distribuições e detectar os *outliers*, que são pontos discrepantes dos demais. Os dados discrepantes podem afetar a variância aleatória existente no processo, implicando presença ou ausência de correlação espacial (KAZMIER, 2007).

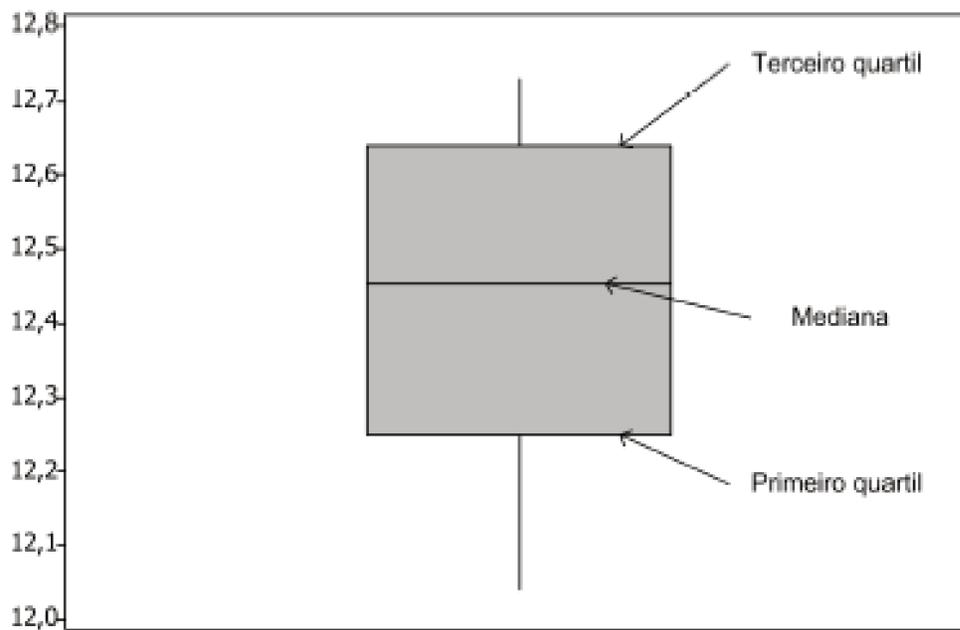


Figura 27 – Gráfico *Box Plot*

a) *Lead time* de permanência no produtor

Com a ajuda do gráfico *Box Plot*, foi possível verificar se existiam dados inconsistentes dessa variável para que os mesmos pudessem ser excluídos. Logo após essa verificação, com a ajuda da ferramenta de análise de dados do Excel, foi possível observar como se deu as distribuições de frequências e as distribuições acumuladas dos dados, para, por último, desenhar o histograma, conforme mostra a Figura 28.

<i>Bloco</i>	<i>Frequência</i>	<i>% cumulativo</i>	<i>Bloco</i>	<i>Frequência</i>	<i>% cumulativo</i>
0	1	0,95%	1	29	27,62%
1	20	20,00%	1	20	46,67%
1	29	47,62%	2	13	59,05%
2	13	60,00%	3	13	71,43%
3	13	72,38%	4	10	80,95%
4	10	81,90%	6	7	87,62%
4	4	85,71%	6	5	92,38%
5	2	87,62%	4	4	96,19%
6	7	94,29%	5	2	98,10%
6	5	99,05%	0	1	99,05%
Mais	1	100,00%	Mais	1	100,00%

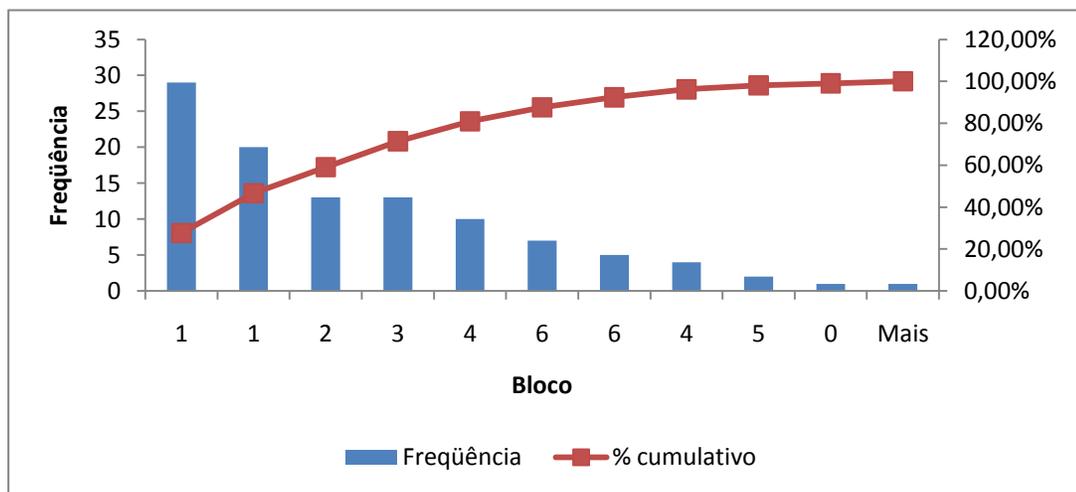


Figura 28 – Análise de frequência e histograma do *lead time* de permanência no produtor

Ao analisar o histograma e suas frequências, percebeu-se que os dados agrupados dessa maneira não mostrariam a realidade, visto que existe um grupo com maior frequência de 1 até 4 dias, e outro de menor frequência em intervalos superiores a esse. Dessa maneira, seria necessário agrupar os dados em intervalos coerentes.

Tal processo é feito por agrupamento de dados ou análise de *clusters*, que, em estatística, é uma forma de análise de agrupamento por meio do qual os dados similares são agrupados em um mesmo *cluster*, seguindo alguns critérios (BUSSAB; MORETTIN, 2012). Visto que a estatística descritiva e as frequências dos dados já haviam sido calculadas, determinou-se que os dados seriam agrupados em intervalos de classe. Para a determinação dos números de classes que os dados teriam, utilizou-se a Fórmula de Sturges, descrita na equação (14):

$$(14)$$

Onde n é o número total de amostras. Portanto, obteve-se 4 intervalos de classe, aqui chamados de *cluster*, como pode ser visto na Tabela 6.

Tabela 6 – *Cluster do lead time de permanência no produtor*

<i>Cluster</i>	<i>Limite das Classes</i>		<i>Qtd de Pedidos</i>	<i>Frequência</i>
	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>		
1° Classe	0	2	54	51%
2° Classe	2	4	33	31%
3° Classe	4	5	13	12%
4° Classe	5	7	6	6%

De forma resumida:

Cluster_produto_1: [0, 2]

Cluster_produto_2: [2, 4]

Cluster_produto_3: [4,5]

Cluster_produto_4: [5,7]

Diante dos *clusters* definidos, espera-se que o simulador gere valores aleatórios de *lead time*, porém, nos intervalos específicos, caracterizando, dessa maneira, a distribuição de probabilidade uniforme.

b) *Lead time* de espera da embalagem no CD

Com a ajuda do gráfico *Box Plot*, foi possível verificar se existiam dados inconsistentes dessa variável para que os mesmos pudessem ser excluídos. Logo após essa verificação, com a ajuda da ferramenta de análise de dados do Excel, foi possível observar as distribuições de frequências e as distribuições acumuladas, para, por último, desenhar o histograma, conforme Figura 29, a seguir.

Bloco	Frequência	% cumulativo	Bloco	Frequência	% cumulativo
0	1	0,94%	0	79	74,53%
0	79	75,47%	1	8	82,08%
1	0	75,47%	Mais	5	86,79%
1	8	83,02%	2	4	90,57%
1	3	85,85%	2	4	94,34%
2	0	85,85%	1	3	97,17%
2	4	89,62%	0	1	98,11%
2	4	93,40%	3	1	99,06%
3	1	94,34%	3	1	100,00%
3	1	95,28%	1	0	100,00%
Mais	5	100,00%	2	0	100,00%

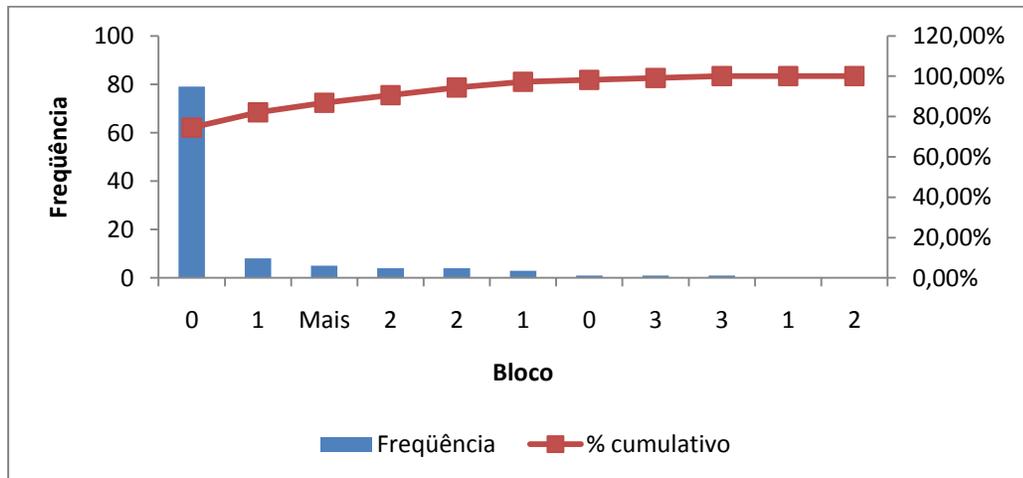


Figura 29 – Análise de frequência e histograma do *lead time* de espera no CD

Embora o intervalo dos dados dessa variável seja pequeno, de 0 a 2 dias, entendeu-se que agrupá-los em *clusters* seria adequado, pois, dessa forma, os dados com frequência relativamente

baixa não seriam influenciados durante a simulação pelos dados com frequência alta. Visto que a estatística descritiva e as frequências dos dados já haviam sido calculadas, determinou-se que os dados seriam agrupados em intervalos de classe. Para a determinação do número de classes que os dados teriam, utilizou-se a Fórmula de Sturges, representada pela equação (14). Nesta equação, conforme mostrado acima, n é o número total de amostras. Com isso, obteve-se 2 intervalos de classe chamados de *cluster*, como pode ser visto da Tabela 7, a seguir.

Tabela 7 - *Cluster do lead time* de permanência da embalagem no CD

<i>Cluster</i>	<i>Limite das Classes</i>		<i>qtde de Pedidos</i>	<i>Frequência</i>	<i>Frequência acumulada</i>
	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>			
1° Classe	0	1	93	85%	85,3%
2° Classe	2	3	16	15%	100,0%

De forma resumida:

Cluster_expedição_1: [0, 1]

Cluster_expedição_2: [1,2]

Diante dos *clusters* assim definidos, espera-se que o simulador gere valores de *lead time* aleatórios durante o processo de espera das embalagens no centro de distribuição, porém, nesses intervalos específicos, caracterizando, dessa maneira, a distribuição de probabilidade uniforme.

c) *Lead time* de permanência do cliente

Com a ajuda do gráfico *Box Plot*, foi possível verificar se existiam dados inconsistentes dessa variável para que os mesmos pudessem ser excluídos. Logo após essa verificação, com a ajuda da ferramenta de análise de dados do Excel, foi possível observar as distribuições de frequências e as distribuições acumuladas, para, por fim, desenhar o histograma, conforme Figura 30, a seguir.

