UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO COPPEAD DE ADMINISTRAÇÃO

VINICIUS GONÇALVES PANISSET

O IMPACTO DE DIFERENTES DISTRIBUIÇÕES DE DEMANDA NA CADEIA DE SUPRIMENTOS: UM ESTUDO EXPERIMENTAL DE SIMULAÇÃO

Rio de Janeiro, RJ - Brasil

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

VINICIUS GONÇALVES PANISSET

O IMPACTO DE DIFERENTES DISTRIBUIÇÕES DE DEMANDA NA CADEIA DE SUPRIMENTOS: UM ESTUDO EXPERIMENTAL DE SIMULAÇÃO

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Instituto COPPEAD de Administração

Mestrado em Administração de Empresas

Orientador: Peter Wanke

Rio de Janeiro, RJ - Brasil

O IMPACTO DE DIFERENTES DISTRIBUIÇÕES DE DEMANDA NA CADEIA DE SUPRIMENTOS: UM ESTUDO EXPERIMENTAL DE SIMULAÇÃO

Vinicius Gonçalves Panisset

Dissertação submetida ao corpo docente do Instituto de Pós Graduação e Pesquisa em Administração de Empresas (COPPEAD) da Universidade Federal do Rio de Janeiro como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre.

Rio de Janeiro, ___ de maio de 2006

Aprovada por:

_____

Prof. Peter Wanke, D. Sc. - Orientador

_____

Prof. Kleber Fossati Figueiredo, Ph. D.

_____

Prof. Rafael Garcia Barbastefano, D. Sc.

Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Autor: Vinicius Gonçalves Panisset

O IMPACTO DE DIFERENTES DISTRIBUIÇÕES DE DEMANDA NA CADEIA DE SUPRIMENTOS: Um Estudo Experimental de Simulação

Número de volumes: 1(um)

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Administração, no INSTITUTO COPPEAD DE ADMINISTRAÇÃO, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Administração de Empresas (área de interesse: Logística e Operações).

Orientador: Peter Wanke

Rio de Janeiro – RJ
2007

PANISSET, Vinicius Gonçalves

O impacto de diferentes distribuições de demanda na cadeia de suprimentos: um estudo experimental de simulação / Vinicius Gonçalves Panisset – 2007

xi, 124f.: il

Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto COPPEAD de Administração, Rio de Janeiro, 2007.

Orientador: Peter Wanke, D. Sc.

1. Cadeia de Suprimentos. 2. Simulação. 3. Demanda. 4. Varejo. I. Wanke, Peter (orient.). II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Instituto COPPEAD de Administração. III. Título.

“Dedico este trabalho aos meus pais Adilson e Celeste e à Carlinha, pois foi somente concluído devido ao seu apoio e incentivo”.

Agradecimentos

Agradeço a Deus e a Nossa Senhora que me proporcionaram as condições necessárias para o complemento de mais esta etapa da vida.

Agradeço também aos meus pais Adilson e Celeste que sempre primaram pela minha educação, me incentivaram e me apoiaram em todas as fases da vida.

Aos meus irmãos Anderson e Carla, meu cunhado Antônio que sempre me apoiaram e me auxiliaram a tomar decisões importantes.

A minha futura esposa Carlinha, que indiscutivelmente foi a maior incentivadora desta fase e quem me deu forças para completá-la. Aos meus sogros José e Heloísa que me apoiaram juntamente com ela.

Ao orientador Peter Wanke e aos amigos do CEL – João KG, Pedro Lopes e Antonio Pimpão, que me auxiliaram a decifrar linguagens que eu não dominava.

Aos amigos Alexandre Florio e Ricardo Dantas que também me apoiaram de diversas formas durante este projeto.

Às minhas amigas e sócias Ana e Roberta que mesmo totalmente sobrecarregadas me incentivaram a chegar ao final.

E aos funcionários do Instituto Coppead de Administração, em especial ao pessoal da secretaria, da biblioteca, da cantina, do intercâmbio, da reprografia e do alumni que deram grande apoio, não só a mim como a todos os estudantes.

RESUMO

PANISSET, Vinicius Gonçalves. **O impacto de diferentes distribuições de demanda na cadeia de suprimentos: um estudo experimental de simulação**. Orientador: Peter Wanke. Dissertação (Mestrado em Administração). Instituto COPPEAD de Administração, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

A cadeia de suprimentos é estruturada por diversos elos, como fornecedores, fábricas, distribuidores, empresas atacadistas e varejistas. O funcionamento da cadeia depende do relacionamento entre tais elos e a forma como estas relações são gerenciadas e promovidas influencia diretamente no desempenho de cada um.

Devido à grande quantidade de relações existentes dentro da cadeia, uma das formas mais indicadas para estudá-la é através de simulação de cenários. Ao aliarmos os resultados das simulações a técnicas estatísticas específicas, é possível interpretar as relações e assim compreender como cada elo influi na atuação do elo seguinte e do elo anterior.

Uma variável importante neste cenário é a demanda do mercado consumidor. Como possíveis distribuições de demanda impactam no funcionamento da cadeia e no desempenho do varejo é o que este estudo procura entender.

Para isso, inicialmente apresenta-se uma revisão de literatura sobre cadeia de suprimentos, flutuação da demanda, distribuições discretas e simulação. Em seguida o estudo apresenta o modelo de simulação utilizado, as análises dos dados que foram colhidos da simulação e, finalmente, a conclusão do trabalho.

Verificou-se que decisões de como produzir (fabricação puxada ou empurrada) e, principalmente distribuir os produtos (diretamente ou por meio de distribuidores) afetam mais as variáveis do varejo do que as próprias distribuições de demanda, que foram simuladas por este estudo.

ABSTRACT

PANISSET, Vinicius Gonçalves. **O impacto de diferentes distribuições de demanda na cadeia de suprimentos: um estudo experimental de simulação**. Orientador: Peter Wanke. Dissertação (Mestrado em Administração). Instituto COPPEAD de Administração, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

The supply chain is structured by many players, like suppliers, plants, distributors, wholesalers, dealers and retails. Supply chain operation depends on the relations between those organizations, and the way those relations are managed and promoted influence the performance of each other directly.

Because of the great number of relations that exist inside the chain, one of the best ways to study it is through scenery simulation. When we join the simulation results with statistics techniques, it is possible to interpret the relations, and then, to understand how each organization influences in the behavior of other one.

In this picture, one of the most important variables is the end consumer demand information. What this study searches for, is to answer how some demand distributions impact the supply chain operation and the retail performance.

Considering all that, this study presents a literature review about supply chain, demand fluctuation, discrete distributions and simulation. Then, it presents the simulation model to be used, simulation output data analysis, and finally the study conclusion.

It was verified that, decisions about how to produce (pull or push production) and, the most important, how to distribute products (directly to market or through dealers) affect more retail variables than the demand distributions itself, that were simulated by this study.

Sumário

1 INTRODUÇÃO ----------1

2 REVISÃO DE LITERATURA ----------3

2.1 CADEIA DE SUPRIMENTOS ----------4

2.1.1 **Introdução** 4
2.1.2 **Cadeia de suprimentos** 5
2.1.3 **Gerenciamento da cadeia de suprimentos** 7
2.1.4 **Objetivo do GCS** 10
2.1.5 **Impactos de decisões estratégicas de logística na CS** 11
2.1.6 **A cadeia de suprimentos do varejo** 15
2.1.7 **Métricas para o controle do GCS e sucesso das CS's** 17

2.2 FLUTUAÇÃO DA DEMANDA---------- 21

2.2.1 **Comportamento da demanda** 21
2.2.2 **O impacto da flutuação da demanda na cadeia de suprimentos** 31

2.3 AS DISTRIBUIÇÕES DISCRETAS---------- 34

2.3.1 **Introdução** 34
2.3.2 **Variáveis discretas** 34
2.3.3 **Distribuições discretas** 35
2.3.4 **Desvio Padrão e Momentos** 38

2.4 MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE SISTEMAS---------- 40

2.4.1 **Sistemas** 40
2.4.2 **Modelos** 41
2.4.3 **Simulação** 42

2.5 O PAPEL DA SIMULAÇÃO NO ESTUDO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS ---------- 52

3 OBJETIVO GERAL DO ESTUDO E PERGUNTAS A SEREM RESPONDIDAS----56

3.1 OBJETIVO GERAL DO ESTUDO ---------- 56

3.2 PERGUNTAS---------- 57

4 METODOLOGIA DE PESQUISA E PARAMETRIZAÇÃO DO MODELO ----------59

4.1 O MODELO---------- 59

4.2 PARAMETRIZAÇÃO DO MODELO---------- 64

5 ANÁLISE DE DADOS ----------73

5.1 ANÁLISE MULTIVARIADA DE COVARIÂNCIA (MANCOVA) ---------- 73

5.2 TESTES MULTIVARIADOS---------- 76

5.3 RESUMO DAS ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS---------- 79

5.4 OUTROS MODELOS DE REGRESSÃO---------- 83

5.5 REPRESENTAÇÕES GRÁFICAS DAS ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS ---------- 89

5.6 RESUMO DAS ANÁLISES ---------- 96

6 CONCLUSÃO ----------99

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ---------- 103

APÊNDICE A - Diferenças entre valores médios mínimos e máximos ---------- 110

APÊNDICE B - Estatísticas descritivas---------- 111

Índice de Figuras

Figura 1: Cadeia de Suprimentos (Dobler e Starling, 2003) 5
Figura 2: Alguns tipos de demanda (Ballou, 2004) 23
Figura 3: Alguns tipos de demanda (2) (Ballou, 2004) 24
Figura 4: Triângulo do GCS de classe mundial (Burt *et al.* 2003) 25
Figura 5: Fluxo de informações do gerenciamento da demanda (Burt *et al.*, 2003) 26
Figura 6: Balanceamento do gerenciamento da demanda (Kalchschmidt, 2006) 31
Figura 7: Distribuição de Bernoulli (Freund e Simon, 2000) 36
Figura 8: Distribuição Binomial (Freund e Simon, 2000) 36
Figura 9: Distribuição de Poisson (Freund e Simon, 2000) 37
Figura 10: Distribuição Pascal (Freund e Simon, 2000) 38
Figura 11: Distribuição Pascal (Kazmier, 1982) 39
Figura 12: Exemplos de curtose (Kazmier, 1982) 39
Figura 13: Formas de se estudar um sistema (Law e Kelton, 1991) 41
Figura 14: Uma abordagem de sete passos para a condução de um estudo de simulação de sucesso (Law 2003) 49
Figura 15: Spartan supply chain simulation 60
Figura 16: *Lead times* – Spartan chain simulation 61
Figura 17: Canais de distribuição utilizados no modelo 65
Figura 18: O comportamento da demanda empírica durante o ano 66
Figura 19: Histograma da demanda empírica 67
Figura 20: O comportamento da demanda binomial durante o ano 67
Figura 21: Histograma da demanda binomial 68
Figura 22: O comportamento da demanda Poisson durante o ano 68
Figura 23: Histograma da demanda de Poisson 69
Figura 24: O comportamento da demanda pascal durante o ano 69
Figura 25: Histograma da demanda Pascal 70
Figura 26: Variável dependente Estoque médio em mãos no varejo por demanda 90
Figura 27: Variável dependente Estoque médio em trânsito no varejo por demanda 91
Figura 28: Variável dependente *Fill Rate* médio do varejo por demanda 92
Figura 29: Variável dependente Quantidade acumulada de falta de estoque no varejo por demanda 92
Figura 30: Variável dependente Quantidade de carregamento recebida no varejo por demanda 93
Figura 31: Variável dependente Quantidade de rupturas de estoque no varejo por demanda 94
Figura 32: Variável dependente Quantidade total recebida no varejo por demanda 95

Índice de Tabelas

Tabela 1: Principais efeitos dos tipos de produção e de distribuição no varejo (Wanke et al. 2006) 12
Tabela 2: Efeitos secundários dos tipos de produção e de distribuição no varejo (Wanke *et al.* 2006) 12
Tabela 3: Visão Geral: perspectivas para derivar as metas do GCS (Otto e Kotzab, 2003) 18
Tabela 4: Métricas para as seis perspectivas da CS (Otto e Kotzab, 2003) 18
Tabela 5: Seqüência de eventos ocorridos no elos da cadeia do Spartan 60
Tabela 6: Tempos de resposta do modelo Spartan 61
Tabela 7: Seqüência de eventos da fábrica do modelo Spartan 62
Tabela 8: Entradas do modelo 63
Tabela 9: Saídas do modelo 64
Tabela 10: Distribuições de demanda e suas características 66
Tabela 11: Plano de experimentos 71
Tabela 12: Variáveis da simulação 71
Tabela 13: Estudo de correlações 76
Tabela 14: Testes Multivariados 77
Tabela 15: Estatísticas descritivas relacionadas à demanda 79
Tabela 16: Terceiro e quarto momentos de cada demanda 80
Tabela 16: Estatísticas descritivas relacionadas à produção 81
Tabela 17: Estatísticas descritivas relacionadas à distribuição 81
Tabela 18: Resumo das estatísticas descritivas aglutinadas pelas variáveis independentes 82
Tabela 19: Análise de variâncias (1) 84
Tabela 20: Análise de variâncias (2) 85
Tabela 21: ANOVA (Demanda) 86
Tabela 22: Medidas de associação 87
Tabela 23: Teste de Kruskal-Wallis 88
Tabela 24: Teste de Medianas 89
Tabela 25: Melhores cenários para cada variável dependente 96
Tabela 26: *Trade-offs* nas decisões de distribuição para os padrões de demanda pesquisados 96
Tabela 27: *Trade-offs* nas decisões de produção para os padrões de demanda pesquisados 97
Tabela 28: *Trade-offs* nas decisões de distribuição e produção para os padrões de demanda pesquisados 97
Tabela 29: Diferenças entre valores médios mínimos e máximos 110
Tabela 30: Estatísticas descritivas (1) 111
Tabela 31: Estatísticas descritivas (2) 112

1 INTRODUÇÃO

As cadeias de suprimentos são ambientes complexos onde acontecem inúmeras interações entre seus componentes por meio de grande e intenso fluxo de materiais e informações. Esta situação acaba gerando dificuldades em planejar a configuração das operações da cadeia e, principalmente, em entender como agir para melhorar seu desempenho de forma a não provocar melhorias apenas pontuais e no curto prazo.

Entender como a demanda pode impactar no funcionamento geral da cadeia e de seus elos é muito importante, porém, extremamente difícil. Este trabalho surgiu desta necessidade, ou seja, da preocupação em se entender melhor como atender os clientes, maximizando níveis de serviço sem comprometer a operação, seja no âmbito financeiro, como também no âmbito dos processos nela contidos.

Será visto que muitos autores já trataram os *trade-offs* existentes na logística, contudo, não tantos chegaram a abordar especificamente esta relação aqui mencionada. A demanda é uma das informações mais importantes existentes na cadeia de suprimentos. Com a finalidade de compreender a relação existente entre ela e o comportamento dos elos da cadeia, serão utilizadas algumas variáveis de desempenho importantes, apontadas pela bibliografia.

Com o intuito de mensurar o impacto da demanda na configuração operacional e nos diferentes elos da cadeia, mas principalmente no varejo, serão utilizados quatro diferentes padrões de demanda: três baseados nas distribuições: Binomial, Poisson e Pascal; e um aproveitando o Jogo da Cerveja[1] (distribuição empírica); todos os quatro com médias iguais, mas, desvios padrão, curtoses e assimetrias diferentes. Contudo, tal diferença nos momentos das distribuições não exerceu tanta influência nas variáveis de desempenho do varejo. Pôde-se

[1] O Jogo da Cerveja surgiu de uma idéia desenvolvida pelo Massachusetts Institute of Technology há mais de uma década. As empresas pertencentes a uma cadeia de suprimentos devem ser geridas de maneira cooperativa e têm um objetivo comum: minimizar o custo total da cadeia. O jogo possibilita a visualização clara dos impactos imediatos da política de uma empresa no ambiente mais amplo da cadeia produtiva.

confirmar a forte relação do tipo de distribuição dos produtos e, de modo menos significativo, do tipo produção da fábrica, nas variáveis de desempenho no varejo.

É importante salientar que essa dissertação de mestrado contribui para um estudo mais abrangente sobre as relações existentes entre os elos da cadeia, promovido pelo Centro de Estudos em Logística (CEL) do Coppead, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

O trabalho está dividido nas seguintes partes: Revisão bibliográfica sobre cadeia de suprimentos; flutuação da demanda; distribuições discretas; modelagem e simulação; e, o papel da simulação no estudo da cadeia de suprimentos; objetivo geral do estudo e perguntas a serem respondidas; metodologia de pesquisa e parametrização do modelo; análise de dados; conclusões e contribuições finais ao estudo, assim como sugestões para estudos futuros.

Para que o estudo pudesse ser realizado, utilizou-se um simulador da cadeia de suprimentos chamado *"Spartan Supply Chain Simulation"*, desenvolvido por Alexandre Rodrigues da *Michigan State University.* O simulador representa uma cadeia de suprimentos estruturada no software Arena®. Os resultados da simulação foram tratados em planilha Excel® e no pacote estatístico SPSS® para facilitar o uso da técnica estatística análise multivariada de covariância (MANCOVA).

Este estudo faz-se relevante tanto na teoria, para pesquisadores do meio acadêmico, quanto na prática, para gestores nas indústrias e principalmente no varejo, por abordar questões sobre a configuração da cadeia de suprimentos. Compreender mais claramente os *trade-offs* existentes entre os processos da produção e da distribuição, e também, seus impactos cruzados no varejo à luz de diferentes padrões de demanda, leva-se a ser mais eficientes na gestão dos recursos (tanto humanos, quanto materiais, financeiros e naturais), atendendo melhor as necessidades dos clientes sem comprometer a rentabilidade dos elos da cadeia.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Nesta seção será apresentada uma revisão de literatura em cinco etapas, a saber:

1. Cadeia de suprimentos;

2. Flutuação da demanda;

3. Distribuições discretas;

4. Modelagem e simulação;

5. O papel da simulação no estudo da cadeia de suprimentos.

Serão discutidos alguns importantes conceitos sobre a cadeia de suprimentos, o papel de cada recurso componente da cadeia, os principais trade-offs envolvidos em cada etapa, as decisões estruturais e operacionais que devem ser tomadas no gerenciamento da cadeia de suprimentos, a cadeia de suprimentos do varejo e as métricas para controle da cadeia,

A segunda etapa refere-se ao estudo da flutuação da demanda, seu impacto na cadeia de suprimentos e no varejo. Serão analisados alguns tipos clássicos de comportamentos de séries de demanda no tempo, os riscos envolvidos ao gerenciamento da demanda assim como o impacto da flutuação na cadeia e no próprio varejo.

Na etapa seguinte, serão abordadas algumas distribuições discretas e algumas medidas estatísticas visando a melhor compreensão da simulação e da análise de dados.

Na quarta etapa, será mostrado um breve histórico, os conceitos, etapas, vantagens, desvantagens, métodos, ferramentas e os principais desafios na metodologia da modelagem e simulação de sistemas. Inclusive, serão abordados os passos a fim de se conduzir um estudo de simulação com sucesso.

Por fim, revisadas as teorias sobre modelagem e simulação, sobre cadeia de suprimentos, influência da demanda no funcionamento da cadeia e sobre distribuições de probabilidade, o último sub-capítulo busca "costurar" cada ponto destes, de forma a entender o papel da simulação no estudo da cadeia de suprimentos e o impacto da flutuação da demanda nas variáveis logísticas do varejo.

2.1 CADEIA DE SUPRIMENTOS

2.1.1 **Introdução**

De acordo com Christopher e Peck (2004), o termo Cadeia de Suprimentos (CS) foi primeiramente utilizado no início dos anos 80, quando autores cunharam a frase para descrever uma disciplina gerencial emergente. Esta nova disciplina era a resposta a mudanças nas tendências em estratégia de negócios, que por sua vez, demandaram que os interesses internos das empresas fossem deixados de lado para se conseguir um bem maior: uma organização mais eficiente, criando e entregando mais valor aos clientes e acionistas.

É possível perceber o surgimento da nova disciplina da cadeia de suprimentos através de um estudo de Rungtusanatham *et al.* (2003), que demonstra haver grande proliferação dos artigos publicados sobre pesquisas na área de gerenciamento das operações desde 1980. Sendo que, segundo tal estudo, somente a partir do ano de 1995 é que houve um forte crescimento da publicação de artigos envolvendo operações e conseqüentemente, cadeia de suprimentos.

De qualquer forma, antes de se abordar questões sobre a CS e seu gerenciamento, é interessante analisar suas definições disponíveis na literatura. Existem inúmeras, umas mais completas, outras menos, porém em sua maioria são bastante similares ou se complementam. Em alguns casos percebem-se evoluções claras com o tempo.

2.1.2 **Cadeia de suprimentos**

Cadeia de Suprimentos, segundo Christopher e Peck (2004), continua implicando diferentes significados para diferentes pessoas. Ainda é freqüentemente utilizado para descrever tanto o gerenciamento de manufatura integrada, quanto atividades logísticas dentro de uma rede de uma única empresa manufatureira, de transporte, distribuição ou varejo.

Na figura 1, encontra-se um esquema interessante do que seria uma cadeia de suprimentos, ela se estende do consumidor final até a terra e é vista como um todo, uma única entidade ao invés de grupos fragmentados, cada um desempenhando sua própria função. Transações dentro da CS simplesmente alocam os recursos do cliente final entre os seus membros. Segundo Burt *et al.* (2003), o sistema de suprimentos das empresas inclui todas as funções internas somadas aos fornecedores externos envolvidos na identificação e atendimento da necessidade de materiais, equipamentos e serviços de forma customizada. Os autores identificam, também, processos de retorno de informações / produtos no fluxo contrário, ou seja, do cliente final em direção a terra mãe.

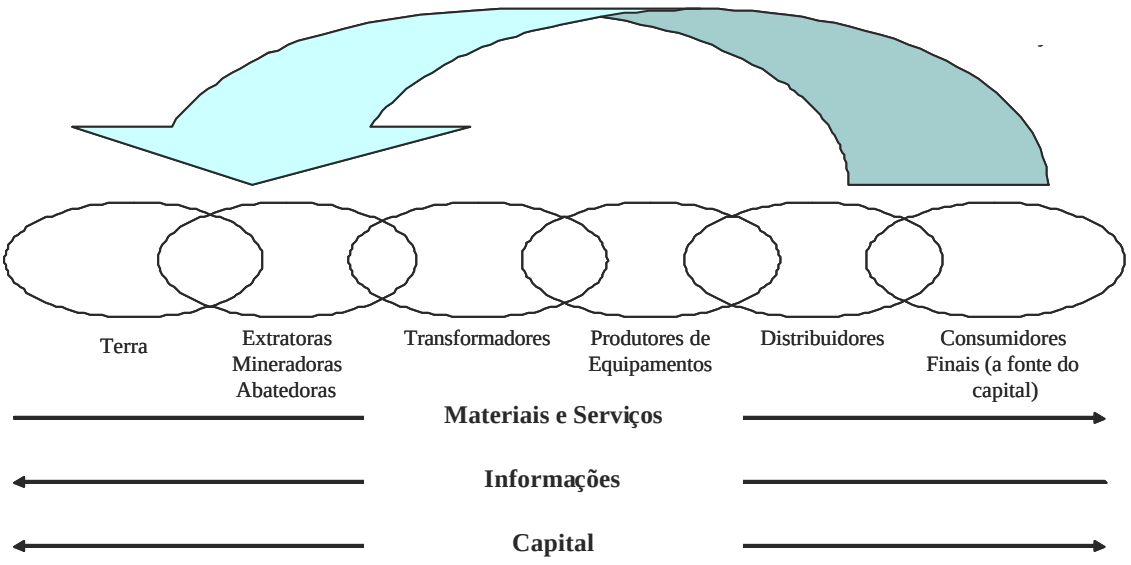


Figura 1: Cadeia de Suprimentos (Dobler e Starling, 2003)

Simchi-Levi *et al.* (2004) salientam que devem ser consideradas não somente as funções internas, de responsabilidade dos centros de manufatura, depósitos e centros de distribuição; mas também, funções externas, como a ligação com fornecedores e lojas de varejo, que se relacionam por meio de matérias primas, estoque em processamento e produtos finais que fluem entre as estruturas estabelecidas, formando a CS, conhecida, também, como rede logística.

Segundo Lambert *et al.* (2005), a CS pode ser considerada como uma rede de empresas, ou unidades independentes de negócio, desde o fornecedor inicial até o consumidor final fazendo com que seu gerenciamento seja uma ampla e desafiadora tarefa.

Ballou *et al.* (2000) estabelecem que a CS refere-se a todas as atividades associadas à transformação e fluxo de materiais e serviços, incluindo fluxo de informações, desde as fontes de matérias prima até os usuários finais. E, segundo o próprio Ballou (2004), o principal objetivo destas atividades é melhorar a eficiência e aumentar a competitividade de todo o sistema. Este objetivo pode ser alcançado mais facilmente caso haja um esforço coordenado de todos os elos através dos fluxos citados.

O aumento da eficiência da CS traduz-se em atividades e processos que produzem valor, o que de acordo com Christopher e Peck (2004), é intrínseco ao conceito de CS, no momento em que eles a definem como uma rede de organizações envolvidas em ligações a jusante e a montante. Estes autores valem-se da idéia de uma rede organizacional envolvida em ligações, fazendo uma analogia onde atestam que nenhuma organização é uma ilha, CS's modernas são de fato redes dinâmicas de empresas e indústrias interconectadas, obtendo sua real efetividade através de um eficiente gerenciamento da CS.

2.1.3 **Gerenciamento da cadeia de suprimentos**

O conceito de Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos (GCS) é amplamente explorado na literatura. Porém, conforme relata Tan (2001), infelizmente não há uma definição explícita, e talvez, unânime de GCS. Isto pode ser evidenciado no apanhado de definições apresentadas a seguir, inclusive, muitas delas sendo bastante similares. Desta forma, as próximas páginas podem parecer um tanto quanto repetitivas, mas são importantes para que sejam evidenciadas tais características presentes na literatura sobre o tema.

Desde meados de 1990, de acordo com Lambert *et al.* (2005), acadêmicos dos campos do gerenciamento de logística, de marketing e de operações, têm tentado descrever GCS. Três descrições distintas dominam a literatura: em primeiro, GCS pode ser usado como um sinônimo para descrever as atividades de compras e suprimentos de produtores. Em segundo lugar, pode ser usado para descrever as funções de transporte e logísticas de comerciantes e varejistas. E, finalmente, pode ser utilizado para descrever todas as atividades que adicionam valor desde o explorador de matéria prima ao usuário final e incluindo a reciclagem.

Segundo Ballou *et al.* (2000), alguns pesquisadores e práticos vêem o GCS como uma extensão da área de logística, por onde fluxos de produtos e serviços são sincronizados através das áreas funcionais internas de uma empresa, assim como entre fornecedores e clientes.

Tan (2001) analisa o GCS através de duas perspectivas alternativas: (1) a perspectiva de compras e fornecimento; e (2) a perspectiva de transportes e logística. De qualquer maneira, segundo o autor, o GCS é integrado pelas duas perspectivas em um corpo comum de conhecimento que abrange todas as atividades que agregam valor na CS.

Segundo Lambert *et al.* (apud PATTERSON *et al.*, 2003) O Fórum Global de CS definiu GCS como a integração dos processos-chave de negócios desde o usuário final até os

fornecedores iniciais que provêem produtos, serviços e informações, que adicionam valor a clientes e acionistas. Cabe uma observação sobre o uso da palavra "processos-chave", ou seja, de acordo com os autores, somente os processos mais importantes necessitam ser integrados para adicionar valor a clientes e acionistas.

O *Council of Supply Chain Management Professionals* (CSCMP, o antigo *Council of Logistics Management* (CLM)) estabelece que o GCS engloba o planejamento e o gerenciamento de todas as atividades envolvidas em suprimentos, conversão e todas as atividades de gerenciamento da logística. Não esquecendo de incluir a coordenação e a colaboração dos parceiros dos canais, que podem vir a ser fornecedores, intermediários, prestadores de serviços (terceiros) e clientes. Em essência, GCS integra gerenciamento do fornecimento e da demanda dentro e através das empresas. Devido a toda esta extensão de responsabilidades, Ballou *et al.* (2000) relatam que o GCS é uma ciência de gestão multidimensional.

A definição do CSCMP é importante para este trabalho, pois ressalta o papel do gerenciamento da demanda na cadeia, assim como a importância da sua integração com o gerenciamento do fornecimento. Normalmente, não há menção explícita sobre a importância da demanda, apesar de o consumidor final, clientes ou usuários finais sempre serem abordados. Lee (apud WOODS e MARIEN, 2001) afirma que o GCS é a integração de fluxos de materiais, de informações e financeiros em uma rede de organizações que produzem e entregam produtos e serviços desde a fonte até o consumidor.

Uma das funções mais importantes do gerenciamento da CS é a integração dos vários elos da cadeia. Muitos autores salientam esta função, como por exemplo: Simchi-Levi *et al.* (2004), Bowersox *et al.* (1986) e Ballou (2004).

Simchi-Levi *et al.* (2004) definem GCS como sendo um conjunto de abordagens utilizadas para integrar de forma eficiente fornecedores, fabricantes, depósitos e lojas; com a finalidade de que as mercadorias sejam produzidas e distribuídas nas quantidades certas, para as localidades certas e ao tempo certo. Esta preocupação em atender o mercado da forma mais perfeita possível, porém sem desperdícios, é observada no discurso dos autores em sua definição de GCS, que mostra talvez, não intencionalmente, a ligação de suas funções com processos de outras áreas das empresas como o Marketing, por exemplo.

Bowersox *et al.* (apud RODRIGUES *et al.*, 2004) afirmam que o GCS ficou conhecido como a integração das operações através de todas as faces dos fluxos de negócios dentro e através das empresas para se obter vantagem competitiva.

Segundo Ballou (2004) GCS é a integração das atividades associadas ao fluxo e à transformação de mercadorias desde o estágio da extração da matéria prima, até o usuário final, através de avançadas relações na CS, para atingir a sustentação da vantagem competitiva.

Aliás, o termo "extração da matéria prima" nos remete à preocupação quanto ao cuidado para com o meio ambiente. Poucos autores mencionam tal cuidado, por exemplo, Woods e Marien (2001) quando afirmam que GCS é a movimentação de produtos da terra até o consumidor final, incluindo a sustentabilidade do ambiente.

Mentzer *et al.* (apud BALLOU, 2004) afirmam que o GCS é a coordenação sistemática e estratégica entre as funções tradicionais de negócios e suas táticas. Esta coordenação acontece dentro de uma empresa em particular e através de negócios entre diferentes empresas dentro da CS. Burt *et al.* (2003) complementam esta visão afirmando que o GCS reflete as ações e valores responsáveis pela melhoria contínua da arquitetura, desenvolvimento e processos de gerenciamento de um sistema de suprimento organizacional.

Existem muitas outras definições deste termo, porém com a finalidade de direcionar as observações e conclusões deste trabalho, é necessário adotar-se uma das definições como sendo a mais pertinente. Neste caso, será dotada a definição descrita pelo CSCMP, cuja importância ao estudo já fora salientada.

A partir de agora, resta-nos saber o porquê desta preocupação com a CS e seu gerenciamento; afinal qual é o objetivo do GCS?

2.1.4 **Objetivo do GCS**

Segundo Simchi-Levi *et al.* (2004), o GCS deve ser implantado a fim de que os custos totais do sistema sejam minimizados e os níveis de serviço sejam satisfeitos, ou, posicionando-se de forma mais clara, uma empresa deve procurar implantar o GCS em sua cadeia buscando não somente melhorar a lucratividade e assegurar sua sobrevivência, mas também, a de seus clientes e fornecedores.

Mentzer *et al.* (apud BALLOU, 2004) relatam que o GCS deve ser adotado para o propósito de melhorar o desempenho a longo-prazo das empresas individuais e a CS como um todo. A fim de que isso aconteça, faz-se necessário a eliminação de desperdícios e um melhor uso das habilidades internas e externas de cada fornecedor e da tecnologia, criando, assim, uma CS firmemente integrada, que, segundo Bowersox, Closs e Stank (2000), tem o objetivo de aumentar o valor ao consumidor final.

Gunasekaran *et al.* (2004) afirmam que o GCS tem sido o maior componente da estratégia competitiva para elevar a produtividade e a lucratividade organizacional. De forma mais enfática, Patterson *et al.* (2003) afirmam que organizações que compreendem os benefícios competitivos de uma eficiente operação de CS, incorporam estratégias de CS na estratégia organizacional.

