

O IMPACTO DE DECISÕES DA INDÚSTRIA SOBRE INDICADORES DE  
DESEMPENHO NO VAREJO À LUZ DE DIFERENTES CONFIGURAÇÕES  
DO TEMPO DE RESPOSTA: UM ESTUDO DE SIMULAÇÃO

Alexandre de Macedo Florio

Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Instituto COPPEAD de Administração

Orientador: Peter Wanke, D. Sc.

Rio de Janeiro  
Setembro de 2007

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

O Impacto de Decisões da Indústria sobre Indicadores de Desempenho no Varejo à Luz de Diferentes Configurações do Tempo de Resposta: Um Estudo de Simulação

Alexandre de Macedo Florio

Dissertação submetida ao corpo docente do Instituto COPPEAD de Administração, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre.

Aprovada por:

\_\_\_\_\_ Presidente da Banca  
Prof. Peter Wanke, D. Sc. – Orientador  
(COPPEAD/UFRJ)

\_\_\_\_\_ Prof. Kleber Fossati Figueiredo, Ph. D.  
(COPPEAD/UFRJ)

\_\_\_\_\_ Prof. Rafael Garcia Barbastefano  
(CEFET-RJ)

Rio de Janeiro, RJ  
2007

Florio, Alexandre de Macedo

O Impacto de Decisões da Indústria sobre Indicadores de Desempenho no Varejo à Luz de Diferentes Configurações do Tempo de Resposta: Um Estudo de Simulação / Alexandre de Macedo Florio. Rio de Janeiro, 2007.

iv, 100 f., il.

Orientador: Peter Wanke

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

Referências Bibliográficas: f. 92-100

1. Cadeia de Suprimentos 2. Tempo de Resposta 3. Política de Produção 4. Política de Distribuição 5. Simulação – Teses I. Wanke, Peter. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto COPEAD de Administração. III. O Impacto de Decisões da Indústria sobre Indicadores de Desempenho no Varejo à Luz de Diferentes Configurações do Tempo de Resposta: Um Estudo de Simulação

A Aulus Plautius Hindlemayer de Macedo

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha mãe, Maria Eugênia Andrade de Macedo, pelo apoio irrestrito e incondicional concedido desde o primeiro momento em que esta jornada se iniciou.

À Patrícia de Macedo Florio e Eugênia Andrade de Macedo, importantes fontes de motivação.

À Lívia Mitropoulos Esteves Dias, por todo o companheirismo e paciência demonstrados durante a elaboração deste trabalho.

Ao Prof. Peter Wanke, sempre disponível e acessível, cuja orientação precisa e rápida foram fundamentais para a conclusão desta dissertação.

Ao amigo Vinícius Panisset, por toda a ajuda e incentivo, sem os quais a conclusão deste trabalho teria sido ainda mais difícil.

À Secretaria Acadêmica do Instituto COPPEAD de Administração, em particular a Maria Aparecida Portugal, pela paciência e dedicação demonstradas, principalmente nos meses finais que antecederam à defesa.

Por fim, gostaria também de agradecer a todos os membros da comunidade COPPEAD: professores, alunos (em especial os da minha turma de mestrado), o Centro de Estudos em Logística (CEL), pessoal da reprografia e do restaurante. Enfim, a todos aqueles que tornam o COPPEAD um ambiente de aprendizado inesquecível.

## RESUMO

FLORIO, Alexandre de Macedo. **O Impacto de Decisões da Indústria sobre Indicadores de Desempenho no Varejo à Luz de Diferentes Configurações do Tempo de Resposta: Um Estudo de Simulação.** Orientador: Peter Wanke. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPEAD, Setembro de 2007. Dissertação.

Cadeia de suprimentos é um tema que, cada vez mais, tem despertado o interesse de organizações que buscam a melhoria contínua em seus processos logísticos e de gestão de estoques. Num ambiente de grande competitividade, muitas vezes a diferença entre sucesso e fracasso pode ser a eficiência operacional, principalmente quando produtos concorrentes não apresentam diferenciais perante o consumidor. Englobando atividades como logística de entrada e saída, armazenagem, gestão de estoques e muitas outras, o gerenciamento da cadeia de suprimentos traz oportunidades para redução de custos e melhoria nos indicadores de nível de serviço. Não por menos, é possível observar um aumento significativo no volume de pesquisas realizadas sobre este tema, assim como no número de profissionais especializados nesta área.

O objetivo deste trabalho é estudar, via simulação, o comportamento de cadeias de suprimentos quando submetidas a diferentes configurações de tempos de resposta, políticas de produção e políticas de distribuição. Mais especificamente, procurar-se-á entender a relação entre estas variáveis e os principais indicadores do fluxo de produtos no varejo: níveis de estoque, nível de serviço ao consumidor final e taxas de falta de estoques. Para tanto, foram experimentadas nove diferentes configurações de tempos de resposta, duas políticas de produção distintas (puxada e empurrada) e duas políticas de distribuição (direta e escalonada).