Bloco	Frequência	% cumulativo	Bloco	Frequência	% cumulativo
0	1	1,01%	1	44	44,44%
1	44	45,45%	2	15	59,60%
2	15	60,61%	3	7	66,67%
3	7	67,68%	4	7	73,74%
4	7	74,75%	6	6	79,80%
6	6	80,81%	9	6	85,86%
7	3	83,84%	8	5	90,91%
8	5	88,89%	Mais	5	95,96%
9	6	94,95%	7	3	98,99%
Mais	5	100,00%	0	1	100,00%

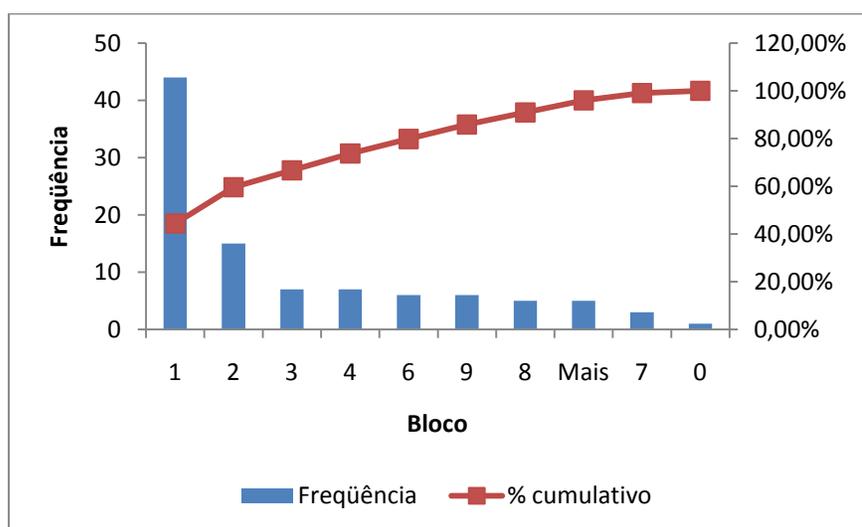


Figura 30 – Análise de frequência e histograma do lead time de permanência no cliente

Ao analisar o histograma e suas frequências, percebeu-se que alguns dados possuíam características semelhantes e, se comparados a outros, apresentavam características discrepantes; dessa forma, seria incoerente deixá-los agrupados. Para melhor agrupamento desses dados, optou-se por fazê-lo em *clusters*. Antes de determinar a quantidade de intervalos de classes necessários, fez-se, através da média de embalagens perdidas, a estimativa para os casos em que a embalagem não retornaria em até 10 dias, tendo como resultado frequência de 0,2% dos casos, pois esses dados haviam sido excluídos por inconsistência. Visto que a estatística descritiva e as

frequências dos dados já haviam sido calculadas, determinou-se que os dados seriam agrupados em intervalos de classe, levando-se em conta a frequência das embalagens que não retornariam.

Para a determinação do número de classes que os dados teriam, utilizou-se a Fórmula de Sturges apresentada na equação (14), apresentada anteriormente, em que n é o número total de amostras. Obteve-se, dessa forma, 3 intervalos de classe mais o intervalo de perda de embalagens, todos chamados de *cluster*, como pode ser visto da Tabela 8, a seguir.

Tabela 8 – *Cluster* do *lead time* de permanência no cliente

<i>Cluster</i>	<i>Limite das Classes</i>		<i>qtde de Pedidos</i>	<i>Frequência</i>	<i>Frequência acumulada</i>
	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>			
1° Classe	0	3	69	65,1%	65,1%
2° Classe	3	6	19	17,9%	83,0%
3° Classe	6	10	18	16,8%	99,8%
4° Classe	11	30	0	0,2%	100,0%

De forma resumida:

Cluster_cliente_1: [0, 3]

Cluster_cliente_2: [3, 6]

Cluster_cliente_3: [6,10]

Cluster_cliente_4: [11, 30]

Diante dos *clusters* definidos, espera-se que o simulador gere valores de *lead time* aleatórios durante o processo de entrega de embalagens pelo cliente, porém, nesses intervalos específicos, caracterizando, dessa maneira, a distribuição de probabilidade uniforme.

4.4 MODELO COMPUTACIONAL

O modelo computacional foi elaborado a partir do modelo conceitual, representado pela Figura 31.

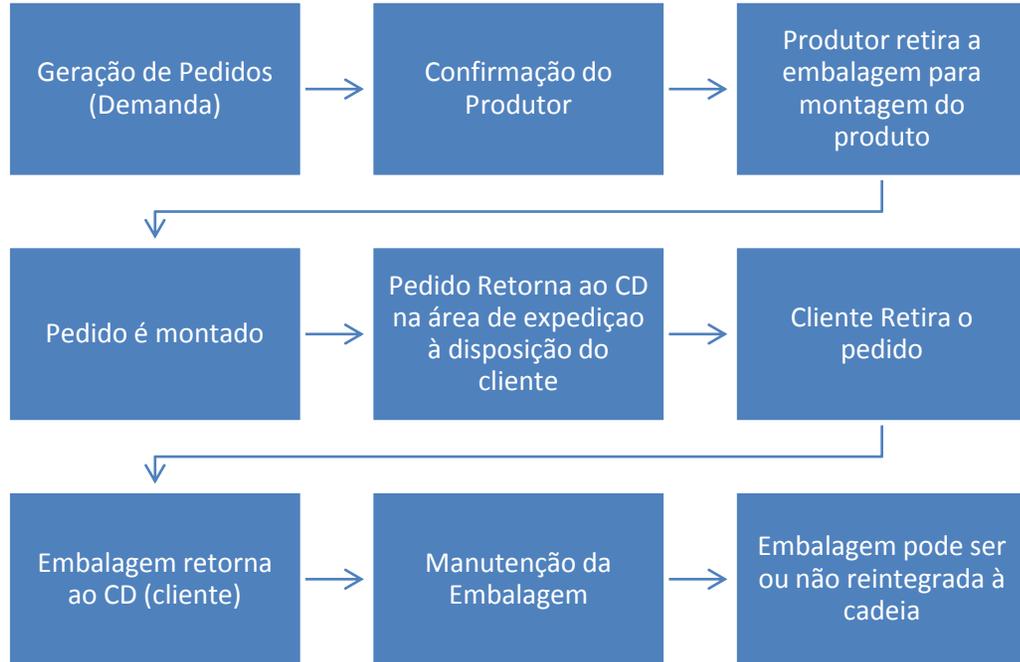


Figura 31 – Representação do Modelo Conceitual

Conforme mostra a Figura 31, a geração de pedidos, representada pela demanda, é a porta de entrada das entidades no modelo de simulação. Por representarem as embalagens, tornam-se as entidades do modelo de simulação. São geradas no simulador através de taxas, funções de probabilidades, médias, entre outras funções estatísticas. Para esse modelo, projetou-se a demanda mensal de embalagens, que segue uma distribuição uniforme, conforme discutido no tópico 4.3.

O processo de confirmação do pedido é feito pelo símbolo de simulação do A-SIM, chamado de “decisor”, que possui dois elementos de seleção: (1) uma fila chamada “montagem”, e (2) um finalizador chamado de “pedidos não confirmados”. A decisão é feita mediante a probabilidade da seleção entre montagem e pedidos não confirmados ocorrer baseada em dados históricos de pedidos não confirmados.

Logo após a confirmação do pedido feito pelo produtor, este deve ir até o centro de distribuição buscar as embalagens que servirão de armazenamento dos pedidos finalizados. Esse processo é feito pelo símbolo responsável por agrupar entidades, chamado de “agrupador” pelo

simulador e de “pedidos atendidos” no modelo desenvolvido. A agregação das entidades é feita através das filas (1) montagem (pedidos confirmados) e (2) estoque (embalagens disponíveis em estoque). É nesse processo, que será avaliado se a quantidade de embalagens em estoque será suficiente para atender aos pedidos confirmados, pois o agrupador recebe exatamente a mesma quantidade de entidades de cada fila. Por exemplo, caso a fila de montagem tenha mais entidades que a fila de estoque, aquela disponibilizará para o agrupador apenas a quantidade de entidades que houver na fila de estoque; dessa maneira, pedidos ficarão pendentes na fila de montagem. Por outro lado, pode haver momentos em que haverá embalagem disponível sem que haja pedido a ser montado. Neste caso, a fila de embalagens é diferente de zero e a fila de pedidos é vazia.

A Figura 32, a seguir, representa o modelo computacional do processo de geração de pedidos – entidades – até o momento em que são passadas ao produtor, processo esse descrito acima.

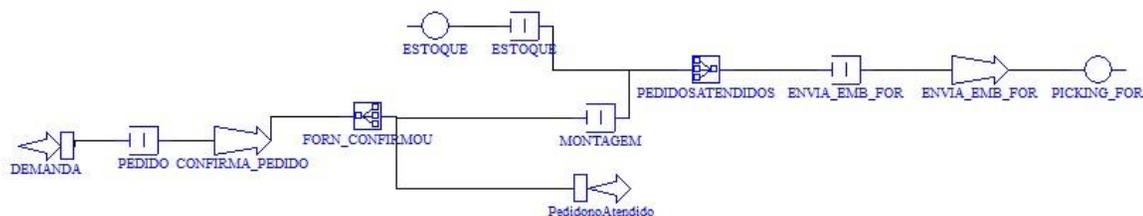


Figura 32 – Modelo formado pelos processos *monta pedido*, *confirma pedido* e *retirada de embalagens* feita pelo produtor

O processo de montagem é feito pelo símbolo decisor, caracterizado por quatro elementos de decisão que são representados por uma ação de escolha: (1) *LT_Monta_pedido_1* (*Cluster 1*), (2) *LT_Monta_pedido_2* (*Cluster 2*), (3) *LT_Monta_pedido_3* (*Cluster 3*) e (4) *LT_Monta_pedido_4* (*Cluster 4*). A condição de escolha do decisor é determinada por uma função de probabilidade baseada em históricos de tempo de demora da montagem do pedido.

A expedição é iniciada após o recebimento das entidades fornecidas pelo processo de montagem dos pedidos, ou seja, essas entidades representam os pedidos finalizados que chegam ao centro de distribuição, tendo sido enviados pelo produtor e acondicionados nas embalagens corretas. O processo de expedição é caracterizado por um decisor que possui duas ações que

representam seus elementos de seleção: (1) Expedição_1 (*Cluster* 1) e (2) Expedição_2 (*Cluster* 2). A condição de escolha entre duas possíveis ações é baseada em função da probabilidade encontrada nas observações históricas. A Figura 33, a seguir, representa o modelo computacional do processo de montagem do pedido até o processo de sua expedição.

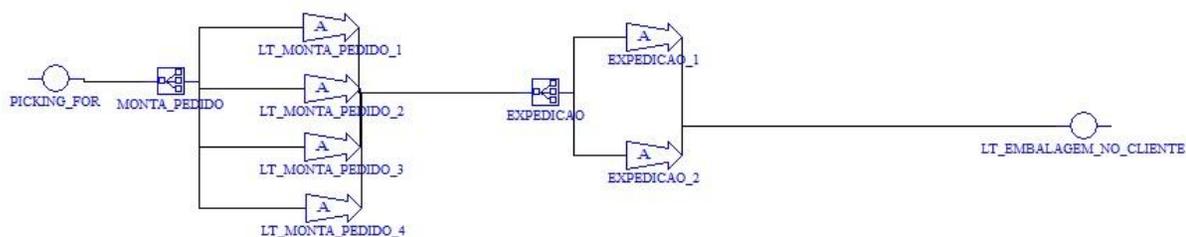


Figura 33 – Modelo formado pelos processos *monta pedido* e *pedido retorna ao CD na expedição à disposição do cliente*

Após o pedido ser descarregado no cliente, as embalagens devem ser devolvidas ao centro de distribuição, e tal processo é representado pelo decisor com o nome de “devolução_embalagem”. O decisor possui quatro elementos de decisão, dentre os quais três são representados por uma ação – (1) Devolução_1 (*Cluster* 1), Devolução_2 (*Cluster* 2) e Devolução_3 (*Cluster* 3) – e um é representado pelo símbolo finalizador chamado “embalagens não devolvidas”. Para essas decisões, segue-se uma função de probabilidade baseada em dados históricos de embalagens não devolvidas e em embalagens devolvidas pelo cliente.