Desta maneira, de acordo com a grande maioria dos autores, o GCS precisa ser implantado para que as empresas componentes da cadeia possam manter-se sustentáveis e competitivas em longo prazo. Para isso, é fundamental que haja muito cuidado durante os processos de tomada de decisões, principalmente decisões em níveis estratégicos relacionadas ao funcionamento da cadeia de suprimentos, conforme relata o ponto 2.1.5 à diante.

2.1.5 **Impactos de decisões estratégicas de logística na CS**

Segundo Wanke e Zinn (2004) existem variáveis importantes que um gestor deveria atentar antes de tomar decisões estratégicas específicas na CS (as variáveis aparecem da mais importante para a menos importante):

1. Com relação à decisão entre produzir contra-pedido e produzir para estoque, deve-se considerar o tempo de entrega e o coeficiente de variação das vendas;
2. Já em relação à decisão de produzir de forma Puxada ou Empurrada, é preciso atentar-se para o tempo de entrega e informações sobre a demanda no varejo;
3. Por fim, com relação a centralizar e descentralizar, faz-se necessário entender o giro dos estoques e o tempo de entrega aos clientes.

Tais decisões devem ser tomadas sempre baseadas em mais de uma variável e, também, considerando a relação entre tais variáveis.

Wanke *et al.* (2006), através de um conjunto de experimentos, confirmaram um *trade-off* existente na CS, onde um melhor desempenho na ponta final da cadeia depende de operações não enxutas na indústria.

De acordo com os autores, decisões sobre o tipo de distribuição (ser Direta ou Escalonada) são mais importantes para o posicionamento estratégico das operações na indústria e para a segmentação no varejo do que decisões sobre o tipo de produção (Puxada ou Empurrada) e sobre a interação do tipo de distribuição e do tipo de produção.

As tabelas abaixo mostram resumidamente os resultados obtidos por Wanke *et al.* (2006) no que tange aos efeitos da utilização dos tipos de produção (Puxada ou Empurrada) e dos tipos de distribuição (Escalonada ou Direta) na ponta da cadeia. A primeira constitui nos efeitos principais e a segunda nos secundários:

VARIÁVEIS	TIPO DE PRODUÇÃO		TIPO DE DISTRIBUIÇÃO	
	Puxada	Empurrada	Direta	Escalonada
***Fill Rate* (FR)**	Menor	Maior	Maior	Menor
Estoque Médio em Mãos (EMM)	Maior	Menor	Maior	Menor
Estoque Médio em Trânsito (EMT)	Menor	Maior	Menor	Maior
Quantidade de Carregamentos Recebidos (QCR)	Menor	Maior	Menor	Maior
Quantidade de Rupturas de Estoque (QRE)	Maior	Menor	Menor	Maior
Quantidade Acumulada de Falta de Estoque (QAFE)	Maior	Menor	Maior	Menor

Tabela 1: Principais efeitos dos tipos de produção e de distribuição no varejo (Wanke et al. 2006)

Variáveis	Interação	
	Produção Empurrada e Distribuição Escalonada	Produção Puxada e Distribuição Direta
***Fill Rate* (FR)**	Maior	Menor
Quantidade de Carregamentos Recebidos (QCR)	Menor	Maior
Estoque Médio em Mãos (EMM)	Maior	Menor
Estoque Médio em Trânsito (EMT)	Menor	Maior
Quantidade de Rupturas de Estoque (QRE)	Menor	Maior
Quantidade Acumulada de Falta de Estoque (QAFE)	Maior	Menor

Tabela 2: Efeitos secundários dos tipos de produção e de distribuição no varejo (Wanke *et al.* 2006)

Segundo experimentos elaborados por Closs *et al.* (1998), a cadeia de suprimentos que adotou a política de resposta à demanda (política de produção Puxada) apresentou performance significativamente melhor, do que a cadeia que adotou uma política de antecipação da demanda (política de produção Empurrada), através de menores inventários (principalmente no varejo) e maior nível de serviço ao cliente final.

Ainda conforme Closs *et al.* (1998), a cadeia que utiliza produção Puxada demonstrou maior habilidade para tirar vantagens da reduzida incerteza da demanda. A menor incerteza resultou em níveis de serviço levemente melhores e dramaticamente menores inventários em todo o sistema, ao contrário da outra cadeia. Por fim, a pesquisa mostrou que sistemas de reposta à demanda (política Puxada) demonstram a habilidade de prover melhores níveis de serviços e reduzidos inventários em toda a cadeia simultaneamente.

Além disso, segundo Inman (1999) e de acordo com pesquisas feitas na indústria automotiva, sistemas de produção Empurrada são melhores controlados nos casos em que a acurácia da previsão de demanda no varejo é alta. Nos casos de baixo volume de produção e produtos não repetitivos, utilizar o sistema puxado é ineficiente, já que, tal característica força paradas freqüentes para troca de maquinário.

Outro fator colocado por Bowersox e Closs (1996), com relação às políticas de produção, é que a logística por antecipação viabiliza a consolidação dos estoques, mas, por outro lado, a logística de resposta rápida, como as situações criadas por estratégias de postergação, geram cargas pequenas que são movimentadas em padrões irregulares, isso acaba sendo confirmado pelas colocações de Inman em 1999.

Os autores ainda lembram que arranjos baseados em resposta rápida (política de produção Puxada) enfatizam a cooperação e o compartilhamento de informação entre os elos e dentro de cada elo. Isso pode ser reafirmado quando autores, como Levy e Weitz (2000),

afirmam que, impulsionados pelo avanço tecnológico dos sistemas de informações, cada vez mais varejistas utilizam a estratégia para "puxar a logística", ao invés de uma cadeia para "empurrar a logística". Varejistas, que possuem previsões de demanda e sistemas de informações não tão sofisticados, deveriam utilizar estratégia de "empurrar".

Com relação à política de distribuição, Bowersox e Closs (1996) afirmam que, sistemas que utilizam distribuição Direta não possuem escalas suficientes para consolidação de volumes, conforme acontece em estruturas de sistemas escalonados. Isso já é esperado, pois, a distribuição Direta reflete a centralização de estoques devido à irregularidade do comportamento da demanda na ponta, fazendo com que, a rotação de estoque de material seja menor. Tal irregularidade tem como conseqüência escalas menores de distribuição.

Segundo Levy e Weitz (2000) um varejista deve utilizar-se de um centro de distribuição nos seguintes casos: varejistas com demanda amplamente flutuante; varejistas que requeiram reposições freqüentes; lojas que oferecem número grande de itens (grande quantidade de *SKU´*s (*Stock Keeping Unit*, ou unidade de estocagem de produtos)); e, varejistas com grande número de pontos de vendas, geograficamente desconcentrados.

Por fim, Bowersox e Closs (1996) chegam à conclusão de que a melhor prática da logística atual é que ela não deve refletir os extremos nem de uma ação antecipada (política de produção Empurrada com base em previsões de demanda), nem de ações baseadas em resposta rápida (política de produção Puxada baseada na informação da venda real).

Como todas estas decisões, a serem tomadas no âmbito do GCS, levam em consideração principalmente informações originadas na ponta final da cadeia. Percebe-se a grande importância que o varejo e dados sobre a demanda dos clientes finais exercem sobre o funcionamento de toda a cadeia. A seguir esta importância será explorada mais a fundo.

2.1.6 **A cadeia de suprimentos do varejo**

Christopher (apud RAINBIRD, 2004) afirma que o GCS poderia ser chamado de "gerenciamento da cadeia da demanda" (GCD) a fim de refletir o fato de que a cadeia deveria ser dirigida pelo mercado e não por fornecedores.

Conforme Langabeer e Rose (apud RAINBIRD, 2004), a cadeia de demanda é a complexa rede de processos de negócios e atividades que ajudam as empresas a entender, gerenciar e até a criar demanda do consumidor.

Na verdade, segundo Blackwell (2001), empresas visionárias estão remodelando a sua forma de atuação no mercado, utilizando-se de uma cadeia de suprimentos inovadora moldada para atender e responder ao desejo do consumidor. Esta cadeia pode ser chamada de cadeia de demanda, assim chamada por dar grande ênfase ao atendimento ao consumidor.

Para este autor, a cadeia vista sob esta ótica faz com que todos os parceiros participem do elo final. Porém, o sucesso de toda a cadeia depende do desempenho no mercado consumidor, dos elos que se conectam e vendem aos clientes finais. Hoje em dia a forma como o varejo se apresenta ao mercado é bastante vasta, isso aumenta consideravelmente a "superfície" de contato com a ponta final, porém isso pode não ser garantia de um bom atendimento à demanda.

De acordo com Berman e Evans (1998), para que o varejo possa atender bem seus clientes, é preciso tomar a decisão de quanto estoque ele vai dispor em seu recinto, além de saber quando e de quanto em quanto tempo um produto será estocado. Esta decisão depende diretamente da colocação de pedidos e do tempo que seu fornecedor leva para atendê-los. Os tempos de pedir e de atender são chamados também de *lead times* de pedido e de atendimento. Ainda segundo os autores, uma das últimas decisões básicas relacionadas ao produto é aonde os itens serão manuseados. O varejo pode manter os estoques tanto na ponta,

ou seja, nas prateleiras da loja; quanto na fábrica, recebendo os produtos diretamente; ou, ainda, nos centros de distribuição, neste caso receberiam os estoques somente após a passagem por armazéns.

De acordo com Levy e Weitz (2000), com o passar do tempo, produtos são distribuídos diretamente ao mercado pelos varejistas, em vez de atacadistas e fabricantes aos varejistas. Muitas cadeias de lojas desenvolveram sistemas de logística sofisticados com a finalidade de trazer produtos aos centros de distribuição e posteriormente às lojas. Porém, existem varejistas que ainda preferem ter suas mercadorias entregues diretamente pelas fábricas às lojas.

Os autores supracitados afirmam que a logística, a logística se tornou muito mais importante para o sucesso do varejo nos últimos anos. Em geral, clientes exigem a disponibilidade de melhores produtos e maiores sortimentos do que no passado. Além disso, existem mais pontos de venda de varejo, assim como mais produtores e produtos concorrentes, o que acaba afetando o crescimento dos lucros. Assim, o desenvolvimento de métodos mais eficientes de distribuição de mercadorias cria uma oportunidade para redução de despesas e aprimoramento do nível de atendimento aos clientes, obtendo-se maior probabilidade de sustentação dos lucros.

Berman e Evans (1998) salientam aspectos similares, sobre a evolução do varejo, aos descritos por Levy e Weitz (2000). Os membros unidos, de um canal de distribuição – produtores, distribuidores e varejistas – representam um sistema de entrega de valor. Que por sua vez, está cada vez mais complicado, devido ao fato de que o atual sortimento de produtos que são oferecidos em lojas, ser extremamente vasto; aos formatos de varejo, que têm sido cada vez mais diferentes; e, aos produtores, que se têm utilizado, cada vez mais, de múltiplos canais de distribuição.

Ao criar-se CS´s que melhor ajustam a demanda por produtos à produção dos mesmos, varejistas podem obter grandes ganhos relacionados a custos e consideráveis melhorias do nível de serviço, enquanto que, ao mesmo tempo, conseguiriam responder efetivamente à demanda dos clientes, segundo salienta Green (2004).

Com a evolução do varejo e de suas relações com outros elos da cadeia, é cada vez mais importante, contudo, difícil, entender as relações entre os elos da cadeia e como medir o desempenho da mesma. Por isso, faz-se necessário compreendermos as mais importantes métricas no GCS.

2.1.7 **Métricas para o controle do GCS e sucesso das CS's**

O que aconteceria caso não fosse implantado o gerenciamento do desempenho da CS? Smith *et al.* (2005) relatam que a inércia gerencial pode inibir o entendimento dos gestores logísticos sobre o impacto de mudanças operacionais no desempenho da CS, e obstruir o desenvolvimento de estratégias a tempo para corrigi-lo. A falta de poder de resposta a mudanças no ambiente pode reduzir a eficiência das operações da CS da empresa, aumentar custos logísticos e resultar em perda de receitas.

Para que a inércia gerencial seja evitada, deve-se voltar atenções para as medidas e métricas do desempenho das organizações. Segundo Gunasekaran *et al.* (2004), o papel destas medidas no sucesso das empresas não pode ser sub-julgado, pois elas afetam o planejamento e o controle estratégico, tático e operacional das mesmas.

Otto e Kotzab (2003) mostraram que diferentes perspectivas para o GCS levam a diferentes caminhos do que deveria ser medido para se elucidar o desempenho na cadeia. Baseado na perspectiva escolhida, metas diferentes são relevantes para gerenciar a CS com sucesso.

Primeiramente os autores definiram as perspectivas, para a partir delas, derivar as metas do GCS, como segue no quadro abaixo:

Perspectiva	Propósito do GCS	Área focal de melhoria
Dinâmica de sistema	Gerenciando os trade-offs por toda a CS	Gerenciamento de pedidos
Pesquisa operacional	Calculando soluções ótimas, dentro de um conjunto de graus de liberdade	Configuração de rede e fluxo
Logística	Integrando processos genéricos sequencialmente, verticalmente e horizontalmente	Integração de processos
Marketing	Segmentando produtos e mercados e combinando ambos usando o canal de distribuição correto	Ajuste entre produto, canal e cliente
Organização	Determinando e dominando a necessidade de coordenação e gerenciamento de relacionamentos	Segmentação intra-organizacional
Estratégia	Mesclando competências e realocando em segmentos mais lucrativos	Habilidade de parceria; posicionamento na cadeia

Tabela 3: Visão Geral: perspectivas para derivar as metas do GCS (Otto e Kotzab, 2003)

Para cada perspectiva foram propostas várias métricas diferentes, como segue:

Dinâmica de sistema	Pesquisa Operacional	Logística	Marketing	Organização	Estratégia
Capacidade de Utilização	Custo logístico unitário	Integração - # de interfaces a atravessar no processamento de pedido	Satisfação do cliente (NS)	Custos de transação	Tempo para parcerias
Nível acumulado de inventário na CS	Nível de serviço (NS)	Lead times	Custo de distribuição unitário	Tempo para parcerias	Tempo para mercado (de desenvolvimento de produto
Falta de estoques	Tempo de entrega	Tempo do ciclo de pedido	Parcela de mercado	Flexibilidade	
Atrasos no envio das informações		Nível de inventário	Custos de atendimento por canal	Densidade de relacionamento	ROI – retorno do investimento
Tempo de adaptação à demanda		Flexibilidade – habilidade de reação a penalidades			
# de pedidos “fantasmas”					

Tabela 4: Métricas para as seis perspectivas da CS (Otto e Kotzab, 2003)

Algumas métricas apontadas pelos autores serão aplicadas mais a frente na mensuração do desempenho do varejo na cadeia de suprimento. As principais métricas a

serem levadas em consideração são: nível acumulado de inventário, nível de serviço, falta de estoques, tempo de entrega (sendo considerado como um *lead time*) e nível de inventário.

Segundo Bowersox et al. (1986), as variáveis que são medidas em certo momento, que também podem ser chamadas de *status*, são úteis para a avaliação da situação atual do sistema logístico. Algumas variáveis importantes, como: *back orders* (pedidos em atraso) e volume atual de estoque em trânsito proveriam os gestores de informações sobre possíveis problemas ao atendimento da demanda dos clientes. Outras variáveis também muito importantes são: vendas, pedidos feitos, *stockouts*, pedidos cancelados, quantidade de carregamentos e quantidade de expedições.

À medida que mais atrai atenção de serviços aos clientes, de acordo com Bowersox e Cooper (1992), é de que maneira o estoque de uma empresa é capaz de atender à demanda de seus clientes. A disposição de estoques aos clientes pode ser medida de formas diferentes, como: quantidade de rupturas de estoques e disponibilidade de estoque em percentual do estoque planejado. Para melhor entender como os estoques atendem às necessidades de clientes, a maioria das empresas também mede o *Fill Rate* de seus pedidos. O *Fill Rate* dos pedidos mede os *SKU´*s embarcados ou atendidos como um percentual de todos os *SKU´*s pedidos pelo varejo ou cliente. Caso o investimento total em estoques esteja bem balanceado, em termos de necessidades de clientes, é possível atingir-se um alto nível de *Fill Rate* no varejo.

A medida de serviço mais severa da disponibilidade de estoque no varejo é o percentual de pedidos completos embarcados. Como o próprio nome já diz, pedidos completos enviados é uma medida de freqüência de número de vezes que uma empresa disponibilize 100% de todos os itens pedidos pelo cliente. Já Christopher (1992), adota a dimensão tempo em sua teoria, define *Fill Rate* como a proporção de pedidos que são plenamente atendidos dentro do *lead-time* acertado. Porém isso parece estar subentendido na

definição anterior, já que o pedido só é plenamente atendido, caso tudo aconteça de acordo com o combinado com o cliente.

O serviço ao cliente impacta não somente no cliente final da cadeia, mas também nos clientes intermediários como distribuidores. Tradicionalmente, o marketing deu foco ao cliente final, procurando promover a marca e gerar uma "puxada" da demanda no mercado onde os produtos da empresa são comercializados. Porém isso não é suficiente por si só, devido à mudança do poder de muitos canais de distribuição, que se distanciam dos produtores e proximal dos distribuidores.

Wanke *et al.* (2006) valeram-se de diferentes indicadores de desempenho, a serem mensurados no varejo, para perceberem se havia impactos de tipos de produção e distribuição no próprio varejo. Os indicadores, que serviram como variáveis da simulação aplicada pelos autores, foram os seguintes: *Fill Rate,* "[...] razão entre a quantidade total disponibilizada pelo varejo e a quantidade total solicitada pelos consumidores finais, calculada para cada 365 dias de simulação." (op. cit., p.5); Estoque médio em mãos, que o próprio nome já diz, assim como Estoque médio em trânsito, Quantidade de carregamentos recebidos, Quantidade de rupturas de estoque, Quantidade acumulada de falta de estoque e Quantidade total recebida.

Assim, entende-se que se pode utilizar de várias métricas, com a finalidade de entender o desempenho dos elos na cadeia de suprimentos e, por conseqüência, dispor de parâmetros para gerenciá-la. O gerenciamento contínuo e focado em métricas específicas torna-se cada vez mais importante, diante do comportamento variável da demanda do consumidor pelos produtos oferecidos nas CS´s. No próximo capítulo explicitam-se as variações da demanda e o impacto na CS.

2.2 FLUTUAÇÃO DA DEMANDA

2.2.1 **Comportamento da demanda**

Entender o comportamento da demanda é fundamental. Segundo Ballou (2004), a logística compreende decisões que levam em consideração dimensões de tempo e de espaço, ou seja, os envolvidos nesta área precisam conhecer onde a demanda vai ocorrer, assim como quando vai acontecer. A localização espacial da demanda é necessária a fim de que sejam tomadas decisões sobre planejamento das localizações de depósitos, balanceamento dos níveis de estoques pela rede logística e para que seja feita, também, a alocação dos recursos de transportes.

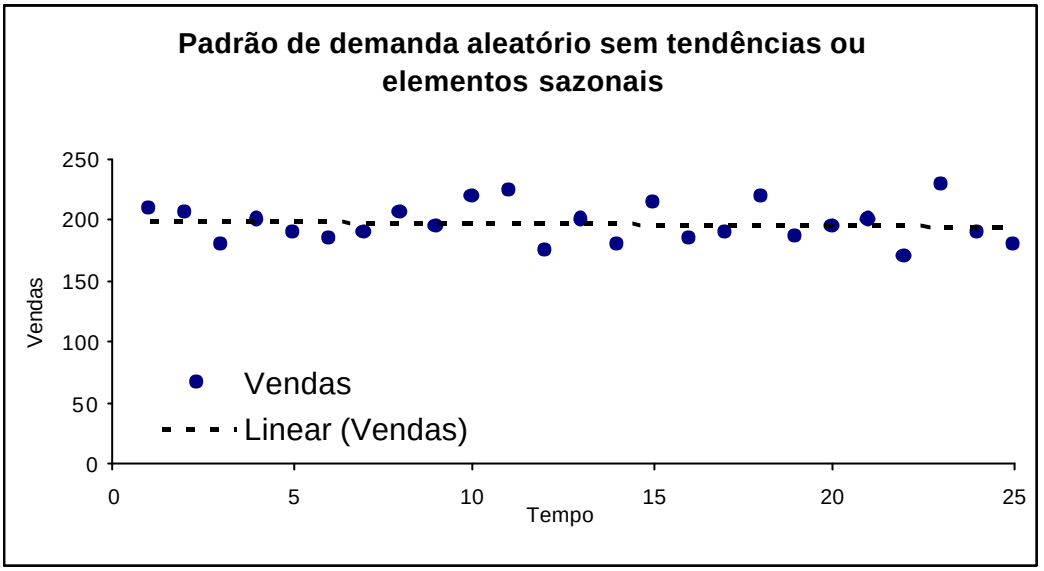
Cachon e Lariviere (2001) relatam que a qualidade das decisões tomadas por toda a CS depende do que os tomadores de decisão sabem e o que eles sabem, depende das informações presentes na rede. A disseminação de informações acuradas é crítica para a CS, para que ela opere efetivamente. Credibilidade é um fator-chave na troca de informações. Desta forma, as informações que uma empresa dispõe sobre a demanda de seus produtos podem se referir a um grupo de produtos, ou a produtos individuais, que formam diversos padrões de comportamento da demanda. Segundo Ballou (2004), pode-se classificar a demanda como regular ou intermitente:

1. Demandas regulares podem ser decompostas em padrões, tendências e variações aleatórias;
2. Demandas intermitentes se apresentam em baixos volumes e com um alto grau de incerteza. Este padrão é freqüentemente encontrado em produtos que estão sendo lançados ou retirados de linha.

A natureza da demanda pode se diferenciar em derivada ou independente. Esta classificação varia muito de acordo com a operação em que a empresa está atuando, conforme descrito a seguir:

1. A demanda independente é gerada por muitos clientes, a maioria destes comprando individualmente pequenas frações do volume total distribuído;
2. A demanda derivada, ou dependente é aquela que deriva das necessidades da programação da produção, como por exemplo: pneus novos de carros .

Ainda segundo o autor, as demandas regulares e as independentes são previstas com maior facilidade do que as demandas irregulares e as dependentes. Para prever demandas dependentes é necessário entender o comportamento de seus determinantes. Para empresas que apresentam produção altamente sazonal ou que possuem demandas altamente sazonais, a coordenação entre a produção e a demanda se torna um grande desafio, que normalmente é resolvido através de estocagem de produtos e rígidos controles de produção.



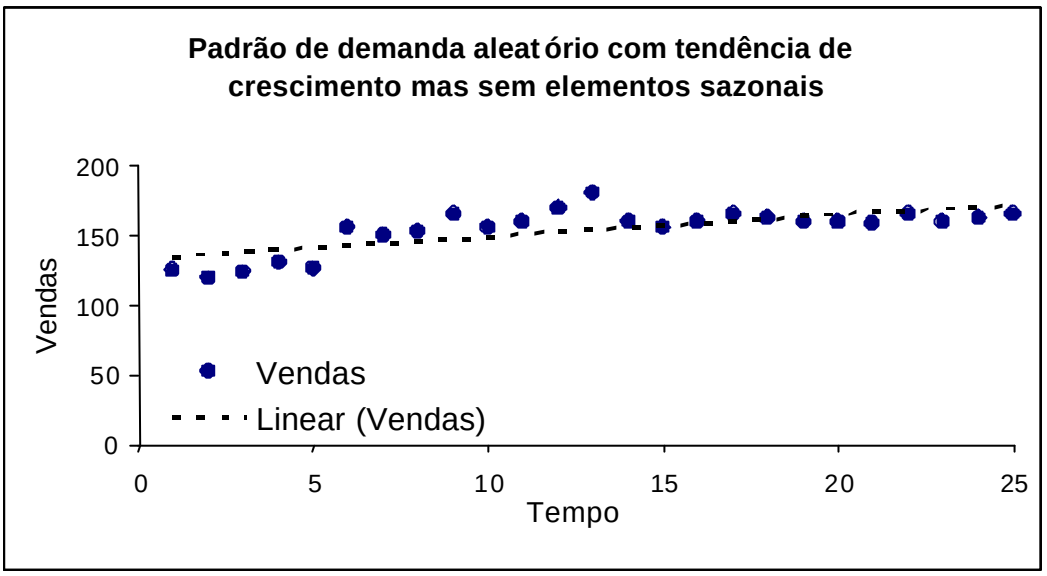
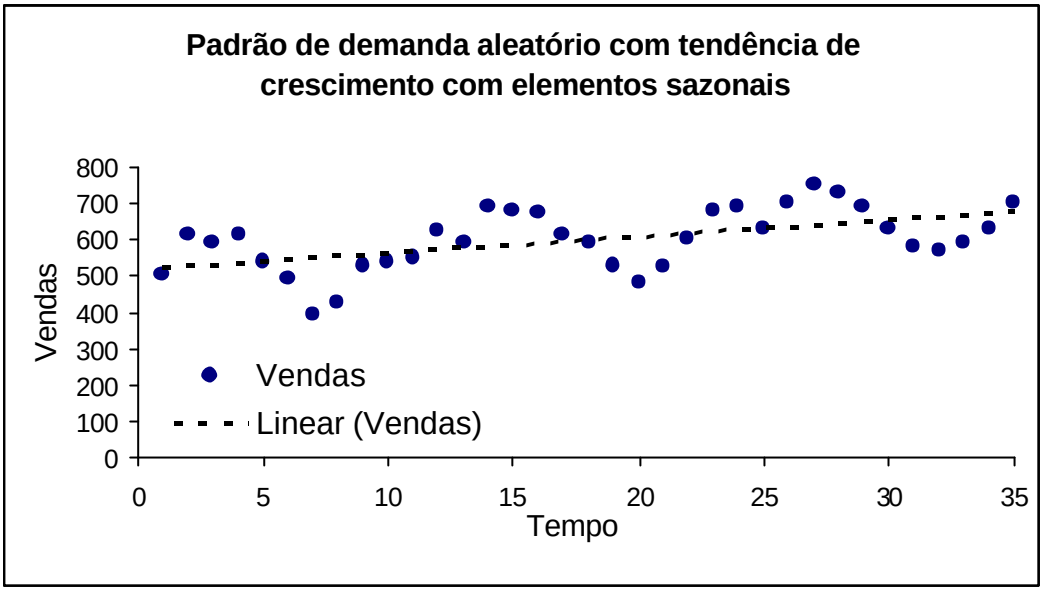


Figura 2: Alguns tipos de demanda (Ballou, 2004)



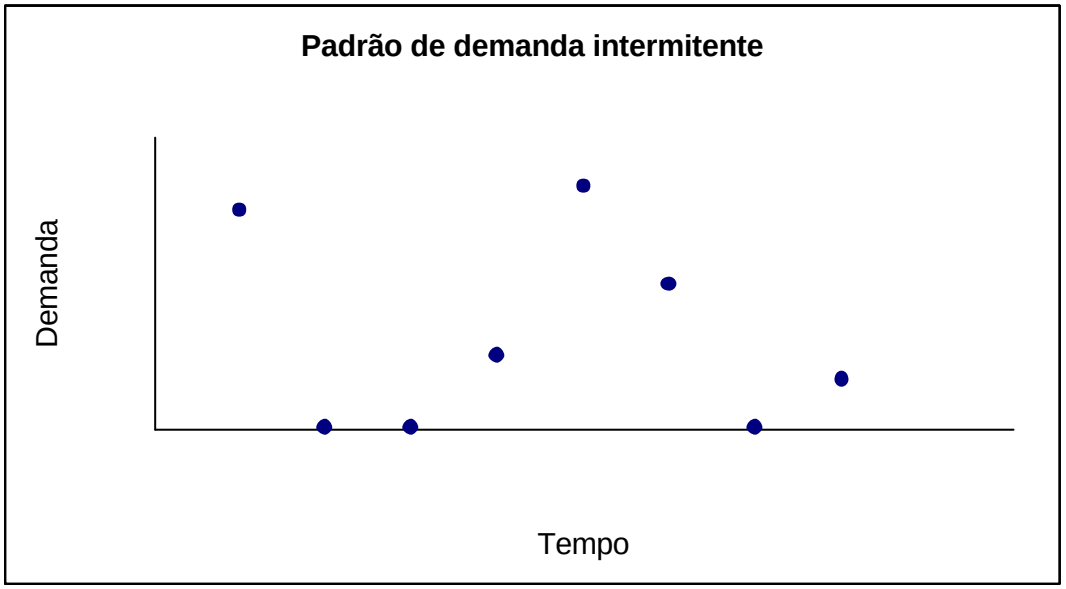


Figura 3: Alguns tipos de demanda (2) (Ballou, 2004)

De acordo com Wanke (2000), quase todas as organizações precisam estruturar um processo de previsão de demanda. O principal objetivo é planejar os recursos de produção, distribuição e aquisição de insumos ou serviços diante das condições futuras.

Bowersox e Closs (1996) afirmaram que o processo de previsão da demanda de curto prazo é geralmente mensal ou semanal e remete-se a cada *SKU* (*Stock Keeping Unit*) e localidade de distribuição. Enquanto a previsão da quantidade é geralmente um simples

número, o valor é formado por seis componentes: base formada pela demanda real, fatores sazonais, tendências de mercado, fatores cíclicos, promoções e quantidades irregulares.

Burt *et al.* (2003) acreditam que o GCS de classe mundial consiste em três componentes críticos: gerenciamento logístico de classe mundial, gerenciamento de suprimentos de classe mundial e o gerenciamento da demanda de classe mundial.

Figura 4: Triângulo do GCS de classe mundial (Burt *et al.* 2003)

Ainda conforme os autores, o gerenciamento da demanda é muito importante para o sucesso do gerenciamento dos níveis de estoques, satisfação do consumidor, estratégias de suporte à operação e expansões ou contrações de fábricas, depósitos e galpões. Ele tem como objetivo estimar, controlar, suavizar, coordenar, balancear e influenciar a demanda e o suprimento dos produtos e serviços de uma empresa em um esforço de redução de custos totais tanto para a própria empresa quanto para toda a cadeia de suprimentos. Ele não desenvolve previsões, na verdade apenas aceita previsões de outras áreas e atualiza as mesmas através da demanda real.

O gerenciamento da demanda requer a inclusão de várias áreas internas funcionais e de membros externos da CS. Ele requer linhas abertas de comunicação tanto internas como externas.

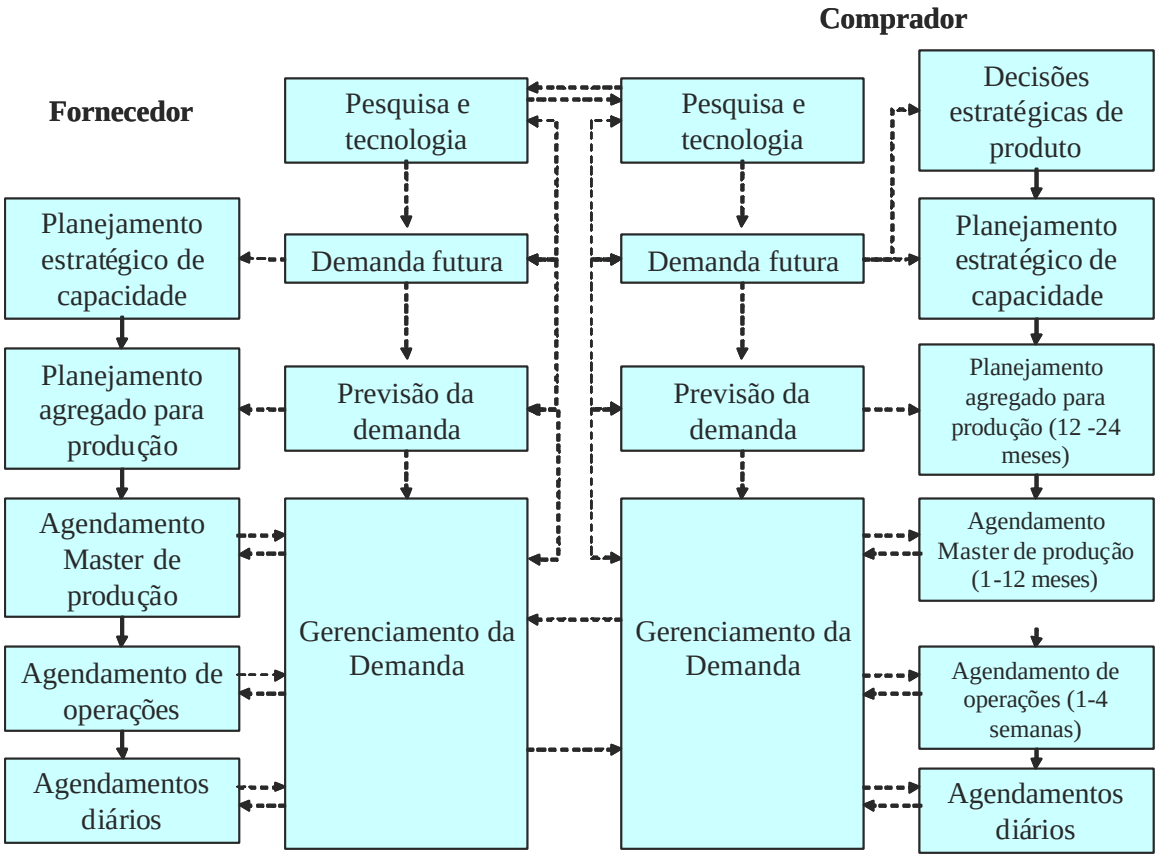


Figura 5: Fluxo de informações do gerenciamento da demanda (Burt *et al.*, 2003)

Simchi-Levi *et al.* (2003) ressaltam que grandes erros de previsão de demanda impactam de forma maléfica à CS, resultando em perda de vendas, estoques obsoletos e ineficiência de utilização de recursos, impactando diretamente no nível de serviço prestado ao consumidor.