Os resultados confirmaram o encontrado na literatura quando consideradas as políticas de produção e de distribuição. O tempo de resposta, no entanto, quando analisado em conjunto com as duas políticas, fornece importantes considerações ainda sem precedentes na literatura. Apesar de ser o principal fator por trás do nível de serviço e dos níveis de estoques no varejo, o tempo de resposta deve ser analisado com cuidado pela indústria, pois iniciativas para reduzi-lo podem causar justamente o efeito contrário ao esperado: diminuição do nível de serviço e aumento dos níveis de estoque. Outros resultados relacionando a política de produção, de distribuição e o tempo de resposta também são discutidos.

## ABSTRACT

FLORIO, Alexandre de Macedo. **O Impacto de Decisões da Indústria sobre Indicadores de Desempenho no Varejo à Luz de Diferentes Configurações do Tempo de Resposta: Um Estudo de Simulação.** Orientador: Peter Wanke. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPEAD, Setembro de 2007. Dissertação.

Supply Chain is a subject matter that has been watched closely by organizations that seek continuous improvement in its logistics and inventory management processes. In an extremely competitive environment, operational effectiveness is sometimes what is behind organization's success or failure. This is indeed the case when competitors don't differentiate toward the customer. With activities such as inbound and outbound logistics, storage, inventory management and many others, Supply Chain Management brings excellent opportunities for cost reduction and service level improvement. Not surprisingly, there are an ongoing number of research projects and specialized professionals dedicated entirely to Supply Chain Management.

The aim of this study is to observe Supply Chain behavior when different lead times, distribution and production policies are used. More specifically, the relations amongst these three variables and important inventory and service level indicators from the retail perspective will be assessed. To this end, nine different lead time configurations, two production and two distribution policies were simulated in a series of controlled experiments.

The results corroborate what can be found in the literature regarding production and distribution policies. When analyzed in conjunction with the two policies, however, the lead time provides important findings not yet mentioned in the literature. Although it is the main driver behind service level and inventory level at the retail, the lead time should be considered with care by the industry, as attempts to lower it may actually produce the opposite effect: an increase in the inventory and a decrease in the service level. Other results relating the two policies and the lead time are also discussed.