As embalagens são devolvidas diretamente na área de inspeção, o que é representado no modelo pela ação chamada “manutenção”. Durante essa ação, ocorrem os processos de reintrodução, necessários para que as embalagens possam ser disponibilizadas para novo uso. O tempo de duração das entidades nesta ação foi estipulado mediante a análise de históricos e, além disso, segue distribuição uniforme com intervalo mínimo de 1 dia e máximo de 3 dias.

O símbolo chamado no modelo de “embalagens aptas” é um decisor que possui dois elementos de seleção: (1) uma ação chamada “retorna ao estoque” e (2) um finalizador chamado “sucateio”. É nessa etapa que se decidirá se as entidades (embalagens) poderão voltar ao estoque

ou serão sucateadas. Tal decisão é baseada em uma função de probabilidade modelada através dos dados históricos fornecidos pela manutenção.

A ação *retorna ao estoque* representa o processo de reintrodução da embalagem no estoque. Tal processo possui um rótulo chamado “estoque”, responsável por fazer desse modelo um ciclo fechado, pois é quem liga a ação: retorna estoque à fila: estoque.

A Figura 34, a seguir, representa o modelo do processo de devolução da embalagem até o momento em que ela retorna ao estoque ou é sucateada por inaptidão.

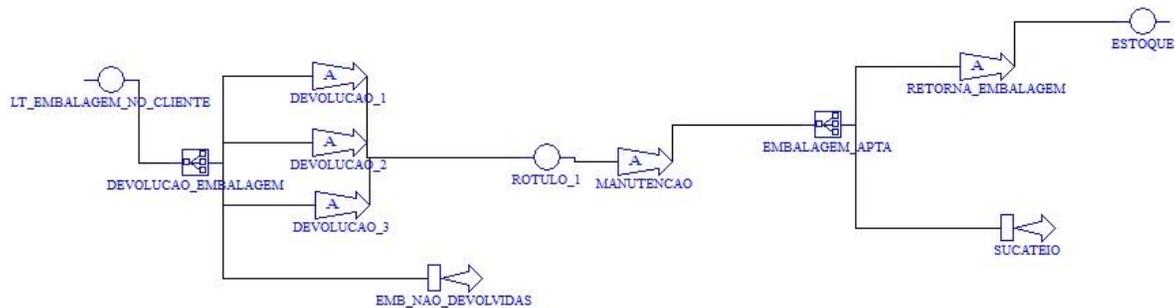


Figura 34 – Modelo de devolução de embalagem

Portanto, o modelo computacional da cadeia de suprimentos de laço fechado, por meio do qual se deu a aplicação deste trabalho, é composto pelos seguintes elementos:

- ✓ Demanda
- ✓ Confirmação de Pedidos
- ✓ Pedidos não confirmados
- ✓ Montagem
- ✓ Embalagem enviada ao fornecedor
- ✓ Montagem do Pedido
- ✓ *Lead time* de montagem do pedido – *Cluster 1* (produtor)
- ✓ *Lead time* de montagem do pedido – *Cluster 2* (produtor)
- ✓ *Lead time* de montagem do pedido – *Cluster 3* (produtor)
- ✓ *Lead time* de montagem do pedido – *Cluster 4* (produtor)

- ✓ Expedição
- ✓ Expedição 1 – *Cluster 1* (tempo de espera no Centro de Distribuição)
- ✓ Expedição 2 – *Cluster 2* (tempo de espera no Centro de Distribuição)
- ✓ Devolução das embalagens
- ✓ Devolução 1 – *Cluster 1* (cliente)
- ✓ Devolução 2 – *Cluster 2* (cliente)
- ✓ Devolução 3 – *Cluster 3* (cliente)
- ✓ Embalagens não devolvidas
- ✓ Manutenção
- ✓ Embalagem apta
- ✓ Sucateio
- ✓ Retorna ao estoque
- ✓ Estoque

A Figura 35 ilustra o modelo computacional, formado pelos modelos das Figuras 32, 33 e 24 e desenvolvido com o auxílio do software A-SIM.

Após a construção do modelo computacional a ser utilizado, é necessário que se faça sua verificação e validação, visando obter garantia de que o sistema modelado condiz com o modelo real. Diante das possíveis técnicas de verificação e validação, algumas discutidas no item 3.3, optou-se pela *implementação modular*, para a verificação, e *técnicas com confiança estatísticas*, para a validação. A validação foi feita em cada módulo da verificação.

Dessa maneira, o modelo foi dividido em 4 módulos para as análises:

1. Módulo 1: Formado pelo processo de geração da demanda até a confirmação do pedido.
2. Módulo 2: Formado pelo processo de montagem do pedido até o envio do pedido ao Centro de Distribuição (CD).
3. Módulo 3: Formado pelo processo de expedição até a devolução da embalagem.
4. Módulo 4: Formado pelo processo de manutenção até o retorno das embalagens ao estoque.

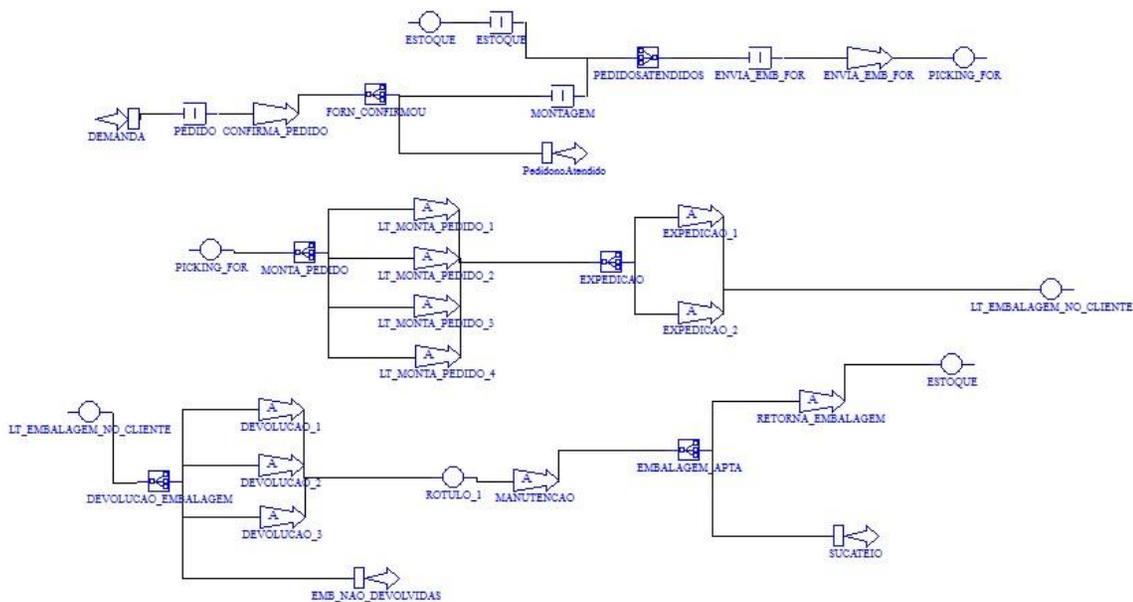


Figura 35 – Modelo Computacional desenvolvido no software A-SIM

A verificação desses módulos se fez através do relatório estatístico apresentado pelo simulador A-SIM, que traz referência, quando houver, da quantidade de entidades perdidas em cada processo, o que não ocorreu nos relatórios emitidos pelos quatro módulos avaliados.

Na validação, simulou-se cada módulo, tanto o manual quanto o computacional, para a comparação dos dados de saída através do erro médio. O intuito com esse procedimento foi obter a criação de um sexto módulo gerado pelas médias de cada dado de saída das replicações dos módulos anteriores. A validação seria concluída se o erro encontrado nesta última replicação fosse igual à média dos erros das cinco replicações, o que de fato aconteceu, demonstrando, portanto, que o modelo estava validado.

5

ANÁLISE DOS

RESULTADOS

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste momento, o modelo está apto para representar o modelo real que se quer simular. Porém, é necessário, antes, determinar o tempo de simulação e encontrar o tempo de aquecimento ou tempo de *warm up*, a fim de que se separe o estado transitório do estado permanente, para, finalmente, avaliar os resultados. Por corresponder à projeção da demanda mensal, o tempo de simulação deve acompanhar essa unidade de tempo. Dessa forma, escolheu-se a sequência do tempo de simulação representada por uma progressão aritmética de razão 1 com valor mínimo de 1 dia e máximo de 35 dias e, para cada tempo de simulação, cinco replicações do modelo. A quantidade de replicações permite agrupamentos, para a média móvel, de no mínimo 2 e máximo 5, sendo esses os agrupamentos escolhidos para a determinação da média móvel. A Tabela 9, a seguir, apresenta os dados de saída das replicações, a média aritmética e a média móvel para cada sequência do tempo de simulação.

Ao observar a Tabela 9, nota-se que os primeiros valores são bem inferiores aos últimos valores, portanto, no início, o simulador está em estado de aquecimento. A transição do estado transitório para o permanente pode ser vista através da Figura 36. Nesta figura, verifica-se que, a partir do tempo 29, as demandas passam a ter uma média parecida, caracterizando o estado permanente. Os resultados apresentados, relativos ao tempo anterior a 28 dias, mostram uma curva de crescimento da demanda. Portanto, de 1 a 28 dias, o sistema simulado está em tempo de transição.

Seguindo a referência de Chwif e Medina (2007), discutida no tópico 3.4, determinou-se o tempo de simulação como de 60 dias, sendo 30 dias de tempo de aquecimento (estado transitório) e 30 dias de estado permanente.

Com o tempo de simulação determinado, o próximo passo antes da avaliação final dos resultados é a determinação do número de réplicas necessárias. Dessa forma, escolheu-se realizar 30 replicações para cada cenário proposto, e optou-se por uma precisão de até 5% dos dados de saída com um intervalo de confiança de 99%. As replicações foram planilhadas de forma organizada, eliminando-se o tempo de aquecimento e, por fim, procedeu-se ao cálculo da precisão de cada dado de saída. Para o cenário 1, a maior precisão encontrada foi de 4,9%; no cenário 2 foi de 3,7%, enquanto que, no cenário 3, a precisão foi de 4,6%. Portanto, não seria necessário fazer mais replicações para as análises finas.