Cachon e Lariviere (2001), afirmam que quando as previsões de demanda são construídas com dados de vendas passadas, a previsão pode ser construída através da troca de dados de vendas verificáveis. No entanto, para produtos com dados não confiáveis (por exemplo: produtos novos), as previsões devem ser geradas utilizando-se fontes múltiplas de dados em conjunto com julgamento gerencial.

Segundo Rainbird (2004), obter sucesso na reconciliação entre previsões de vendas e planejamento de fabricação faz com que haja uma maximização da eficiência na CS e uma diminuição dos custos de manutenção de estoques, ao mesmo tempo em que são entregues os produtos e serviços que o cliente quer e quando ele quer. Se esta reconciliação não for gerenciada com sucesso, a CS incorrerá em custos substanciais de interações internas, ou seja, os elos da cadeia terão que dispor de mais tempo e dinheiro para efetuarem os mesmos processos.

Em um nível mais fundamental, Rainbird (op. cit) mostra que a efetividade e a viabilidade da fusão dos processos de suprimentos e da demanda determinam o valor das empresas na cadeia e a viabilidade do modelo de negócios de cada uma.

Esta fusão se dá através do compartilhamento de informações de demanda, que é de valor limitado quando os parâmetros dos processos da demanda não-estacionária são conhecidos por ambas as partes (cliente e fornecedor). A razão é que o fabricante pode prever a informação da demanda compartilhada com o varejo com um alto grau de acurácia. Segundo Raghunathan (2001), ao utilizar-se dos dados históricos dos pedidos do varejo, a acurácia aumenta levemente em cada período subseqüente, conseqüentemente, o valor da informação compartilhada pelo varejo decresce lentamente em cada período convergindo à zero no limite.

A informação compartilhada é valiosa apenas quando ela não pode ser deduzida através de outros parâmetros. Ou seja, em geral, para que o compartilhamento de informações possa ser útil, a informação não pode ser dedutível facilmente pelas partes que a recebem, com a utilização dos dados disponíveis.

Os dados reais da demanda levados, o mais rápido possível, à jusante na CS, podem ser usados para amortecer o chamado “efeito chicote” dos estoques. Reduzir atrasos e incertezas com a provisão de dados da demanda real à jusante faz com que os pontos críticos

de estocagem, dentro da cadeia, diminuam a sua condição de “gargalo”. O que significa que a CS em geral pode operar com menos inventário. Hewitt (2001) fala sobre estudos recentes feitos pelo MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), que indicam que a visibilidade da demanda e a colaboração entre os elos oferecem economias entre 40 e 70% em custos de estoque para toda a cadeia, melhorando assim sua exposição ao risco.

Christopher e Peck (2004) associam os riscos relacionados à demanda aos potenciais ou atuais distúrbios de fluxo de produtos, de informações e de geração de divisas de dentro da rede, entre empresas locais e o mercado. Em particular, tais riscos da demanda têm a ver com os processos, controles, ativos e com a infra-estrutura das organizações à montante na CS e adjacentes às empresas focais.

Rodrigues *et al* (2004), observam que ao obter acesso aos dados sobre o fluxo de produtos através de toda a CS, assim como o hardware e o software necessários para processar tais dados, os gestores das empresas estão mais bem posicionados para ganhar rápidos discernimentos sobre padrões da demanda e tendências de mercado (Rodrigues *et al.*, 2004).

Organizações podem usar freqüentemente a informação da demanda real, com sistemas logísticos e sistemas de produção apropriadamente planejados, ao invés de um suprimento baseado em previsões a fim de direcionar o fluxo de materiais em pontos múltiplos da cadeia. Em uma época em que a flexibilidade e o poder de resposta são diferenciais-chaves para as empresas continuarem competitivas no mercado, torna-se claro, em uma gama de indústrias cada vez maior, que os processos operacionais guiados pela demanda continuarão a ganhar o terreno antes ocupado pelos processos guiados pelo suprimento. Hewitt (2001) diz que o pensamento da cadeia da demanda irá tomar lugar do pensamento da CS progressivamente.

Ainda segundo o mesmo autor, a informação da demanda real estabelece o estímulo para a ação em qualquer local da cadeia. Previsões devem guiar o suprimento das empresas apenas quando estritamente necessário, como por exemplo, em ocasiões de lançamento de produtos.

Ciclos de vida de produtos mais curtos e um número cada vez mais alto de introduções no mercado são tendências latentes em muitas indústrias. É necessário que sejam criados mecanismos que possibilitem as empresas reagirem eficientemente à demanda. O objetivo principal da cadeia deve ser sincronizar as operações à jusante com a demanda à montante o mais rápido possível, após o lançamento dos produtos. É sabido que mesmo com este conhecimento disponível, ainda é raro o compartilhamento de informações dentro da CS.

Lehtonen *et al.* (2005), nos dizem que o valor do compartilhamento de informações nas CS´s poderia ser maior em situações onde existe maior incerteza com relação à demanda futura, como por exemplo, introdução de produtos ou promoções. No entanto, a maioria das pesquisas é focada em situações, nas quais a demanda é estacionária ou segue um padrão bem definido, devido à dificuldade em se modelar aquelas situações. Maiores estudos com relação a este caso são necessários para se entender o real valor de compartilhar informações dentro da cadeia (Lehtonen *et al.* 2005).

A demanda do consumidor final é a força que guia as atividades na CS. Cada ligação na CS opera em reação à demanda real ou à demanda do consumidor antecipada ao final da cadeia. O nível de acurácia e eficiência, com os quais a demanda é comunicada à jusante ou à montante na cadeia, estão diretamente ligados aos níveis de estoques e ao nível de serviço aos clientes. Desta forma, a previsão e o planejamento da demanda são fatores chave na implementação de sucesso da estratégia do GCS. Espera-se o dia em que a previsão de vendas, assim como se conhece hoje, não será mais necessária. Helms *et al.* (2000), acreditam que com a constante melhoria dos processos, a necessidade de previsões será menor e assim,

substituída pelo gerenciamento da informação da demanda real. Este conceito representa essencialmente uma mudança da demanda independente para a demanda dependente.

Helms *et al.* (2000), argumentam que o problema em utilizar apenas dados históricos para a elaboração de previsões, é que isso requer uma suposição de que os padrões que aconteceram no passado acontecerão novamente no futuro. E com o mercado atual em constantes mudanças, isso pode ser ou não uma suposição válida. As pessoas que elaboram as previsões hoje em dia precisam de mais informações.

No entanto, estas informações da demanda não devem ser levadas em consideração em um nível agregado, pois a heterogeneidade e a variabilidade não podem ser identificadas quando a demanda é considerada como um todo. Por outro lado, não se pode gerenciar a demanda detalhadamente porque esta solução é extremamente custosa e o processo de estimação pode não ser eficiente devido à falta de dados. Assim, o problema está em definir propriamente o nível de detalhe ao qual se deve gerenciar a demanda. Kalchschmidt *et al.* (2006) chegaram à conclusão que focando as informações na heterogeneidade dos clientes, pode-se melhorar significativamente o desempenho das previsões e o balanço entre a acurácia e a coleção de dados. Além disso, o estudo dos autores sugere que agrupando a demanda dos clientes em *clusters*, de acordo com sua heterogeneidade, pode-se estabelecer uma boa solução para o *trade-off* entre o desempenho das previsões e seus custos.

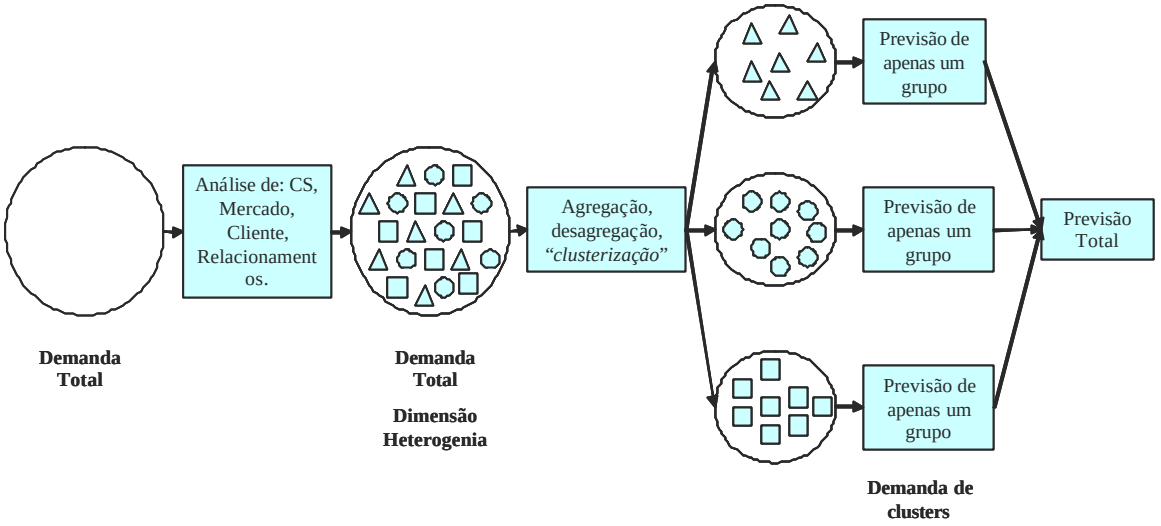


Figura 6: Balanceamento do gerenciamento da demanda (Kalchschmidt, 2006)

Porém, a questão de como integrar o gerenciamento da demanda ao gerenciamento da CS ainda permanece. Shankar (2001) afirma que uma empresa necessita focar na criação de um procedimento sistemático para implementar um GCS integrado ao gerenciamento da demanda.

Os inúmeros e cada vez mais irregulares padrões de demanda existentes e a conseqüente dificuldade de acompanhá-los e de prevê-los, faz com que o GCS seja um crescente desafio para os profissionais da área. Sejam os padrões como forem, é importante entender como o comportamento da demanda impacta na cadeia, para posteriormente saber como gerenciá-la.

2.2.2 **O impacto da flutuação da demanda na cadeia de suprimentos**

De uma maneira geral, de acordo com Klein e Morschett (2006), a área de marketing se opõe às preferências da área de logística, que normalmente estão associadas a séries de tempo estáveis considerando as vendas ou entregas. Com a finalidade de atender à demanda do consumidor da melhor forma possível, a área de marketing normalmente acaba por desestabilizar tais séries de tempo. No entanto, não é simplesmente o aumento da complexidade resultado da perspectiva de marketing que contradiz o objetivo da logística, há

também, a flutuação da demanda em si, que, na maioria das vezes, é a causadora desta desestabilização.

Segundo Kotzab (apud KLEIN e MORSCHETT, 2006), o desempenho da logística pode ser medido por duas dimensões: a primeira, qualidade logística; e, a segunda, custos logísticos. A qualidade logística se refere à satisfação da demanda, enquanto que os principais custos, a custos de transportes e de estoques.

Wisner (apud KLEIN e MORSCHETT, 2006) afirma que a logística coordena o tempo, local, qualidade de serviço e a quantidade de produtos vendidos e, portanto, é um pré-requisito do desempenho do marketing. Quanto mais rápido e flexível é o sistema logístico, maior é o sucesso no atendimento à demanda.

Desta forma, a demanda exerce influência direta no comportamento de muitas variáveis logísticas, tanto que Christopher (apud RAINBIRD, 2004) afirma que o GCS poderia ser chamado de "gerenciamento da cadeia da demanda" (GCD), como já dito anteriormente. Segundo Closs *et al.* (1998), o comportamento da demanda impacta diretamente na CS, mais precisamente, níveis reduzidos de incerteza da demanda resultam num melhor desempenho geral da cadeia de suprimentos.

Um problema característico que todos os participantes (como os varejistas, distribuidores, produtores e fornecedores de matéria prima) das CS´s tradicionais precisam resolver é exatamente o quanto pedir (demandar) ao fabricante para que ele possa produzir ou o quanto pedir (demandar) ao fornecedor para que ele possa fornecer a fim de fazer com que o elo posterior da cadeia satisfaça a demanda de seus clientes. Disney e Towill (2003) concordam que esse é um problema comum de controle de estoques/produção. As pessoas envolvidas com esta questão podem solucionar tais problemas inspecionando os dados

relacionados aos níveis de estoques, pedidos elaborados e principalmente ao comportamento da demanda.

Ainda segundo Disney e Towill (2003), a falta de visibilidade da demanda real causa uma série de problemas em uma CS, se esta não é propriamente desenhada. O principal deles é o "efeito chicote" que, como já dito anteriormente, é causado quando um participante em particular faz um pedido exagerado ao seu fornecedor em resposta a mudanças no comportamento da demanda para compensar os desvios de estoques que resultam do lead-time de produção/distribuição. Este pedido exagerado é amplificado na CS à jusante criando grandes flutuações no sinal da demanda enquanto ele perpassa toda a CS.

O fenômeno básico não é recente. Tem sido estudado pelos cientistas já há algum tempo. Forrester (1961) ilustra o efeito em uma série de estudos de caso e determina que seja uma conseqüência da dinâmica industrial ou variações do comportamento de organizações industriais. Setrman (1989) reportou a evidência do "efeito chicote" em um experimento bastante conhecido: o Jogo da Cerveja.

Segundo Lee et al (1997), o papel dos estoques é agir como um *buffer* para suavizar a produção em resposta à flutuação da demanda. Ele possibilita o produtor a explorar economias na produção e minimizar custos totais. Tal argumento sugere que a variância nas séries temporais de produção deveria ser menor que a variância nas séries temporais de demanda. Porém, estudos empíricos mostram o contrário.

Na década de 60, Forrester (1961) afirmou que os processos de distribuição e produção são os pontos focais das empresas industriais. Um problema recorrente é aliar o nível de produção ao nível das vendas ao consumidor final. Já está bem estabelecido que a taxa de produção industrial flutua, freqüentemente, mais amplamente do que a taxa real de compra do consumidor. Foi observado, também, que um sistema de distribuição de

inventários em cascata e procedimentos de pedidos amplificam pequenos distúrbios que ocorrem no nível do varejo.

Portanto, os impactos da flutuação da demanda na CS são diversos. Na maioria das vezes, é através de informações sobre a demanda que se consegue dar partida em todo o processo produtivo desde o início da cadeia. O experimento desta dissertação visou avaliar mais precisamente o impacto da demanda (em casos específicos, a serem definidos no momento oportuno) na cadeia de suprimentos, principalmente diante das métricas do varejo. Para que esta avaliação seja compreendida com facilidade, no próximo sub-capítulo, abordar-se-á as distribuições discretas e algumas importantes medidas estatísticas.

2.3 AS DISTRIBUIÇÕES DISCRETAS

2.3.1 **Introdução**

Existem tanto variáveis discretas como contínuas, assim como, distribuições discretas como contínuas; contudo, aborda-se, nas seções seguintes, apenas variáveis e distribuições discretas, pois são as únicas que interessam ao estudo. A razão desta escolha será esclarecida na seção 2.4, onde se discursa sobre modelagem e simulação de sistemas.

2.3.2 **Variáveis discretas**

De acordo com Kazmier (1982), uma variável discreta apresenta valores observados apenas em pontos isolados ao longo de uma escala de valores. Dados como estes, ocorrem tipicamente através de processos de contagem, desta forma, os mesmos são expressos, normalmente por números inteiros.

2.3.3 **Distribuições discretas**

Segundo Kazmier (1982), ao atribuir-se valores de probabilidade a todos os possíveis valores de uma variável aleatória X, o resultado é uma distribuição de probabilidade. A soma das probabilidades dos valores possíveis deve ser igual a 1.

No caso de uma variável aleatória discreta, todos os possíveis valores da variável aleatória podem ser listados em uma tabela com as probabilidades correspondentes. Nas páginas seguintes, mostram-se detalhes de quatro exemplos de modelos discretos de probabilidade que são: distribuições de probabilidade de Bernoulli, binomial, Poisson e Pascal. Porém ainda existem muitas outras distribuições, como: Beta Binomial, Uniforme, Geométrica, Hipergeométrica, etc.

Segundo Freund e Simon (2000), a distribuição de probabilidade de Bernoulli é uma distribuição discreta que apresenta duas possibilidades de resultado: 0 (zero) ou 1. Onde $n = 1$ (sucessos) ocorre com probabilidade p e $n = 0$ (zero) (falhas) ocorre com probabilidade $q = 1 - p$, onde $0 < p < 1$.

A função de probabilidade pode ser escrita desta forma:

$$P(n) = \begin{cases} 1 - p & \text{para } n = 0 \\ p & \text{para } n = 1 \end{cases}$$

No exemplo do gráfico, tem-se $p = 0{,}6$ e $q = 0{,}4$:

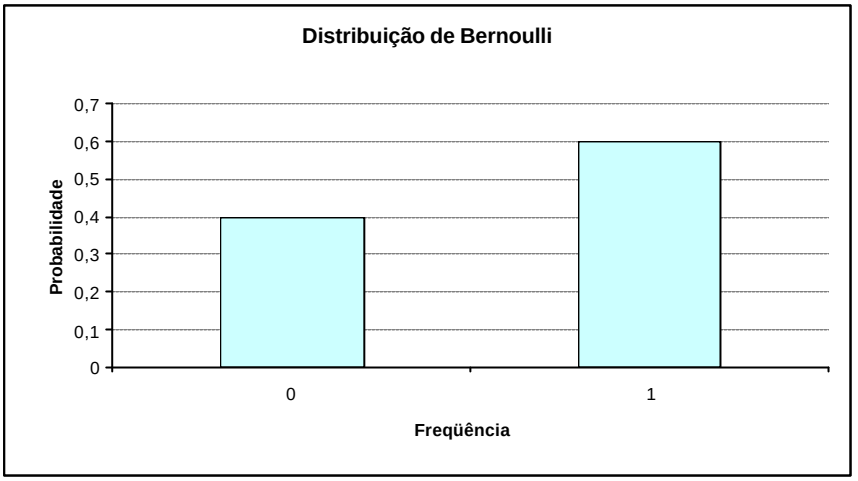


Figura 7: Distribuição de Bernoulli (Freund e Simon, 2000)

A distribuição binomial apresenta a distribuição de probabilidade discreta $P\ p\ (n|\ N)$ de obter exatamente n sucessos de N tentativas de Bernoulli (onde o resultado de cada tentativa de Bernoulli é verdadeiro com a probabilidade p e falso com a probabilidade de $q = 1 - p$). A distribuição pode ser representada da seguinte forma:

$$P_p\ (n \mid N) \quad = \quad \binom{N}{n} p^n\ q^{N-n}$$

$$= \quad \frac{N!}{n!\ (N-n)!}\ p^n\ (1-p)^{N-n}$$

Onde $\binom{N}{n}$ é um coeficiente binomial. O gráfico representativo da distribuição é o seguinte:

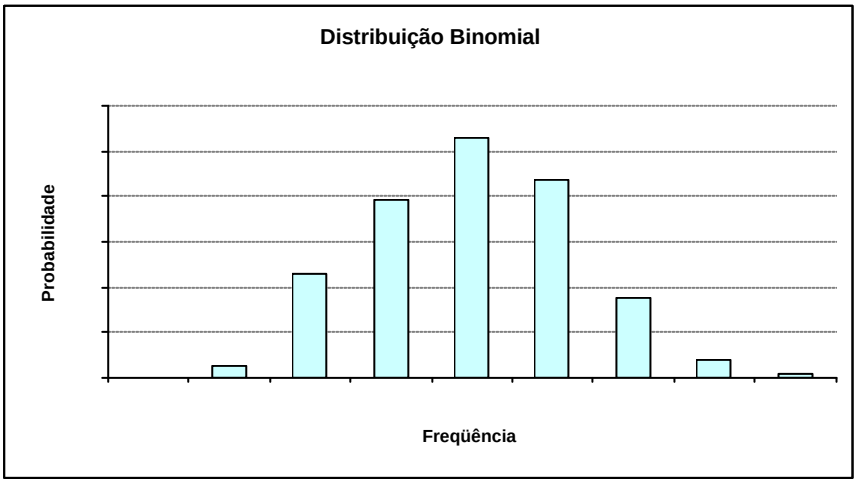


Figura 8: Distribuição Binomial (Freund e Simon, 2000)

Em uma distribuição de Poisson, a probabilidade de se obter exatamente *x* sucessos em *X* tentativas é dada pelo limite de uma distribuição binomial.

$$P(X = x) = \frac{\mu^x e^{-\mu}}{x!}, \qquad x = 0, 1, \ldots$$

Onde μ é o número médio de ocorrências no intervalo especificado e *x* é o número de sucessos.

O gráfico abaixo representa uma distribuição de Poisson.

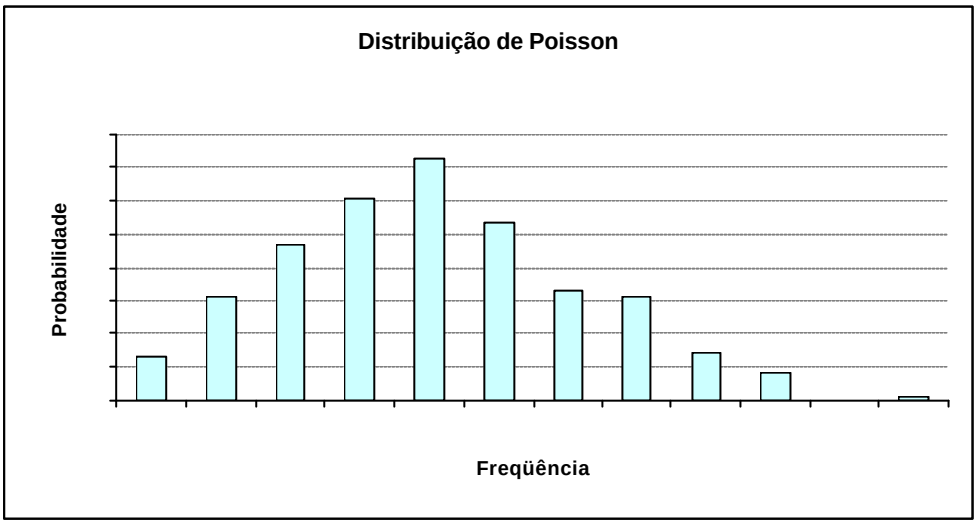


Figura 9: Distribuição de Poisson (Freund e Simon, 2000)

A distribuição Pascal, ou distribuição binomial negativa, traz a probabilidade de (*r* –1) sucessos e *x* falhas, em *x* + *r* – 1 tentativas, e o sucesso na tentativa de número (*x* + *r*). A Função de densidade de probabilidade é dada por:

$$P(X = x) = \binom{x + r - 1}{r - 1} \pi^r (1 - \pi)^x$$

Onde, $0 \leq \pi \leq 1, \; x = 0, 1, 2, \ldots.$

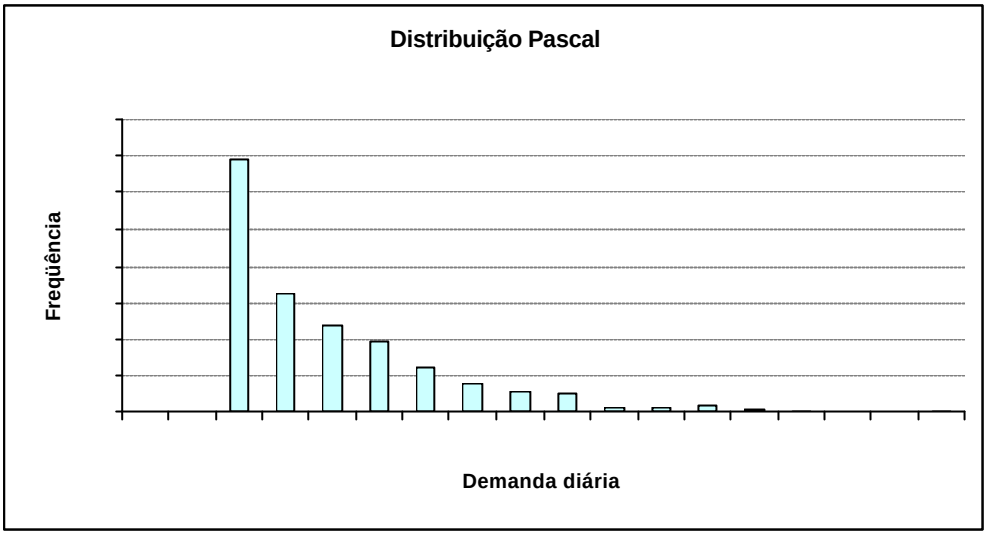


Figura 10: Distribuição Pascal (Freund e Simon, 2000)

2.3.4 **Desvio Padrão e Momentos**

De acordo com Kazmier (1982), o desvio padrão é a medida de dispersão mais importante, uma vez que é utilizada em conjunção com numerosos métodos de inferência estatística. Têm-se a medida ao calcularmos a raiz quadrada da variância.

O desvio padrão pode ser obtido com a seguinte fórmula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(x_i - \overline{x})^2}$$

Onde $\overline{x}$ = a média, *N* é o número total de variáveis e *x* é uma variável aleatória.

Ainda segundo Kazmier (1982), momentos são desvios de uma série de valores calculados em relação à média aritmética ou a um valor arbitrário. A partir dos momentos centrados na média aritmética, calculam-se as principais medidas de dispersão, bem como assimetria e curtose.

O coeficiente de assimetria de Pearson mede o afastamento da simetria expressando a diferença entre a média e a mediana em relação com o desvio padrão do grupo de medidas. Com a assimetria, obtém-se uma idéia do grau de desvio ou afastamento da simetria da

distribuição da variável objeto de estudo. O valor da assimetria varia entre -1 (média menor que a mediana) e + 1 (média maior que a mediana), sendo perfeitamente simétrico quando tender a zero, neste caso, a média, a mediana e a moda têm o mesmo valor.

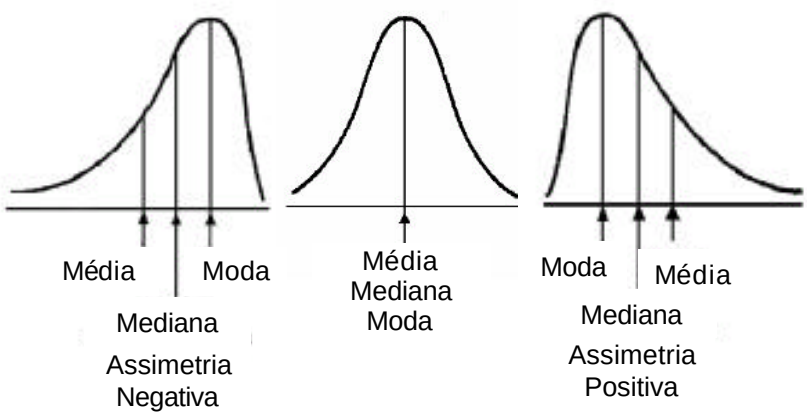


Figura 11: Distribuição Pascal (Kazmier, 1982)

Através da Curtose, obtém-se o grau de achatamento da distribuição da variável objeto de análise. Ou melhor, é o grau de achatamento de uma distribuição em relação à distribuição normal. A curtose pode ser de três tipos: Mesocúrtica, quando a distribuição é normal, Leptocúrtica, quando a distribuição é mais pontiaguda do que a normal e o índice positivo; e, Platicúrtica, quando a distribuição é mais achatada que a normal e o índice negativo.

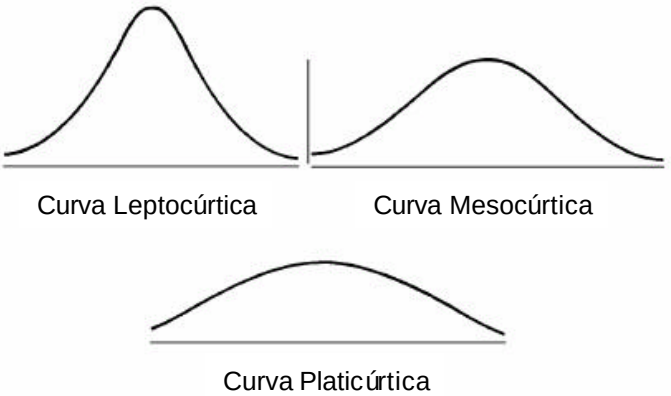


Figura 12: Exemplos de curtose (Kazmier, 1982)

Tendo explicitado algumas importantes distribuições de probabilidade e algumas medidas estatísticas de destaque, para podermos considerá-las mais a frente no experimento, podemos abordar a questão da modelagem e simulação de sistemas.

2.4 MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE SISTEMAS

2.4.1 **Sistemas**

Schimdt e Taylor (1970) definem sistemas como sendo uma coleção de entidades, pessoas ou máquinas, que agem e interagem em conjunto com uma finalidade lógica e, além disso, os sistemas podem ser afetados por mudanças no ambiente externo (Banks e Carson, 1984). Law e Kelton (1991) definem o estado de um sistema como um conjunto de variáveis necessárias para descrevê-lo em qualquer período de tempo.

Os sistemas podem ser classificados como sistemas discretos – variáveis internas se modificam instantaneamente em pontos separados no tempo; ou ainda como sistemas contínuos - variáveis internas se modificam continuamente em relação ao tempo. Estabelecer uma classificação predominante dos mesmos será possível sempre.

A fim de melhor compreender-se um sistema, de que forma acontecem as relações das variáveis internas entre si e como será seu desempenho mediante determinadas novas condições, Law e Kelton (1991) propuseram o quadro esquemático abaixo:

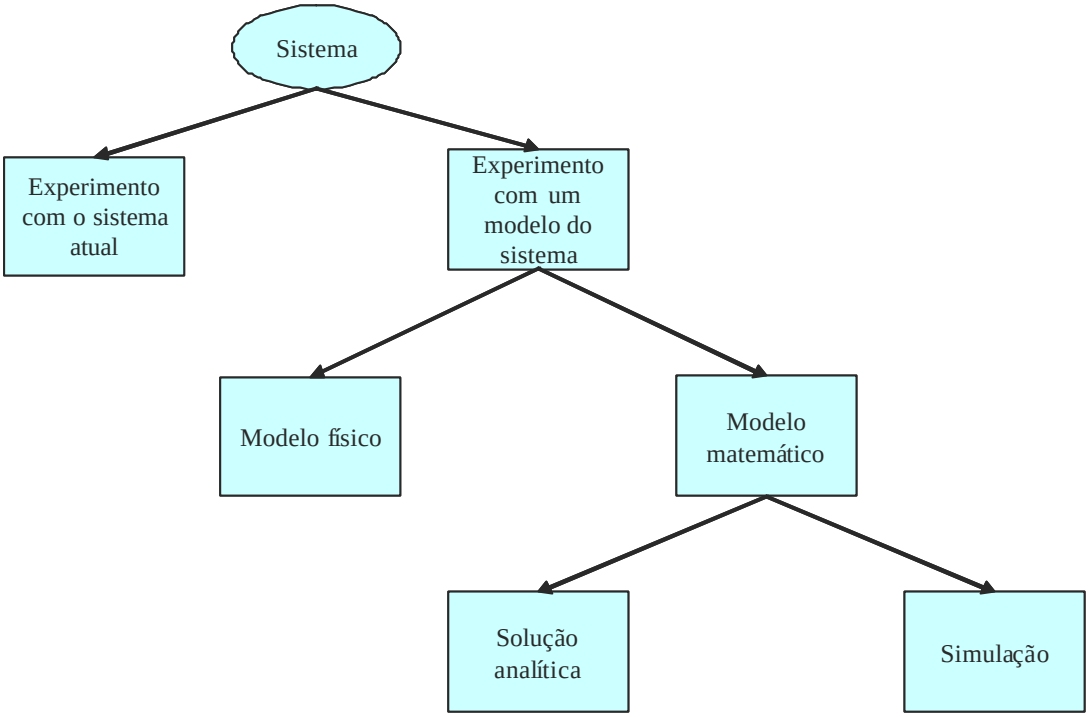


Figura 13: Formas de se estudar um sistema (Law e Kelton, 1991)

Segundo Law e Kelton (1991), o quadro mostra que ao se analisar um sistema, a primeira decisão deveria ser com relação a que se deve fazer a análise diretamente com o sistema ou através de um modelo do mesmo. Uma análise ao natural seria a melhor forma de estudá-lo, já que não há ambiente mais fiel do que o próprio sistema. Porém, seria altamente custoso e poderia, também, provocar o rompimento do sistema. Outro ponto a ser levantado é que o sistema a ser analisado pode ainda não existir; desta forma não haveria outra solução, a não ser construir um modelo. Um modelo é uma representação de um sistema real ou de um processo. Sendo uma representação, existe grande preocupação com o nível de fidelidade do mesmo comparado ao sistema real.