# ÍNDICE DE TEXTO

ÍNDICE DE TEXTO .....	I
ÍNDICE DE FIGURAS .....	II
ÍNDICE DE TABELAS .....	III
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1. CADEIA DE SUPRIMENTOS .....</b>	<b>4</b>
2.1.1. <i>Gerenciamento da cadeia de suprimentos</i> .....	4
2.1.2. <i>Fluxo de materiais e de informações, pontos de desacoplamento e o efeito chicote</i> .....	9
2.1.3. <i>Estratégia do produto e cadeia de suprimentos</i> .....	14
<b>2.2. SIMULAÇÃO .....</b>	<b>16</b>
2.2.1. <i>A técnica de simulação computacional</i> .....	16
2.2.2. <i>Simulação em cadeias de suprimentos</i> .....	27
<b>2.3. O PAPEL DO TEMPO DE RESPOSTA .....</b>	<b>31</b>
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>32</b>
<b>3.1. OBJETIVOS DA PESQUISA .....</b>	<b>32</b>
<b>3.2. POR QUE A TÉCNICA DE SIMULAÇÃO FOI UTILIZADA NESTE ESTUDO? .....</b>	<b>33</b>
<b>3.3. SIMULADOR UTILIZADO .....</b>	<b>35</b>
<b>3.4. A CADEIA DE SUPRIMENTOS SIMULADA .....</b>	<b>38</b>
<b>3.5. CONFIGURAÇÕES DE TEMPO DE RESPOSTA UTILIZADAS NAS SIMULAÇÕES .....</b>	<b>40</b>
<b>3.6. POLÍTICAS DE PRODUÇÃO E DE DISTRIBUIÇÃO .....</b>	<b>45</b>
<b>3.7. VARIÁVEIS DEPENDENTES E VARIÁVEIS INDEPENDENTES .....</b>	<b>45</b>
<b>3.8. ANÁLISE DE DADOS .....</b>	<b>48</b>
<b>4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>50</b>
<b>4.1. ANÁLISE PRELIMINAR DOS RESULTADOS OBTIDOS .....</b>	<b>50</b>
4.1.1. <i>Impacto das variáveis independentes nos indicadores de nível de serviço</i> .....	51
4.1.2. <i>Impacto das variáveis independentes nos indicadores de nível de estoque</i> .....	62
4.1.3. <i>Conclusões</i> .....	66
<b>4.2. ANÁLISE MULTIVARIADA DOS DADOS .....</b>	<b>67</b>
4.2.1. <i>Suposições de MANOVA</i> .....	67
4.2.2. <i>Escolha de covariáveis</i> .....	69
4.2.3. <i>Resultados de MANOVA</i> .....	69
<b>5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>84</b>
<b>6. CONCLUSÃO .....</b>	<b>89</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>92</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - O PONTO DE DESACOPLAMENTO DA DEMANDA E SEUS DIVERSOS POSICIONAMENTOS AO LONGO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS .....	12
FIGURA 2 - MODELO DE 7 PASSOS DE LAW (2003) PARA PROJETOS DE SIMULAÇÃO .....	21
FIGURA 3 - PLATAFORMA DE SIMULAÇÃO UTILIZADA .....	36
FIGURA 4 - TEMPOS DE RESPOSTA ENVOLVIDOS NUM SEGMENTO HIPOTÉTICO DE UMA CADEIA DE SUPRIMENTOS .....	37
FIGURA 5 - CADEIA DE SUPRIMENTOS SIMULADA NOS EXPERIMENTOS .....	40
FIGURA 6 - EXEMPLOS DE DISTRIBUIÇÕES TRIANGULARES .....	41
FIGURA 7 - DISTRIBUIÇÃO TRIANGULAR ASSIMÉTRICA (TEMPO DE RESPOSTA COM VIÉS DE ATRASO).....	42
FIGURA 8 - DISTRIBUIÇÃO TRIANGULAR ASSIMÉTRICA (TEMPO DE RESPOSTA COM VIÉS DE ANTECIPAÇÃO) .....	43
FIGURA 9 - CONFIGURAÇÕES DE TEMPO DE RESPOSTA UTILIZADAS NOS EXPERIMENTOS.....	43
FIGURA 10 - PARES DE VALORES DE ESTOQUE MÉDIO EM MÃOS E ESTOQUE MÉDIO EM TRÂNSITO OBTIDOS PARA CADA CONFIGURAÇÃO DE CADA VARIÁVEL INDEPENDENTE .....	64
FIGURA 11 – EFEITOS DE INTERAÇÃO ENTRE O VIÉS DO TEMPO DE RESPOSTA E A AMPLITUDE DO TEMPO DE RESPOSTA NO <i>FILL RATE</i> .....	78
FIGURA 12 - EFEITOS DE INTERAÇÃO ENTRE O VIÉS DO TEMPO DE RESPOSTA E A POLÍTICA DE DISTRIBUIÇÃO NO ESTOQUE MÉDIO EM MÃOS .....	78
FIGURA 13 - EFEITOS DE INTERAÇÃO ENTRE A AMPLITUDE DO TEMPO DE RESPOSTA E A POLÍTICA DE DISTRIBUIÇÃO NO ESTOQUE MÉDIO EM MÃOS .....	79
FIGURA 14 - EFEITOS DE INTERAÇÃO ENTRE O VIÉS DO TEMPO DE RESPOSTA E A POLÍTICA DE DISTRIBUIÇÃO NO ESTOQUE MÉDIO EM TRÂNSITO.....	79
FIGURA 15 - EFEITOS DE INTERAÇÃO ENTRE A AMPLITUDE DO TEMPO DE RESPOSTA E A POLÍTICA DE DISTRIBUIÇÃO NO ESTOQUE MÉDIO EM TRÂNSITO.....	80
FIGURA 16 - EFEITOS DE INTERAÇÃO ENTRE O VIÉS DO TEMPO DE RESPOSTA E A POLÍTICA DE DISTRIBUIÇÃO NA QUANTIDADE DE CARREGAMENTOS RECEBIDOS .....	80
FIGURA 17 - EFEITOS DE INTERAÇÃO ENTRE O VIÉS DO TEMPO DE RESPOSTA E A AMPLITUDE DO TEMPO DE RESPOSTA NA QUANTIDADE DE CARREGAMENTOS RECEBIDOS.....	81
FIGURA 18 - EFEITOS DE INTERAÇÃO ENTRE O VIÉS DO TEMPO DE RESPOSTA E A AMPLITUDE DO TEMPO DE RESPOSTA NA QUANTIDADE DE RUPTURAS DE ESTOQUE .....	81

## ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - SOFTWARES DE SIMULAÇÃO COMUMENTE ENCONTRADOS NO MERCADO .....	26
TABELA 2 - PARÂMETROS DA DISTRIBUIÇÃO TRIANGULAR PARA CADA CONFIGURAÇÃO DO TEMPO DE RESPOSTA .....	44
TABELA 3 - VARIÁVEIS DEPENDENTES E VARIÁVEIS INDEPENDENTES .....	47
TABELA 4 - MÉDIAS E DESVIOS-PADRÃO DAS VARIÁVEIS DEPENDENTES PARA CADA CONFIGURAÇÃO DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES POLÍTICA DE PRODUÇÃO, POLÍTICA DE DISTRIBUIÇÃO, VIÉS DO TEMPO DE RESPOSTA E AMPLITUDE DO TEMPO DE RESPOSTA, NESTA ORDEM .....	53
TABELA 5 - MÉDIAS E DESVIOS-PADRÃO DAS VARIÁVEIS DEPENDENTES PARA CADA CONFIGURAÇÃO DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES POLÍTICA DE PRODUÇÃO, POLÍTICA DE DISTRIBUIÇÃO, AMPLITUDE DO TEMPO DE RESPOSTA E VIÉS DO TEMPO DE RESPOSTA, NESTA ORDEM.....	54
TABELA 6 - MÉDIAS E DESVIOS-PADRÃO DAS VARIÁVEIS DEPENDENTES PARA CADA CONFIGURAÇÃO DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES POLÍTICA DE DISTRIBUIÇÃO, AMPLITUDE DO TEMPO DE RESPOSTA, POLÍTICA DE PRODUÇÃO E VIÉS DO TEMPO DE RESPOSTA, NESTA ORDEM.....	58
TABELA 7 - MÉDIAS E DESVIOS-PADRÃO DAS VARIÁVEIS DEPENDENTES PARA CADA CONFIGURAÇÃO DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES POLÍTICA DE DISTRIBUIÇÃO, AMPLITUDE DO TEMPO DE RESPOSTA, VIÉS DO TEMPO DE RESPOSTA E POLÍTICA DE PRODUÇÃO, NESTA ORDEM.....	59
TABELA 8 - MÉDIAS E DESVIOS-PADRÃO DAS VARIÁVEIS DEPENDENTES PARA CADA CONFIGURAÇÃO DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES AMPLITUDE DO TEMPO DE RESPOSTA, POLÍTICA DE DISTRIBUIÇÃO, VIÉS DO TEMPO DE RESPOSTA E POLÍTICA DE PRODUÇÃO, NESTA ORDEM.....	60
TABELA 9 - RESUMO DO IMPACTO DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES SOBRE O <i>FILL RATE</i> .....	61
TABELA 10 - RESUMO DO IMPACTO DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES SOBRE A QUANTIDADE DE RUPTURAS DE ESTOQUE .....	61
TABELA 11 - RESUMO DO IMPACTO DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES SOBRE A QUANTIDADE ACUMULADA DE FALTA DE ESTOQUE.....	62
TABELA 12 - VALORES MÍNIMOS, MÉDIOS E MÁXIMOS DOS INDICADORES DE NÍVEL DE ESTOQUE PARA CADA CONFIGURAÇÃO DE CADA VARIÁVEL INDEPENDENTE .....	62
TABELA 13 - RESUMO DO IMPACTO DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES SOBRE O ESTOQUE MÉDIO EM MÃOS.....	65
TABELA 14 - RESUMO DO IMPACTO DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES SOBRE O ESTOQUE MÉDIO EM TRÂNSITO .....	66
TABELA 15 - RESULTADOS DOS TESTES MULTIVARIADOS DE MANOVA.....	70
TABELA 16 - ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS DOS EFEITOS PRIMÁRIOS E DE INTERAÇÃO DE MANOVA.....	74
TABELA 17 - PONTOS PERCENTUAIS DE NÍVEL DE SERVIÇO OBTIDOS COM 1 UNIDADE DE ESTOQUE .....	87

# 1. INTRODUÇÃO

Cadeia de suprimentos é um tema que, cada vez mais, tem despertado o interesse de organizações que buscam a melhoria contínua em seus processos logísticos e de gestão de estoques. Num ambiente de grande competitividade, muitas vezes a diferença entre sucesso e fracasso pode ser a eficiência operacional, principalmente quando produtos concorrentes não apresentam diferenciais perante o consumidor. Englobando atividades como logística de entrada e saída, armazenagem, gestão de estoques e muitas outras, o gerenciamento da cadeia de suprimentos traz oportunidades para redução de custos e melhoria nos indicadores de nível de serviço. Não por menos, é possível observar um aumento significativo no volume de pesquisas realizadas sobre este tema, assim como no número de profissionais especializados nesta área.

Uma cadeia de suprimentos é uma rede de instalações e um conjunto de atividades que realizam as funções de desenvolvimento de produtos, compra de materiais, movimentação de materiais entre instalações, manufatura e distribuição dos produtos para os consumidores finais (MABERT e VENKATARAMANAN, 1998). Por ser um sistema dinâmico complexo, soluções analíticas para avaliar o comportamento de cadeias de suprimentos sob diferentes circunstâncias, quando possíveis, são de difícil elaboração (SILVER e PETERSON, 1985). Desta forma, a técnica de simulação desponta como a metodologia sugerida para estudos quantitativos em profundidade sobre a cadeia de suprimentos (BALLOU, 1992). De fato, uma série de estudos empíricos através de simulação já foram realizados objetivando aumentar o conhecimento sobre as relações entre as diversas variáveis presentes na cadeia de suprimentos (FORRESTER, 1961; CLOSS, 1998; MASON-JONES, 1999).