Tabela 9 – Tabela dos dados para determinação do tempo de aquecimento

Tempo Simulação	Demanda de Embalagens					Média das Replicações	Média Móvel das Replicação	
	Replicação 1	Replicação 2	Replicação 3	Replicação 4	Replicação 5		Agrupamento m = 2	Agrupamento m = 5
	1	3.968	4.211	3.982	3.995	4.078	4.047	
2	6.601	6.522	6.355	6.213	6.285	6.395	5.221	
3	8.466	8.076	8.679	8.131	7.972	8.265	7.330	
4	10.282	10.679	10.875	10.214	9.980	10.406	9.335	
5	12.255	12.754	12.929	12.825	12.141	12.581	11.493	8.339
6	14.657	14.626	14.035	14.233	15.165	14.543	13.562	10.438
7	16.379	16.709	16.543	16.462	16.523	16.523	15.533	12.464
8	19.110	18.144	19.264	18.847	18.375	18.748	17.636	14.560
9	20.918	21.111	20.752	20.871	21.316	20.994	19.871	16.678
10	23.015	23.529	22.990	23.012	23.760	23.261	22.127	18.814
11	24.447	25.643	24.688	25.572	24.446	24.959	24.110	20.897
12	26.546	26.827	27.279	27.374	27.412	27.088	26.023	23.010
13	29.692	28.723	28.258	28.638	30.091	29.080	28.084	25.076
14	31.376	31.896	31.266	31.299	31.350	31.437	30.259	27.165
15	33.723	33.024	33.118	33.255	32.975	33.219	32.328	29.157
16	36.630	36.241	34.960	35.656	34.601	35.618	34.418	31.288
17	36.503	37.203	36.335	37.043	38.729	37.163	36.390	33.303
18	39.730	40.560	38.914	39.257	39.230	39.538	38.350	35.395
19	41.754	41.777	42.119	42.658	41.734	42.008	40.773	37.509
20	43.532	43.381	43.556	43.695	44.297	43.692	42.850	39.604
21	43.507	45.604	45.486	45.725	46.585	45.381	44.537	41.557
22	48.068	48.085	48.798	48.955	48.595	48.500	46.941	43.824
23	51.249	49.986	50.314	49.673	50.138	50.272	49.386	45.971
24	52.574	51.327	52.058	52.081	52.622	52.132	51.202	47.996
25	54.302	54.825	54.313	53.689	54.455	54.317	53.225	50.121
26	56.318	57.155	57.174	57.149	56.281	56.815	55.566	52.407
27	58.755	58.273	59.805	58.726	57.163	58.544	57.680	54.416
28	60.561	60.480	59.860	60.120	59.173	60.039	59.292	56.370
29	62.243	62.156	62.699	61.732	62.773	62.321	61.180	58.407
30	62.479	62.939	62.634	62.561	63.139	62.750	62.536	60.094
31	60.766	62.770	61.841	62.077	62.350	61.961	62.356	61.123
32	62.480	62.838	62.453	62.272	61.145	62.238	62.099	61.862
33	60.657	60.091	62.473	62.453	62.352	61.605	61.921	62.175
34	61.725	62.159	62.420	62.219	62.352	62.175	61.890	62.146
35	61.559	61.919	62.054	61.919	61.898	61.870	62.022	61.970

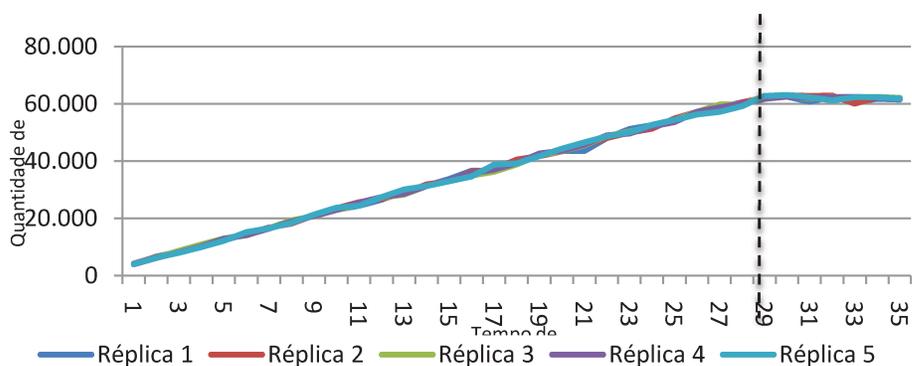


Figura 36 – Tempo de Aquecimento

A simulação foi feita para três cenários já discutidos em 4.3.

Cenário 1: chamado de “Cenário Mediano” por ser formado pelas projeções que se encontram bem próximas da média, como nos meses de Abril, Agosto, Setembro e Dezembro, que possuem demandas com distribuição uniforme no intervalo [89.046; 90.153].

Cenário 2: chamado de “Cenário dos Altos Picos” por ser formado pelas projeções que se encontram acima da média, como nos meses de Maio, Outubro e Novembro, que possuem demandas com distribuição uniforme no intervalo [91.311; 105.937].

Cenário 3: chamado de “Cenário Abaixo da Média” por ser formado por projeções que se encontram abaixo da média, como nos meses de Janeiro, Fevereiro, Março, Junho e Julho, que possuem demandas com distribuição uniforme no intervalo [64.482; 76.312].

A partir dos resultados obtidos com os cenários acima apresentados, espera-se avaliar e descrever a gestão de estoque de uma cadeia de suprimentos de laço fechado. As principais avaliações serão relativas à produtividade, à quantidade de embalagens sucateadas e não devolvidas, ao estoque final, à quantidade de embalagens pendentes em devolução, à quantidade de pedidos não atendidos por falta de embalagens, ao nível de serviço, à identificação dos principais gargalos e a propostas de melhorias no processo.

Os dados de saída obtidos pela simulação dos três cenários são apresentados no Quadro 3 (próxima página). Apresenta-se, a seguir, a análise de cada cenário proposto.

Cenário 1

Este cenário é formado pelas demandas medianas. Pode-se observar que a quantidade de embalagens encontradas no centro de distribuição foi suficiente para a realização de todos os pedidos, pois, segundo a descrição dos resultados no Quadro 3, observa-se que não há nenhum pedido pendente por falta de embalagem, logo, o nível de serviço do centro de distribuição foi de 100%. O estoque é composto por 44.556 embalagens; para a realização dos pedidos com projeção mediana, cada embalagem foi usada em média 1,9 vezes no período de 30 dias. A perda de embalagem, considerando-se as não devolvidas e as sucateadas, é de aproximadamente 0,3% das embalagens utilizadas, resultando perda de 4% ao ano, caso a demanda seja apenas mediana. O maior gargalo de pendência de devolução está com o cliente, devido ao fato de ele contar com tempo de devolução de até 10 dias. O produtor finalizou 94% do total de pedidos. A expedição enviou 98% dos pedidos finalizados, o que comprova a agilidade dessa cadeia. A manutenção

conseguiu atender 92% das embalagens devolvidas, comprovando a eficiência dessa cadeia. Diante desse cenário, o novo estoque, eliminando-se as perdas, seria formado por 44.267 embalagens.

		Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Pedidos	Confirmada	88.564	97.150	69.614
	Não confirmada	895	982	711
	Total	89.459	98.132	70.324
Envia Embalagem ao produtor	Embalagens enviadas ao produtor	88.564	97.150	69.614
	Pedidos pendentes de embalagem	0	0	0
	Total	88.564	97.150	69.614
Produtor	Pedidos Finalizados	83.136	91.121	65.346
	Pedidos pendentes de finalização	5.428	6.029	4.268
	Total	88.564	97.150	69.614
Expedição	Pedidos expedidos	81.183	89.005	63.835
	Pedidos pendentes de expedição	1.953	2.116	1.510
	Total	83.136	91.121	65.346
Cliente Final	Embalagens Devolvidas	71.820	78.668	56.460
	Embalagens pendentes de devolução	9.205	10.157	7.243
	Embalagens não devolvidas	158	179	132
	Total	81.183	89.005	63.836
Manutenção	Embalagens Reintroduzidas no Estoque	65.827	72.080	51.720
	Embalagens pendentes de Manutenção	5.862	6.449	4.635
	Embalagens Sucateadas	131	140	105
	Total	71.820	78.668	56.460
Análise	Embalagens Perdida (não devolvidas + sucateadas)	289	319	237
	Novo Estoque	44.267	44.237	44.319
	Embalagens Pendentes (devolução + manutenção)	22.449	24.751	17.657
	Embalagens Disponíveis no estoque	21.818	19.486	26.662

Quadro 3 – Resultados dos Cenários Propostos

Cenário 2

Este cenário é formado pelas demandas de altos picos, isto é, demandas que se encontram bem acima da demanda média. Pode-se observar que a quantidade de embalagens encontradas no centro de distribuição foi suficiente para a realização de todos os pedidos, pois, segundo a descrição dos resultados no Quadro 3, observa-se que não há nenhum pedido pendente por falta de embalagem, ou seja, o nível de serviço do centro de distribuição foi de 100%. O estoque é composto por 44.556 embalagens e, para a realização dos pedidos desse cenário, cada embalagem foi usada em média 2,2 vezes no período de 30 dias. A perda de embalagem, considerando-se as não devolvidas e sucateadas, é de aproximadamente 0,3% das embalagens utilizadas, resultando perda de 4% ao ano, caso a demanda anual seja de alto pico. O maior gargalo de pendência de devolução está com o cliente, devido ao fato de ele contar com tempo de devolução de até 10 dias. A expedição enviou 98% dos pedidos finalizados, o que comprova a agilidade dessa cadeia. A manutenção conseguiu atender 92% das embalagens devolvidas, comprovando a eficiência dessa cadeia. Diante desse cenário, o novo estoque, eliminando-se as perdas, seria formado por 44.237 embalagens.

Cenário 3

Este cenário é formado pelas demandas de baixo pico, que se encontram bem abaixo da demanda média. Pode-se observar que a quantidade de embalagens encontradas no centro de distribuição foi suficiente para a realização de todos os pedidos, pois, segundo a descrição dos resultados no Quadro 3, observa-se que não há nenhum pedido pendente por falta de embalagem, ou seja, o nível de serviço do centro de distribuição foi de 100%. O estoque é composto por 44.556 embalagens e, para a realização dos pedidos desse cenário, cada embalagem foi usada em média 1,5 vezes no período de 30 dias. A perda de embalagem, considerando-se as não devolvidas e sucateadas, é de aproximadamente 0,3% das embalagens utilizadas, resultando perda de 4% ao ano, caso a demanda anual seja de alto pico. O maior gargalo de pendência de devolução está com o cliente, devido ao fato de ele contar com tempo de devolução de até 10 dias. O produtor finalizou 94% do total de pedidos. A expedição enviou 98% dos pedidos finalizados, o que comprova a agilidade dessa cadeia. A manutenção conseguiu atender 92% das embalagens devolvidas, comprovando a eficiência dessa cadeia. Diante desse cenário, o novo estoque, eliminando-se as perdas, seria formado por 44.319 embalagens.

A partir do conjunto de análises apresentadas, pode-se verificar que a quantidade de embalagens em estoque é suficiente para atender as demandas dos três cenários propostos. Diante desse fato, foram modeladas novas quantidades de estoques, menores do que a encontrada hoje no centro de distribuição, a fim de determinar se quantidades menores em estoque seriam suficiente para o suprimento dos pedidos, sem diminuição do nível de serviço.

Para essa modelagem, adaptou-se o modelo quantitativo para lote econômico de compra, apresentado no tópico 2.5.4. Essa modelagem é representada, a seguir, pela equação (15), sucedida pela descrição de cada variável que a compõe.

(15)

Onde:

- μ = demanda média, calculada pela divisão da projeção da demanda pela utilização média de embalagens. Por exemplo, supondo que a demanda média seja de 80 pedidos e que as embalagens sejam utilizadas em média 2 vezes, o número de embalagens necessárias para suprir essa demanda seria 40 embalagens.
- σ = 602. É o desvio padrão da demanda média, calculado pela média dos desvios padrão dos cenários 1, 2 e 3.
- t = 2,4. É o tempo médio de retorno das embalagens, calculado pela média do *lead time* de permanência no produtor, centro de distribuição, cliente final e manutenção.
- σ_t = 2,56. É desvio padrão do tempo médio de retorno das embalagens.
- α = Nível de serviço. O valor estipulado para o nível de serviço foi de 99,99%, o que resulta $\alpha = 0,9999$.

Outro fato importante a ser considerado é que o estoque do centro de distribuição em que se aplicou este trabalho não sofre revisões periódicas. O mesmo é projetado para suprir a demanda anual. Sendo assim, agregou-se à equação (15) a projeção anual de embalagens perdidas (P), representada na equação (16) e que corresponde a 4% de perda anual das embalagens

utilizadas, valor esse encontrado na simulação, como pode ser afirmado na descrição de cada cenário.