2.4.2 **Modelos**

De acordo com Forrester (1973), a modelagem se tornou amplamente aceita como uma forma de estudar fenômenos complexos. Um modelo é um substituto para um

equipamento real ou um sistema. O modelo comparado a um sistema real que ele representa, pode trazer informações a um custo bem menor.

Coleman e Richman (1981) explicitam um importante *trade-off* existente na criação de modelos: por um lado a complexidade e a acurácia de um modelo e, por outro, seu custo e o valor dos resultados para a pessoa que precisa tomar a decisão. Desta forma, modelos simples que fazem previsões acuradas são os mais requisitados. Normalmente, tais modelos contêm os seguintes atributos: inclusão de todas as variáveis importantes, quantificação acurada do fenômeno observável e descrições válidas das regras que governam a interação real das variáveis.

Law e Kelton (1991) afirmam que os modelos podem ser físicos ou matemáticos, sendo que a grande maioria já construída se encaixa na forma matemática, representando um sistema em termos de lógica e relacionamentos quantitativos que são alterados e manipulados para que se possa entender como o mesmo reage. Se o modelo é bastante simples, pode ser possível trabalhar com suas relações e quantidades para se chegar a uma solução exata, analítica. Porém, muitos sistemas são altamente complexos impedindo qualquer possibilidade de uma solução analítica, de forma que o modelo deve ser estudado através do uso de simulações, ou seja, exercitando numericamente o modelo para as entradas de dados em questão, a fim de verificar como elas afetam as medidas de desempenho (saída de dados).

2.4.3 **Simulação**

A simulação é uma poderosa ferramenta se entendida e usada propriamente. Existem muitas definições sobre simulação. Nada mais natural, já que é uma técnica que vem sendo desenvolvida desde a década de 40. Segundo Saliby (1989), a simulação é uma extensão do método de Monte Carlo, desenvolvido durante a Segunda Guerra Mundial em pesquisas que acabaram resultando na primeira bomba atômica. Marshall (1956) referiu-se a este método

como uma idéia intrigante desenvolvida por Von Neumann e Ulam, através da qual é possível utilizar métodos de amostragem aleatória para solucionar problemas matemáticos de natureza determinística. Já na década de 50, com o surgimento do computador, o método começou a ser utilizado para simular processos estimando suas variáveis em problemas probabilísticos que não à sua aplicação original. A partir de então, a simulação probabilística por Monte Carlo começou a ser desenvolvida e de acordo com Law e Kelton (1991), hoje é considerada uma ferramenta bastante útil para a análise de vários tipos de problemas, como por exemplo: projetar e analisar sistemas de manufatura, avaliar a necessidade de hardwares e softwares para sistemas de computador, avaliar táticas e sistemas de armas militares, determinar políticas de pedidos de produtos de um estoque, desenhar sistemas de comunicação, desenhar e operar rodovias, aeroportos, portos e sistemas de metrô, avaliar o *design* para empresas de serviços, avaliar sistemas econômicos ou financeiros, etc.

De acordo com Philippatos (1973) simulação é o uso de um modelo para aproximar o comportamento de um sistema real dentro de um ambiente artificial. Alter (1977) classificou a simulação como um sistema de suporte à decisão que representa uma realidade. Foram encontradas muitas outras definições; porém, a maioria pode ser considerada similar, mais abrangente ou mais específica do que estas. Todas elas se referem a uma técnica de representação da realidade, como por exemplo, a definição de Banks e Carson (1984): simulação é a imitação da operação de um processo ou sistema real através do tempo. Ou mesmo a definição de Shannon (1975): é um processo de desenhar um modelo de um sistema real e de conduzir experimentos neste modelo para o propósito tanto de entender o comportamento do sistema quanto de avaliar várias estratégias para a operação do mesmo.

É importante ressaltar que ao analisar um sistema, a simulação é utilizada para avaliar diferentes cenários. Porém, segundo Ingalls (2002) e Fu (2002), ela não determina o melhor cenário para o analista. Na realidade, o usuário não tem meios de saber se o ponto ótimo foi

atingido. Apesar disso, hoje em dia, muitos pacotes de otimização estão sendo desenvolvidos em conjunto com plataformas de simulação (pacotes de softwares de simulação de eventos discretos), por exemplo: OptQuest® (pacote de otimização) e o Arena® (plataforma de simulação). Além de que, o termo "otimização da simulação" tem sido bastante utilizado no mercado e no meio acadêmico. Por enquanto ainda não foi possível estabelecer uma estreita relação entre otimização e simulação, mesmo por que, os procedimentos mais utilizados de otimização (programação linear, programação não-linear e programação inteira) requerem uma fórmula matemática explícita, o que é impossível para problemas em que a simulação é relevante.

Mesmo não se obtendo um resultado ótimo através da simulação, de acordo com Cronan e McHaney (2000), as empresas têm utilizado cada vez mais este recurso, pois para se manter competitivas, elas não podem mais se dar ao luxo de conduzirem decisões importantes utilizando métodos não científicos. Isso as encorajou a buscar novas e melhores tecnologias, ferramentas e metodologias para auxiliar o processo de decisão. Também em 2000, Banks relatou que a simulação pode ser pensada como um seguro contra se fazer maus investimentos, já que os custos com a simulação representam menos do que 2% dos projetos.

Nawrocki (2001) afirma que existem quatro tipos gerais de simulação: simulação (estática) de Monte Carlo (gerador de números aleatórios) que é usada quando não se é possível obter dados amostrais, porém se tem algum conhecimento sobre a população; simulação tática (análises de sensibilidade), pela qual se estuda o comportamento dos modelos enquanto são feitas mudanças nos parâmetros e suposições; simulação estratégica ou explanatória, na qual variáveis exógenas são alteradas para refletir certos cursos de ações, a famosa técnica de simulação "*what if*". Este tipo de simulação se baseia em um modelo construído por dados históricos e às vezes pode ser chamada de simulação histórica; e simulação interativa, onde um processo decisório humano ou uma inteligência artificial ou um

processo mecânico de decisão poderia determinar a variável exógena; este tipo de simulação é, normalmente, feito em tempo real.

De acordo com Banks e Carson (1984), os modelos de simulação podem ser classificados como sendo estáticos ou dinâmicos, determinísticos ou estocásticos e discretos ou contínuos, porém, simulações estratégicas ou explanatórias, como definiu Nawrocki (2001), são de maior interesse neste trabalho; na verdade, os modelos dinâmicos de simulação de eventos discretos são considerados o grande foco da simulação aqui descrita. A vantagem deste tipo de simulação, segundo Ingalls (2002), é a habilidade que possui em promover uma espécie de mímica da dinâmica de um sistema real.

Antes de prosseguir, é válida uma pequena explanação dos componentes estruturais de um estudo de simulação como entidades, atividades, eventos, recursos, variáveis globais, um gerador de números aleatórios, um calendário, variáveis do estado do sistema e a coleta de estatísticas.

Segundo Ingalls (2000), uma entidade é tudo aquilo que causa mudança no estado da simulação e possui atributos que são características únicas de uma dada entidade. Atividades são processos e a lógica da simulação. Eventos são condições que ocorrem em certo ponto no tempo que causam mudança no estado do sistema. A interação entre entidades e atividades cria eventos. Existem três tipos básicos de atividades em uma simulação: atrasos, filas e lógica. Recursos representam qualquer coisa que possui uma capacidade restrita. Variáveis globais são variáveis disponíveis a todo o modelo a qualquer tempo. O gerador de números aleatórios é uma rotina de um software que gera um número qualquer entre 0 e 1 que é utilizado para gerar amostras de distribuições de probabilidade. O calendário para uma simulação é uma lista de eventos que é agendada a ocorrer no futuro. A única variável do estado do sistema que todo pacote de simulação possui é o tempo corrente da simulação, que é atualizada toda vez que uma entidade é tirada do calendário. Os coletores estatísticos são

parte da simulação que coleta estatísticas em determinados estados, ou o valor de uma variável global, ou certa estatística de desempenho baseada nos atributos de uma entidade.

Carson (2004) define, também, os componentes estruturais de um estudo de simulação através da explanação do funcionamento de um modelo de simulação de eventos discretos, que é todo aquele modelo baseado nos conceitos de estado, eventos, atividades e processos.

O estado muda apenas em tempos discretos chamados tempos de eventos e pode ser definido como uma lista de valores que são suficientes para definir o estado completo de um sistema em qualquer ponto no tempo. Um evento é uma ocorrência instantânea que modifica o estado do modelo. Uma atividade é uma duração de tempo iniciada por um evento em conjunto com o fato do modelo se encontrar em determinado estado. Primeiramente, os eventos são aqueles dirigidos pelos dados e em seguida gerados internamente pela lógica do modelo. Uma entidade é um objeto dentro do modelo. Entidades dinâmicas são criadas no tempo zero ou em outras datas através da chegada de um evento, normalmente representam um objeto do mundo real. Um recurso é uma entidade que fornece um serviço às entidades dinâmicas e normalmente representa uma restrição do sistema. A maioria dos modelos de eventos discretos é estocástica, ou seja, eles contêm alguns componentes modelados através de uma distribuição de probabilidade. Isto introduz a variação aleatória a um modelo. Quando um ou mais eventos são estocásticos, as saídas do modelo serão estocásticas também, sendo necessárias análises estatísticas para chegar-se a conclusões válidas.

Existem situações específicas onde modelos de simulações se encaixam como a melhor solução para atacar certo tipo de problema. Carson (2004) indica que a simulação é mais útil nas seguintes situações: quando não há um modelo analítico simples ou modelo em planilha eletrônica suficientemente acurado para analisar a situação; o sistema real está regulado, não está caótico nem fora do controle, os componentes do sistema podem ser definidos e caracterizados e suas interações definidas; o sistema real possui œrto nível de

complexidade, interação ou interdependência, entre vários componentes que se torna difícil compreendê-lo inteiramente, é difícil ou impossível predizer o efeito de mudanças propostas; está se desenhando um novo sistema, considerando grandes mudanças no layout físico ou regras de operações em um sistema existente, ou se está defronte de uma nova e diferente demanda; está se considerando um grande investimento em um novo ou existente sistema, e isso representa uma modificação do sistema de uma forma que se tem muito pouca ou nenhuma experiência, de forma que se enfrente um risco considerável; necessita-se de uma ferramenta sobre a qual todos os envolvidos possam concordar com um conjunto de suposições e então perceber os resultados e efeitos de tais suposições; e por fim, simulação com animação é um excelente dispositivo educacional e de treinamento para gerentes, supervisores, engenheiros e empregados.

Com relação à simulação ser um excelente dispositivo educacional, McCreery (2003) conduziu um estudo em um curso de graduação em gerenciamento de projetos, através do qual chegou à conclusão de que o exercício de simulação promove um aperfeiçoamento do nível de conhecimentos dos participantes, assim como da habilidade dos mesmos em aplicar tais conhecimentos. Os benefícios educacionais para os participantes não são dependentes do desempenho da equipe ou da dinâmica da equipe no exercício, porém, são pertinentes à experiência de trabalho de cada um. O exercício de treinamento com simulação, parece ter promovido valor educacional para indivíduos em equipes boas ou não tão boas. Isso mostra que a simulação além de ser uma ferramenta de decisão, pode, também, ser considerada como um auxiliar no treinamento de pessoas, o que aumenta ainda mais seu valor para as empresas.

Coleman e Richman (1981) complementam a lista de situações nas quais a simulação seria mais útil do que uso do próprio sistema para se tomar determinadas decisões: a previsão por simulação pode custar muito menos que um experimento no sistema real; o comportamento das pessoas sabidamente engajadas em um experimento pode ser tão

modificado, que os resultados podem ser inúteis; a simulação deve levar menor tempo para avaliar alternativas; a simulação pode ser mais segura – acidentes que poderiam ocorrer no sistema real podem ser prevenidos; experimentos com o sistema real podem ser impossíveis de se realizar; e o possível monitoramento detalhado em uma simulação pode levar a sugestões de novas soluções ao sistema real.

Um estudo de simulação pode ser conduzido de várias formas, inclusive, vários autores definiram modelos por meio dos quais, conseguir-se-ia atingir o sucesso de uma forma mais facilitada e ordenada.

Law, em 2003, propôs um esquema de condução de um estudo de simulação bastante direto, baseado no proposto em 2001 por Banks, *et al.* no livro "*Discrete-Event System Simulation*" e, também, no proposto por ele mesmo, Law e Kelton em 2000, no livro "*Simulation, modeling and analysis*".

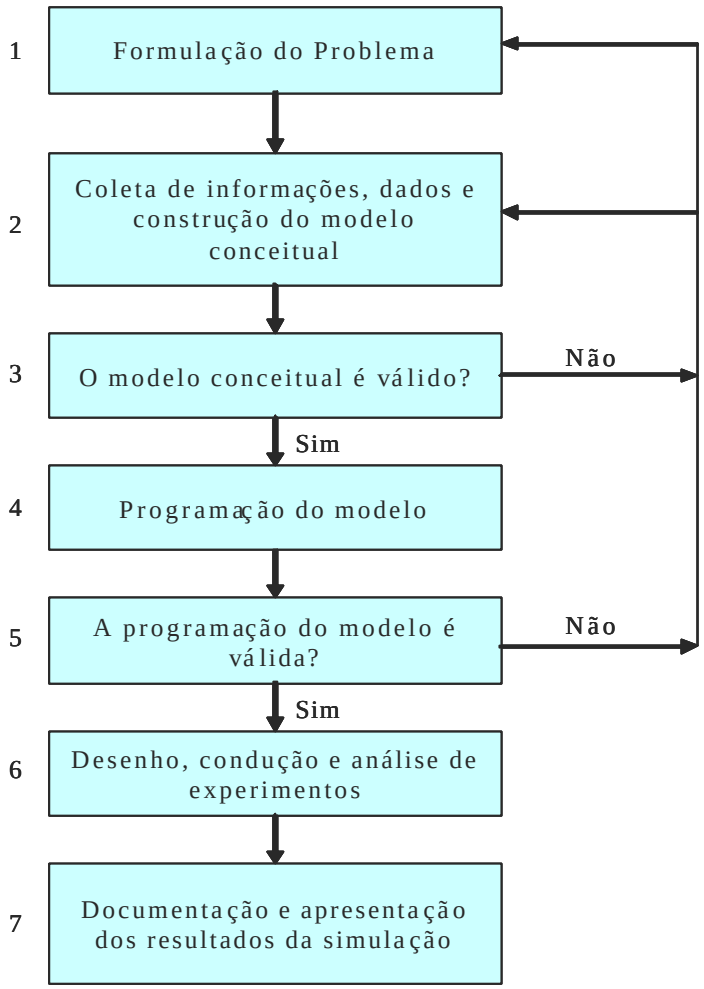


Figura 14: Uma abordagem de sete passos para a condução de um estudo de simulação de sucesso (Law 2003)

Todo estudo deveria começar pela Formulação do problema (1), onde o problema é levantado pelo tomador de decisões. Muitas vezes, neste estágio o problema ainda não é totalmente conhecido, fato este que pode levar a uma reformulação futura do problema a medida que o estudo procede. Durante esta primeira etapa, devem ser definidos: os objetivos gerais, as questões específicas a serem respondidas pelo estudo, as medidas de desempenho a serem utilizadas para avaliar a eficácia de diferentes configurações do sistema, o escopo do modelo, as configurações do sistema que será modelado e as datas limites para o estudo e os recursos requeridos.

Na segunda etapa, são necessários vários procedimentos: fazer a coleta de informações na estrutura do sistema e os procedimentos operacionais, aqui é importante que duas pessoas

façam o trabalho e confirmem cada informação obtida com pelo menos uma segunda pessoa para assegurar a veracidade das informações; coletar os dados para parâmetros específicos do modelo e as distribuições de probabilidade; documentar as hipóteses, algoritmos e resumos de dados em um modelo conceitual; coletar dados de desempenho do sistema existente para ser usado na validação do modelo na etapa 5; entender o nível de detalhes do modelo, os quais deveriam depender de: objetivos do projeto, medidas de desempenho de interesse, disponibilidade de dados, credibilidade dos dados, restrições da tecnologia, opiniões dos *experts* no assunto e as restrições de tempo de dinheiro; iniciar um modelo simples para depois "embelezá-lo"; e interagir com o tomador de decisões regularmente.

Na terceira etapa o modelo conceitual é repassado de forma estruturada e caso erros ou omissões sejam descobertos, o modelo conceitual precisa ser atualizado antes de passar o projeto para a quarta fase.

Na etapa 4, o modelo conceitual é programado e o programa é verificado.

A quinta etapa é feita a comparação das medidas de desempenho do sistema real, caso este exista, com o modelo de simulação. Mesmo que não haja um sistema real, é necessário que o analista e o *expert* revejam os resultados da simulação e avaliem se são razoáveis. Uma análise de sensitividade deveria ser desempenhada no modelo programado para entender que fatores do modelo apresentam o maior impacto nas medidas de desempenho e desta forma precisam ser modeladas cuidadosamente.

Na sexta etapa, para cada configuração do sistema, deve-se decidir sobre questões táticas, como: tamanho da rodada de simulação, duração do período de aquecimento e o número de replicações independentes do modelo. Um intervalo de confiança deve ser construído para uma medida de desempenho de interesse. Neste ponto, analisa-se os resultados e decidi-se se experimentos adicionais serão necessários.

A sétima e última etapa compreende a documentação do modelo que deve incluir o modelo conceitual, uma descrição detalhada do modelo computacional e os resultados e conclusões para o estudo atual. A apresentação final do estudo de simulação deveria incluir animações e uma discussão da construção e validação do modelo a fim de promover a credibilidade do mesmo.

A fim de se implementar tal modelo, uma empresa precisa decidir pela compra de um programa específico de simulação ou utilizar linguagens computacionais a fim de criar *in house* o seu próprio programa de simulações. Esta decisão se torna crítica na etapa 4 da condução do modelo de estudo de simulação descrito a cima.

Segundo Fu (2002) e Law (2003), existem muitos programas de simulação no mercado, eles se dividem em dois tipos: propósito geral, como por exemplo, o Arena, Extend, SIMUL8, Crystal Ball e SLX e os orientados a determinada aplicação, como o AutoMod, Flexsim, ProModel, SIMPROCESS e WITNESS. Porém, ao invés de comprar pacotes de simulações prontos no mercado, os interessados podem desenvolver seus próprios programas através de linguagens gerais como C ou C++, neste caso a vantagem seria a da total familiaridade com o programa, maior controle de programação e mais baixo custo de compra de software. Por outro lado, a utilização de produtos de simulação comerciais reduziria o tempo de "programação" e o custo geral do. Desta forma, a empresa deve avaliar suas reais necessidades, recursos e restrições para que não prejudique o processo de tomada de decisões ao se optar pela ferramenta da simulação a fim de se chegar a um veredicto final.

Banks e Gibson (2001) explicitaram alguns mitos que os praticantes da simulação enfrentam ao tentar realizar o que se pode encontrar na teoria. Na realidade, para cada passo no processo de simulação parece haver um mito correspondente. De acordo com os autores os principais mitos são: o cliente entende os objetivos do projeto; depois do início do projeto o cliente não precisa estar envolvido no projeto até a apresentação dos resultados; hipóteses

relacionadas ao sistema são acuradas; o cliente possui os dados que precisamos; a construção do modelo seguirá a regra “40-20-40”; animação é tudo; alguém da operação pode dizer-lhe como a empresa funciona; poucas ou longas rodadas do modelo são suficientes; os números contam a história; documentação e relatórios são apenas importantes, caso o cliente os peça; e haverá tempo para os resultados do modelo influenciar as decisões. Na verdade Banks e Gibson (2001) encontraram, de forma empírica, alguns pontos falhos de julgamento das pessoas enquanto implementavam estudos através de simulações; tais falhas podem ser evitadas através do modelo apresentado por Law (2003) para condução de estudos de simulação de sucesso.

Um estudo feito por Cronan e McHaney (2000), indicou que o sucesso da implementação de uma simulação não é uma ocorrência aleatória, muito menos se manifesta da mesma forma em todas as situações. Este sucesso é relacionado aos seguintes fatores (em ordem da maior para menor importância): custos operacionais de desenvolver, rodar e manter o modelo; características do output do software de simulação, como: análises, sumários estatísticos e relatórios; características de suporte organizacional, ou seja, deve haver uma equipe estruturada e um bom gerenciamento da mesma; característica do ambiente de simulação, que se relaciona com o processo de modelagem; característica do software, como a sofisticação estatística e facilidade na eliminação de erros; e o último fator, que inclusive não se mostrou significativo para o sucesso da simulação foi a característica das tarefas.

2.5 O PAPEL DA SIMULAÇÃO NO ESTUDO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

Há mais de 30 anos, Forrester (1973) já dizia que experimentos controlados em laboratórios sobre situações econômicas e industriais são possíveis através de computadores, que são utilizados para desempenhar o trabalho requerido pelos modelos matemáticos, que

simulam o sistema a ser estudado. Bowersox e Closs (1989) divulgaram que, a complexidade e a competitividade do ambiente atual de negócios, demandam de gestores a busca de métodos novos e aperfeiçoados para redução da incerteza e melhoria da produtividade.

Dito isso, é interessante observar que, mais recentemente, Shafer e Smunt (2004) e Chatfield *et al.* (2004) relatam que a simulação em computadores é uma das metodologias de pesquisa mais empregadas no campo do gerenciamento de operações, pois a flexibilidade de tal metodologia proporciona criar facilmente modelagens de cenários do mundo real, concedendo um valor adicional de realismo, através da consideração de variações naturais que ocorrem nos vários processos dentro da CS e que não poderiam ser capturadas analiticamente.

Realmente, no final da década de 90, houve um aumento considerável nos estudos de simulação baseados em situações empíricas nas áreas de planejamento de capacidade, manufatura modular e desenhos de processos. Enquanto isso, a habilidade da simulação para modelar fenômenos estocásticos tornou-a a metodologia de pesquisa ideal para, virtualmente, todos os tópicos que compreendem uma cadeia de suprimentos. Tais tópicos são divididos por Shafer e Smunt (2004), como: balanceamento da linha de montagem; planejamento de capacidade; manufatura modular; distribuição; localização de fábricas e depósitos; previsões de demanda; gerenciamento de estoques; *Just-in-time*; desenho de processos de manufatura; desenho de processos de serviços; planejamento da produção e controle de inventário; compras; alocação de recursos; agendamento; estratégia e planejamento; gerenciamento da cadeia de suprimentos; e, planejamento de pessoal.

Segundo os autores, combinar o poder e a flexibilidade da simulação com dados empíricos da CS, pode ser uma das mais efetivas formas para ajudar a interligar a freqüente distância entre o rigor acadêmico e a aplicabilidade gerencial. Para promover esta ligação, no entanto, pesquisadores precisam unir dados de fontes que assegurem a generalização dos

resultados da pesquisa. A pesquisa de simulação baseada em dados empíricos pode oferecer um grande passo para oferecer um guia gerencial para os gestores de operações na CS.

Em geral, como afirma Kleijnen (2005), a utilização da metodologia de simulação é importante, pois pode apoiar a quantificação dos benefícios resultantes do GCS e assim sustentar o processo de tomada de decisões que ocorrem em dois níveis: nível estratégico, incluindo o redesenho da CS; e, nível operacional, incluindo o ajuste de valores de políticas de controle.

De acordo com Bowersox e Closs (1989), a prática da modelagem de dados foi desenvolvida em paralelo ao gerenciamento da logística integrada. A premissa básica é que a simulação tenha emergido como a ferramenta ideal para análises de planejamentos logísticos complexos, tanto em níveis estratégicos quanto em níveis operacionais. A tendência para parcerias estratégicas de canais aumentou consideravelmente a demanda por ferramentas capazes de desempenhar análises globais nos canais, onde o poder e a capacidade da simulação são ideais para a complexidade do planejamento nesta situação.

Riddallss *et al.* (apud FLEISCH e TELLKAMP, 2004) afirmam que, quando certas características da CS podem não ser facilmente modeladas através de modelos analíticos, ou quando variáveis estocásticas precisam ser incorporadas, os modelos de simulação são freqüentemente utilizados. Eles são úteis para o entendimento de sistemas complexos. Segundo Simchi-Levi *et al.* (apud FLEISCH e TELLKAMP, 2004), modelos de simulação não otimizam a CS, ao invés disso, permitem aos analistas que determinem o desempenho de uma dada configuração da cadeia, já Oliveira e Carvalho (2004) salientam o papel da simulação ao nível de planejamento operacional, afirmando que é a ferramenta que melhor se adequa a tal nível. Em ambientes com incerteza, a simulação age como uma ferramenta preditiva auxiliando a quantificação dos benefícios de políticas e regras de produção.

Ainda segundo Oliveira e Carvalho (2004), em uma CS a aplicação da simulação engloba a modelagem tanto das empresas individualmente quanto das relações de negócios entre cada uma delas. Shankar (2001) afirma que o processo do GCS concentra-se em fazer com que a demanda do consumidor final seja atendida, ligando assim, o comportamento da curva da demanda com as atividades compreendidas na CS implementadas entre cada elo ou negócio. A simulação pode auxiliar a incorporar o conhecimento da demanda e de suas possíveis distribuições de probabilidade, ao modelo da CS e assim considerar a incerteza do comportamento do consumidor e o seu reflexo na atuação de toda a cadeia. Ou seja, segundo Kleijnen (2005), a simulação pode dar dicas às causas e os efeitos do desempenho da CS: que *inputs* (entradas) afetam significativamente quais *outputs* (saídas)? Ela pode ajudar a entender a causalidade, já que é uma metodologia que não trata a CS como uma caixa preta.

Bowersox e Closs (1989) afirmam que, enquanto a aplicação da simulação no planejamento logístico aumentou significativamente nas últimas décadas, o futuro vai incluir o uso extensivo no desenvolvimento de estratégias táticas do dia-a-dia. O resultado natural será a integração da simulação às práticas do gerenciamento do cotidiano.

3 OBJETIVO GERAL DO ESTUDO E PERGUNTAS A SEREM RESPONDIDAS

3.1 OBJETIVO GERAL DO ESTUDO

Após ter sido feito um apanhado geral na bibliografia existente até o momento com relação ao impacto de distribuições de demanda na CS, como foi mostrado na discussão realizada nos capítulos anteriores, é possível traçar-se o objetivo desta pesquisa que é entender como diferentes comportamentos de demanda afetam os diversos indicadores de desempenho da cadeia logística e principalmente do varejo.

O sub-capítulo 2.1 abordou importantes temas das cadeias de suprimentos, como seu gerenciamento e seus objetivos, assim como, questões sobre a cadeia de suprimentos do varejo e suas métricas de controle. Com isso, foi possível entender o funcionamento geral de uma cadeia e os mecanismos de maior relevância que acontecem dentro dela, para assim poder-se mensurar os impactos da demanda nos indicadores de desempenho do varejo, conectado a toda a cadeia.

O sub-capítulo 2.2 tratou da flutuação de demanda e de seu impacto nas variáveis logísticas. Este item é relevante a fim de compreender-se a importância que a demanda exerce em toda a cadeia, assim como no próprio varejo. Aliás, é desta relação que surgiu a curiosidade para iniciar este projeto, que procura entender as reais conseqüências de diferentes distribuições de demanda nos elos de uma cadeia e principalmente no varejo.

No sub-capítulo 2.3 explicitou-se algumas distribuições discretas e sua características, da mesma forma como algumas medidas importantes, o que nos facilita entender as distribuições de demanda que serão consideradas na simulação da cadeia.

Em seguida, no sub-capítulo 2.4, foi detalhado o papel da simulação na geração de cenários relevantes, não somente para o estudo da cadeia de suprimentos, mas também como o estudo de qualquer realidade vivida pelas empresas.

Finalmente, o sub-capítulo 2.5 mostrou como a modelagem e a simulação de sistemas são importantes para se estudar uma cadeia logística com mais precisão, de forma rápida e sem incorrer em grandes custos.

Com todo o ferramental abordado, já é possível buscar entender como se dão as relações na cadeia de suprimentos. Assim sendo, pode-se procurar respostas para a seguinte questão: como diferentes distribuições de demanda impactam nas variáveis da cadeia de suprimentos e principalmente do varejo.

3.2 PERGUNTAS

Com a finalidade de alcançar o objetivo geral traçado na seção 3.1, faz-se necessário levantar-se algumas questões um pouco mais específicas sobre o funcionamento da cadeia de suprimentos.

Desta forma, através da utilização de um modelo de simulação e da análise de seu comportamento, procurar-se-á responder a tais perguntas e assim, alcançar os objetivos finais.

As principais questões a serem respondidas são:

- Como o uso de diferentes distribuições de demanda afeta as diversas variáveis como *Fill Rate*, quantidade de carregamentos recebida, quantidade de produtos recebida, estoque médio em mãos, estoque médio em trânsito, quantidade acumulada de falta de estoque, quantidade de rupturas de estoque no varejo?
- Qual seria a maneira mais adequada de configuração da operação na cadeia para cada distribuição de demanda utilizada, visando um melhor desempenho do varejo?
- Como se comporta o *trade-off* ocorrido na relação entre as variáveis da cadeia?

- Será possível comparar e reafirmar o já encontrado por outros autores em seus respectivos estudos, como o de Wanke *et al.* (2006), Benzecry e Jácome (2005), Closs *et al.* (1998) e Inman (1999)?

Portanto, seguir-se-á com a apresentação do modelo de simulação a ser utilizado no estudo e posteriormente, seus resultados e análises.

4 METODOLOGIA DE PESQUISA E PARAMETRIZAÇÃO DO MODELO

4.1 O MODELO

Com a finalidade de entender o comportamento de uma cadeia de suprimentos e dos reflexos de diferentes distribuições de demanda na cadeia, foi utilizado o modelo de simulação *"Spartan Supply Chain Simulation"*, desenvolvido no software Arena®, pelo professor Alexandre Rodrigues da *Michigan State University* (MSU), nos Estados Unidos.

O modelo replica a operação de uma cadeia de suprimentos com até seis elos, onde o primeiro é o varejo, os intermediários correspondem a Centros de Distribuição e o último a fábrica. Nesta cadeia, os elos fazem pedidos de ressuprimento para os elos anteriores. Os elos anteriores atendem os posteriores com as quantidades desejadas ou com as quantidades disponíveis, dependendo da parametrização das políticas de ressuprimento.

Cada elo pode apresentar um máximo de dez instalações e a cadeia pode operar com até cem produtos simultaneamente. Para cada um, pode ser adotada uma distribuição de demanda específica no varejo, bem como diferentes políticas de produção e de distribuição.

A Figura 15 demonstra o funcionamento da cadeia de suprimentos que o modelo *Spartan* representa.