O objetivo desta pesquisa é estudar, via simulação, o comportamento de cadeias de suprimentos quando submetidas a diferentes configurações de tempos de resposta,

políticas de produção e políticas de distribuição. Mais especificamente, procurar-se-á entender a relação entre estas variáveis e os principais indicadores do fluxo de produtos no varejo: níveis de estoque, nível de serviço ao consumidor final e taxas de falta de estoques. Para tanto, foram experimentadas nove diferentes configurações de tempos de resposta, duas políticas de produção distintas (puxada e empurrada) e duas políticas de distribuição (direta e escalonada).

Ainda, este trabalho está inserido num esforço de pesquisa mais amplo, cujo principal objetivo é ampliar o conhecimento quantitativo sobre as relações entre as diversas variáveis constituintes da cadeia de suprimentos. Nesse sentido, diversos trabalhos acadêmicos já foram realizados: Jácome e Benzecry (2005) estudaram o impacto no varejo de decisões alternativas de produção e distribuição, sob diferentes condições de erros de previsão de vendas da indústria; Wanke (2006) estudou os desdobramentos das decisões estratégicas de produção e distribuição da indústria sobre o varejo; e Panisset (2007) avaliou o reflexo de diferentes curvas de demanda do varejo nos principais indicadores do fluxo de produtos.

Além desta seção, este trabalho está dividido em outras cinco partes. A próxima seção, Revisão de Literatura (2), possui duas subseções principais: Cadeia de Suprimentos (2.1) e Simulação (2.2). A subseção dedicada à cadeia de suprimentos está subdividida em diversos assuntos: gerenciamento da cadeia de suprimentos; fluxo de materiais e de informações, pontos de desacoplamento e o efeito chicote; e estratégia de produto e cadeia de suprimentos. Na subseção de simulação, aspectos importantes relacionados à técnica de simulação são discutidos, incluindo pontos positivos, negativos, dificuldades e armadilhas inerentes ao método. Em seguida, na seção de Metodologia (3), as principais perguntas que esta pesquisa procura responder são enunciadas. Além disso, os experimentos através de simulação e as técnicas utilizadas

para análise dos resultados são discutidos em detalhes. Após, nas seções de Apresentação dos Resultados (4) e Discussão dos Resultados (5) são apresentados os resultados à luz das técnicas de análise descritas na metodologia e do referencial teórico exposto na revisão de literatura. Na última seção uma conclusão é traçada ressaltando os principais resultados da pesquisa realizada, um resumo das implicações gerenciais e sugestões para trabalhos futuros.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

Por se tratar de um estudo sobre cadeias de suprimentos utilizando a técnica de simulação computacional, a revisão bibliográfica foi realizada focalizando principalmente estes dois grandes temas. A seção de cadeia de suprimentos fornece o arcabouço teórico necessário para uma análise em profundidade dos resultados obtidos nos experimentos. Já na seção de simulação a técnica é formalmente apresentada e alguns estudos sobre cadeias de suprimentos através de simulação são citados, o que ajudará na interpretação dos resultados obtidos.

### **2.1. Cadeia de Suprimentos**

#### **2.1.1. Gerenciamento da cadeia de suprimentos**

A literatura apresenta diversas definições de cadeia de suprimentos. Segundo Mabert e Venkataramanan (1998), cadeia de suprimentos é “a rede de instalações e atividades que realizam as funções de desenvolvimento de produtos, compra de materiais de fornecedores, movimentação de materiais entre instalações, manufatura de produtos, distribuição do produto final para os consumidores e suporte pós-venda”. Lambert, Cooper e Pagh (1998) foram além e desenvolveram um modelo de gerenciamento, baseado na definição de que gerência da cadeia de suprimentos é “a integração de processos de negócio chaves desde os fornecedores primários até o consumidor final, com o intuito de prover produtos, serviços e informações que agreguem valor ao consumidor final e a outras entidades que participam da cadeia”. O gerenciamento da cadeia de suprimentos proporciona diversas maneiras pelas quais é possível aumentar a produtividade, reduzir custos e agregar valor aos produtos, através da redução de estoques, da racionalização de transportes e da eliminação de

desperdícios (FIGUEIREDO; ARKADER, 2000). Fleury (2000) define gerenciamento da cadeia de suprimentos como “o esforço de integração dos diversos participantes do canal de distribuição por meio da administração compartilhada de processos-chave de negócios que interligam as diversas unidades organizacionais e membros do canal, desde o consumidor final até o fornecedor inicial de matérias-primas”. Em comum entre estas definições é a noção de que o escopo da gestão da cadeia de suprimentos é amplo e está diretamente relacionado com diversas atividades e áreas funcionais. A definição de Ballou (2001) é mais uma alinhada com esta perspectiva ampla da gestão da cadeia de suprimentos, e inclui nela atividades de cooperação com a área de Marketing, gerência de fluxo de informações, processamento de pedidos e compras.