(16)

O Quadro 4 apresenta as projeções da demanda média () e das embalagens perdidas () de cada demanda média.

Como cenários para as novas replicações, foram escolhidos aqueles cujo estoque final obteve valor inferior a 90% do estoque encontrado hoje no *Veiling* Holambra, que é de 44.556 embalagens, sendo que 90% desse estoque corresponde a 40.100 embalagens. O valor final do estoque projetado e os cenários escolhidos são mostrados no Quadro 5. Para dados de entrada, foram escolhidos aqueles da demanda do cenário 2, por este apresentar a maior demanda; dessa maneira, as quantidades de embalagens que forem suficientes para suprir essa demanda também o serão para os demais cenários, que apresentam demandas menores.

A partir dos resultados obtidos com os 14 cenários apresentados no Quadro 6, espera-se possível avaliar a produtividade, a quantidade de embalagens sucateadas e não devolvidas, o estoque final, a quantidade de embalagens pendentes em devolução, a quantidade de pedidos não atendidos por falta de embalagens, o nível de serviço, a identificação dos principais gargalos, as propostas de melhorias no processo, ou seja, os mesmos itens avaliados na replicação dos três primeiros cenários. Apresenta-se, na sequência, a análise dos resultados de cada cenário.

Utilização média de embalagens: 2 vezes			
Cenário	Demanda	—————	
Cenário 1	89.459	44.730	1.789
Cenário 2	98.132	49.066	1.963
Cenário 3	70.324	35.162	1.406
Utilização média de embalagens: 2,5 vezes			
Cenário	Demanda	—————	
Cenário 1	89.459	35.784	1.431
Cenário 2	98.132	39.253	1.570
Cenário 3	70.324	28.130	1.125
Utilização média de embalagens: 3 vezes			
Cenário	Demanda	—————	
Cenário 1	89.459	29.820	1.193
Cenário 2	98.132	32.711	1.308
Cenário 3	70.324	23.441	938
Utilização média de embalagens: 3,5 vezes			
Cenário	Demanda	—————	
Cenário 1	89.459	25.560	1.022
Cenário 2	98.132	28.038	1.122
Cenário 3	70.324	20.093	804
Utilização média de embalagens: 4 vezes			
Cenário	Demanda	—————	
Cenário 1	89.459	22.365	895
Cenário 2	98.132	24.533	981
Cenário 3	70.324	17.581	703
Utilização média de embalagens: 4,5 vezes			
Cenário	Demanda	—————	
Cenário 1	89.459	19.880	795
Cenário 2	98.132	21.807	872
Cenário 3	70.324	15.628	625

Quadro 4 – Projeção de Embalagens e Embalagens Perdidas

Utilização média de embalagens: 2 vezes						
Cenário	Demanda	Demanda Média (	Embalagens perdidas (	Estoque de Segurança (	Estoque Final (E)	Novos Cenários
Cenário 1	89.459	44.730	1.789	3.321	49.840	Não será simulado
Cenário 2	98.132	49.066	1.963	3.362	54.391	Não será simulado
Cenário 3	70.324	35.162	1.406	3.231	39.799	Cenário 1
Utilização média de embalagens: 2,5 vezes						
Cenário	Demanda	Demanda Média (	Embalagens perdidas (	Estoque de Segurança (	Estoque Final (E)	Novos Cenários
Cenário 1	89.459	35.784	1.431	3.237	40.452	Não será simulado
Cenário 2	98.132	39.253	1.570	3.270	44.093	Não será simulado
Cenário 3	70.324	28.130	1.125	3.162	32.417	Cenário 4
Utilização média de embalagens: 3 vezes						
Cenário	Demanda	Demanda Média (	Embalagens perdidas (	Estoque de Segurança (	Estoque Final (E)	Novos Cenários
Cenário 1	89.459	29.820	1.193	3.179	34.192	Cenário 3
Cenário 2	98.132	32.711	1.308	3.207	37.226	Cenário 2
Cenário 3	70.324	23.441	938	3.116	27.495	Cenário 8
Utilização média de embalagens: 3,5 vezes						
Cenário	Demanda	Demanda Média (	Embalagens perdidas (	Estoque de Segurança (	Estoque Final (E)	Novos Cenários
Cenário 1	89.459	25.560	1.022	3.137	29.719	Cenário 6
Cenário 2	98.132	28.038	1.122	3.161	32.321	Cenário 5
Cenário 3	70.324	20.093	804	3.082	23.979	Cenário 11
Utilização média de embalagens: 4 vezes						
Cenário	Demanda	Demanda Média (	Embalagens perdidas (	Estoque de Segurança (	Estoque Final (E)	Novos Cenários
Cenário 1	89.459	22.365	895	3.105	26.365	Cenário 9
Cenário 2	98.132	24.533	981	3.127	28.641	Cenário 7
Cenário 3	70.324	17.581	703	3.057	21.341	Cenário 13
Utilização média de embalagens: 4 vezes						
Cenário	Demanda	Demanda Média (	Embalagens perdidas (	Estoque de Segurança (	Estoque Final (E)	Novos Cenários
Cenário 1	89.459	19.880	795	3.080	23.755	Cenário 12
Cenário 2	98.132	21.807	872	3.099	25.779	Cenário 10
Cenário 3	70.324	15.628	625	3.037	19.290	Cenário 14

Quadro 5 – Novos Cenários

Cenário 1

Neste cenário, o estoque é formado por uma quantidade de embalagens 10,7% menor. Pode-se observar, contudo, que o nível de serviço continua 100%, pois a quantidade de embalagens encontradas em estoque foi suficiente para a realização de todos os pedidos. O estoque é composto por 39.799 embalagens e, para a realização dos pedidos, cada embalagem foi usada em média 2,5 vezes no período de 30 dias. A perda de embalagem, considerando-se as não devolvidas e as sucateadas, continua sendo de 0,3% das embalagens utilizadas, resultando 4% de perda ao ano. O maior gargalo de pendência de devolução está com o cliente, porque conta com tempo de devolução de até 10 dias. O produtor finalizou 94% do total de pedidos. A expedição enviou 98% dos pedidos finalizados, o que comprova a agilidade dessa cadeia. A manutenção conseguiu atender 92% das embalagens devolvidas, comprovando a eficiência dessa cadeia. Percebe-se que, nesse cenário, embora o estoque tenha diminuído, a produtividade e o nível de serviço não sofreram alterações.

Cenário 2

Neste cenário, o estoque é formado por uma quantidade de embalagens 10,7% menor. Pode-se observar, contudo, que o nível de serviço continua 100%, pois a quantidade de embalagens encontradas em estoque foi suficiente para a realização de todos os pedidos. O estoque é composto por 37.266 embalagens e, para a realização dos pedidos, cada embalagem foi usada em média 2,6 vezes no período de 30 dias. A perda de embalagem, considerando-se as não devolvidas e as sucateadas, continua sendo de 0,3% das embalagens utilizadas, resultando 4% de perda ao ano. O maior gargalo de pendência de devolução está com o cliente, porque conta com tempo de devolução de até 10 dias. O produtor finalizou 94% do total de pedidos. A expedição enviou 98% dos pedidos finalizados, o que comprova a agilidade dessa cadeia. A manutenção conseguiu atender 92% das embalagens devolvidas, comprovando a eficiência dessa cadeia. Percebe-se que, nesse cenário, embora o estoque tenha diminuído, a produtividade e o nível de serviço não sofreram alterações.

		Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6	Cenário 7	Cenário 8	Cenário 9	Cenário 10	Cenário 11	Cenário 12	Cenário 13	Cenário 14
	Embalagens	39.799	37.226	34.192	32.417	32.321	29.719	28.641	27.495	26.365	25.779	23.979	23.755	21.341	19.290
Pedidos	Confirmada	98.934	97.008	97.816	96.645	98.085	97.008	98.402	98.039	96.263	97.545	96.985	95.515	96.965	96.420
	Não	1.033	1.040	978	927	1.049	1.040	1.051	1.015	1.012	943	1022	928	931	967
	Total	99.967	98.048	98.794	97.572	99.134	98.048	99.453	99.054	97.275	98.488	98.007	96.443	97.896	97.387
Envia Embalagem produtor	Enviadas	98.934	97.008	97.816	96.645	98.085	97.008	98.402	98.039	96.263	96.662	91.423	89.679	82.547	75.793
	Pendentes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	883	5.562	5.836	14.418	20.627
	Total	98.934	97.008	97.816	96.645	98.085	97.008	98.402	98.039	96.263	97.545	96.985	95.515	96.965	96.420
Produtor	Finalizados	92.607	90.978	91.600	90.764	92.072	90.978	91.725	92.148	89.720	89.236	84.417	82.952	76.597	70.324
	Pendentes de	6.327	6.030	6.216	5.881	6.013	6.030	6.677	5.891	6.543	7.426	7.006	6.727	5.950	5.469
	Total	98.934	97.008	97.816	96.645	98.085	97.008	98.402	98.039	96.263	96.662	91.423	89.679	82.547	75.793
Expedição	Expedidos	90.495	88.912	89.460	88.698	89.926	88.912	89.573	90.075	87.573	87.173	82.541	81.113	74.938	69.752
	Pendentes de	2.112	2.066	2.140	2.066	2.146	2.066	2.152	2.073	2.147	2.063	1.876	1.839	1.659	572
	Total	92.607	90.978	91.600	90.764	92.072	90.978	91.725	92.148	89.720	89.236	84.417	82.952	76.597	70.324
Cliente Final	Devolvidas	80.056	78.539	79.019	78.304	79.687	78.539	79.261	79.740	77.399	77.184	73.404	72.024	66.574	61.326
	Pendentes de	10.264	10.206	10.255	10.212	10.071	10.206	10.138	10.150	10.000	9.809	8.970	8.917	8.216	8.288
	Não devolvidas	175	167	186	182	168	167	174	185	174	180	167	172	148	138
	Total	90.495	88.912	89.460	88.698	89.926	88.912	89.573	90.075	87.573	87.173	82.541	81.113	74.938	69.752
Manutenção	Reintroduzidas	73.264	71.962	72.376	71.716	73.051	71.962	72.538	73.030	70.885	70.883	67.444	66.161	61.206	56.503
	Pendentes de	6.645	6.423	6.496	6.479	6.496	6.423	6.566	6.570	6.369	6.163	5.824	5.730	5.226	4.704
	Sucateadas	147	154	147	109	140	154	157	140	145	138	136	133	142	119
	Total	80.056	78.539	79.019	78.304	79.687	78.539	79.261	79.740	77.399	77.184	73.404	72.024	66.574	61.326
Análise	Embalagens Perdida	322	321	333	291	308	321	331	325	319	318	303	305	290	257
	Novo Estoque	38.869	39.516	43.112	31.546	33.327	36.320	26.670	28.884	26.046	21.023	23.676	23.213	21.051	21.084
	Pendentes	25.348	24.725	25.107	24.638	24.726	24.725	25.533	24.684	25.059	25.461	23.213	23.213	27.001	19.033
	Nível de serviço	100%	99,1%	94,3%	94,1%	85,1%	78,6%								

Quadro 6 – Dados de Saída dos Novos Cenários

Cenário 3

Neste cenário, o estoque é formado por uma quantidade de embalagens 23,3 % menor. Pode-se observar, contudo, que o nível de serviço continua 100%, pois a quantidade de embalagens encontradas em estoque foi suficiente para a realização de todos os pedidos. O estoque é composto por 34.192 embalagens e, para a realização dos pedidos, cada embalagem foi usada em média 2,8 vezes no período de 30 dias. A perda de embalagem, considerando-se as não devolvidas e as sucateadas, continua sendo de 0,3% das embalagens utilizadas, resultando 4% de perda ao ano. O maior gargalo de pendência de devolução está com o cliente, porque conta com tempo de devolução de até 10 dias. O produtor finalizou 94% do total de pedidos. A expedição enviou 98% dos pedidos finalizados, o que comprova a agilidade dessa cadeia. A manutenção conseguiu atender 92% das embalagens devolvidas, comprovando a eficiência dessa cadeia. Percebe-se que, nesse cenário, embora o estoque tenha diminuído, a produtividade e o nível de serviço não sofreram alterações.