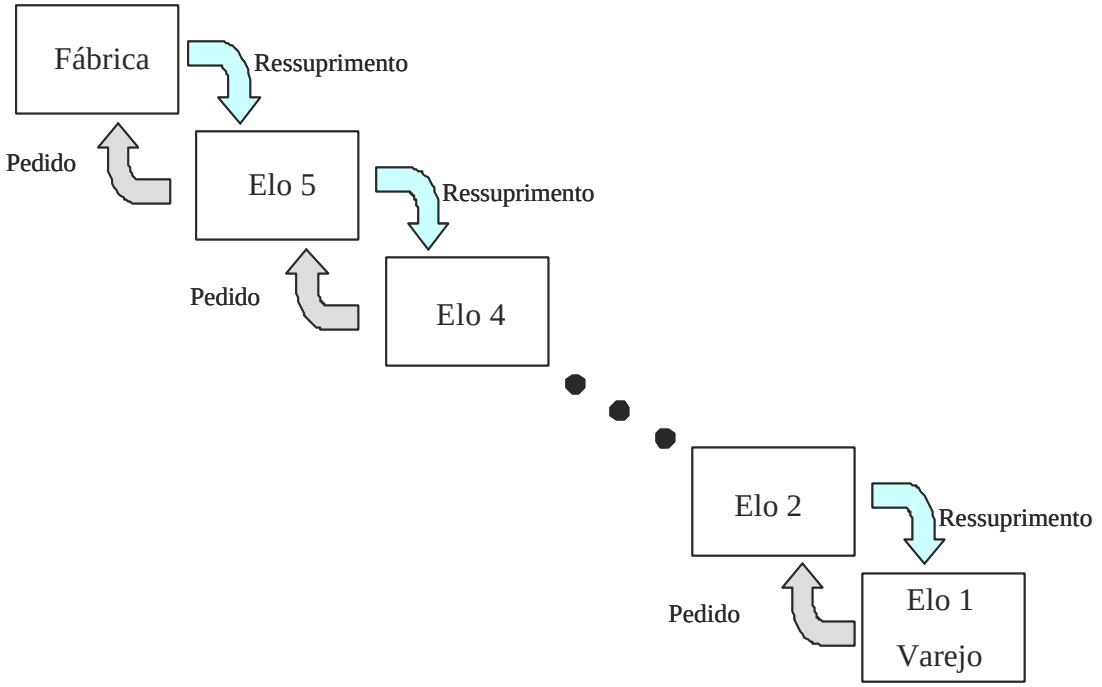


Figura 15: Spartan supply chain simulation

Em cada elo genérico, é verificada a seguinte seqüência de eventos, observada pelo relógio da simulação, conforme é ilustrado na Tabela 5:

#	Eventos
1	Recebimento do carregamento
2	Recebimento do pedido
3	Ajuste dos pedidos com as pendências dos dias anteriores
4	Avaliação do nível de estoques - Envio do pedido completo; ou - Envio do pedido incompleto; ou - Não envio do pedido.
5	Ajuste das pendências (caso ativado – *backorders*)
6	Ajuste do nível de estoque
7	Avaliação do pedido de ressuprimento - Nível de estoque é menor do que o ponto de pedido? Caso afirmativo, faz-se o pedido (lógica puxada) ou lê-se o ressuprimento (lógica empurrada).

Tabela 5: Seqüência de eventos ocorridos no elos da cadeia do Spartan

Existem cinco tipos de tempos de resposta (ou *Lead times* – LT) considerados pelo modelo, de acordo com a Tabela 6:

#	# do LT	Descrição do LT
1	LT 1	Transmissão do pedido
2	LT 2	Processamento do pedido
3	LT 3	Consolidação do pedido
4	LT 4	Tempo de trânsito
5	LT 5	Configuração do pedido

Tabela 6: Tempos de resposta do modelo Spartan

Para que a visualização de cada tempo de resposta seja clara, a Figura 16 é apresentada a seguir. Com ela, há facilidade de perceber que tanto o tempo LT1 quanto o LT4 são tempos ocorridos entre os elos, já os tempos LT2, LT3 e LT5 são intrínsecos às instalações.

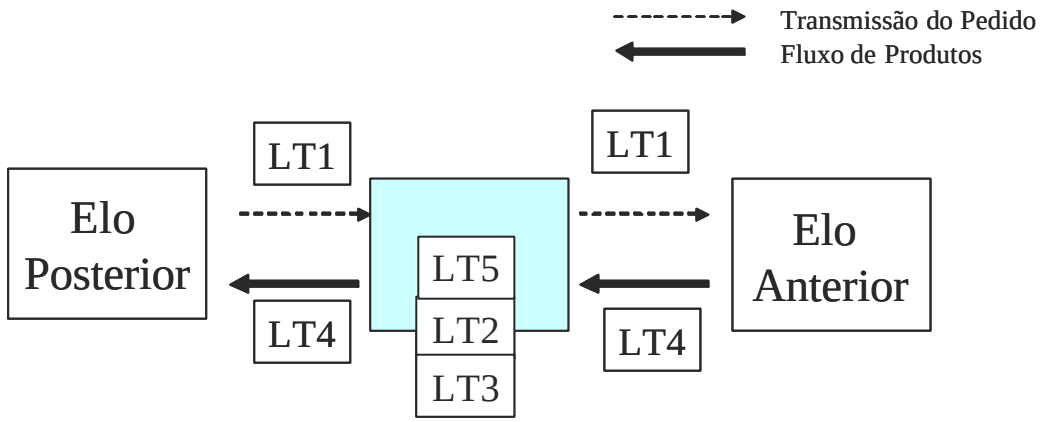


Figura 16: *Lead times* – Spartan chain simulation

A seqüência das atividades na fábrica é diferente da dos depósitos, já que ela é o primeiro elo da cadeia não possuindo interface com elos anteriores. Na fábrica verifica-se a seguinte seqüência de eventos:

#	Eventos da fábrica
1	Previsão da demanda;
2	Cálculo de necessidades;
3	Ajuste de necessidades;
4	Conversão de necessidades em unidades;
5	Ajuste de capacidade;
6	Agendamento de produção;
7	Execução de produção.

Tabela 7: Seqüência de eventos da fábrica do modelo Spartan

O modelo pode simular diferentes políticas de produção, como a produção Puxada que reage à demanda e a produção Empurrada que trabalha com previsão com base em previsões de venda.

Para atender um pedido do elo posterior, o elo anterior envia o número de peças disponível, gerando pendências (*back order*) ou falta de estoque (*stock out*) no elo anterior[2]. No caso de *back order*, o elo anterior registra para o próximo dia, a informação de quantidades não atendidas e assim sucessivamente, até o seu pleno atendimento. Em caso de *stock out*, o elo anterior não registra essa informação, o que gera atendimento parcial de pedido e não há reposição posterior.

Compreendida a seqüência de atividades do modelo, precisa-se observar os parâmetros de entrada do mesmo. A Tabela 8 mostra todos os parâmetros de entrada e suas respectivas descrições.

[2] Optou-se por manter-se a terminologia em inglês (língua na qual foi desenvolvida a ferramenta) ao longo do trabalho.

Parâmetro	Descrição
Localidade	Abre cada localidade do modelo
Produto	Define quais produtos serão simulados
Estoque inicial (unidades)	Estoque inicial em cada localidade
Ponto de pedido (dias)	Nível de estoque que aciona pedido de ressuprimento
Estoque máximo (dias)	Nível máximo de estoque, usado para cálculo do tamanho do pedido
Política de falta	*backorder* ou *stockout*
Produção	Puxada ou empurrada
Carregamento parcial	Habilita atendimento parcial de pedidos
Tempo de revisão (dias)	Freqüência em que o estoque é avaliado
Horizonte de planejamento (dias)	Quantidade de dias de previsão que serão usados no planejamento
Demanda (unidades / dia)	Demanda por produtos no varejo
Previsão perfeita?	Será usada previsão perfeita ou serão gerados erros de previsão?
Erro de previsão	Amplitude do erro de previsão
Desvio padrão da previsão	Desvio padrão da amplitude do erro de previsão
Viés da previsão	Viés do erro de previsão
Horas de produção diárias	Tempo de produção diária da fábrica
Estoque mínimo na fábrica (unidades)	Estoque mínimo permitido na fábrica, funcionamento semelhante ao ponto de pedido, porém usado na produção
Uso de capacidade por produto (horas)	Tempo de produção necessária para fabricar uam unidade de produto
Prioridade de produção	Ordem prioritária entre os produtos para a produção
Lote mínimo de produção (unidades)	Quantidade mínima para se começar a produzir o produto
Tamanho de lote incremental (unidades)	Se for diferente de um, os lotes de produção devem ser múltiplos deste valor
LT de atendimento - min (dias)	Tempo da viagem de ressuprimento entre cada elo, modelado como uma distribuição triangular (mínimo, moda e máximo)
LT de atendimento - moda (dias)	
LT de atendimento - máx (dias)	

Tabela 8: Entradas do modelo

As variáveis independentes, cadastradas como as entradas do modelo, determinam se a política de produção é Puxada ou Empurrada, se a distribuição é Direta ou Escalonada e as diversas séries de demanda.

Com isso, restam apenas as variáveis de saída do modelo. Elas são apresentadas na Tabela 9 juntamente com suas decisões. Para a análise dos resultados da simulação não se utilizará todas elas conforme será visto mais adiante.

Variável	Descrição
Fill rate	Nível de serviço para o cliente final da cadeia de suprimentos. Pedidos atendidos / Pedidos recebidos
Unidades Carregadas	Quantidade Total, em unidades do produto, enviadas dentro do prazo pela localidade
Unidades Carregadas com *backorder / stockout*	Quantidade Total, em unidades do produto, enviadas como *backorder / stockout* pela localidade
Unidades pedidas	Quantidade Total, em unidades do produto, que foi demandada à localidade
Case fill rate	Mede o impacto de stockout ao longo do tempo por produto. Quantidade total do produto enviado dentro do prazo / quantidade total do pedido
Linhas carregadas	Quantidade de vezes em que o produto foi enviado em um pedido perfeito
Linhas pedidas	Quantidade de vezes em que o produto aparece em um pedido
Line fill rate	Mede o impacto de stockout ao longo do tempo por produto. Total de linhas enviadas no prazo / total de linha de pedido
Total de pedidos	Número total de pedidos que a localidade recebeu durante a simulação
Total de carregamentos	Número total de carregamentos do produto realizados dentro do prazo na localidade (sem diferenciação de produtos)
Total de carregamentos com backorder / stockout	Número total de carregamentos do produto em *backorder / stockout* na localidade
Total de carregamentos completos	Número total de carregamentos do produto realizados dentro do prazo na localidade (sem diferenciação de produtos)
Total de carregamentos com backorder / stockout completos	Número total de carregamentos em em *backorder / stockout* na localidade (sem diferenciação de produtos)
Quantidade de carregamentos recebida	Número total de carregamentos planejados que a localidade recebeu contendo o produto
Quantidade total recebida	Quantidade total de unidades do produto recebido na localidade
Estoque final em mãos	Posição final do estoque do produto na localidade ao final da simulação
Estoque médio em mãos	Quantidade média de estoque do produto na localidade durante a simulação
Estoque médio em trânsito	Quantidade média de estoque em trânsito do produto durante a simulação em direção à localidade
Quantidade de backorder / stockout acumulada	Quantidade total acumulada, em unidades do produto que tiveram *backorder / stockout* durante a simulação na localidade
Ocorrências de backorder / stockout	Quantidade de ocorrências (eventos) de *backorder / stockout* do produto na localidade
Quantidade acumulada de falta de estoque	Quantidade total acumulada, em unidades do produto, de *backorder / stockout* durante a simulação na localidade
Quantidade de rupturas de estoque	Quantidade de ocorrências (eventos) de *backorder / stockout* do produto na localidade

Tabela 9: Saídas do modelo

Entendido o funcionamento do modelo e ciente das perguntas que devem ser respondidas, segue-se para a parametrização das variáveis independentes do mesmo.

O capítulo 3.3 é fundamental para que se possa entender os resultados da simulação.

4.2 PARAMETRIZAÇÃO DO MODELO

Para facilitar posterior comparação, as entradas do modelo foram cadastradas de acordo com o trabalho desenvolvido por Benzecry e Jácome (2005). Estes autores fizeram um estudo da cadeia de suprimentos por meio de simulação a partir do modelo *Spartan*, a mesma ferramenta que este trabalho considera. O estudo tinha o objetivo de avaliar impactos de erros

de previsão de vendas na CS em diferentes ambientes proporcionados por diferentes políticas de produção e distribuição.

Desta forma utilizar-se-á tal estudo como base para a parametrização das variáveis dependentes de nosso modelo.

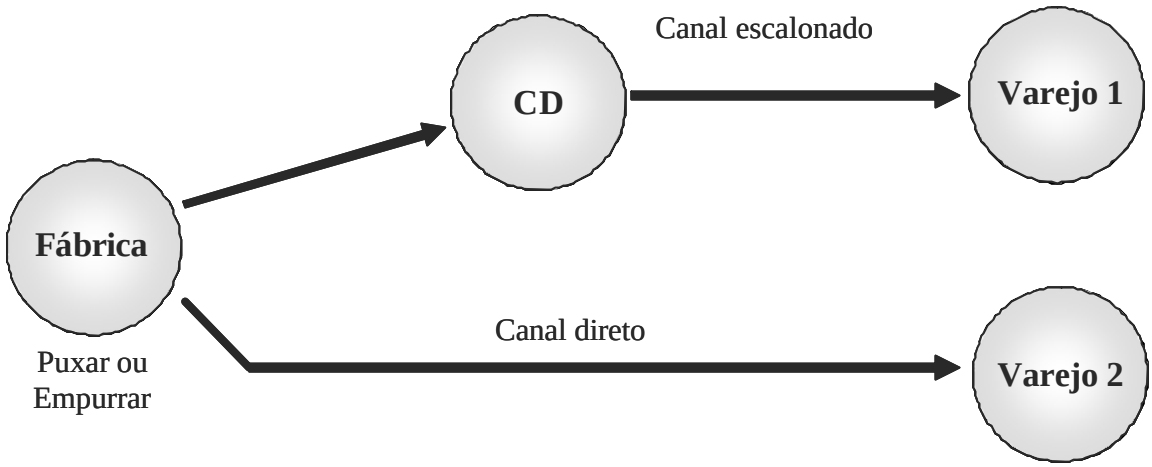


Figura 17: Canais de distribuição utilizados no modelo

A contribuição gerada por este trabalho é o entendimento e a mensuração do impacto de diferentes distribuições de demanda nos principais indicadores da cadeia. Para cada distribuição, serão avaliados, também, os impactos da distribuição de produtos por canais diretos ou escalonados e da produção Puxada ou Empurrada, de acordo com a Figura 17.

O modelo foi parametrizado para simular apenas um produto que segue diferentes distribuições de demanda, porém todas elas compreendendo média igual a 4, pois é a média da distribuição Empírica, conforme a Tabela 10:

Distribuição	Função	Média	Desvio Padrão	Assimetria	Curtose
Empírica	Distribuição do Jogo da Cerveja	4,0	2,24	0,55	-0,82
Binomial	$P(X=k)=\binom{n}{k}p^k q^{n-k}$	4,0	1,32	0,13	-0,27
Poisson	$P(X=k)=\frac{e^{-\lambda t}\cdot(\lambda t)^k}{k!}$	4,0	2,14	0,30	-0,31
Pascal	$P(X=k)=\binom{k-1}{r-1}\cdot p^r\cdot q^{k-r}$	4,0	2,49	1,74	3,61

Onde: P = probabilidade de sucesso; X = variável aleatória; p = probabilidade de sucesso em cada repetição; q = probabilidade de não sucesso em cada repetição; k = número de sucessos em n repetições; n = número de repetições; ? = frequência média de sucessos; e = número de Euler (2,71828...); t = comprimento total do intervalo e; r = último sucesso.

Tabela 10: Distribuições de demanda e suas características

Estas distribuições foram escolhidas ao acaso dentre as distribuições de probabilidade de variáveis discretas. Para que seja possível visualizar com maior facilidade as distribuições definidas na Tabela 10, seguem nas Figuras 18 a 25, as representações gráficas das mesmas, seguidas, sempre de seus respectivos histogramas.

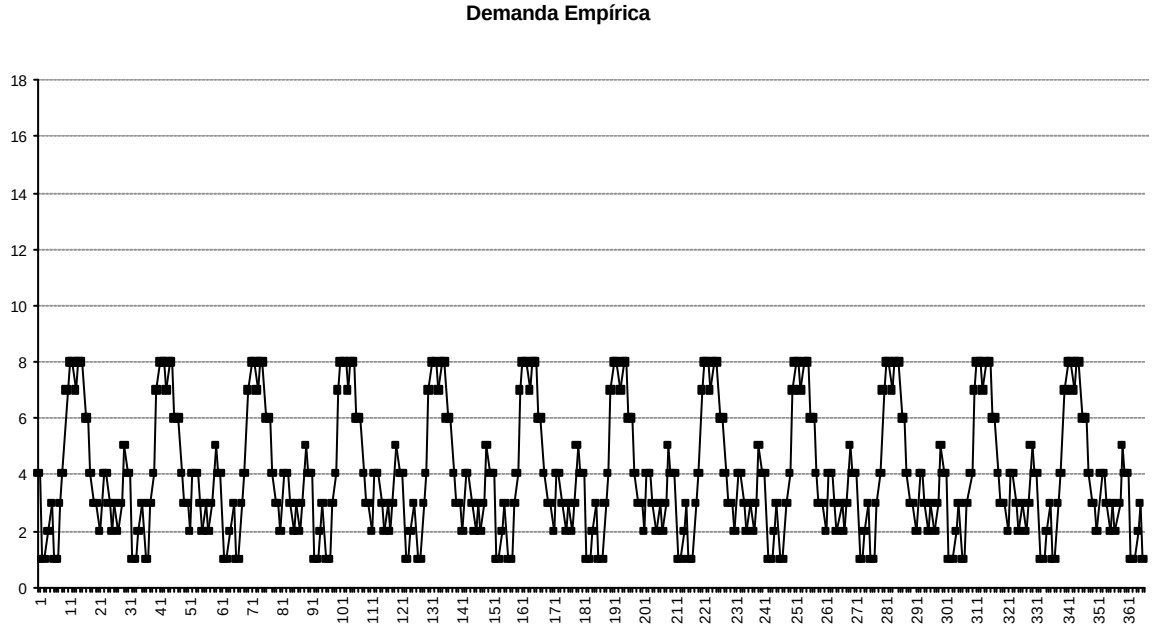


Figura 18: O comportamento da demanda empírica durante o ano

A demanda utilizada como empírica tem média 4, desvio padrão 2,2, curtose negativa de 0,8 (ou seja, a distribuição é mais achatada que a normal) e assimetria de 0,6 (curva afinando para a direita).

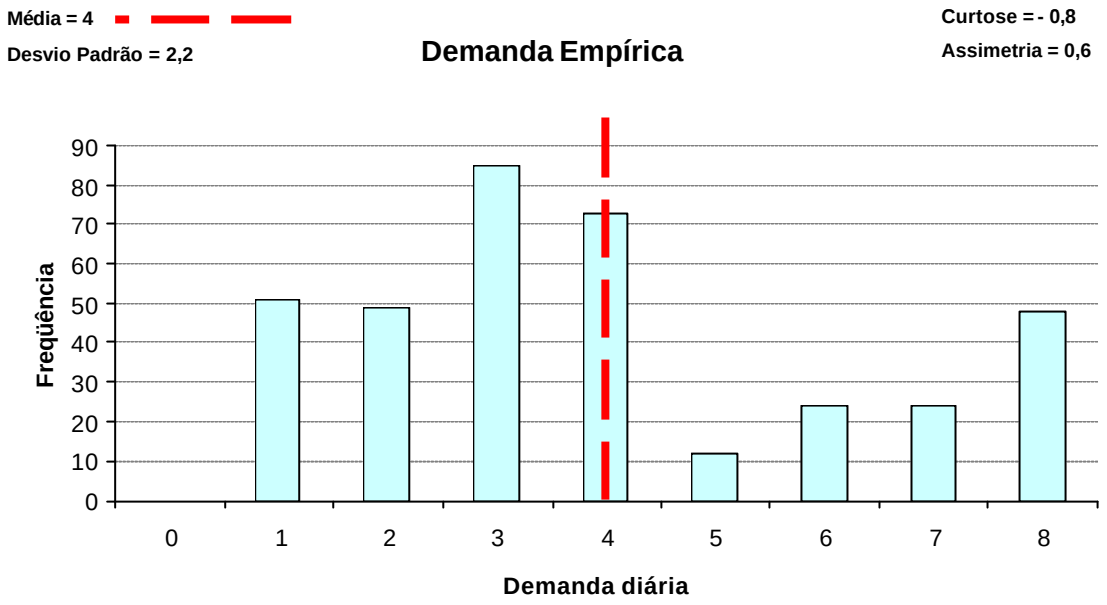


Figura 19: Histograma da demanda empírica

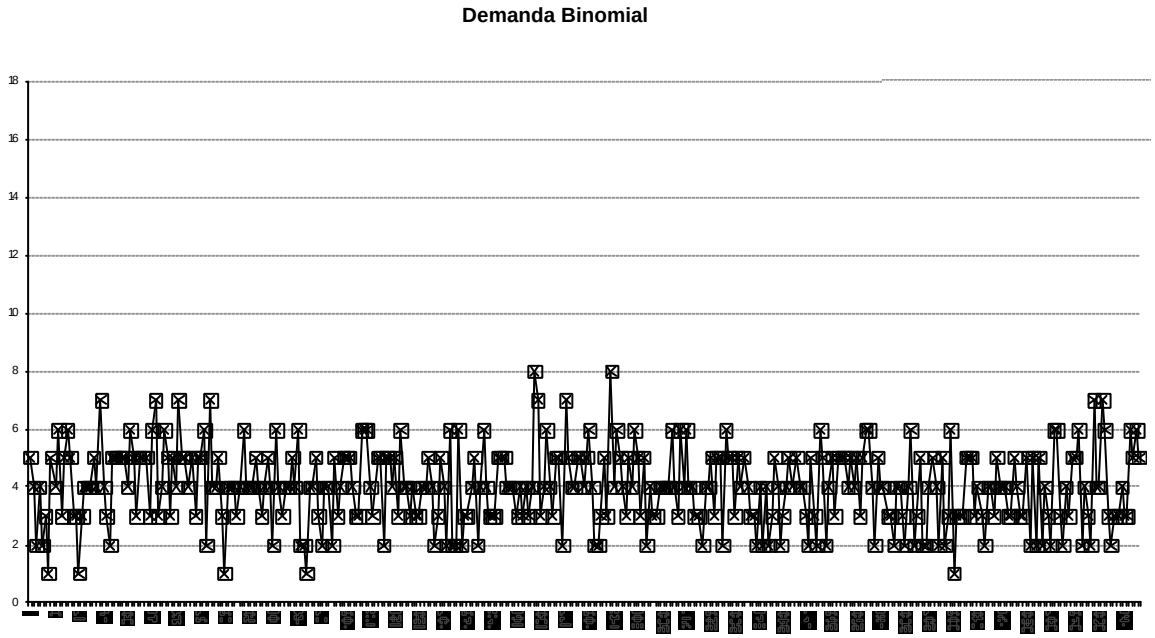


Figura 20: O comportamento da demanda binomial durante o ano

A demanda binomial utilizada no experimento tem média 4 também, desvio padrão 1,3, curtose negativa de 0,3 (ou seja, a distribuição é um pouco mais achatada que a normal) e assimetria de 0,1 (curva afinando para a direita, porém muito próximo a uma normal).

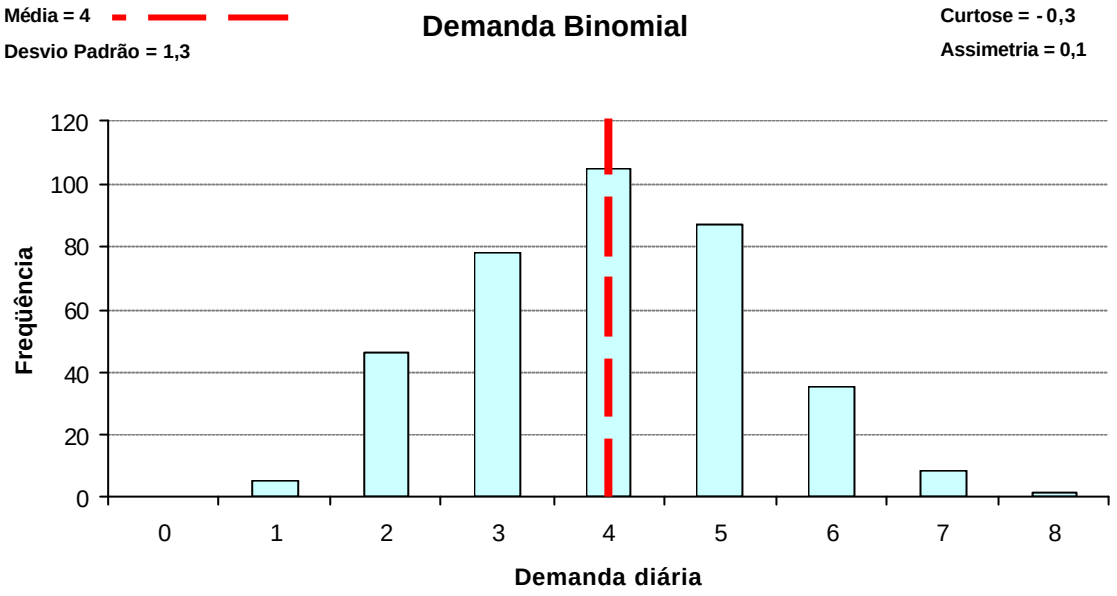


Figura 21: Histograma da demanda binomial

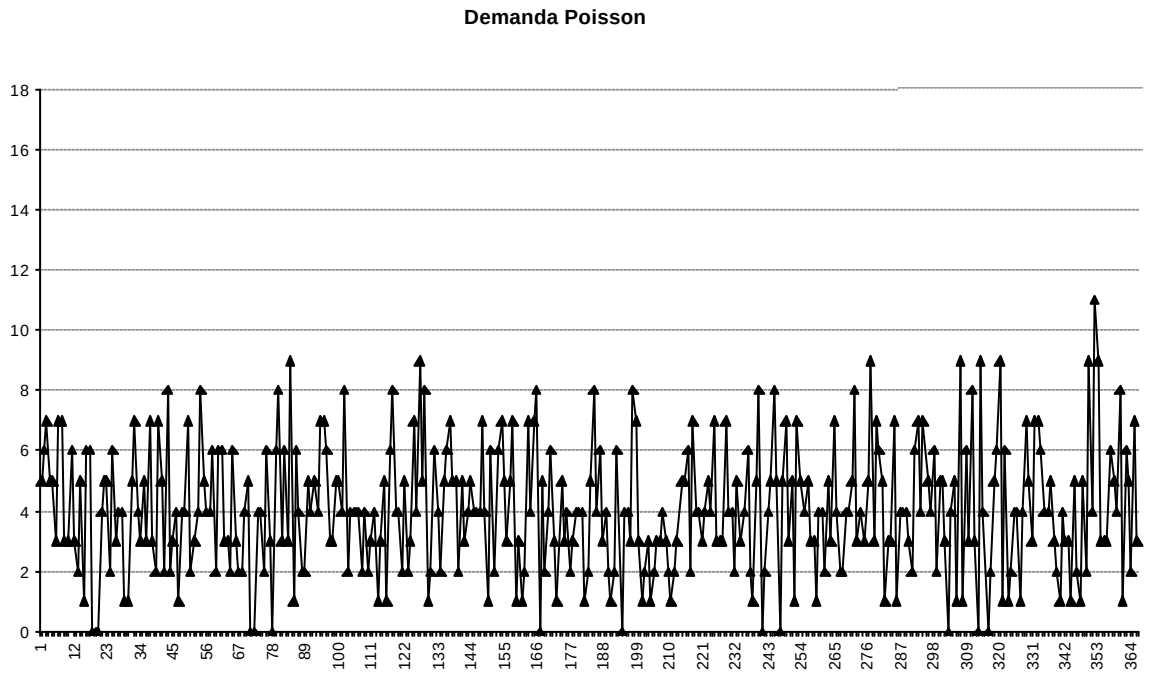


Figura 22: O comportamento da demanda Poisson durante o ano

A demanda de Poisson considerada apresenta média 4 como as outras, desvio padrão 2,1, curtose negativa de 0,3 (ou seja, a distribuição é um pouco mais achatada que a normal) e assimetria de 0,3 (curva afinando para a direita, próximo a uma normal).

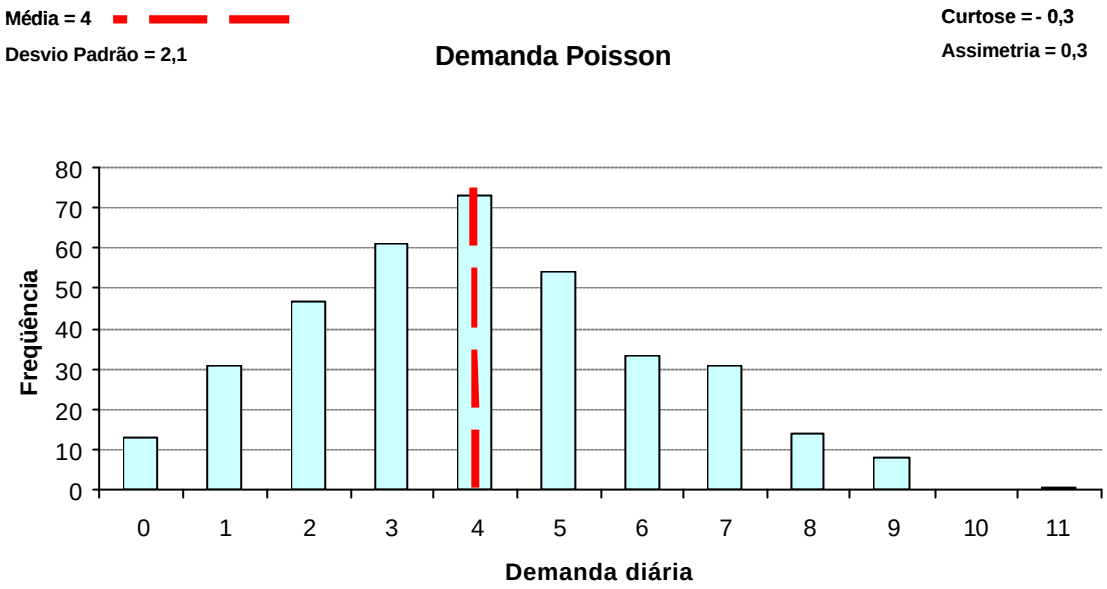


Figura 23: Histograma da demanda de Poisson

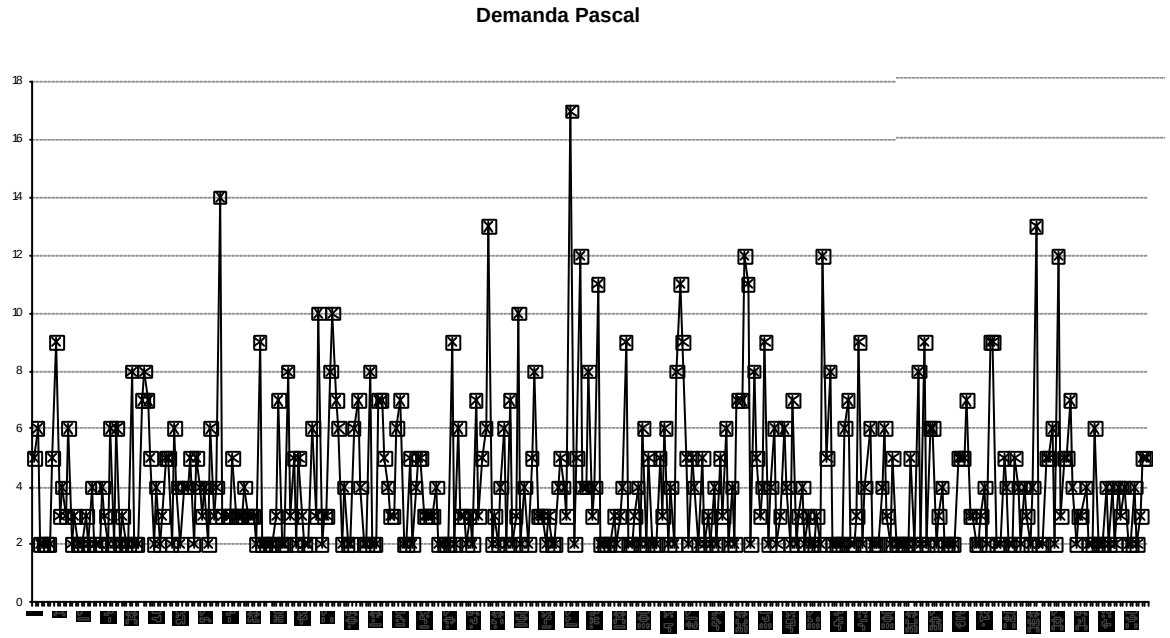


Figura 24: O comportamento da demanda pascal durante o ano

Por fim, a demanda Pascal também apresenta média 4, mas desvio padrão de 2,5, curtose positiva de 3,6 (ou seja, a distribuição é um bem mais pontiaguda do que a normal) e assimetria de 1,7 (curva afinando bastante para a direita).