De acordo com o modelo desenvolvido por Lambert, Cooper e Pagh (1998), a prática da gerência da cadeia de suprimentos possui três elementos de decisão principais: a quantidade e o tipo dos processos de negócio a serem integrados, a rede de suprimentos sobre a qual a integração ocorre e decisões sobre questões gerais de gerenciamento. Com relação ao primeiro elemento de decisão, a unidade de integração são os processos internos de negócio, em contraposição a atividades funcionais particulares. Neste contexto, é utilizada a definição de que processo é “uma ordenação específica de atividades, com estrutura de funcionamento, insumos e produtos bem definidos”. Além disso, o modelo coloca como candidato para integração todos os processos que, de alguma forma, promovam o atendimento das necessidades do cliente. No estudo realizado por Lambert, Cooper e Pagh (1998) foram identificados oito processos que atendem a este critério e que são representativos das iniciativas de gerenciamento da cadeia encontradas na época do estudo. São eles: gerenciamento do relacionamento com o consumidor (CRM – estabelecimento de programas de relacionamento com clientes principais), serviço ao cliente (prover ao consumidor



informações sobre o produto e sobre o status do pedido, da distribuição e da produção), gerenciamento da demanda (previsão da demanda e de sua variabilidade), gerenciamento de pedidos (exceder as expectativas dos clientes com relação ao tempo de entrega dos pedidos), gerenciamento do fluxo de produção (produzir o que o cliente necessita, através de processos produtivos flexíveis e mix de produtos adequado), compras (gerenciar o relacionamento com fornecedores estratégicos), desenvolvimento de produtos (integrar cliente e fornecedores chaves no processo de desenvolvimento de novos produtos) e logística reversa (extrair o máximo de valor dos fluxos reversos de produtos e materiais). O segundo elemento de decisão – a rede de suprimentos sobre a qual a integração ocorre – é função da complexidade do produto, do tamanho da cadeia de suprimentos e do número de fornecedores e clientes em cada nível da cadeia. O último elemento principal de decisão que, segundo o modelo, está relacionado a questões gerais do gerenciamento da cadeia, especifica como e por quem tarefas e atividades serão executadas ao longo dos elos da cadeia em que a integração ocorre.

Lambert (1998) caracteriza a estrutura de rede de uma cadeia de suprimentos em termos de suas dimensões verticais e horizontais. Estrutura horizontal se refere ao número de níveis de fornecedores e clientes ao longo da cadeia. A estrutura vertical é caracterizada pelo número de diferentes fornecedores ou clientes que se encontram em cada nível da cadeia. A partir destas definições, Mejza e Wisner (2001) introduzem três novos conceitos relacionados à estrutura da cadeia de suprimentos: extensão horizontal, extensão vertical e raio de extensão horizontal. A extensão horizontal está relacionada a um processo específico de integração da cadeia, e é definida como o número de níveis envolvido ativamente no processo. A extensão vertical, também relacionada a um processo, é o número de firmas, em um determinado nível, que participam do processo. O raio de extensão horizontal mede o caminho mais longo de extensão horizontal que

acontece na cadeia de suprimentos, ou seja, é uma medida agregada das extensões horizontais de todos os processos.

As práticas do JIT tiveram início com o Sistema Toyota de Produção (MONDEN, 1983). Pressões específicas sobre a indústria japonesa do pós-guerra, como o difícil acesso ao capital e a alta competição internacional, forçaram a adoção de práticas que minimizassem qualquer tipo de desperdício na produção. Desde então, ao longo das décadas, o JIT evoluiu de um conjunto de práticas específicas a serem implementadas no chão de fábrica para uma filosofia de gerência direcionada à eliminação de desperdícios e à melhoria contínua (VOKURKA; LUMMUS, 2000). Sob o nome de gerência da cadeia de suprimentos, esta filosofia não se restringe à busca de avanços somente em uma entidade da cadeia, como o JIT. O objeto de estudo é a cadeia como um todo, buscando uma otimização global em contraposição a uma local. Como mencionado por Copacino (1997), a otimização de todo o canal é melhor que a soma de cada parte individualmente otimizada. Em um estudo de fornecedores americanos para empresas automotivas japonesas, constatou-se que a implantação do JIT resultou em menores tempos de resposta, taxas de defeitos mais baixas, redução no estoque de matérias-primas, de produtos finais e de materiais em processamento e aumento na flexibilidade da força de trabalho. Entretanto, em muitos casos os resultados foram conquistados somente pelas firmas individuais que implementaram o JIT, não seus parceiros (GIFFI; ROTH; SEAL, 1990). Estes resultados se alinham com os de Khouja (2003), de que a sincronização da cadeia de suprimentos através do JIT pode resultar em alguns membros da cadeia com custos elevados. Ainda nessa linha, Wanke et al. (2006) pesquisaram o impacto no varejo de diferentes políticas de distribuição e produção. O estudo, realizado através de simulação computacional em plataforma ARENA, considerou políticas de distribuição direta e escalonada, e políticas de produção puxada

e empurrada. Os resultados confirmaram a existência de contradições entre o posicionamento estratégico de operações na indústria e o desempenho no varejo. Ou seja, um melhor desempenho no varejo, em termos de níveis de estoque e níveis de serviço, depende de operações “não-enxutas” na indústria, como a produção empurrada e a distribuição escalonada.