Cenário 4

Neste cenário, o estoque é formado por uma quantidade de embalagens 27,2% menor. Pode-se observar, contudo, que o nível de serviço continua 100%, pois a quantidade de embalagens encontradas em estoque foi suficiente para a realização de todos os pedidos. O estoque é composto por 32.417 embalagens e, para a realização dos pedidos, cada embalagem foi usada em média 3 vezes no período de 30 dias. A perda de embalagem, considerando-se as não devolvidas e as sucateadas, continua sendo de 0,3% das embalagens utilizadas, resultando 4% de perda ao ano. O maior gargalo de pendência de devolução está com o cliente, porque conta com tempo de devolução de até 10 dias. O produtor finalizou 94% do total de pedidos. A expedição enviou 98% dos pedidos finalizados, o que comprova a agilidade dessa cadeia. A manutenção conseguiu atender 92% das embalagens devolvidas, comprovando a eficiência dessa cadeia. Percebe-se que, nesse cenário, embora o estoque tenha diminuído, a produtividade e o nível de serviço não sofreram alterações.

Cenário 5

Neste cenário, o estoque é formado por uma quantidade de embalagens 27,5 % menor. Pode-se observar, contudo, que o nível de serviço continua 100%, pois a quantidade de embalagens encontradas em estoque foi suficiente para a realização de todos os pedidos. O estoque é composto por 33.635 embalagens e, para a realização dos pedidos, cada embalagem foi usada em média 3 vezes no período de 30 dias. A perda de embalagem, considerando-se as não devolvidas e as sucateadas, continua sendo de 0,3% das embalagens utilizadas, resultando 4% de perda ao ano. O maior gargalo de pendência de devolução está com o cliente, porque conta com tempo de devolução de até 10 dias. O produtor finalizou 94% do total de pedidos. A expedição enviou 98% dos pedidos finalizados, o que comprova a agilidade dessa cadeia. A manutenção conseguiu atender 92% das embalagens devolvidas, comprovando a eficiência dessa cadeia. Percebe-se que, nesse cenário, embora o estoque tenha diminuído, a produtividade e o nível de serviço não sofreram alterações.

Cenário 6

Neste cenário, o estoque é formado por uma quantidade de embalagens 33,3 % menor. Pode-se observar, contudo, que o nível de serviço continua 100%, pois a quantidade de embalagens encontradas em estoque foi suficiente para a realização de todos os pedidos. O estoque é composto por 29.719 embalagens e, para a realização dos pedidos, cada embalagem foi usada em média 3,3 vezes no período de 30 dias. A perda de embalagem, considerando-se as não devolvidas e as sucateadas, continua sendo de 0,3% das embalagens utilizadas, resultando 4% de perda ao ano. O maior gargalo de pendência de devolução está com o cliente, porque conta com tempo de devolução de até 10 dias. O produtor finalizou 94% do total de pedidos. A expedição enviou 98% dos pedidos finalizados, o que comprova a agilidade dessa cadeia. A manutenção conseguiu atender 92% das embalagens devolvidas, comprovando a eficiência dessa cadeia. Percebe-se que, nesse cenário, embora o estoque tenha diminuído, a produtividade e o nível de serviço não sofreram alterações.

Cenário 7

Neste cenário, o estoque é formado por uma quantidade de embalagens 35,7% menor. Pode-se observar, contudo, que o nível de serviço continua 100%, pois a quantidade de

embalagens encontradas em estoque foi suficiente para a realização de todos os pedidos. O estoque é composto por 28.641 embalagens e, para a realização dos pedidos, cada embalagem foi usada em média 3,5 vezes no período de 30 dias. A perda de embalagem, considerando-se as não devolvidas e as sucateadas, continua sendo de 0,3% das embalagens utilizadas, resultando 4% de perda ao ano. O maior gargalo de pendência de devolução está com o cliente, porque conta com tempo de devolução de até 10 dias. O produtor finalizou 94% do total de pedidos. A expedição enviou 98% dos pedidos finalizados, o que comprova a agilidade dessa cadeia. A manutenção conseguiu atender 92% das embalagens devolvidas, comprovando a eficiência dessa cadeia. Percebe-se que, nesse cenário, embora o estoque tenha diminuído, a produtividade e o nível de serviço não sofreram alterações.

Cenário 8

Neste cenário, o estoque é formado por uma quantidade de embalagens 38,3 % menor. Pode-se observar, contudo, que o nível de serviço continua 100%, pois a quantidade de embalagens encontradas em estoque foi suficiente para a realização de todos os pedidos. O estoque é composto por 27.495 embalagens e, para a realização dos pedidos, cada embalagem foi usada em média 3,6 vezes. A perda de embalagem, considerando-se as não devolvidas e as sucateadas, continua sendo de 0,3% das embalagens utilizadas, resultando 4% de perda ao ano. O maior gargalo de pendência de devolução está com o cliente, porque conta com tempo de devolução de até 10 dias. O produtor finalizou 94% do total de pedidos. A expedição enviou 98% dos pedidos finalizados, o que comprova a agilidade dessa cadeia. A manutenção conseguiu atender 92% das embalagens devolvidas, comprovando a eficiência dessa cadeia. Percebe-se que, nesse cenário, embora o estoque tenha diminuído, a produtividade e o nível de serviço não sofreram alterações.

Cenário 9

Neste cenário, o estoque é formado por uma quantidade de embalagens 40,8 % menor. Pode-se observar, contudo, que o nível de serviço continua 100%, pois a quantidade de embalagens encontradas em estoque foi suficiente para a realização de todos os pedidos. O estoque é composto por 26.365 embalagens e, para a realização dos pedidos, cada embalagem foi usada em média 3,7 vezes no período de 30 dias. A perda de embalagem, considerando-se as não

devolvidas e as sucateadas, continua sendo de 0,3% das embalagens utilizadas, resultando 4% de perda ao ano. O maior gargalo de pendência de devolução está com o cliente, porque conta com tempo de devolução de até 10 dias. O produtor finalizou 94% do total de pedidos. A expedição enviou 98% dos pedidos finalizados, o que comprova a agilidade dessa cadeia. A manutenção conseguiu atender 92% das embalagens devolvidas, comprovando a eficiência dessa cadeia. Percebe-se que, nesse cenário, embora o estoque tenha diminuído, a produtividade e o nível de serviço não sofreram alterações.

Cenário 10

Neste cenário, o estoque é formado por uma quantidade de embalagens 42,1 % menor. A partir desse cenário, o nível de serviço do centro de distribuição começa a diminuir, pois a quantidade de embalagens encontradas em estoque não foi suficiente para a realização de todos os pedidos: 883 pedidos ficaram pendentes por falta de embalagem e, neste cenário, o nível de serviço foi de 99,1%. O estoque era composto por 25.779 embalagens e, para a realização dos pedidos, cada embalagem foi usada em média 3,8 vezes no período de 30 dias. A perda de embalagem, considerando-se as não devolvidas e as sucateadas, continua sendo de 0,3% das embalagens utilizadas, resultando 4% de perda ao ano. O maior gargalo de pendência de devolução está com o cliente, porque conta com tempo de devolução de até 10 dias. O produtor finalizou 94% do total de pedidos. A expedição enviou 98% dos pedidos finalizados, o que comprova a agilidade dessa cadeia. A manutenção conseguiu atender 92% das embalagens devolvidas, comprovando a eficiência dessa cadeia.

Cenário 11

Neste cenário, o estoque é formado por uma quantidade de embalagens 46,2 % menor; o nível de serviço foi de 94,3%, pois a quantidade de embalagens encontradas em estoque não foi suficiente para a realização de todos os pedidos: 5.562 pedidos ficaram pendentes por falta de embalagem. O estoque era composto por 23.779 embalagens e, para a realização dos pedidos, cada embalagem foi usada em média 4,15 vezes no período de 30 dias. A perda de embalagem, considerando-se as não devolvidas e as sucateadas, continua sendo de 0,3% das embalagens utilizadas, resultando 4% de perda ao ano. O maior gargalo de pendência de devolução está com o cliente, porque conta com tempo de devolução de até 10 dias. O produtor finalizou 94% do total

de pedidos. A expedição enviou 98% dos pedidos finalizados, o que comprova a agilidade dessa cadeia. A manutenção conseguiu atender 92% das embalagens devolvidas, comprovando a eficiência dessa cadeia.

Cenário 12

Neste cenário, o estoque é formado por uma quantidade de embalagens 46,7 % menor; o nível de serviço foi de 94,1%, pois a quantidade de embalagens encontradas em estoque não foi suficiente para a realização de todos os pedidos: 5.836 pedidos ficaram pendentes por falta de embalagem. O estoque era composto por 23.755 embalagens e, para a realização dos pedidos, cada embalagem foi usada em média 4,17 vezes no período de 30 dias. A perda de embalagem, considerando-se as não devolvidas e as sucateadas, continua sendo de 0,3% das embalagens utilizadas, resultando 4% de perda ao ano. O maior gargalo de pendência de devolução está com o cliente, porque conta com tempo de devolução de até 10 dias. O produtor finalizou 94% do total de pedidos. A expedição enviou 98% dos pedidos finalizados, o que comprova a agilidade dessa cadeia. A manutenção conseguiu atender 92% das embalagens devolvidas, comprovando a eficiência dessa cadeia.

Cenário 13

Neste cenário, o estoque é formado por uma quantidade de embalagens 52,1 % menor; o nível de serviço foi de 85,1%, pois a quantidade de embalagens encontradas em estoque não foi suficiente para a realização de todos os pedidos: 14.418 pedidos ficaram pendentes por falta de embalagem. O estoque era composto por 21.341 embalagens e, para a realização dos pedidos, cada embalagem foi usada em média 4,6 vezes no período de 30 dias. A perda de embalagem, considerando-se as não devolvidas e as sucateadas, continua sendo de 0,3% das embalagens utilizadas, resultando 4% de perda ao ano. O maior gargalo de pendência de devolução está com o cliente, porque conta com tempo de devolução de até 10 dias. O produtor finalizou 94% do total de pedidos. A expedição enviou 98% dos pedidos finalizados, o que comprova a agilidade dessa cadeia. A manutenção conseguiu atender 92% das embalagens devolvidas, comprovando a eficiência dessa cadeia.

Cenário 14

Neste cenário, o estoque é formado por uma quantidade de embalagens 56,7 % menor; o nível de serviço foi de 78,6%, pois a quantidade de embalagens encontradas em estoque não foi suficiente para a realização de todos os pedidos: 20.627 pedidos ficaram pendentes por falta de embalagem. O estoque era composto por 19.290 embalagens e, para a realização dos pedidos, cada embalagem foi usada em média 5 vezes no período de 30 dias. A perda de embalagem, considerando-se as não devolvidas e as sucateadas, continua sendo de 0,3% das embalagens utilizadas, resultando 4% de perda ao ano. O maior gargalo de pendência de devolução está com o cliente, porque conta com tempo de devolução de até 10 dias. O produtor finalizou 94% do total de pedidos. A expedição enviou 98% dos pedidos finalizados, o que comprova a agilidade dessa cadeia. A manutenção conseguiu atender 92% das embalagens devolvidas, comprovando a eficiência dessa cadeia.

A partir dos 14 cenários descritos acima, foi possível representar graficamente o nível de serviço pelo número de embalagens disponível em estoque, o que pode ser visualizado na Figura 37, a seguir.