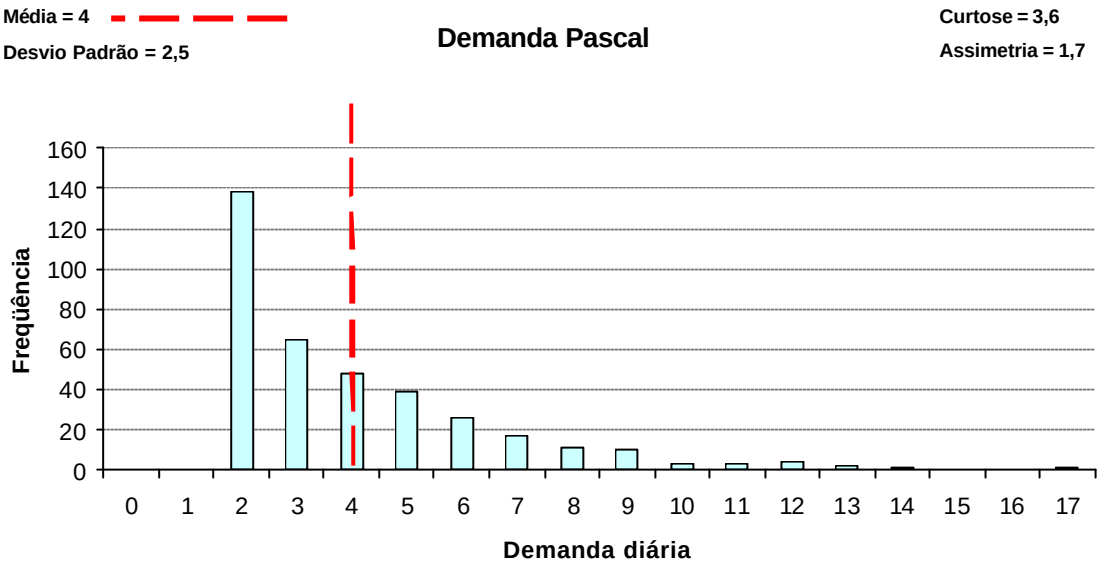


Figura 25: Histograma da demanda Pascal

Vale lembrar que as demandas apresentadas nas Figuras 18 a 25 correspondem às demandas do cliente final durante 365 dias tanto para o varejo do canal escalonado quanto para o varejo do canal direto.

Para cada combinação dos tipos de produção (Empurrada ou Puxada) e tipos de distribuição (Direta ou Escalonada) foram conduzidas 100 replicações de 365 dias de operação, de acordo com o plano de experimentos apresentado na Tabela 11.

Produção	Distribuição	Demanda
Empurrada	Direta	Empírica
		Binomial
		Poisson
		Pascal
	Escalonada	Empírica
		Binomial
		Poisson
		Pascal
Puxada	Direta	Empírica
		Binomial
		Poisson
		Pascal
	Escalonada	Empírica
		Binomial
		Poisson
		Pascal

Tabela 11: Plano de experimentos

As variáveis dependentes e independentes mais importantes do modelo, assim como suas descrições, seus tipos, escalas e dimensões, são destacadas na Tabela 12:

Variável	Descrição	Tipo	Escala	Dimensão
Fill rate do varejo (FRV)	Nível de serviço para o cliente final da cadeia de suprimentos. Razão entre a quantidade atendida e a quantidade demandada.	Dependente	Métrica	Percentual
Quantidade de carregamentos recebida no varejo (QCRV)	Número total de carregamentos planejados que a localidade recebeu contendo o produto	Dependente	Métrica	Ocorrências
Quantidade total recebida no varejo (QTRV)	Quantidade total de unidades do produto recebido na localidade	Dependente	Métrica	Unidades
Estoque médio em mãos no varejo (EMMV)	Quantidade média de estoque do produto na localidade durante a simulação	Dependente	Métrica	Unidades
Estoque médio em trânsito para o varejo (EMTV)	Quantidade média de estoque em trânsito do produto durante a simulação em direção à localidade	Dependente	Métrica	Unidades
Quantidade acumulada de falta de estoque no varejo (QAFEV)	Quantidade total acumulada, em unidades do produto, de faltas durante a simulação na localidade	Dependente	Métrica	Unidades
Quantidade de rupturas de estoque no varejo (QREV)	Quantidade de ocorrências (eventos) de faltas do produto na localidade	Dependente	Métrica	Ocorrências
Tipo de Produção	Efeito principal a ser testado	Independente	Nominal	Empurrada = 0 Puxada = 1
Tipo de Distribuição	Efeito principal a ser testado	Independente	Nominal	Escalonada = 0 Direta = 1
Tipo de demanda	Efeito principal a ser testado	Independente	Nominal	Empirica = 0 Poisson = 1 Binomial = 2 Pascal = 3
Média da demanda (MD)	Média da demanda diária para o varejo final	Independente	Métrica	Unidades
Desvio padrão da demanda (DPD)	Desvio padrão da demanda diária para o varejo final	Independente	Métrica	Unidades
Curtose da demanda (CD)	Curtose da demanda diária para o varejo final	Independente	Métrica	Unidades
Assimetria da demanda (AD)	Assimetria da demanda diária para o varejo final	Independente	Métrica	Unidades

Tabela 12: Variáveis da simulação

Para que o modelo estivesse de acordo, ou seja, comparável aos modelos já utilizados no projeto de pesquisa do CEL (Benzecry e Jácome, 2005 e Wanke *et al.* 2006), com exceção das distribuições de demanda diferenciadas, os outros parâmetros permaneceram os mesmos,

como no caso de produção Empurrada, previsão de vendas com acerto nivelado a 100% (previsão perfeita, conforme Tabela 8) e intervalos de revisão da programação de 30 dias. Para produção do tipo Puxada, os produtos são fabricados após o recebimento dos pedidos. O horizonte de planejamento da produção fabril é de 3 dias para produção Puxada e de 30 para a Empurrada.

Para todos os experimentos foi considerada uma política de *stock out* para o trato com os estoques. Nela todo pedido não atendido foi considerado uma venda perdida.

A única restrição adicional foi com relação à capacidade de produção. O tempo de funcionamento da fábrica que foi ajustado para 20 horas diárias e o lote mínimo de produção adotado foi de 8 unidades assim como o tamanho do lote incremental.

O estoque inicial em cada instalação foi determinado em 12 unidades, observando-se que o ponto de pedido é de 3 dias e o estoque máximo de 4 dias de produto em estoque. O período de revisão do nível dos estoques é diário. Quando não há estoque suficiente para atender um pedido o carregamento parcial fica permitido. O estoque mínimo da fábrica é de 4 unidades.

O único *lead time* utilizado foi o de carregamento e segue uma distribuição triangular de máximo 5, mínimo 1 e moda 3.

Com o modelo devidamente parametrizado pode-se rodar todos os experimentos, coletar os dados de saída e a partir de então, iniciar suas respectivas análises.

5 ANÁLISE DE DADOS

5.1 ANÁLISE MULTIVARIADA DE COVARIÂNCIA (MANCOVA)

De acordo com Hair *et al.* (2005), a análise multivariada refere-se aos métodos estatísticos que analisam múltiplas medidas sobre cada indivíduo sob investigação. Tais técnicas são extensões da análise univariada e da análise bivariada.

Existem dois tipos de dados: não-métricos (qualitativos) e métricos (quantitativos). Os dados não-métricos são atributos, características ou propriedades categóricas que identificam ou descrevem o objeto. Já as variáveis métricas refletem quantidades relativas ou graus e são apropriadas para casos que envolvem quantidade ou magnitude.

Existem muitas técnicas multivariadas de análises como, por exemplo: análises de componentes principais e análise de fatores comuns, regressão múltipla, análise discriminante múltipla, análise multivariada de variância e covariância, análise conjunta, correlação canônica, análise de agrupamentos, escalonamento multidimensional, análise de correspondência, modelos lineares de probabilidade, modelagem de equações estruturais, etc.

A análise multivariada de variância (MANOVA) é uma técnica utilizada com a intenção de explorar simultaneamente as relações entre diversas variáveis independentes categóricas e duas ou mais variáveis dependentes métricas. É uma extensão da análise univariada de variância (ANOVA). A análise multivariada de covariância (MANCOVA) é utilizada conjuntamente a MANOVA para remover após o experimento o efeito de quaisquer variáveis independentes métricas não controladas sobre as variáveis independentes.

Em nosso experimento, há variáveis independentes não-métricas (tipo de produção, tipo de distribuição e tipo de demanda) que possuem relação com as variáveis dependentes métricas (*Fill Rate,* Quantidade de carregamentos recebidos, Quantidade total recebida, Estoque médio em mãos, Estoque médio em trânsito, Quantidade acumulada de falta de

estoque, Quantidade de rupturas de estoque). Por estas razões segundo Hair *et al.* (2005), a melhor forma de interpretar a relação entre as variáveis é através da análise multivariada de variância e covariância (através do destaque de uma covariável).

As covariáveis métricas são escolhidas em um projeto de experimentos com a intenção de remover influências estranhas de uma variável dependente de forma a diminuir a variância interna nos grupos, fazendo assim com que o poder estatístico dos testes seja aumentado.

Para que a MANCOVA seja implementada corretamente é necessário seguir alguns estágios bem definidos. O primeiro é especificar o tipo de problema de pesquisa. A categoria classificada para o tipo de problema deste experimento é a de questões intrinsecamente multivariadas, onde a principal preocupação é o modo como as medidas multivariadas diferem como um todo nos grupos. Neste caso, todo o poder da MANCOVA é exercido, avaliando tanto as diferenças gerais quanto às diferenças entre combinações de medidas dependentes.

O próximo passo é identificar quais as medidas dependentes são realmente apropriadas à questão da pesquisa. A partir dos dados da Tabela 12, as variáveis dependentes identificadas para fazer parte das análises são: *Fill Rate* do varejo (FRV), Quantidade de carregamentos recebida no varejo (QCRV), Quantidade total recebida no varejo (QTRV), Estoque médio em mãos no varejo (EMMV), Estoque médio em trânsito do varejo (EMTV), Quantidade acumulada de falta de estoque no varejo (QAFEV) e Quantidade de rupturas de estoque no varejo (QREV).

O segundo estágio é sobre o projeto de pesquisa MANCOVA. A análise mínima considerada é referente a 20 observações. O modelo foi replicado 100 vezes para cada nível, de modo que se têm muito mais observações do que o mínimo estabelecido. Ainda dentro do segundo estágio, é necessário definir as variáveis independentes e seus níveis ou tratamentos.

São elas: tipo de produção (Puxada ou Empurrada), tipo de distribuição (Direta ou Escalonada) e tipo de demanda (Empírica, Poisson, Binomial e Pascal).

O segundo estágio termina na seleção da covariável métrica que é selecionada no projeto de experimentos para remover influências estranhas às variáveis dependentes, aumentando assim a variância interna nos grupos. O objetivo de uma análise de covariância é eliminar erros sistemáticos fora do controle do pesquisador que podem provocar tendências no resultado e explicar diferenças nas respostas do modelo devido a características únicas de cada interação. Uma covariável elimina todos os efeitos que possam vir a afetar apenas uma parte das interações ou variem entre as interações. A covariável deve ter correlação com as variáveis dependentes, porém não deve ter correlação com as variáveis independentes. Após implementar-se um teste de correlação bivariada no SPSS® e analisar-se a correlação de todas as variáveis dependentes com as outras dependentes e independentes, chega-se a conclusão que a variável QREV (Quantidade de rupturas de estoques no varejo) pode ser considerada como a covariável das análises. A QREV tem uma forte relação com todas as variáveis dependentes do varejo e uma fraca relação com a maioria das variáveis independentes testadas, conforme Tabela 13.

	Correlações	Variáveis Independentes			Variáveis Dependentes							Variáveis Independentes (Demanda)			
		Demanda	Produção	Distribuição	FRV	QCRV	QTRV	EMMV	EMTV	QAFEV	QREV	MD	DPD	CD	AD
Demanda	Correlação de Pearson	1.000	0.000	0.000	0.077	0.096	0.169	-0.047	0.079	-0.163	-0.035	0.405	-0.018	0.838	0.603
	Significância		1.000	1.000	0.002	0.000	0.000	0.062	0.002	0.000	0.159	0.000	0.476	0.000	0.000
Produção	Correlação de Pearson	0.000	1.000	0.000	-0.041	-0.071	-0.046	-0.015	-0.014	0.046	0.041	0.000	0.000	0.000	0.000
	Significância	1.000		1.000	0.102	0.004	0.068	0.551	0.575	0.069	0.099	1.000	1.000	1.000	1.000
Distribuição	Correlação de Pearson	0.000	0.000	1.000	0.449	0.095	0.447	0.424	0.105	-0.451	-0.453	0.000	0.000	0.000	0.000
	Significância	1.000	1.000		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000
FRV	Correlação de Pearson	0.077	-0.041	0.449	1.000	0.446	0.924	0.782	-0.192	-0.950	-0.987	-0.073	-0.062	0.048	0.037
	Significância	0.002	0.102	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.013	0.055	0.141
QCRV	Correlação de Pearson	0.096	-0.071	0.095	0.446	1.000	0.503	0.176	-0.406	-0.518	-0.446	0.090	-0.264	-0.062	-0.144
	Significância	0.000	0.004	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.000
QTRV	Correlação de Pearson	0.169	-0.046	0.447	0.924	0.503	1.000	0.755	-0.135	-0.992	-0.952	0.254	-0.186	0.021	-0.087
	Significância	0.000	0.068	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.404	0.000
EMMV	Correlação de Pearson	-0.047	-0.015	0.424	0.782	0.176	0.755	1.000	-0.395	-0.749	-0.796	-0.005	0.035	-0.024	-0.009
	Significância	0.062	0.551	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000	0.842	0.166	0.343	0.728
EMTV	Correlação de Pearson	0.079	-0.014	0.105	-0.192	-0.406	-0.135	-0.395	1.000	0.151	0.186	0.117	-0.080	0.014	-0.035
	Significância	0.002	0.575	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000	0.001	0.582	0.160
QAFEV	Correlação de Pearson	-0.163	0.046	-0.451	-0.950	-0.518	-0.992	-0.749	0.151	1.000	0.967	-0.181	0.173	-0.032	0.059
	Significância	0.000	0.069	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000	0.195	0.018
QREV	**Correlação de Pearson**	**-0.035**	**0.041**	**-0.453**	**-0.987**	**-0.446**	**-0.952**	**-0.796**	**0.186**	**0.967**	**1.000**	**-0.051**	**0.043**	**-0.003**	**0.020**
	Significância	0.159	0.099	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.043	0.087	0.916	0.418
MD	Correlação de Pearson	0.405	0.000	0.000	-0.073	0.090	0.254	-0.005	0.117	-0.181	-0.051	1.000	-0.113	0.166	-0.099
	Significância	0.000	1.000	1.000	0.003	0.000	0.000	0.842	0.000	0.000	0.043		0.000	0.000	0.000
DPD	Correlação de Pearson	-0.018	0.000	0.000	-0.062	-0.264	-0.186	0.035	-0.080	0.173	0.043	-0.113	1.000	0.515	0.731
	Significância	0.476	1.000	1.000	0.013	0.000	0.000	0.166	0.001	0.000	0.087	0.000		0.000	0.000
CD	Correlação de Pearson	0.838	0.000	0.000	0.048	-0.062	0.021	-0.024	0.014	-0.032	-0.003	0.166	0.515	1.000	0.937
	Significância	0.000	1.000	1.000	0.055	0.013	0.404	0.343	0.582	0.195	0.916	0.000	0.000		0.000
AD	Correlação de Pearson	0.603	0.000	0.000	0.037	-0.144	-0.087	-0.009	-0.035	0.059	0.020	-0.099	0.731	0.937	1.000
	Significância	0.000	1.000	1.000	0.141	0.000	0.000	0.728	0.160	0.018	0.418	0.000	0.000	0.000	

Tabela 13: Estudo de correlações

5.2 TESTES MULTIVARIADOS

Feito isso é possível começar a buscar, entre as variáveis do modelo, relações que expliquem flutuações entre as variáveis independentes e as dependentes. Mas antes é necessário aplicar-se o teste de significância para a hipótese em que todos os vetores de médias de grupos vêm da mesma população (seriam iguais). Esta é a hipótese nula.

Desta forma, seguem na Tabela 14, os testes multivariados das variáveis independentes, assim como da covariante (QREV) e suas possíveis interações:

Efeito		Valor	Significância	Poder Observado [a]
Intercepto	Traço de Pillai	1.000	0.000	1.000
	Lambda de Wilkis	0.000	0.000	1.000
	Traço de Hotelling	167,252,542.137	0.000	1.000
	Raiz de Roy	167,252,542.137	0.000	1.000
QREV	Traço de Pillai	1.000	0.000	1.000
	Lambda de Wilkis	0.000	0.000	1.000
	Traço de Hotelling	8,548,742.073	0.000	1.000
	Raiz de Roy	8,548,742.073	0.000	1.000
Demanda	Traço de Pillai	0.000	.	.
	Lambda de Wilkis	1.000	.	.
	Traço de Hotelling	0.000	.	.
	Raiz de Roy	0.000	1.000	0.050
Produção	Traço de Pillai	0.008	0.040	0.785
	Lambda de Wilkis	0.992	0.040	0.785
	Traço de Hotelling	0.008	0.040	0.785
	Raiz de Roy	0.008	0.040	0.785
Distribuição	Traço de Pillai	0.123	0.000	1.000
	Lambda de Wilkis	0.877	0.000	1.000
	Traço de Hotelling	0.141	0.000	1.000
	Raiz de Roy	0.141	0.000	1.000
MD	Traço de Pillai	0.000	.	.
	Lambda de Wilkis	1.000	.	.
	Traço de Hotelling	0.000	.	.
	Raiz de Roy	0.000	1.000	0.050
DPD	Traço de Pillai	0.000	.	.
	Lambda de Wilkis	1.000	.	.
	Traço de Hotelling	0.000	.	.
	Raiz de Roy	0.000	1.000	0.050
CD	Traço de Pillai	0.000	.	.
	Lambda de Wilkis	1.000	.	.
	Traço de Hotelling	0.000	.	.
	Raiz de Roy	0.000	1.000	0.050
AD	Traço de Pillai	0.000	.	.
	Lambda de Wilkis	1.000	.	.
	Traço de Hotelling	0.000	.	.
	Raiz de Roy	0.000	1.000	0.050
Demanda * Produção	Traço de Pillai	0.000	.	.
	Lambda de Wilkis	1.000	.	.
	Traço de Hotelling	0.000	.	.
	Raiz de Roy	0.000	1.000	0.050
Demanda * Distribuição	Traço de Pillai	0.000	.	.
	Lambda de Wilkis	1.000	.	.
	Traço de Hotelling	0.000	.	.
	Raiz de Roy	0.000	1.000	0.050
Produção * Distribuição	Traço de Pillai	0.000	1.000	0.056
	Lambda de Wilkis	1.000	1.000	0.056
	Traço de Hotelling	0.000	1.000	0.056
	Raiz de Roy	0.000	1.000	0.056
Demanda * Produção * Distribuição	Traço de Pillai	0.000	.	.
	Lambda de Wilkis	1.000	.	.
	Traço de Hotelling	0.000	.	.
	Raiz de Roy	0.000	1.000	0.050
Outras Possíveis Interações	Traço de Pillai	0.000	.	.
	Lambda de Wilkis	1.000	.	.
	Traço de Hotelling	0.000	.	.
	Raiz de Roy	0.000	1.000	0.050

a - Calculado usando um alpha= 0,05

Tabela 14: Testes Multivariados

A Tabela 14 apresenta quatro testes de significância para cada efeito do modelo. Destacando-se o Lâmbda de Wilkis que testa a hipótese nula em MANCOVA (Hair *et al.*,

2005) e varia de 0 a 1, onde valores perto de 0 indicam que as médias dos grupos são diferentes (os efeitos contribuem mais para o modelo) e valores perto de 1 indicam que as médias não são diferentes (igual a 1, significa que todas as médias são as mesmas). Quando o nível de significância é relativamente pequeno (menor que 0,05) para o efeito testado, então o efeito é considerado significativo.

Após análise da Tabela 14, sabe-se que poucos efeitos testados em nosso modelo são fortemente significativos. As variáveis que mais contribuem para o modelo são (em ordem decrescente de importância): a Quantidade de rupturas de estoques no varejo (QREV), a distribuição e a produção. Com relação à interação produção e distribuição, o teste demonstrou relação nula inclusive apresentando uma significância alta (1), o que nos leva a acreditar que não há interação entre tais efeitos.

As variáveis MD; DPD; CD; AD; demanda; interação de demanda e produção; demanda e distribuição; demanda, produção e distribuição; e todas a outras possíveis apresentaram Lâmbdas de Wilkis bastante altos (1), o que nos leva a creditar que não há relação entre elas e o comportamento do modelo como um todo.

Contudo, vale ressaltar que tais testes são bastante robustos, pode acontecer de haver uma relação entre alguma variável e o modelo que não foi apontada nesta fase. Existe a chance de que existam relações não tão robustas a ponto de passarem despercebidas por estes testes. Se for o caso, é possível, mais a frente, buscar testes intermediários entre as estatísticas descritivas e os modelos GLM (*General Linear Model*) oferecidos pelo programa SPSS® a fim de evidenciar possíveis outras relações.

5.3 RESUMO DAS ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS

Com poucas ressalvas, as análises descritivas confirmam a conclusão obtida através do Lâmbda de Wilkis. É possível perceber tais exceções através dos dados da Tabela 15, nela encontram-se diferenças entre os índices referentes às quatro distribuições de demanda testadas, implicando alguma influência nas variáveis dependentes do modelo. Por exemplo, o *Fill Rate* no varejo varia de 79,90% (Binomial) a 75,95% (Poisson) diante das diferentes demandas; outra forte evidência que existe alguma relação da demanda com as variáveis dependentes é a variação da Quantidade acumulada de falta de estoques no varejo (QAFEV), que oscila entre 220,11 a 313,56; uma diferença de 42% entre os dois valores.

Por outro lado, há evidências, também, de que algumas variáveis realmente não sofrem ação da variação das demandas, de acordo com o mostrado pela Tabela 14. Para visualizar-se esta falta de interação, basta observar-se o comportamento da variável Estoque médio em mãos no varejo (EMMV), que apresenta um máximo de 8% de diferença ao comparar-se o EMMV da demanda Empírica (7,87) e o da demanda Binomial (7,43).

Demanda	Média de FRV	DP de FRV	Média de QCRV	DP de QCRV	Média de QTRV	DP de QTRV	Média de EMMV	DP de EMMV	Média de EMTV	DP de EMTV	Média de QAFEV	DP de QAFEV	Média de QREV	DP de QREV
Binomial	79.90%	10.11%	157.93	15.72	1243.56	125.92	7.43	3.11	9.38	2.52	220.11	122.24	73.38	36.91
Empirica	78.25%	8.60%	146.76	14.97	1133.64	134.73	7.87	2.77	8.48	2.23	313.56	132.47	79.38	31.38
Pascal	79.10%	9.06%	148.47	14.25	1195.54	124.84	7.62	2.92	9.01	2.39	261.57	122.69	76.27	33.06
Poisson	75.95%	9.49%	149.98	13.71	1225.27	128.90	7.85	3.13	9.25	2.47	252.94	124.09	74.80	34.64
Total	**78.30%**	**9.44%**	**150.78**	**15.28**	**1199.50**	**135.14**	**7.69**	**2.99**	**9.03**	**2.43**	**262.05**	**129.73**	**75.96**	**34.10**

DP = Desvio Padrão

Tabela 15: Estatísticas descritivas relacionadas à demanda

Como um exemplo, é possível observar, também, que a demanda Pascal, que, em comparação às outras demandas, apresenta o maior desvio padrão de sua distribuição (2,49; segundo a Tabela 10), e mesmo assim, implica em desvios padrões moderados das variáveis dependentes. Nenhuma variável dependente apresenta o maior desvio padrão (nem o menor) ao se analisar esta demanda, em comparação aos desvios padrões das variáveis dependentes nos outros casos de distribuição de demanda (Binomial, Empírica e Poisson). Ou seja, uma grande variação da distribuição Pascal não provocou grandes oscilações nas distribuições das

variáveis dependentes. Isso é mais um ponto a favor dos dados encontrados na Tabela 14, que mostra que não há relação entre as variáveis independentes da demanda (DPD e MD) e as variáveis dependentes do modelo.

De qualquer forma, ainda é válida maior investigação da relação entre as variáveis independentes relacionadas à demanda com as variáveis dependentes e, assim, tentar chegar a uma explicação para esta diferença de interpretação segundo diferentes meios de análise (estatísticas descritivas e testes multivariados). Na próxima seção (5.4) abordar-se-ão outros testes estatísticos não tão robustos esperando, assim, a solução para este problema.

Através da Tabela 16, pode-se perceber que não há tanta variação com relação ao terceiro e quarto momentos entre as distribuições Binomial, Empírica e Poisson. A única distribuição que apresenta diferença clara com relação ao formato da curva de probabilidades, é a demanda Pascal, que apresenta uma curvatura mais pontiaguda do que todas as outras e do que uma curva Normal, além de mostrar uma assimetria muito maior do que a das outras. Ou seja, a curva se estende bastante à direita. Porém isso, não parece ter representado influências nas variáveis dependentes. É interessante observar que a demanda Pascal, mesmo apresentando medidas de dispersão bem mais extremas do que as outras, não foi capaz de repassar tais características às variáveis dependentes, o que faz-se parecer é que a média (que é a mesma para as quatro demandas simuladas) é que exerce grande influência nas variáveis.

Demanda	Curtose	Assimetria
Binomial	-0,27	0,13
Empirica	-0,82	0,55
Pascal	3,61	1,74
Poisson	-0,30	0,30

Tabela 16: Terceiro e quarto momentos de cada demanda

Na Tabela 16, quando são consideradas as produções Puxada ou Empurrada, a diferença nas variáveis dependentes não é tão forte, o que ressalta o mostrado anteriormente com a análise dos testes multivariados (Tabela 14).

Isto é facilmente percebido nesta Tabela. Há muito pouca variação quando se considera um ou outro tipo de produção. As diferenças percentuais são pouco expressivas como por exemplo a da Quantidade total recebida no varejo (QTRV) que varia 1,03% (Empurrada = 1205,67 / Puxada = 1193,33).

Realmente, o tipo de produção impacta pouco nas variáveis dependentes do varejo.

Produção	Média de FRV	DP de FRV	Média de QCRV	DP de QCRV	Média de QTRV	DP de QTRV	Média de EMMV	DP de EMMV	Média de EMTV	DP de EMTV	Média de QAFEV	DP de QAFEV	Média de QREV	DP de QREV
Empurrada	78.69%	9.47%	151.87	15.26	1205.67	135.70	7.74	3.02	9.08	2.44	256.14	130.12	74.55	34.19
Puxada	77.91%	9.40%	149.70	15.23	1193.33	134.37	7.64	2.96	8.99	2.42	267.95	129.15	77.36	33.97
Total	**78.30%**	**9.44%**	**150.78**	**15.28**	**1199.50**	**135.14**	**7.69**	**2.99**	**9.03**	**2.43**	**262.05**	**129.73**	**75.96**	**34.10**

DP = Desvio Padrão

Tabela 17: Estatísticas descritivas relacionadas à produção

Mais uma vez confirma-se o obtido pelo Lâmbda da Wilkis, onde a diferença entre os tipos de distribuição influencia, de forma mais perceptível, as variáveis dependentes do varejo. Esta relação é evidenciada pela Tabela 17.

Um exemplo desta relação é o comportamento da variável Quantidade acumulada de falta de estoque no varejo (QAFEV), pelo qual é possível perceber-se uma diferença de 57% entre a variável dependente na distribuição Direta e na distribuição Escalonada.

Distribuição	Média de FRV	DP de FRV	Média de QCRV	DP de QCRV	Média de QTRV	DP de QTRV	Média de EMMV	DP de EMMV	Média de EMTV	DP de EMTV	Média de QAFEV	DP de QAFEV	Média de QREV	DP de QREV
Direta	82.53%	8.06%	152.24	15.36	1259.82	117.80	8.96	3.15	9.27	2.29	203.59	110.06	60.50	29.07
Escalonada	74.06%	8.80%	149.33	15.07	1139.18	124.03	6.42	2.17	8.80	2.55	320.50	121.35	91.41	31.68
Total	**78.30%**	**9.44%**	**150.78**	**15.28**	**1199.50**	**135.14**	**7.69**	**2.99**	**9.03**	**2.43**	**262.05**	**129.73**	**75.96**	**34.10**

DP = Desvio Padrão

Tabela 18: Estatísticas descritivas relacionadas à distribuição

Na Tabela 18 as variáveis independentes foram agrupadas por nível ou tratamento. Após observação minuciosa, pode-se inferir qualitativamente e quantitativamente conclusões importantes, como: o tipo de produção não impacta tanto no varejo quanto o tipo de distribuição. Esta conclusão é confirmada pela Tabela 14, já apresentada.

As diferenças entre os efeitos que as variáveis independentes provocaram às variáveis dependentes serão mais facilmente comparadas através da análise da Tabela 18.

Demanda	Produção	Distribuição	Média de FRV	DP de FRV	Média de QCRV	DP de QCRV	Média de QTRV	DP de QTRV	Média de EMMV	DP de EMMV	Média de EMTV	DP de EMTV	Média de QAFEV	DP de QAFEV	Média de QREV	DP de QREV
Binomial	Empurrada	Direta	84,95%	8,24%	161,99	14,93	1311,09	102,36	8,80	3,34	9,72	2,38	155,93	95,46	54,93	30,09
		Escalonada	75,77%	9,74%	156,35	15,77	1190,96	119,10	6,19	2,31	9,17	2,64	270,18	118,89	88,44	35,53
	Empurrada Total		80,36%	10,11%	159,17	15,58	1251,03	126,08	7,49	3,15	9,44	2,53	213,06	121,84	71,69	36,89
	Puxada	Direta	83,95%	8,39%	159,58	15,22	1294,55	104,85	8,63	3,27	9,54	2,36	170,99	99,27	58,59	30,62
		Escalonada	74,92%	9,71%	153,78	15,90	1177,63	117,61	6,11	2,29	9,11	2,64	283,33	118,12	91,56	35,45
	Puxada Total		79,43%	10,12%	156,68	15,80	1236,09	125,64	7,37	3,08	9,32	2,51	227,16	122,53	75,08	36,94
Binomial Total			**79,90%**	**10,11%**	**157,93**	**15,72**	**1243,56**	**125,92**	**7,43**	**3,11**	**9,38**	**2,52**	**220,11**	**122,24**	**73,38**	**36,91**
Empírica	Empurrada	Direta	82,68%	7,75%	149,99	15,50	1206,31	122,62	9,05	3,03	8,80	2,11	242,22	118,85	63,21	28,28
		Escalonada	74,43%	7,47%	145,84	14,14	1071,75	111,93	6,77	1,97	8,24	2,33	374,35	111,87	93,33	27,26
	Empurrada Total		78,56%	8,64%	147,92	14,95	1139,03	135,13	7,91	2,79	8,52	2,24	308,29	132,82	78,27	31,55
	Puxada	Direta	81,85%	8,00%	148,02	15,67	1194,09	125,78	8,93	3,01	8,71	2,07	254,15	122,27	66,26	29,22
		Escalonada	74,05%	7,26%	143,20	13,83	1062,40	108,42	6,72	1,90	8,17	2,33	383,51	108,39	94,70	26,50
	Puxada Total		77,95%	8,56%	145,61	14,94	1128,25	134,44	7,82	2,74	8,44	2,22	318,83	132,24	80,48	31,26
Empírica Total			**78,25%**	**8,60%**	**146,76**	**14,97**	**1133,64**	**134,73**	**7,87**	**2,77**	**8,48**	**2,23**	**313,56**	**132,47**	**79,38**	**31,38**
Pascal	Empurrada	Direta	83,57%	7,63%	149,30	13,85	1257,76	105,39	8,95	3,04	9,27	2,26	200,32	101,62	59,96	27,86
		Escalonada	75,56%	8,66%	149,86	14,69	1145,57	118,53	6,39	2,18	8,85	2,51	310,63	118,56	89,20	31,61
	Empurrada Total		79,57%	9,08%	149,58	14,24	1201,67	125,21	7,67	2,94	9,06	2,40	255,48	123,24	74,58	33,13
	Puxada	Direta	82,65%	7,61%	147,20	14,07	1245,07	104,96	8,85	3,00	9,16	2,22	213,08	100,95	63,31	27,79
		Escalonada	74,63%	8,58%	147,52	14,41	1133,74	117,76	6,30	2,16	8,78	2,52	322,26	117,38	92,60	31,33
	Puxada Total		78,64%	9,04%	147,36	14,21	1189,41	124,47	7,58	2,91	8,97	2,38	267,67	122,15	77,96	32,98
Pascal Total			**79,10%**	**9,06%**	**148,47**	**14,25**	**1195,54**	**124,84**	**7,62**	**2,92**	**9,01**	**2,39**	**261,57**	**122,69**	**76,27**	**33,06**
Poisson	Empurrada	Direta	80,69%	7,93%	151,83	13,34	1291,48	111,69	9,31	3,32	9,52	2,33	189,90	103,59	57,49	28,95
		Escalonada	71,83%	9,01%	149,79	14,26	1170,43	118,87	6,50	2,28	9,05	2,60	305,58	118,08	89,83	32,87
	Empurrada Total		76,26%	9,56%	150,81	13,81	1230,96	130,06	7,90	3,17	9,29	2,48	247,74	125,05	73,66	34,89
	Puxada	Direta	79,94%	7,95%	149,99	13,47	1278,22	111,19	9,17	3,25	9,42	2,32	202,10	103,52	60,23	29,03
		Escalonada	71,33%	8,85%	148,31	13,72	1160,95	116,29	6,41	2,23	9,00	2,59	314,19	115,98	91,65	32,30
	Puxada Total		75,63%	9,44%	149,15	13,59	1219,59	127,80	7,79	3,10	9,21	2,47	258,15	123,21	75,94	34,44
Poisson Total			**75,95%**	**9,49%**	**149,98**	**13,71**	**1225,27**	**128,90**	**7,85**	**3,13**	**9,25**	**2,47**	**252,94**	**124,09**	**74,80**	**34,64**
Total			***78,30%***	***9,44%***	***150,78***	***15,28***	***1199,50***	***135,14***	***7,69***	***2,99***	***9,03***	***2,43***	***262,05***	***129,73***	***75,96***	***34,10***

DP = Desvio Padrão

Tabela 19: Resumo das estatísticas descritivas aglutinadas pelas variáveis independentes

É possível tirar-se, também, algumas conclusões sobre o comportamento da demanda e a melhor forma de se configurar uma cadeia segundo determinada variável dependente do varejo. Como por exemplo: Qualquer que seja a distribuição da demanda, em observando-se pelo *Fill Rate* no varejo (FRV), as melhores configurações da cadeia são as seguintes (por ordem decrescente): manter a produção na fábrica de forma Empurrada e a distribuição de mercadorias de forma Direta; manter a produção Puxada e distribuição Direta; manter a produção Empurrada e distribuição Escalonada; e por último, manter a produção Puxada e a distribuição Escalonada. Em observando se pelo Estoque médio em mãos no varejo (EMMV), a ordem se inverte exatamente.