O gerenciamento da cadeia de suprimentos envolve decisões estratégicas relacionadas à coordenação do fluxo de produtos, à política de produção e à localização dos estoques de produtos acabados (WANKE, 2003a). Dependendo de características do produto, operacionais ou da demanda, uma política de produção ou de localização é favorecida sobre outras. Wanke e Zinn (2004) analisaram empiricamente 10 variáveis e procuraram determinar suas relações com as políticas de produção e de localização e a coordenação do fluxo de produtos, ou seja, para cada variável, se ela favorece ou desfavorece uma determinada decisão. Dentre as variáveis analisadas estavam a proporção de tempo de resposta (quociente entre o tempo de entrega e o tempo de resposta do fornecimento) e o próprio tempo de entrega. Com relação a estas variáveis, os resultados indicaram que (1) quanto maiores o tempo de entrega e a proporção de tempo de resposta, maiores as chances de a produção ser feita contra-pedido; (2) quanto maior o tempo de entrega, mais chances do fluxo de produtos ser puxado; e (3) quanto maior o tempo de entrega, mais chances do estoque de produtos acabados ser centralizado. Estes resultados demonstram tendências observadas na indústria, ou seja, correlações existentes entre as variáveis observadas (em particular, a proporção de tempo de resposta e o tempo de entrega) e as políticas de produção e localização e a coordenação do fluxo de produtos. Todavia, um estudo quantitativo a respeito dos impactos de determinadas políticas de produção, de localização e de coordenação do

fluxo de produtos, quando submetidas a diferentes configurações de tempos de resposta, ainda não foi realizado até o presente momento.

Segundo Jones e Riley (1985), o gerenciamento eficiente de uma cadeia de suprimentos deve ser conseguido através do planejamento integrado de estoques e de atividades. Os três elementos necessários para a integração são o reconhecimento das necessidades de nível de serviço do consumidor final, a definição da localização dos estoques ao longo da cadeia e o desenvolvimento de políticas e procedimentos para gerenciar a cadeia de suprimentos como uma única entidade. A otimização de estoques em um único elo da cadeia de suprimentos pode forçar estoques adicionais em outros elos (SMITH; WALTER, 2000), o que não necessariamente melhora o nível de serviço ao consumidor. Estoques devem ser considerados ativos estratégicos, e localizados nas melhores posições ao longo da cadeia (VOKURKA; LUMMUS, 2000).

### **2.1.2. Fluxo de materiais e de informações, pontos de desacoplamento e o efeito chicote**

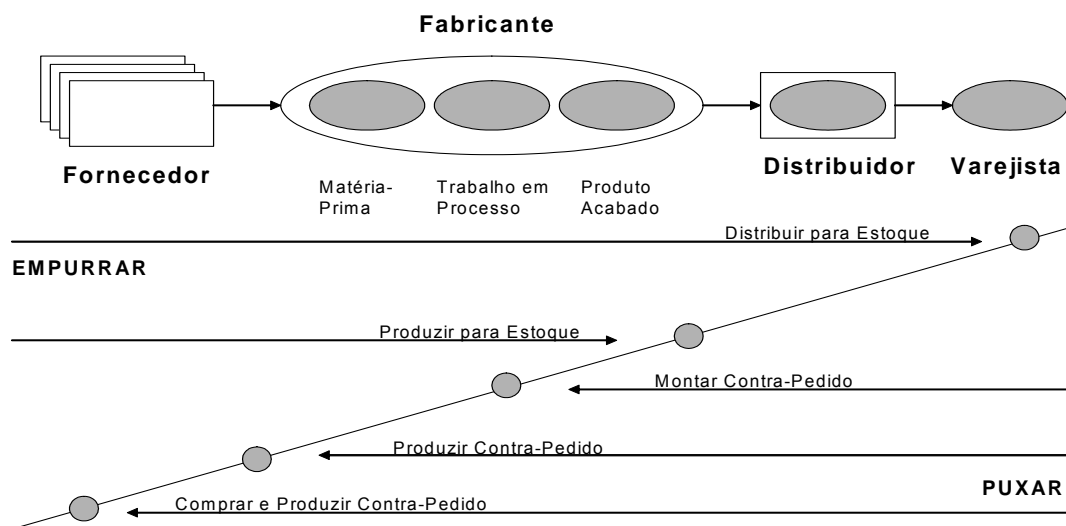
Em toda cadeia de suprimentos existem dois fluxos distintos: o fluxo de materiais e o fluxo de informações. O fluxo de materiais começa do fornecedor de matérias-primas e segue em direção ao consumidor final. O fluxo de informações começa do consumidor final e segue em direção ao fornecedor de matérias-primas. Os materiais que seguem ao longo do fluxo de materiais são de naturezas diversas, dependendo do ponto da cadeia em que se encontram. No início, geralmente são de baixo valor adicionado, pois pouco processamento foi exercido sobre eles. O mesmo não acontece no final do fluxo, onde os materiais (nesta etapa, produtos prontos para o consumo) possuem maior valor adicionado, decorrente dos processamentos realizados em diversas etapas de produção e distribuição (WANKE, 2003b). Com relação ao fluxo