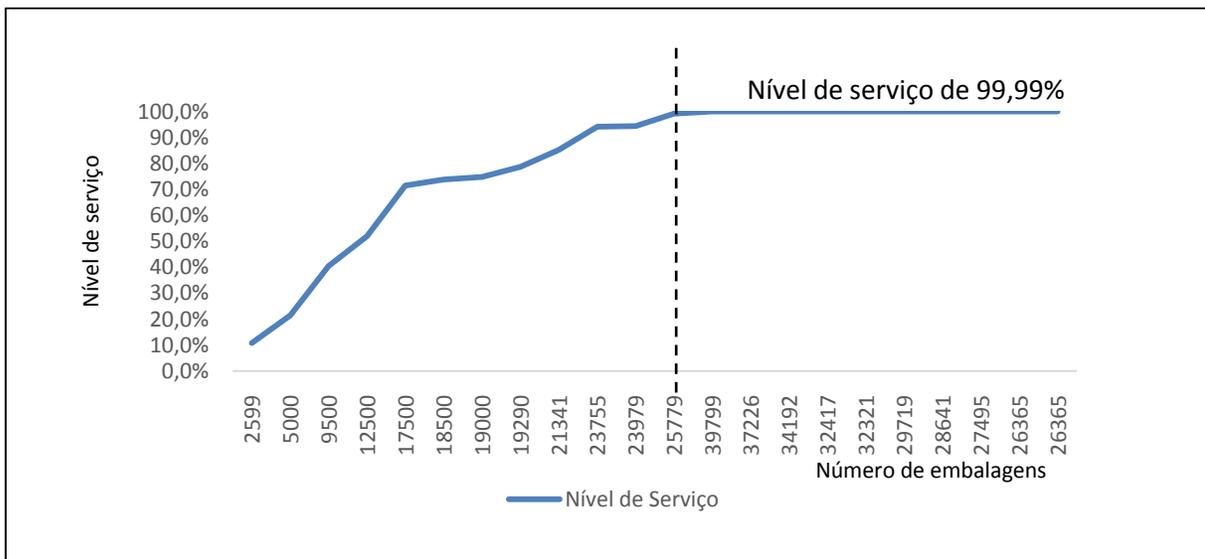


Figura 37 – Nível de Serviço vs. Número de Embalagens

A análise de todos os cenários e a Figura 34 comprovam o fato de que é possível diminuir o estoque atual encontrado nessa cadeia de suprimentos de laço fechado – mesmo diante de uma demanda sazonal e de incertezas pertinentes ao processo, como o retorno das embalagens – sem que haja qualquer alteração na produtividade e no nível de serviço. A redução no estoque traria benefícios a todos os setores da produção da cadeia, pois o custo de manutenção do estoque diminuiria e, em consequência, recursos daí provenientes poderiam ser repassados a outros setores, a fim de melhorar o processo como um todo. Contrariando o *feeling* de muitos gestores de estoque, a análise desses cenários também comprovou que a cadeia, por ser dinâmica, comporta um baixo nível de estoque.

6

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O objetivo principal deste capítulo é sumarizar as principais ideias e a conclusão da pesquisa aqui apresentada. Além disso, também serão apontadas propostas e recomendações para futuras pesquisas.

No primeiro capítulo, o tema da pesquisa foi contextualizado mediante a discussão de sua relevância histórica e sua importância como objeto de investigação. Além disso, apresentou-se o objetivo principal desta pesquisa que foi desenvolver um modelo para o dimensionamento do número de embalagens retornáveis em uma cadeia de suprimento de laço fechado. Os objetivos específicos foram estabelecer um protocolo para a coleta e tratamento de dados, e apresentá-los por meio de uma metodologia voltada ao estudo de problemas de embalagens retornáveis.

Para alcançar o objetivo principal desse trabalho, foi desenvolvido um modelo de simulação discreta voltado ao dimensionamento do número de embalagens retornáveis em estoque, sem que fossem alterados o nível de serviço e a produtividade da cadeia, de modo que a quantidade estocada fosse suficiente para o suprimento da demanda anual e, dessa forma, o nível de serviço ao cliente fosse de 99,99%. A cadeia sobre a qual se aplicou o modelo desenvolvido é do ramo de flores, localizada na cidade de Holambra, e caracterizada por realizar um ciclo fechado no processo de distribuição: o funcionamento tanto da logística direta (embalagem até o cliente) quanto da logística reversa (embalagem retorna do cliente ao centro de distribuição) caracteriza a cadeia como uma cadeia de suprimentos de laço fechado.

A exploração desse modelo de simulação se deu através da análise dos primeiros cenários gerados pelo modelo, a partir da qual foi possível estabelecer a combinação de dez novos cenários com quantidades de embalagens inferiores ao estocado atualmente. A modelagem do estoque final, nessa simulação, foi feita através da adaptação do modelo quantitativo para lote econômico de compra, descrito pela equação:

em que D é a demanda média de utilização das embalagens na produção dos pedidos, σ_D é o desvio padrão da demanda média, T é o tempo médio de retorno das embalagens, σ_T é o desvio padrão do tempo médio de retorno das embalagens, S é o nível de serviço e P é a perda anual de embalagens.

Destaca-se, como vantagem do modelo proposto, a oportunidade de modelar e identificar diferentes quantidades de embalagens sem impactar a produção, pois a construção do modelo foi realizada com o auxílio de um simulador. Com os dados de saída apresentados pelo modelo proposto foi possível identificar os principais gargalos no sistema, o nível de produção dos principais agentes envolvidos no processo, e também o nível de serviço da cadeia através da análise da quantidade de pedidos atendidos pelas embalagens disponibilizadas. Com esses dados, foi possível estabelecer o dimensionamento do número de embalagens retornáveis em estoque. Esses resultados permitem considerar que o objetivo principal desta pesquisa, enunciado acima, foi cumprido.

Outro desenvolvimento desta pesquisa foi alcançar o detalhamento de todo processo e metodologia de coleta e tratamento de dados, através da descrição de diferentes ferramentas utilizadas com essa finalidade, como, por exemplo, a apresentação de software estatístico, que requer um conhecimento básico de programação para ser operado, e a apresentação de recursos de fácil acesso e manipulação, como o de análise de dados encontrado no Excel. Dessa maneira, é possível considerar que os objetivos específicos também foram cumpridos.

Cabe ressaltar que a simulação de eventos discretos não está isenta de desvantagens. Por isso, antes de decidir utilizá-la é necessário levantar todos os objetivos e necessidades a serem satisfeitas com a simulação. Por exemplo, se o sistema em questão não possuir filas, possuir restrições e o objetivo a ser alcançado for um cenário ótimo do número de embalagens em estoque, o ideal, neste caso, seria usar a modelagem por programação linear. Outro ponto a ser destacado é a importância da verificação e da validação do modelo, pois este pode não representar o sistema real e, dessa forma, sua representação poderá acarretar erros de decisão e, dessa forma, produzir impactos negativos na produtividade da cadeia.

Recomenda-se, em estudos futuros, que a modelagem considere a inclusão do custo de se manter um estoque em uma cadeia de suprimentos de laço fechado. Custo com armazém, custo de manutenção, custo do processo de reintrodução das embalagens e custo para adquirir novas embalagens são alguns exemplos de custos que poderiam ser considerados. Acredita-se que o acréscimo dessa variável traria maior complexidade ao modelo e mais proximidade com a realidade, o que permitiria analisar, para efeito de gestão, os impactos financeiros gerados com a diminuição ou aumento da quantidade de embalagens em estoque. Dessa maneira, os recursos são distribuídos mais adequadamente, eliminando-se custos desnecessários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADLMAIER, D.; SELUTTO, A. M. Embalagens retornáveis para transporte de bens manufaturados: um estudo de caso em logística reversa. **Revista Produção**, v. 17, n. 2, São Paulo, 395-406, 2007.
- ALVES, A. D. O. Desafios e oportunidades na gestão da logística reversa do e-commerce. In: **Anuário da Produção Científica dos Cursos de Pós-Graduação**, vol. iv, n. 4, São Paulo, 215-239, 2009.
- ARNOLD, J. R. T. **Administração de materiais: uma introdução**. São Paulo: Atlas, 1999.
- AROZO, Rodrigo. Monitoramento de desempenho na gestão de estoques. **Centro de Estudos em Logística**, COPPEAD-UFRJ, Rio de Janeiro, 2002. Disponível em <http://professorricardo.tripod.com/Artigo_10.pdf>. Acesso em 10 de outubro de 2013.
- ASSAF NETO, Alexandre. **Finanças corporativas e valor**. São Paulo: Atlas, 2003.
- BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos**. 4ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- _____. **Business logistics management: planning, organizing, and controlling the supply chain**. 4ª ed. Londres: Prentice Hall, 1998.
- BLACKBURN, Joseph D. *et al.* Reverse supply chains for commercial returns. **California Management Review**, v. 46, n. 2, California, 6-22, 2004.
- BANKS, J.; CARSON, J.; NELSON, B. **Discrete-event system simulation**. New Jersey: Prentice Hall, 1996.
- BIRTWISTLE, G. *et al.* **Simula Begin**. Auerbach: Philadelphia, 1973.
- BRAGA, H. *et al.* **Gestão de estoques, fundamentos, modelos matemáticos e melhores práticas aplicadas**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.
- BRITO, M. P. D.; DEKKER, R. Reverse Logistics – a framework. **Erasmus**, Rotterdam, 1-19, 2002.
- BORSHCHEV, A.; FILIPPOV, A. From system dynamics and discrete event to practical agent based modeling: reasons, techniques, tools. In: **International Conference of the System Dynamics Society**, 22, Albany, USA, 959-966, 2004.
- BOVET, D. M.; THIAGARAJAN, S. Logística voltada para o cliente. **HSM Management**, v. 18, São Paulo, Saraiva, 2000.
- BOWERSOX, D. J. **Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimentos**. São Paulo: Atlas, 2001.
- BRUNI, A. L. Globalização financeira, eficiência informacional e custo de capital: uma análise das emissões de ADRs brasileiros no período 1992-2001. Tese (Doutorado), Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade (FEA), USP, 2002.
- BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. **Estatística básica**. 6ª ed. São Paulo: Saraiva, 2010.
- CALDWELL, B. Reverse Logistic. **Information Week**, 12 abr. 1999. Disponível em <<http://www.informationweek.com/729/logistics.htm>>. Acesso em 20 de Setembro de 2011.
- CARVALHO, M. F. H. Cadeias de suprimentos de laço fechado: breve descrição do projeto anterior e metas atingidas. Projeto de Pesquisa, 2008. (mimeo)
- _____. Gestão federativa e gestão centralizada para cadeias de suprimentos: uma comparação. **Cadernos da FACECA**, PUC-Campinas, 81-91, 2003.