As outras variáveis seguem o padrão do FRV, com exceção apenas à variável Quantidade de carregamentos recebidos no varejo (QCRV), que quando considerada a distribuição de demanda Pascal, seria melhor configurar a CS da seguinte forma: produzir de forma Empurrada, mas distribuir de forma Escalonada. As variáveis: Quantidade total

recebida no varejo (QTRV), Quantidade acumulada de faltas de estoque no varejo (QAFEV), Quantidade de rupturas de estoque no varejo (QREV) e Estoque médio em trânsito no varejo (EMTV) seguem o padrão do FRV.

Será possível visualizar melhor as afirmações na seção 5.6, através das Tabelas 25, 26, 27 e 28, que após análises de gráficos descritivos, resumem e explicitam todas as relações aqui citadas.

5.4 OUTROS MODELOS DE REGRESSÃO

Nesta seção será possível compreender algumas relações que não foram evidenciadas pela Tabela 18 e pelas estatísticas descritivas anteriormente apresentadas. Através das Tabelas 19 e 20, é possível entender um pouco melhor a relação de cada variável dependente para com as variáveis independentes e suas interações.

Ao se observar a Tabela 19, deve-se levar em consideração que quando a significância for maior do que 0,05, os efeitos da variável independente não são sentidos na variável dependente. Por exemplo, a variável Quantidade de rupturas de estoque no varejo (QREV) exerce influência em todas as variáveis dependentes, confirmando sua escolha como a covariante para análise de MANCOVA.

A Produção parece influenciar principalmente a Quantidade de carregamentos recebidos pelo varejo (QCRV), já a variável independente Distribuição influencia todas as variáveis dependentes com exceção do *Fill Rate* no varejo (FRV). A interação Produção e Distribuição parece influenciar muito pouco as variáveis dependentes, mesmo resultado este obtido pelo Lâmbda de Wilkis.

Variáveis Independentes	Variáveis Dependentes	Soma dos quadrados (Tipo III)	Significância	Poder Observado[a]
Modelo Corrigido	FRV	14.246[b]	0,000	1,000
	QCRV	106412.048[c]	0,000	1,000
	QTRV	28308638.054[d]	0,000	1,000
	EMMV	9424.881[e]	0,000	1,000
	EMTV	1021.637[f]	0,000	1,000
	QAFEV	26267720.511[g]	0,000	1,000
Intercepto	FRV	215,043	0,000	1,000
	QCRV	6.129.520,108	0,000	1,000
	QTRV	477.875.687,977	0,000	1,000
	EMMV	36.184,931	0,000	1,000
	EMTV	11.801,424	0,000	1,000
	QAFEV	24.900,732	0,000	1,000
QREV	FRV	10,993	0,000	1,000
	QCRV	69.560,168	0,000	1,000
	QTRV	19.616.420,354	0,000	1,000
	EMMV	6.739,951	0,000	1,000
	EMTV	723,053	0,000	1,000
	QAFEV	18.917.845,191	0,000	1,000
Demanda	FRV	0,000	.	.
	QCRV	0,000	.	.
	QTRV	0,000	.	.
	EMMV	0,000	.	.
	EMTV	0,000	.	.
	QAFEV	0,000	.	.
Produção	FRV	0,000	1,000	0,050
	QCRV	964,164	0,017	0,667
	QTRV	1.683,263	0,084	0,408
	EMMV	4,039	0,263	0,201
	EMTV	6,873	0,261	0,203
	QAFEV	1.169,406	0,090	0,396
Distribuição	FRV	0,000	1,000	0,050
	QCRV	4.641,629	0,000	0,999
	QTRV	18.370,651	0,000	1,000
	EMMV	66,456	0,000	0,995
	EMTV	457,201	0,000	1,000
	QAFEV	11.102,275	0,000	0,999
MD	FRV	0,000	.	.
	QCRV	0,000	.	.
	QTRV	0,000	.	.
	EMMV	0,000	.	.
	EMTV	0,000	.	.
	QAFEV	0,000	.	.
DPD	FRV	0,000	.	.
	QCRV	0,000	.	.
	QTRV	0,000	.	.
	EMMV	0,000	.	.
	EMTV	0,000	.	.
	QAFEV	0,000	.	.
CD	FRV	0,000	.	.
	QCRV	0,000	.	.
	QTRV	0,000	.	.
	EMMV	0,000	.	.
	EMTV	0,000	.	.
	QAFEV	0,000	.	.
AD	FRV	0,000	.	.
	QCRV	0,000	.	.
	QTRV	0,000	.	.
	EMMV	0,000	.	.
	EMTV	0,000	.	.
	QAFEV	0,000	.	.

Tabela 20: Análise de variâncias (1)

Variáveis Independentes	Variáveis Dependentes	Soma dos quadrados (Tipo III)	Significância	Poder Observado[a]
Demanda * Produção	FRV	0,000	.	.
	QCRV	0,000	.	.
	QTRV	0,000	.	.
	EMMV	0,000	.	.
	EMTV	0,000	.	.
	QAFEV	0,000	.	.
Demanda * Distribuição	FRV	0,000	.	.
	QCRV	0,000	.	.
	QTRV	0,000	.	.
	EMMV	0,000	.	.
	EMTV	0,000	.	.
	QAFEV	0,000	.	.
Produção * Distribuição	FRV	0,000	1,000	0,050
	QCRV	12,082	0,789	0,058
	QTRV	2,972	0,942	0,051
	EMMV	0,030	0,923	0,051
	EMTV	0,293	0,816	0,056
	QAFEV	20,001	0,825	0,056
Demanda * Produção * Distribuição	FRV	0,000	.	.
	QCRV	0,000	.	.
	QTRV	0,000	.	.
	EMMV	0,000	.	.
	EMTV	0,000	.	.
	QAFEV	0,000	.	.
Outras possíveis interações	FRV	0,000	.	.
	QCRV	0,000	.	.
	QTRV	0,000	.	.
	EMMV	0,000	.	.
	EMTV	0,000	.	.
	QAFEV	0,000	.	.
Erro	FRV	0,000		
	QCRV	266.826,562		
	QTRV	891.995,946		
	EMMV	5.102,709		
	EMTV	8.593,737		
	QAFEV	643.620,249		
Total	FRV	995,187		
	QCRV	36.750.723,000		
	QTRV	2.331.281.034,000		
	EMMV	109.330,000		
	EMTV	140.135,000		
	QAFEV	136.779.472,000		
Total Corrigido	FRV	14,246		
	QCRV	373.238,609		
	QTRV	29.200.634,000		
	EMMV	14.527,590		
	EMTV	9.615,374		
	QAFEV	26.911.340,760		

a Considerando um alpha = ,05
b R2 = 1,000 (R2 ajustado = 1,000)
c R2 = ,285 (R2 ajustado = ,278)
d R2 = ,969 (R2 ajustado = ,969)
e R2 = ,649 (R2 ajustado = ,645)
f R2 = ,106 (R2 ajustado = ,097)
g R2 = ,976 (R2 ajustado = ,976)

Tabela 21: Análise de variâncias (2)

E, finalmente, mais uma vez constata-se, através da Tabela 20, que todas as variáveis dependentes do varejo não seriam influenciadas pela demanda. Todavia, como já se evidenciou que existe alguma relação entre as distribuições de demanda e as variáveis dependentes na seção 53; vai-se, aqui, explorar um pouco mais estas relações através de

testes não tão robustos, que são os seguintes: teste “One-way ANOVA”, testes “Não Paramétricos”, teste de “Kruskal-Wallis” e teste de “Medianas”.

A Tabela 21 mostra a tabela de ANOVA, nela pode-se observar que realmente existe relação entre as variáveis de varejo e as diferentes distribuições de demanda, com exceção das variáveis Estoque médio em mãos no varejo (EMMV) e Quantidade de rupturas de estoque no varejo (QREV) (significância > que 0,05).

Significâncias menores que 0,05 evidenciam o fato de haver diferenças entre os grupos, com relação à interação testada. Ou seja, existe uma relação entre as variáveis.

Interações	Testes		Soma dos Quadrados	df	Média Quadrada	F	Significância
FRV * Demanda	Entre grupos	(Combinados)	0,35	3	0,12		
	Dentro dos grupos		13,90	1596	0,01	13,39	0,00
	Total		14,25	1599			
QCRV * Demanda	Entre grupos	(Combinados)	29.266,94	3	9.755,65		
	Dentro dos grupos		343.971,67	1596	215,52	45,27	0,00
	Total		373.238,61	1599			
QTRV * Demanda	Entre grupos	(Combinados)	2.783.498,54	3	927.832,85		
	Dentro dos grupos		26.417.135,47	1596	16.552,09	56,06	0,00
	Total		29.200.634,00	1599			
EMMV * Demanda	Entre grupos	(Combinados)	53,78	3	17,93		
	Dentro dos grupos		14.473,82	1596	9,07	1,98	0,12
	Total		14.527,59	1599			
EMTV * Demanda	Entre grupos	(Combinados)	187,88	3	62,63		
	Dentro dos grupos		9.427,49	1596	5,91	10,60	0,00
	Total		9.615,37	1599			
QAFEV * Demanda	Entre grupos	(Combinados)	1.798.148,13	3	599.382,71		
	Dentro dos grupos		25.113.192,63	1596	15.735,08	38,09	0,00
	Total		26.911.340,76	1599			
QREV * Demanda	Entre grupos	(Combinados)	7.903,48	3	2.634,49		
	Dentro dos grupos		1.851.420,37	1596	1.160,04	2,27	0,08
	Total		1.859.323,85	1599			

Tabela 22: ANOVA (Demanda)

Por meio destes testes é possível evidenciar as relações existentes entre a demanda e a maioria das variáveis dependentes. O que não tinha sido possível com testes mais robustos mostrados até então.

A seguir, a Tabela 22 mostra medidas de associação, através delas, pode-se entender o quanto as diferenças entre as demandas são responsáveis pela variação de cada variável

dependente. O índice “Eta Quadrado” representa a proporção de variação por conta das diferenças entre grupos.

Desta forma, pode-se observar não somente que existe relação entre a demanda e algumas variáveis do varejo, mas também, o quanto cada variável é impactada por ela. Novamente, não foi possível que fossem estabelecidas relações entre a demanda e a variável Estoque médio em mãos no varejo (EMMV); e entre a demanda e a Quantidade de Rupturas de estoque no varejo (QREV).

Associações	Eta	Eta Quadrado	Percentual de impacto da demanda
FRV * Demanda	0,1567	0,0245	2%
QCRV * Demanda	0,2800	0,0784	8%
QTRV * Demanda	0,3087	0,0953	10%
EMMV * Demanda	0,0608	0,0037	0%
EMTV * Demanda	0,1398	0,0195	2%
QAFEV * Demanda	0,2585	0,0668	7%
QREV * Demanda	0,0652	0,0043	0%

Tabela 23: Medidas de associação

O próximo teste (Tabela 23) é o teste de Kruskal-Wallis, este teste é uma alternativa não paramétrica para o teste One-way ANOVA. Por este teste, pode-se começar a observar alguma relação entre demanda e as duas variáveis, que ainda não se havia evidenciado nenhuma relação (EMMV e QREV). Aqui, se os grupos não diferem muito, então os *“Rank* Médios” serão similares entre si e novamente a significância mostra onde há relação e onde não é possível percebê-la.

Grupos	Demanda	N	*Rank* Médio	Qui-quadrado	df	Significância
FRV	Empírica	400	788,98	34,67	3,00	0,00
	Poisson	400	695,91			
	Binomial	400	877,10			
	Pascal	400	840,01			
	Total	1600				
QCRV	Empírica	400	686,10	110,97	3,00	0,00
	Poisson	400	777,75			
	Binomial	400	1003,58			
	Pascal	400	734,57			
	Total	1600				
QTRV	Empírica	400	581,16	145,36	3,00	0,00
	Poisson	400	884,77			
	Binomial	400	949,39			
	Pascal	400	786,68			
	Total	1600				
EMMV	Empírica	400	838,61	8,26	3,00	0,04
	Poisson	400	822,68			
	Binomial	400	753,27			
	Pascal	400	787,44			
	Total	1600				
EMTV	Empírica	400	690,61	36,04	3,00	0,00
	Poisson	400	846,20			
	Binomial	400	869,19			
	Pascal	400	796,00			
	Total	1600				
QAFEV	Empírica	400	980,44	103,62	3,00	0,00
	Poisson	400	768,88			
	Binomial	400	652,46			
	Pascal	400	800,22			
	Total	1600				
QREV	Empírica	400	854,21	8,73	3,00	0,03
	Poisson	400	781,84			
	Binomial	400	762,80			
	Pascal	400	803,15			
	Total	1600				

Tabela 24: Teste de Kruskal-Wallis

O último teste, o teste das Medianas (Tabela 24), não foi suficiente para evidenciar alguma relação entre as distribuições de demanda e a variável Estoque médio em mãos no varejo (observe a significância apresentada pelo EMMV – 0,41).

O teste funciona da seguinte forma, caso não haja diferença no grupo, para cada grupo, metade dos escores deveria estar acima da mediana geral e a outra metade, abaixo. O teste é usado para determinar se algum padrão representa significativas diferenças nos grupos.

Grupos		Demandas				Mediana	Qui-quadrad	df	Significância
		Empírica	Poisson	Binomial	Pascal				
FRV[a]	> Mediana	195	166	222	208	0,79	17,09	3	0,00
	<= Mediana	205	234	178	192				
QCRV[b]	> Mediana	149	186	271	180	150,00	81,92	3	0,00
	<= Mediana	251	214	129	220				
QTRV[c]	> Mediana	123	235	247	195	1207,50	93,88	3	0,00
	<= Mediana	277	165	153	205				
EMMV[d]	> Mediana	182	181	161	172	7,00	2,91	3	0,41
	<= Mediana	218	219	239	228				
EMTV[e]	> Mediana	139	190	196	161	9,00	21,53	3	0,00
	<= Mediana	261	210	204	239				
QAFEV[c]	> Mediana	262	187	150	201	251,50	65,14	3	0,00
	<= Mediana	138	213	250	199				
QREV[c]	> Mediana	221	197	185	197	74,50	6,84	3	0,08
	<= Mediana	179	203	215	203				

a - 0 células (,0%) tiveram freqüências menores que 5. A freqüência mínima esperada era 197,8.
b - 0 células (,0%) tiveram freqüências menores que 5. A freqüência mínima esperada era 196,5.
c - 0 células (,0%) tiveram freqüências menores que 5. A freqüência mínima esperada era 200,0.
d - 0 células (,0%) tiveram freqüências menores que 5. A freqüência mínima esperada era 174,0.
e - 0 células (,0%) tiveram freqüências menores que 5. A freqüência mínima esperada era 171,5.
f - Variáveis agrupadas pela Demanda (DEM)

Tabela 25: Teste de Medianas

Desta maneira, com a utilização de testes não tão robustos, pôde-se evidenciar relações entre as distribuições de demanda e a maioria das variáveis dependentes, conforme se percebe através das estatísticas descritivas apresentadas anteriormente na seção 5.3 (Tabela 15).

A próxima seção auxilia o leitor, principalmente, a compreender melhor a relação das distribuições de demanda e das variáveis independentes com as variáveis dependentes.

5.5 REPRESENTAÇÕES GRÁFICAS DAS ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS

Nesta seção será possível ver gráficos representando as interações entre as variáveis. A ordem dos gráficos a seguir apresentados foi baseada no estudo Benzecry e Jácome (2005) e do estudo de Wanke *et al.* (2003) para que haja maior facilidade de chegar-se a conclusões comparáveis às de seus estudos.

O primeiro gráfico (Figura 26) é o do Estoque médio em mãos no varejo (EMMV).

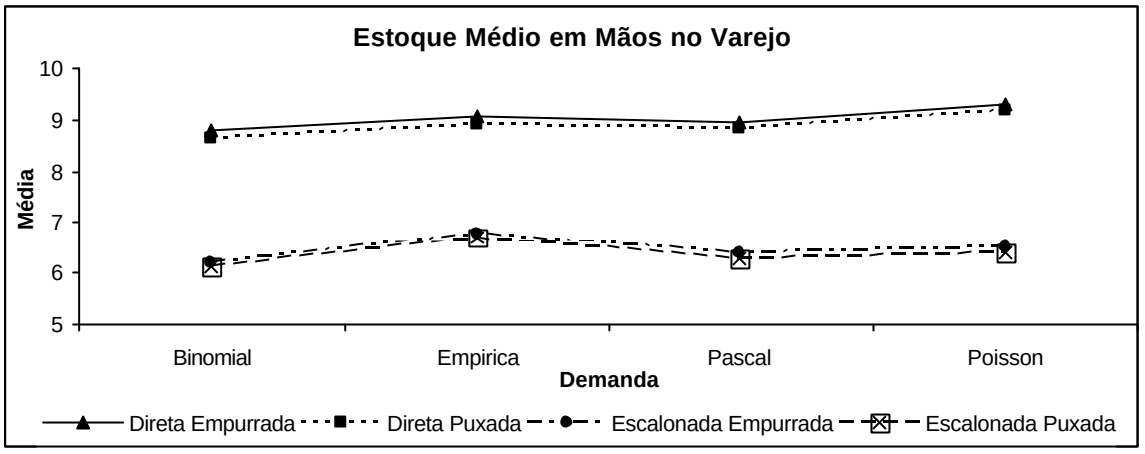


Figura 26: Variável dependente Estoque médio em mãos no varejo por demanda

Fabricar de forma Puxada ou Empurrada não faz tanta diferença nesta variável, ou seja, esta decisão não é importante para o varejo. Por outro lado, há grandes diferenças no comportamento do EMMV quando se altera o tipo de distribuição das mercadorias, sendo que no caso da distribuição Direta, os estoques no varejo tendem a se manter mais altos do que nos casos de distribuições Escalonadas, pois há maior agilidade de entrega na configuração Direta (ocorrência de apenas um *lead time*, o de carregamento na fábrica).

Nesta variável já se percebem poucas alterações devido ao tipo distribuição de demanda.

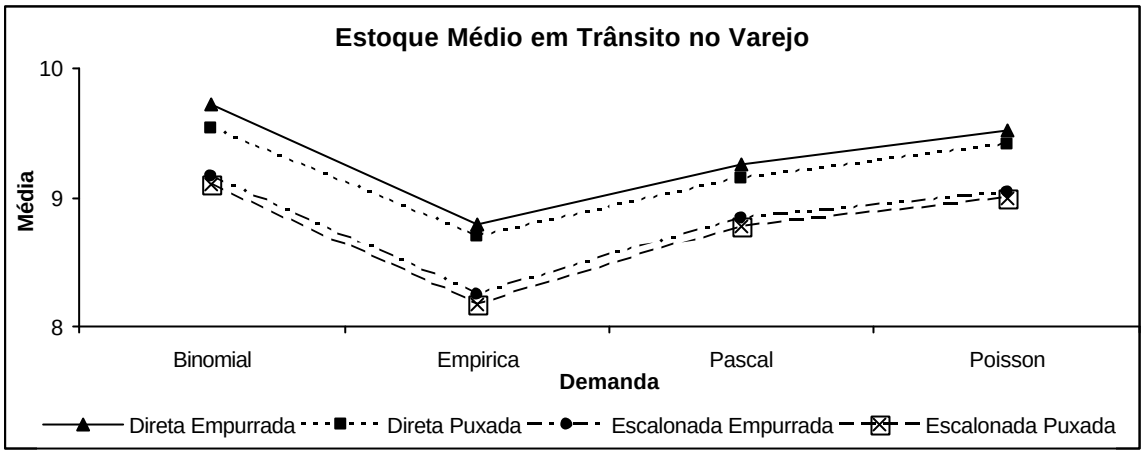


Figura 27: Variável dependente Estoque médio em trânsito no varejo por demanda

Com relação à variável EMTV há notáveis diferenças com relação às políticas de distribuição, seguindo as tendências do EMMV. O EMTV sofre maior influência das distribuições de demanda do que do tipo de produção utilizada.

Já se tratando da influência do comportamento da demanda, neste caso, podem-se perceber diferenças no comportamento da variável dependente, sendo a demanda Binomial responsável por níveis de EMTV maiores. Interessante observar que esta demanda é a que apresenta curtose mais negativa de todas (-0,82), ou seja, é a distribuição mais achatada entre todas as outras. Parece que isso faz com que haja menos estoque médio em trânsito para o varejo.

A facilidade que a configuração Direta / Empurrada tem de introduzir estoques no sistema fica clara neste gráfico. Seja qual for a demanda, esta é a configuração de maiores Estoques médios em trânsito no varejo.

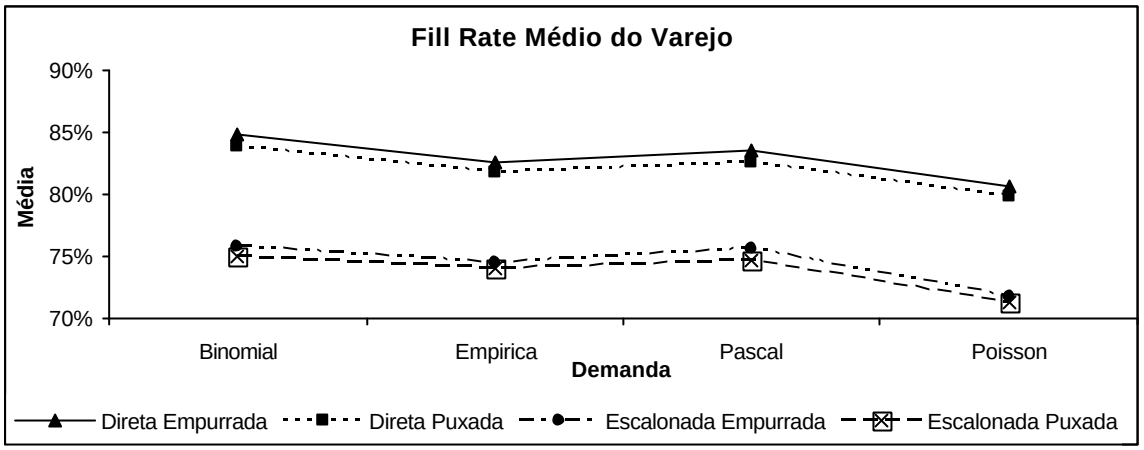


Figura 28: Variável dependente *Fill Rate* médio do varejo por demanda

De acordo com o gráfico para o FRV, o fato de a distribuição ser Direta ou Escalonada é muito mais marcante do que a produção ser Puxada ou Empurrada.

Aqui, percebe-se que a demanda impacta negativamente no FRV nos casos em que ela se comporta como uma Poisson ou como uma demanda de distribuição Empírica. Casos em que as demandas apresentam grandes desvios padrões (desvio padrão demanda Empírica = 2,24 / desvio padrão demanda Poisson = 2,14), mas não extremos.

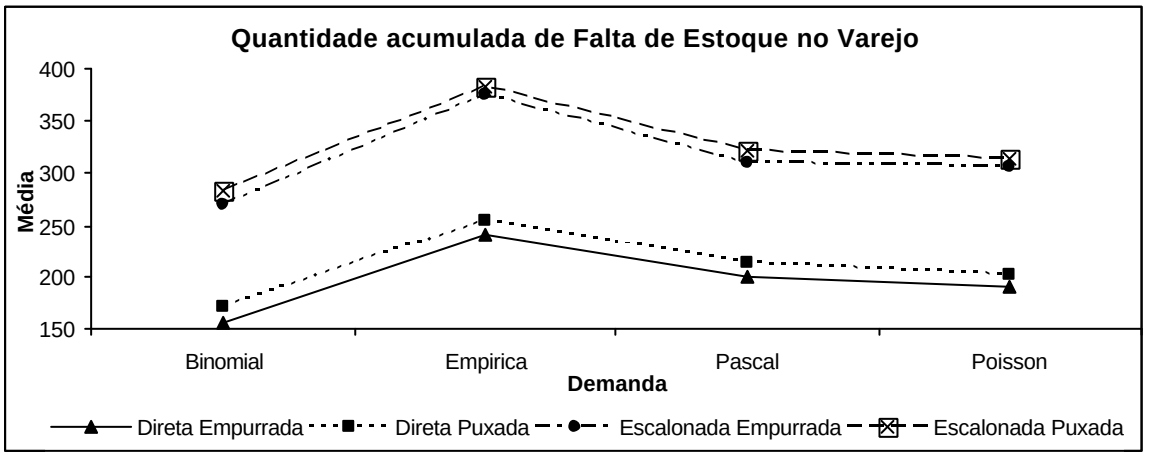


Figura 29: Variável dependente Quantidade acumulada de falta de estoque no varejo por demanda

O comportamento da QAFEV segue o padrão do gráfico do Estoque médio em trânsito no varejo, porém de forma invertida, ou seja, antagônico ao comportamento desta variável. Novamente, percebe-se pequena influência das decisões de fabricação (Puxar ou Empurrar)

na variável dependente ligada ao varejo. E conforme o EMTV, é possível perceber, também, alguma relação entre as mudanças do comportamento da demanda e os níveis da variável dependente.

A Empírica, em conjunto com o maior tempo de atendimento da distribuição Escalonada (ocorrência de dois *lead times*, um de carregamento na fábrica e outro de carregamento no distribuidor) e mais a ocorrência da produção Puxada (produtos fabricados somente após o recebimento dos pedidos) fazem com que haja maior falta de estoques no varejo. Outro fator que pode estar afetando a variável dependente é o fato da Empírica apresentar a menor curtose dentre todas as distribuições.

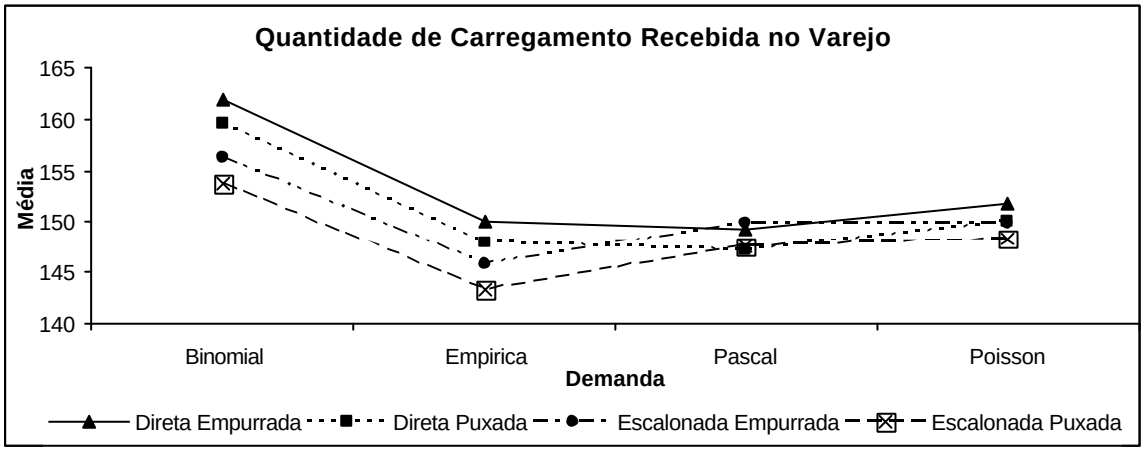


Figura 30: Variável dependente Quantidade de carregamento recebida no varejo por demanda

Através da QCRV, percebe-se nítida alteração devido à mudança do tipo de demanda. Observando o cruzamento das linhas a partir da demanda Empírica, obtém-se forte evidência da alteração da variável dependente devido ao comportamento da demanda.

Os diferentes tipos de distribuição da demanda tiveram forte influência no comportamento da variável Quantidade de carregamento recebida no varejo.

A demanda Pascal, em especial, provocou uma alteração das configurações considerando-se esta variável, talvez por ser a demanda de maior desvio padrão (2,49), curtose (3,61, mais pontiaguda) e assimetria (1,74, mais afinada à direita). É interessante observar, também, que as configurações contendo tipo de distribuição Empurrada apresentaram maiores níveis de QCRV, talvez devido a maior agilidade em atender a demanda.

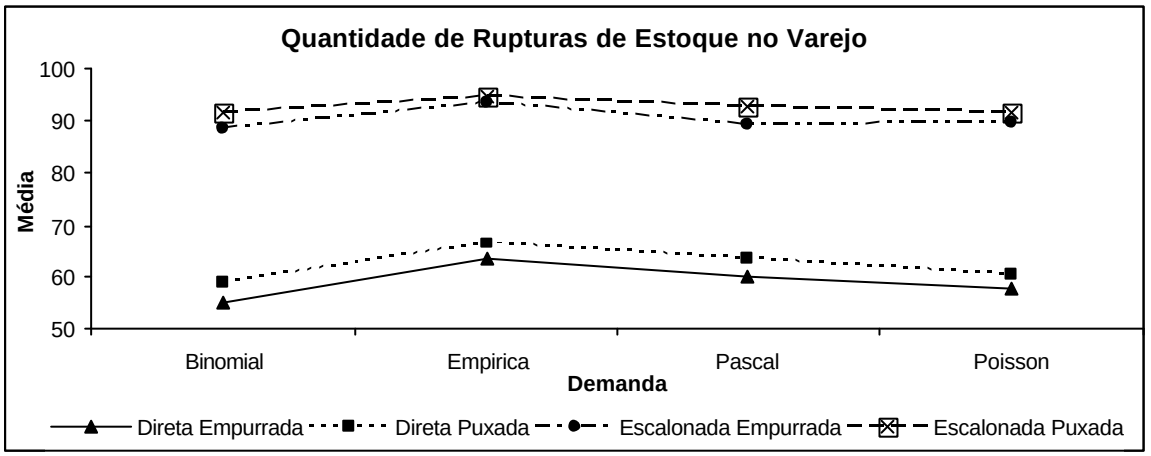


Figura 31: Variável dependente Quantidade de rupturas de estoque no varejo por demanda

A QREV se comporta de forma antagônica ao Estoque médio em trânsito no varejo. Ou seja, quanto maior o estoque em trânsito menor a quantidade de rupturas de estoque no varejo. Aqui se percebe influência clara do tipo de distribuição, onde a distribuição Escalonada faz com que a Ruptura de estoque seja maior, possivelmente devido ao maior tempo para atendimento da demanda por haver dois *lead times* envolvidos (o de carregamento na fábrica e no distribuidor).