- _____; FIORAVANTI, R. D.; FONTES, O. Modelos de cadeias de laço fechado na indústria de impressão. **Revista Produção Online**, v. 11, n. 4, Florianópolis, SC, 921-949, 2011.
- _____; SILVA FILHO, O. S.; FERNANDES, C. A. A-SIM: discret event simulation [Minicurso – III Seminário de Sistemas Avanzados de Manufatura]. Pereira: Universidade Tecnológica de Pereira, 1997.
- CAVALCANTI, Pedro; CHAGAS, Carmo. **História da embalagem no Brasil**. São Paulo: Grifo Projetos Históricos e Editoriais, 2006.
- CHIAVENATO, I. **Empreendedorismo: dando asas ao espírito empreendedor**. São Paulo: Saraiva, 2004.
- CHING, H. **Gestão de estoques na cadeia de logística integrada: supply chain**. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 2006.
- CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Gestão da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operações**. 4ª ed. Trad. Bras. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.
- CHRISTOPHER, M. The agile supply chain: competing in volatile, markets. **Industrial Marketing Management**, n. 29, Dubai, EAU, 37-44, 2000.
- CHRISTOPHER, M.; BRAITHWAITE, A. **Managing strategic lead times**. London: Logistics Information Management Publications, 1989.
- CHWIF, Leonardo; MEDINA, A. C. **Modelagem e simulação de eventos discretos: teoria e prática**. 2ª ed. São Paulo: Bravarte, 2007.
- CLARO, D. P. Análise do complexo agroindustrial das flores do Brasil. Dissertação (Mestrado em Administração Rural), UFLA, Lavras, 1998.
- COUNCIL of Logistics Management (C.L.M.). **Reuse and recycling reverse logistics opportunities**. Illinois: Council of Logistics Management, 1993.
- CORRÊA, H. L. **Gestão das redes de suprimento: integrando cadeias de suprimento no mundo globalizado**. São Paulo: Atlas, 2010.
- CUNHA, R. D. **Introdução à linguagem de programação Fortran 90**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005.
- SILVA, L. C. da. Verificação, validação e experimentação com modelos de simulação. **Boletim Técnico**, Departamento de Engenharia Rural da Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre (ES), jun. 2006.
- DEVORE, J. L. **Probabilidade e estatística para engenharia e ciências**. São Paulo: Pioneira Thomsom Learning, 2006.
- ELLRAM, L. M.; OGDEN, J. A.; ZSIDISIN, G. A. The relationship between purchasing and supply management's perceived value. **Journal of Business Logistics**, 24, 2, 129-154, 2003.
- FLAPPER, S. D. P.; TEUNTER, R. H. Logistic planning of rework with deteriorating work-in-process. **International Journal of Production Economics**, v. 88, 51-59, 2004.
- FIGUEREDO, K. A logística do pós-venda. **Revista Tecnológica**. UFRJ, ILOS, Ano VIII, n. 80, Rio de Janeiro, 2002.
- FIORAVANTE, R.; CARVALHO, M. Visão sistêmica para a cadeia reversa: um estudo de caso no ramo de produtos eletrônicos. In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, Logística e Operações Internacionais [Anais], 9, São Paulo, 2006.
- FISHER, M. L. What is the right supply chain for your product? **Harvard Business Review**, Boston, 105-11, 1997.
- GARCIA, E. S.; FERREIRA FILHO, V. J. M. Cálculo do ponto de pedido baseado em previsões de uma política de gestão de estoques. **Pesquisa Operacional**, v. 29, n. 3, Rio de Janeiro, 2009.

Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-74382009000300009&lng=en&nrm=iso>. Acesso em out. 2013.

GUIDE, D. H.; VAN WASSENHOVE, L. N.; The reverse supply chain. **Harvard Business Review**, 25-26, Boston, fev. 2002.

GRAHAM C. Stevens. Integrating the Supply Chain. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 19, n. 8, 3-8, 1989.

GEORGE, A. Z.; PANELLI, A.; UPTON, R.. Purchasing organization involvement in risk assessments, contingency plans, and risk management: an exploratory study. **Supply Chain Management**, v. 5, n. 4, 187-198, 2000.

HARREL, C. R. *et al.* **Simulação: otimizando sistemas**. 2^a ed. São Paulo: IMAM, 2002.

KAZMIER, L. J. **Estatística aplicada à administração e economia**. 4^a ed. Porto Alegre: Bookman, 2007.

KLEINDORFER, P. R.; KALYAN, S.; LUK, N.; VAN, W. Sustainable Operations Management. **Production and Operations Management**, 4(14), 482-492, 2005.

KÜSTER, E.; KÜSTER, F. C.; KÜSTER, K. S. **Administração e financiamento do capital de giro**. Curitiba: Juruá, 2005.

KREVER, M.; WUNDERINK, S.; DEKKER, R.; SCHORR, B. Inventory control based on advanced probability theory, an application. **European Journal of Operational Research**, v. 162, n. 2, 342-358, 2003.

KRIKKE, H. **Recovery strategies and reverse logistics network design**. Holanda: Institute for Business Engineering and Technology Application, 1998.

LACERDA, L. Logística Reversa – uma visão sobre os conceitos básicos e as práticas operacionais. **Centro de Estudos em Logística, COPPEAD**, 2002. Disponível em <http://www.paulorodrigues.pro.br/arquivos/Logistica_Reversa_LGC.pdf>. Acesso em 20 ago. 2011.

LANDEROS, R; MONCZKA, R. M. Cooperative buyer/seller relationships and a firm's competitive strategy. **Journal of Purchasing and Materials Management**, v. 25, n. 3, 9-18, 1989.

LAMBERT, D. M.; COOPER, M. C.; PAGH, J. D. Supply chain management: implementation issues and research opportunities. **International Journal of Logistics**, 1998.

LAW, A. M.; KELTON, W. D. **Simulation modeling and analysis**. 2^a ed. New York: McGraw-Hill, 1991.

LEITE, P. R. **Logística reversa: meio ambiente e competitividade**. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

LEVITT, T. After the sale is over. **Harvard Business Review**, Boston, 1983.

LOUREIRO, S. A. Uso integrado de métodos de simulação de eventos discretos e contínuos na resolução de problemas logísticos em parques de diversão. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

LUMMUS, R. R. *et al.* Defining supply chain management: a historical perspective and practical guidelines. **Systems Emerald**, 1999.

MARQUES, R. W. C. Avaliação da sazonalidade do mercado de flores e plantas ornamentais no Estado de São Paulo. Dissertação, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2002.

MENDES, E. A.; BASSO, L. F. C.; KAYO, E. K. Estrutura de capital e janelas de oportunidade : testes no mercado brasileiro. **RAM** (Revista de Administração Mackenzie), São Paulo, 78-100, 2009.

MENNER, W. A. Introduction to modeling and simulation. THE 1997 WINTER SIMULATION CONFERENCE [Proceedings], Piscataway, NJ, 7-13, 1997.

MILES, R. E; SNOW, C. C. **Organizational strategy, structure, and process**. New York: McGraw-Hill, 1978.

MIYAGI, P. E. **Introdução a simulação discreta**. São Paulo: EdUSP, 2004.

MOORE, J.; WEATHERFORD, L. R. **Tomada de decisão em administração com planilhas eletrônicas**. 6ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

MORANDI, L.; REIS, E. J. Estoque de capital fixo – novas estimações, 1950–2002. ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA [Anais], 32, João Pessoa, 2004.

MORETTI, D. C. Gestão de suprimentos em um operador logístico. Dissertação, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

NOVATECH. Disponível em <<http://www.novatech.ind.br/>>. Acesso em 02 de out.2013.

NHAN, A.; SOUZA, C.; AGUIAR, R. Logística reversa no Brasil: a visão dos especialistas. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO [Anais], Ouro Preto, 2003.

PANNIRSELVAM, G. P. *et al.* Operations management research: an update for the 1990's. **Journal of Operations Management**, v. 18, 95-112, 1999.

PARRA, P. H. Análise da gestão da cadeia de suprimentos em uma empresa de computadores. Dissertação, Faculdade de Engenharia Mecânica e de Produção, Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara d'Oeste, 2000.

PEIXOTO, E. C; PINTO, L. R. Gerenciamento de estoques via previsão de vendas agregadas utilizando simulação. *Prod.*, v.16, n. 3, 569-581, dez. 2006.

PETROVIC, R.; PETROVIC, D. Multicriteria ranking of inventory replenishment policies in the presence of uncertainty in customer demand. **International Journal of Production Economics**, v. 71, 439-446, 2001.

PIRES, S. R. I. **Gestão da cadeia de suprimentos: conceitos, estratégias, práticas e casos**. São Paulo: Atlas, 2004.

POHLEN, T.; FARRIS, M. Reverse Logistics in plastics recycling. **International Journal of Physical Distribution and Logistics Management**, v. 22, n. 7, 34-47, 1992.

PRADO, D. S. Usando o Arena em simulação. *Série Pesquisa Operacional*, v. 3. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1999.

PRITSKER, A. A. B. Introduction to simulation and SLAM II. New York: John Wiley & Sons, 1986.

QUINN, F. J. What's the buzz? **Logistics Management**, vol. 43, 1997.

RAGSDALE, C. T. **Modelagem e análise de decisão**. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

RESENDE, A. P. D. *et al.* Consórcio modular: o novo paradigma do modelo de produção. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO [Anais], 22, Curitiba, 2002.

RIVETT, P. **Model building for decision analysis**. New York: J. Wiley, 1980.

RYZIN, G J. VAN. Analyzing inventory cost and service in supply chains. **Columbia Business School**, 2001.

ROSENBLOOM, B. Canais de marketing: uma visão gerencial. Trad. Bras. 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2002.

ROGERS, P.; RIBEIRO, K. C. S.; ROGERS, D. Avaliando o risco na gestão financeira em estoques. SIMPOSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS [Anais], 7, FGV, São Paulo, 2004.

ROGERS, D.; TIBBEN-LEMBKE. Going backward: reverse logistics trend and practices. **Reverse Logistics Council**, 1998.

SAKURADA, N.; MIYAKE, D. I. Aplicação de simuladores de eventos discretos no processo de modelagem de sistemas de operações de serviços. s/n., 25-43, 2009.

SAMUELSON, P.; NORDHAUS, W. **Economia**. 14ª ed. Lisboa, Portugal: McGrawHill, 1993.

SANTOS, L. C.; GOHR, C. F.; SCHARAN, M. J. Análise, reprojeto e melhoria do processo de montagem de embalagens de madeira utilizadas para o acondicionamento de motores elétricos. **Revista Gestão Industrial**, v. 6, n. 4, 2010.

SCHERR, F. C. **Modern working capital management**. Michigan: Prentice-Hall, 1989.

SILVA, Bruna Daniela da; OLIVEIRA, Flávia. C.; MARTINS, D. **Resíduos eletroeletrônicos no Brasil**. Santo André, 2002. Disponível em <http://lixoeletronico.org/system/files/lixoeletronico_02.pdf>. Acesso em out. 2013.

SIMCHI-LEVI, D.; KAMINSKY, P. E; SIMCHI-LEVI, E. **Cadeia de suprimentos: projeto e gestão**. Porto Alegre. Bookman, 2003.

SINAY, M. C. F. *et al.* Distribuição de carga urbana: componentes, restrições e tendências. RIO DE TRANSPORTES [Anais], 2, Rio de Janeiro, 2004.

SMITH, G. A language for teaching discrete-event simulation. **J. Operat. Res. Soc.**, 40(9), 761-770, 1989.

SPIEGEL, M. **Probabilidade e estatística**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2007.

STOCK, J. R. Development and implementation of reverse logistics programs. **Council of Logistics Management**, 1998.

TAHA, Amdy A. **Pesquisa Operacional**. 8ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008

TAYLOR, D. A. **Logística na cadeia de suprimentos: uma perspectiva gerencial**. São Paulo: Pearson Addison-Wesley, 2005.

TIMME, S. G.; WILLIAMS-TIMME, C. The real cost of holding inventory. **Supply Chain Management Review**, v. 7, 30-37, 2003.

TRENT, R. J. What everyone needs to know about SCM. **Supply Chain Management Review**, 8(2), 2004.

VEILING. Disponível em <<http://www.veiling.com.br/>> Acesso em 20 nov. 2012.

WCED. Our common future. United Nations, The World Commission on Environment and Development, The Brundtland Report, 1987.

WOMACK, J. P. *et al.* **The machine that change the world**. New York: Macmillan, 1990.

ZHANG, D. *et al.* A comparison of municipal solid waste management in Berlin and Singapore. **Waste Management**, 30, 921-933, 2010.