Já com relação à produção e demanda houve muito pouca influência.

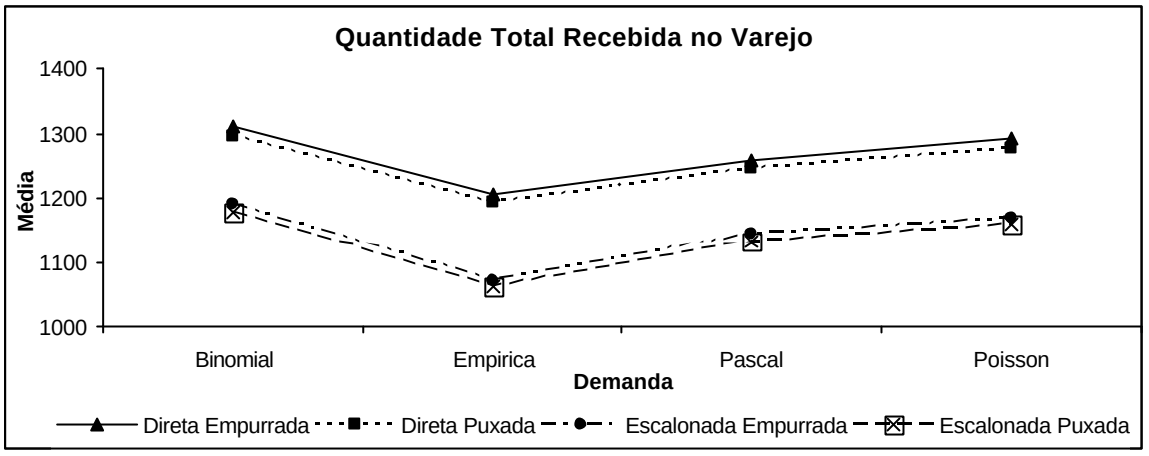


Figura 32: Variável dependente Quantidade total recebida no varejo por demanda

Finalmente, com relação à Quantidade total recebida no varejo percebe-se que há total congruência com os resultados das outras variáveis: as políticas que mantiveram maiores QTRV foram as que mantiveram menores rupturas de estoques, maiores *Fill Rates* e maiores níveis de estoque médio em mãos. É possível perceber, também, maior relação das distribuições de demanda nesta variável e como em todas as anteriores, forte relação entre Distribuição e a variável dependente.

Mais uma vez a demanda de menor curtose, ou mais negativa, foi a que proporcionou menor quantidade de produtos recebidos.

De um modo geral, não se pode explicar o comportamento das variáveis dependentes apenas pelos comportamentos das distribuições das demandas. Por isso, a interpretação dos gráficos é feita com mais facilidade, caso se considere as variações do tipo de distribuição. É interessante observar, que em alguns casos, a variação de demanda pareceu mais importante do que a variação do tipo de produção para explicar uma variável dependente, mesmo tal relação não sendo explicitada por alguns testes multivariados mais robustos. Isso aconteceu principalmente quando a demanda era a empírica, que por coincidência ou não, apresenta a curtose mais negativa de todas as distribuições.

5.6 RESUMO DAS ANÁLISES

Feita a análise de dados da simulação, é possível sumarizar as conclusões sobre a maneira mais apropriada de se configurar as decisões de produção e de distribuição na cadeia para diferentes padrões de demanda, observando-se individualmente cada variável.

Os melhores cenários considerando-se cada variável dependente são apresentados na Tabela 25:

Variável Dependente	Melhor Cenário
FRV	Maior
EMMV	Menor
EMTV	Maior
QAFEV	Menor
QREV	Menor

Tabela 26: Melhores cenários para cada variável dependente

A partir da Tabela 26 e analisando os resultados obtidos sob este prisma, chega-se às conclusões qualitativas sobre seus *trade-offs* apresentadas nas Tabelas 26, 27 e 28.

Variável Dependente	Demanda Binomial	Demanda Empírica	Demanda Pascal	Demanda Poisson
FRV	Direta	Direta	Direta	Direta
EMMV	Escalonada	Escalonada	Escalonada	Escalonada
EMTV	Direta	Direta	Direta	Direta
QAFEV	Direta	Direta	Direta	Direta
QREV	Direta	Direta	Direta	Direta

Tabela 27: *Trade-offs* nas decisões de distribuição para os padrões de demanda pesquisados

Variável Dependente	Demanda Binomial	Demanda Empírica	Demanda Pascal	Demanda Poisson
FRV	Empurrada	Empurrada	Empurrada	Empurrada
EMMV	Puxada	Puxada	Puxada	Puxada
EMTV	Empurrada	Empurrada	Empurrada	Empurrada
QAFEV	Empurrada	Empurrada	Empurrada	Empurrada
QREV	Empurrada	Empurrada	Empurrada	Empurrada

Tabela 28: *Trade-offs* nas decisões de produção para os padrões de demanda pesquisados

Variável Dependente	Demanda Binomial	Demanda Empírica	Demanda Pascal	Demanda Poisson
FRV	Direta / Empurrada	Direta / Empurrada	Direta / Empurrada	Direta / Empurrada
EMMV	Escalonada / Puxada	Escalonada / Puxada	Escalonada / Puxada	Escalonada / Puxada
EMTV	Direta / Empurrada	Direta / Empurrada	Direta / Empurrada	Direta / Empurrada
QAFEV	Direta / Empurrada	Direta / Empurrada	Direta / Empurrada	Direta / Empurrada
QREV	Direta / Empurrada	Direta / Empurrada	Direta / Empurrada	Direta / Empurrada

Tabela 29: *Trade-offs* nas decisões de distribuição e produção para os padrões de demanda pesquisados

Com isso e com a confirmação obtida pelos testes de MANCOVA, é possível afirmar que a variação do comportamento da demanda não provocou nenhuma alteração com relação às decisões de distribuição na cadeia e de produção na fábrica.

Os testes de MANCOVA mostraram que há grande relação dos tipos distribuição com o comportamento do modelo como um todo. Esta relação é mais forte do que a dos tipos de produção com as variáveis dependentes.

Mesmo estes testes não sendo capazes de evidenciar a relação existente entre os tipos de distribuição de demanda e as variáveis dependentes, esta relação foi evidenciada ao se analisar as estatísticas descritivas. Por esta razão, com a utilização de outros testes não tão robustos, mostrou-se que, realmente, existia tal relação, mesmo que não tão forte quanto às da produção e da distribuição e, também, não tão forte, na maioria dos casos, a ponto de que houvesse impacto na configuração da cadeia de suprimentos.

Um dos pontos mais interessantes, que deve ser ressaltado, é com relação à constatação da existência de um *trade-off* importante na CS. Para que o varejo possa apresentar melhores desempenhos, segundo as métricas estipuladas, faz-se necessário que a indústria adote, em sua operação, formatações não enxutas. Ou seja, os melhores índices apresentados pelas métricas do varejo (FRV, EMTV, QAFEV e QREV) aconteceram quando a fábrica produz de forma empurrada com base em previsões de vendas e distribui de forma direta à ponta, sem a utilização de centros de distribuição. Assim, a fábrica deve acabar adotando formatações menos atrativas, não tão enxutas, para que o varejo possa atender melhor seus clientes, obtendo um melhor desempenho.

Portanto, baseando-se nas variáveis dependentes do modelo (com exceção do EMMV), a melhor configuração das decisões na CS seria distribuição Direta da fábrica e produção Empurrada.

6 CONCLUSÃO

O funcionamento da cadeia de suprimentos é altamente complexo, pois existem inúmeras relações de dependência entre seus diversos elos e variáveis. Um estudo de simulação é uma das poucas ferramentas que possibilitam a clara compreensão da complexidade dos *trade-offs* mostrados neste trabalho.

O modelo de simulação utilizado incorporou diferentes distribuições de demanda à cadeia de suprimentos, sendo possível, desta forma, avaliar diferentes padrões de comportamento do consumidor e seus reflexos na atuação da cadeia. A flutuação da demanda do consumidor no varejo faz com que a complexidade da cadeia seja ainda mais alta, entender como se dá a demanda na ponta final e fazer com que esta informação chegue rapidamente a jusante na cadeia é importante para o bom funcionamento de todos os elos.

A criação de procedimentos sistemáticos faz-se necessária para a implementação do gerenciamento da cadeia integrado ao gerenciamento da demanda. A utilização de indicadores de desempenho é um fator chave neste processo e colabora para que as partes possam concentrar seus esforços no que realmente é importante a fim de se desenvolverem e auxiliarem no sucesso de toda a cadeia.

É importante ressaltar que, ao analisar-se um sistema, simulações são úteis, principalmente, para a avaliação de diferentes cenários, porém, não determinam qual seria o melhor deles, não são uma ferramenta otimizadora. A decisão de eleger certa configuração cabe ao analista, que o faz de acordo com suas limitações e objetivos.

Através de técnicas de simulação computacional e de posteriores análises multivariadas dos dados das variáveis dependentes (métricas da CS), foi possível investigar o funcionamento de cada relação e, também, quais as maneiras mais adequadas de se configurar a operação na cadeia, de modo a serem planejados melhores níveis de serviço no varejo.

Com base em diversos indicadores mencionados na revisão de literatura; como: nível acumulado de estoque na CS, falta de estoques nos elos, *fill rate*, nível de estoques, quantidade de carregamentos, quantidade de mercadorias entregues e número de faltas nos pedidos entregues; pôde-se avaliar o desempenho da cadeia de suprimentos simulada neste estudo e chegou-se a diversas conclusões.

Uma das principais conclusões é com relação à melhor formatação da cadeia. Pôde-se confirmar a conclusão dos estudos de Benzecry e Jácome (2005), pois, para que o varejo apresente melhores resultados como um todo, é necessário que a fábrica produza de forma Empurrada e distribua de forma Direta ao varejo. Esta conclusão reafirma, também, o relatado pelo estudo de Wanke *et al.* (2006), que confirmou um importante *trade-off* existente na CS: um melhor desempenho no varejo depende de operações não enxutas na indústria (produção empurrada e distribuição direta). De acordo com os autores Wanke *et al.* (2006), as decisões tomadas com relação ao tipo de distribuição são mais importantes para as operações na indústria e para a segmentação no varejo do que do que decisões sobre o tipo de produção e sobre a interação do tipo de distribuição e do tipo de produção.

Tais constatações puderam, também, ser afirmadas neste trabalho. Em se tratando de um mercado onde diferentes demandas (Binomial, Empírica, Pascal e Poisson) na ponta final acontecem seguindo uma média igual a 4, com desvio, curtose e assimetria diferentes, não houve grandes mudanças nas variáveis de desempenho do varejo. Ou seja, a despeito de variações no segundo, terceiro e quarto momentos da demanda, a cadeia comportou-se de maneira similar, sem a necessidade de se reconfigurar as políticas de distribuição ou produção.

Diante das premissas consideradas por este estudo, o impacto das diferentes distribuições de demanda no varejo foi menor do que o impacto dos tipos de produção e principalmente dos tipos de distribuição.

Contudo, o estudo não confirmou o divulgado por Closs *et al.* (1998), onde a cadeia de suprimentos que adotou a política de produção Puxada apresentou performance significativamente melhor do que a cadeia que adotou uma política de produção Empurrada, através de menores inventários no varejo e maior nível de serviço ao cliente final; talvez, por ser considerada apenas a fabricação e a comercialização de um produto e também por ser medido apenas o desempenho no varejo. Foi-se de encontro, também, a uma tendência apontada por Levy e Weitz (2000), quando afirmam que varejistas vem utilizando mais a estratégia para "puxar a logística". Por outro lado, pôde-se chegar a conclusões similares ao estudo de Inman (1999), o qual mostrou que sistemas de produção Empurrada são melhores controlados nos casos em que a acurácia da previsão de demanda é alta.

Para pessoas que trabalham no varejo, a conclusão tirada deste estudo, remete-os a uma maior reflexão com relação à suas relações com seus fornecedores e clientes. Primeiramente, captar a informação da demanda que está a sua disposição e repassá-la aos fornecedores rapidamente é tão importante quanto a atividade de atender ao cliente em si, já que, através desta prática, o varejista possibilitará um bom atendimento futuro, contínuo e estável às necessidades de seu público. Em segundo lugar, o varejo precisa estar atento ao fato de que, caso queira um melhor atendimento de suas necessidades por parte da indústria, esta, deve acabar adotando formas de operar que nem sempre são as mais vantajosas para sua própria operação. Para que haja um bom relacionamento de médio e longo prazo entre os dois, cada um deve procurar saber mais sobre a operação do outro e, entendendo melhor seus limites, ceder o máximo possível com a finalidade de obter as condições mais benéficas para a satisfação da demanda final, obviamente sem comprometer a lucratividade das duas operações.

Ao final deste processo, acabou-se por concordar com Bowersox e Closs (1996). Os autores concluíram que a melhor prática logística é aquela que não reflete extremos, nem de

uma ação antecipada (política de produção Empurrada com base em previsões de demanda), nem de ações baseadas em resposta rápida (política de produção Puxada baseada na informação da venda real). Hoje em dia, com a facilidade cada vez maior de praticar simulações de situações reais, pode-se adequar, com maior facilidade, as configurações da cadeia diante de diferentes exigências de um mercado irrestrito, global e altamente instável.

Finalmente, para o desenvolvimento de estudos futuros, seria interessante trabalhar com curvas de demanda mais instáveis e diferentes entre si, como por exemplo, incluindo fatores sazonais, tendências de mercado, fatores cíclicos e promoções; valeria, também, aplicar à simulação os custos logísticos e os custos dos produtos, para que comparações mais realistas entre cadeias de diferentes setores fossem possíveis; e por último, acredita-se que seria muito interessante estudar variáveis dependentes relativas a outros elos da cadeia e assim ter uma visão mais abrangente da influência das variáveis independentes no modelo.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALLOU, R. H., **Business Logistics / Supply Chain Management: planning, organizing, and controlling the supply chain**. 5ª Ed., Nova Jersey, Pearson Prentice Hall, 2004.

BALLOU, R. H., GILBERT, S. M., MUKHERJEE, A., New managerial challenges from supply chain opportunities. **Industrial Marketing Management**, v. 29, p. 7-18, 2000.

BANKS, J., Putting a value on simulation. **IIE Solutions**, v. 32, n. 8, p. 18, August, 2000.

BANKS, J., CARSON II, J. S., **Discrete-Event System Simulation**. Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall, Inc., 1984.

BANKS, J., GIBSON, R., Simulation in the real world. **IIE Solutions**, v. 33, n. 4, p. 38-40, April, 2001.

BERMAN, B., EVANS, J. R., **Retail Management, A strategic approach**. 7ª Ed., Upper Saddle River, New Jersey, Prentice Hall, 1998.

BLACKWELL, R. D., **Da criação ao mercado, Reinventando a Cadeia de Suprimentos do Varejo**. Rio de Janeiro. Editora Campus, 2001.

BOWERSOX, D. J., CLOSS, D. J., **Logistical Management, The Integrated Supply Chain Process**, 1ª Ed, McGraw-Hill Series in Marketing, 1996.

BOWERSOX, D. J., CLOSS, D. J., Simulation in logistics: a review of present practice and a look to the future, **Journal of Business Logistics**, v. 10, n. 1, 1989.

BOWERSOX, D. J., CLOSS, D. J., HELFERICH, O. K., **Logistical Management, a system integration of physical distribution, manufacturing support, and materials procurement**. 3ª Ed, New York, Macmillian Publish Company, 1986.

BOWERSOX, D. J., CLOSS, D. J., STANK, T. P., KELLER, S. B., How supply chain competency leads to business success, **Supply Chain Management Review**, September / October 2000.

BREWER, A. M., DAVID, A. H., Identifying the overarching logistics strategy of business process: an exploratory analysis, **International Journal of Logistics**, v. 4, n. 1, 2001.

BURT, D. N., DONALD, W. D., STARLING, S. L., **World Class Supply Management[sm], The Key to Supply Chain Management**, 7ª Ed. New York, McGraw-Hill Higher Education, 2003.

CACHON, G., P., LARIVIERE, M. A., Contracting to assure supply: how to share demand forecasts in a supply chain, **Management Science**, v. 47, n. 5, p. 629-646, May 2001.

CARSON, J. S., Introduction to modeling and simulation. In: **Winter Simulation Conference**, 2004. Disponível em <http//www.wintersim.org> Acesso em: 07 nov. 2005.

CHATFIELD, D. C., KIM, J. G., HARRISON, T. P., HAYYA, J. C., The bullwhip effect – impact of stochastic *lead time*, information quality, and information sharing: a simulation study, **Production and Operations Management**, v. 13, n. 4, pp. 340-353, winter 2004.

CHRISTOPHER, M., PECK, H., Building the resilient supply chain. **The International Journal of Logistics Management**, v. 15, n. 2, p. 1-12, 2004.

CHRISTOPHER, M., Logistics and supply chain management, strategies for reducing costs and improving services. London, Pitman Publishing, 1992.

CLOSS, D. J., ROATH, A. S., GOLDSBY, T. J., ECKERT, J. A., SWARTZ, S. M., An empirical comparison of anticipatory and response-based supply-chain strategies. **The International Journal of Logistics Management**, v. 9, n. 2, 1998.

DISNEY, S. M., TOWILL, D. R., Vendor-managed inventory and bullwhip reduction in a two-level supply chain, **International Journal of Operations & Production Management**, v. 23, n. 6, p. 625-651, 2003.

FLEISCH, E., TELLKAMP, C., Inventory inaccuracy and supply chain performance: a simulation study of a retail supply chain, **International Journal of Production Economics**, v. 95, p. 373-385, 2005.

FOWLER, A., Systems modeling, simulation, and the dynamics of strategy. **Journal of Business Research**, v. 56, n. 2, p. 135-144, February, 2003.

FORRESTER, J. W., **Industrial Dynamics**, 8ª Edição, The M.I.T. Press – Massachusetts Institute of Technology Cambridge – Massachusetts, July 1973.

FREUND, J. E., SIMON, G. A., Estatística Aplicada, economia, administração e contabilidade. 9ª Ed., Porto Alegre, Bookman, 2000.

FU, C. M., Optimization for Simulation: Theory vs. Practice. **INFORMS Journal on Computing**, v. 14, n. 3, p. 193-215, Summer, 2002.

GUNASEKARAN, A., PATEL, C., MCGAUGHEY, R. E., A framework for supply chain performance measurement, **International Journal of Productions Economics**, v. 87, p. 333-347, 2004.

HAIR, J. F., TATHAM R. L., ANDERSON, R. E., BLACK, W., **Análise Multivariada de Dados**, 5ª edição, São Paulo, Artmed Editoras S.A., 2005.

HELMS, M. M., ETTKIN, L. P., CHAPMAN, S., Supply chain forecasting – Collaborative forecasting supports supply chain management, **Business Process Management Journal**, v. 6, n. 5, p. 392-407, 2000.

HEWITT, F., After Supply Chains, think demand pipelines, **Supply Chain Management Review**, May/Jun 2001.

INGALLS, R. G., Introduction to simulation. In: Winter Simulation Conference, 2002. Disponível em <http//www.wintersim.org> Acesso em: 07 nov. 2005.

INMAN, R. R., Are you implementing a pull system by putting the cart before the horse?, **Production and Inventory Management Journal**, Second quarter, p. 67-71, 1999.

JÁCOME, Breno Sarcinelli; BENZECRY, Marcos de Almeida. **Posicionamento estratégico em operações na indústria e simulação: impactos de decisões de produção e distribuição no varejo sob diferentes condições de erros de previsão de vendas**. Projeto de conclusão do curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.

KALCHSCHMIDT, M., VERGANTI, R., ZOTTERI, G., Forecasting demand from heterogeneous customers, **International Journal of Operations & Production Management**, v. 26, n. 6, p. 619-638, 2006.

KAZMIER, L. J., **Estatística aplicada a economia e administração**. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, 1982.

KLEIJNEN, J. P. C., Supply chain simulation tools and techniques: a survey, **International Journal of Simulation & Process Modeling**, v. 1, n. 1/2, p. 82-88, 2005.

LAMBERT, D. M., GARCÍA-DASTUGUE, S. J., CROXTON, K. L., Na evaluation of process-oriented supply chain management frameworks, **Journal of Business Logistics**, v. 26, n. 1, 2005.

LAW, A. M., How to conduct a successful simulation study. In: **Winter Simulation Conference**, 2003. Disponível em <http//www.wintersim.org> Acesso em: 07 nov. 2005.

LAW, A. M., W. D. KELTON., **Simulation Modeling and Analysis**, 2ª Ed. Singapura, McGraw-Hill Book Co., 1991.

LEE, H. L., PADMANABHAN, V., WHANG, S., Information distortion in a supply chain: the bullwhip effect, **Management Science**, v. 43, n. 4, p. 546-558, April 1997.

LEHTONEN, J., SMAROS, J., HOLMSTROM, J., The effect of demand visibility on product introductions, **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 35, n. 2, p. 101-115, 2005.

LEVY, M., WEITZ, B., A.. **Administração de Varejo**. São Paulo, Editora Atlas, 2000.

McCREERY, J. K., Assessing the value of a project management simulation training exercise. **International Journal of Product Management**, v. 21, n. 4, p. 233-242, May, 2003.

McHANEY, R., CRONAN, T. P., Toward an empirical understanding of computer simulation implementation success. **Information & Management**, v. 37, n. 3, p. 135-151, April, 2000.

NAWROCKI, D., The problems with Monte Carlo simulation. **Journal of Financial Planning**, v. 14, n. 11, p. 92-103, November, 2001.

OLIVEIRA, C. M., CARVALHO, M. F. H., Análise de políticas de gestão em cadeia de suprimentos por modelos de simulação, **Gestão e Produção**, v. 11, n. 3, p. 313-329, Dez 2004.

OTTO, A., KOTZAB, H., Does supply chain management really pay? Six perspective to measure the performance of managing a supply chain, **European Journal of Operational Research**, v. 144, p. 306-320, 2003.

PATTERSON, K. A., GRIMM, C. M., CORSI, T. M., **Adopting new technologies for supply chain management**. Transportation Research Part E, v. 39, p. 95-121, 2003.

RAGHUNATHAN, S., Information in a supply chain: a note on its value when demand is nonstationary, **Management Science**, v. 47, n. 4, p. 605-610, Apr 2001.

RAINBIRD, M., Demand and supply chains: the value catalyst, **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 34, n. 3/4, p. 230-250, 2004.

RICHMAN, E., COLEMAN, D., Monte Carlo Simulation for Management. **California Management Review**, v. 23, n. 3, p.82-91, Spring, 1981.

RODRIGUES, A. M., STANK T. P., LYNCH, D. F., Linking strategy, structure, process and performance in integrated logistics, **Journal of Business Logistics**, v. 25, n. 2, 2004.

RUNGTUSANATHAM, M. J., CHOI, T. Y., HOLLINGWORTH, D. G., WU, Z., FORZA, C., Survey research in operations management: historical analyses. **Journal of Operations Management**, v. 21, p. 475-488, 2003.

SALIBY, E., **Repensando a Simulação: a amostragem descritiva**. Rio de Janeiro, Editora da UFRJ, 1989.

SHAFER, S. M., SMUNT, T. L., Empirical simulation studies in operations management: context, trends, and research opportunities, **Journal of Operations Management**, v. 22, p. 345-354, 2004.

SHANKAR, V., Integrating demand and supply chain management, **Supply Chain Management Review**, p. 76-82, sep/oct 2001.

SIMCHI-LEVI, D., KAMINSKY, P., SIMCHI-LEVI, E., **Managing the Supply Chain, the Definite Guide for the Business Professional**. New York, McGraw Hill Companies, 2004.

SMITH, M. F., LANCIONI, R. A., OLIVA, T. A., The effects of management inertia on the supply chain performance of produce-to-stock firms. **Industrial Marketing Management**, v. 34, p. 614-628, 2005.

Supply Chain Council (http://www.supply-chain.org), **Supply Chain Operations Reference-model (SCOR)**, acessado em 30 de mar. 2006 às 22h 31m.

TAN, K. C., A framework of supply chain management literature, **European Journal of Purchasing & Supply Management**, v. 7, p. 39-48, 2001.

WANKE, P., Estratégia logística: conceitos, implicações e análise da realidade brasileira, in FIGUEIREDO, K. F., FLEURY, P. F., WANKE, P., **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos – Planejamento do fluxo de produtos e dos recursos**. 1ª Ed. São Paulo, Editora Atlas, 2003.

WANKE, P., Importância do processo de previsão de vendas para o negócio, in FLEURY, P. F., WANKE, P., FIGUEIREDO, K. F., **Logística Empresarial**. 1ª Ed. São Paulo, Editora Atlas, 2000.

WANKE, P., Logística, gerenciamento de cadeias de suprimentos e organização do fluxo de produtos, in FIGUEIREDO, K. F., FLEURY, P. F., WANKE, P., **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos – Planejamento do fluxo de produtos e dos recursos**. 1ª Ed. São Paulo, Editora Atlas, 2003.

WANKE, P. ARKADER, R., LOPES, P. H., RODRIGUES, A. M., Um estudo sobre os impactos no varejo das principais decisões estratégicas de produção e distribuição da indústria, **Gestão e Produção**, v. 13, n.1, p. 1-13, jan. - abr. 2006.

WANKE, P., ZINN, W., Strategic logistics decision making**, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 34, n. 6, p. 466-478, 2004.

WOODS, J. A., MARIEN, E. J., **The Supply Chain Yearbook**, 2001 Edition, McGraw-Kill, 2001.

APÊNDICE A - Diferenças entre valores médios mínimos e máximos

Diferenças entre os valores máximos das médias das variáveis dependentes considerando separadamente as variáveis independentes.

Demanda	**Média de FRV**	**Média de QCRV**	**Média de QTRV**	**Média de EMMV**	**Média de EMTV**	**Média de QAFEV**	**Média de QREV**
Máximo	79,90%	157,93	1243,56	7,87	9,38	313,56	79,38
Mínimo	75,95%	146,76	1133,64	7,43	8,48	220,11	73,38
Diferença	**3,95%**	**7,61%**	**9,70%**	**5,90%**	**10,67%**	**42,46%**	**8,17%**

Produção	**Média de FRV**	**Média de QCRV**	**Média de QTRV**	**Média de EMMV**	**Média de EMTV**	**Média de QAFEV**	**Média de QREV**
Máximo	78,69%	151,87	1205,67	7,74	9,08	267,95	77,36
Mínimo	77,91%	149,70	1193,33	7,64	8,99	256,14	74,55
Diferença	**0,77%**	**1,45%**	**1,03%**	**1,37%**	**1,03%**	**4,61%**	**3,77%**

Distribuição	**Média de FRV**	**Média de QCRV**	**Média de QTRV**	**Média de EMMV**	**Média de EMTV**	**Média de QAFEV**	**Média de QREV**
Máximo	82,53%	152,24	1259,82	8,96	9,27	320,50	91,41
Mínimo	74,06%	149,33	1139,18	6,42	8,80	203,59	60,50
Diferença	**8,47%**	**1,95%**	**10,59%**	**39,52%**	**5,34%**	**57,43%**	**51,10%**

Tabela 30: Diferenças entre valores médios mínimos e máximos

APÊNDICE B - Estatísticas descritivas

As Tabelas 30 e 31 mostram as estatísticas descritivas em um formato um pouco diferente, que pode facilitar o entendimento de certas relações existente entre as variáveis nelas apresentadas.

Variável Dependente	Distribuição	Produção	Demanda	Média	Desvio Padrão
FRV	Direta	Empurrada	Binomial	84,95%	8,24%
			Empirica	82,68%	7,75%
			Pascal	83,57%	7,63%
			Poisson	80,69%	7,93%
		Puxada	Binomial	83,95%	8,39%
			Empirica	81,85%	8,00%
			Pascal	82,65%	7,61%
			Poisson	79,94%	7,95%
	Escalonada	Empurrada	Binomial	75,77%	9,74%
			Empirica	74,43%	7,47%
			Pascal	75,56%	8,66%
			Poisson	71,83%	9,01%
		Puxada	Binomial	74,92%	9,71%
			Empirica	74,05%	7,26%
			Pascal	74,63%	8,58%
			Poisson	71,33%	8,85%
QCRV	Direta	Empurrada	Binomial	161,99	14,93
			Empirica	149,99	15,50
			Pascal	149,30	13,85
			Poisson	151,83	13,34
		Puxada	Binomial	159,58	15,22
			Empirica	148,02	15,67
			Pascal	147,20	14,07
			Poisson	149,99	13,47
	Escalonada	Empurrada	Binomial	156,35	15,77
			Empirica	145,84	14,14
			Pascal	149,86	14,69
			Poisson	149,79	14,26
		Puxada	Binomial	153,78	15,90
			Empirica	143,20	13,83
			Pascal	147,52	14,41
			Poisson	148,31	13,72
QTRV	Direta	Empurrada	Binomial	1.311,09	102,36
			Empirica	1.206,31	122,62
			Pascal	1.257,76	105,39
			Poisson	1.291,48	111,69
		Puxada	Binomial	1.294,55	104,85
			Empirica	1.194,09	125,78
			Pascal	1.245,07	104,96
			Poisson	1.278,22	111,19
	Escalonada	Empurrada	Binomial	1.190,96	119,10
			Empirica	1.071,75	111,93
			Pascal	1.145,57	118,53
			Poisson	1.170,43	118,87
		Puxada	Binomial	1.177,63	117,61
			Empirica	1.062,40	108,42
			Pascal	1.133,74	117,76
			Poisson	1.160,95	116,29

Tabela 31: Estatísticas descritivas (1)

Variável Dependente	Distribuição	Produção	Demanda	Média	Desvio Padrão
EMMV	Direta	Empurrada	Binomial	8,80	3,34
			Empirica	9,05	3,03
			Pascal	8,95	3,04
			Poisson	9,31	3,32
		Puxada	Binomial	8,63	3,27
			Empirica	8,93	3,01
			Pascal	8,85	3,00
			Poisson	9,17	3,25
	Escalonada	Empurrada	Binomial	6,19	2,31
			Empirica	6,77	1,97
			Pascal	6,39	2,18
			Poisson	6,50	2,28
		Puxada	Binomial	6,11	2,29
			Empirica	6,72	1,90
			Pascal	6,30	2,16
			Poisson	6,41	2,23
EMTV	Direta	Empurrada	Binomial	9,72	2,40
			Empirica	8,80	2,12
			Pascal	9,27	2,27
			Poisson	9,52	2,34
		Puxada	Binomial	9,54	2,37
			Empirica	8,71	2,08
			Pascal	9,16	2,23
			Poisson	9,42	2,34
	Escalonada	Empurrada	Binomial	9,17	2,65
			Empirica	8,24	2,34
			Pascal	8,85	2,52
			Poisson	9,05	2,61
		Puxada	Binomial	9,11	2,65
			Empirica	8,17	2,34
			Pascal	8,78	2,53
			Poisson	9,00	2,61
QAFEV	Direta	Empurrada	Binomial	155,93	95,46
			Empirica	242,22	118,85
			Pascal	200,32	101,62
			Poisson	189,90	103,59
		Puxada	Binomial	170,99	99,27
			Empirica	254,15	122,27
			Pascal	213,08	100,95
			Poisson	202,10	103,52
	Escalonada	Empurrada	Binomial	270,18	118,89
			Empirica	374,35	111,87
			Pascal	310,63	118,56
			Poisson	305,58	118,08
		Puxada	Binomial	283,33	118,12
			Empirica	383,51	108,39
			Pascal	322,26	117,38
			Poisson	314,19	115,98

Tabela 32: Estatísticas descritivas (2)

Livros Grátis

(http://www.livrosgratis.com.br)

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura
Baixar livros de Literatura de Cordel
Baixar livros de Literatura Infantil
Baixar livros de Matemática
Baixar livros de Medicina
Baixar livros de Medicina Veterinária
Baixar livros de Meio Ambiente
Baixar livros de Meteorologia
Baixar Monografias e TCC
Baixar livros Multidisciplinar
Baixar livros de Música
Baixar livros de Psicologia
Baixar livros de Química
Baixar livros de Saúde Coletiva
Baixar livros de Serviço Social
Baixar livros de Sociologia
Baixar livros de Teologia
Baixar livros de Trabalho
Baixar livros de Turismo