de informações, este é composto basicamente pelos pedidos de ressuprimento efetuados por elos da cadeia para os elos imediatamente anteriores. Assim como no fluxo de materiais, as informações que constituem o fluxo de informações também sofrem alterações ao longo dos elos da cadeia. Estas alterações têm origem na impraticabilidade de se realizar lotes de pedido unitários. Os elos da cadeia aguardam a passagem de uma certa quantidade de material para o elo posterior antes de solicitar novos materiais ao elo anterior. Esta dinâmica de funcionamento da cadeia de suprimentos, em particular a distorção da informação que ocorre através dos elos, cria o chamado efeito chicote. O efeito chicote, que também pode ser definido como “A distorção sistemática na informação da demanda conforme ela é transferida, na forma de pedidos, ao longo dos elos da cadeia de suprimentos” (LEE; PADMANABHAN; WHANG, 2004), é prejudicial para a cadeia como um todo, pois promove a falta de materiais para atendimento a determinados elos, enquanto outros sofrem com níveis excessivos de estoques.

O efeito chicote foi primeiramente identificado por Forrester (1961). Em sua pesquisa sobre dinâmica industrial, Forrester estudou como os atrasos e ampliações no fluxo de informações afetavam as operações de uma companhia. Mais especificamente, ele tentou estabelecer o porquê de pequenas mudanças nas vendas do varejo causarem perturbações tão severas na magnitude dos níveis de produção do fabricante. O modelo utilizado em seu estudo foi o de uma cadeia de suprimentos com quatro elos: fabricante, armazém do fabricante, distribuidor e varejista. Forrester descreveu este modelo analiticamente através de 73 equações, e em seguida realizou sobre ele experimentos de simulação. O modelo foi submetido a testes de resposta ao degrau nas vendas do varejo (como o modelo se comporta quando a demanda sofre um incremento abrupto), variações periódicas nas vendas e vendas aleatórias, dentre outros.

Posteriormente, foram considerados os efeitos de investimentos em propaganda e do ambiente externo (por exemplo, efeitos causados por uma economia em expansão ou recessão).

Um paliativo para diminuir o impacto do efeito chicote é o princípio da postergação (PAGH; COOPER, 1998). Segundo Bowersox (1996) e Wanke (2003d), o nível de risco e a incerteza na demanda estão diretamente relacionados à diferenciação dos bens que ocorre nas operações de produção e logística. Dessa forma, postergar a diferenciação de um produto até o último instante possível reduz o risco imposto pela incerteza da demanda do consumidor (MASON-JONES; TOWILL, 1999). Esta postergação dá origem a um ponto na cadeia de suprimentos onde a produção deixa de ser baseada em previsões e passa a ser baseada em pedidos reais dos consumidores. Este ponto é chamado de ponto de desacoplamento da demanda, e é definido formalmente como “o ponto da cadeia de suprimentos até onde o pedido do consumidor penetra. É onde as atividades baseadas em previsões e as atividades baseadas em pedidos reais se encontram. É, também, um ponto importante de alocação de estoques, através dos quais o consumidor será suprido” (HOEKSTRA, 1992). A Figura 1 ilustra diferentes posições do ponto de desacoplamento da demanda ao longo da cadeia de suprimentos:



**Figura 1 - O ponto de desacoplamento da demanda e seus diversos posicionamentos ao longo da cadeia de suprimentos**

Da mesma forma que o ponto de desacoplamento da demanda faz referência ao fluxo de materiais, pode ser estabelecido um ponto de desacoplamento da informação, relacionado ao fluxo de informações. Sua definição formal é “o ponto da cadeia de suprimentos até onde informações sobre os pedidos do consumidor final penetram sem modificação” (MASON-JONES; TOWILL, 1999). São raros os casos de cadeias de suprimento em que o ponto de desacoplamento da informação está localizado além do elo que atende o consumidor final (em geral o varejo). Isto é devido ao caráter estratégico e confidencial que informações de vendas possuem. Se as decisões de quanto pedir em cada elo da cadeia pudessem ser também baseadas em informações reais de vendas ao consumidor final, o efeito chicote seria bastante atenuado, reduzindo os níveis de estoque, aumentando o nível de serviço e beneficiando a cadeia como um todo (MASON-JONES; TOWILL, 1997).

O efeito chicote, cujos malefícios já foram citados em linhas gerais anteriormente, pode ter suas causas e efeitos detalhados. A distorção da informação da demanda real, com seu conseqüente aumento de variabilidade, é particularmente prejudicial para fabricantes que se baseiam apenas nesta informação para tomar

decisões relativas a quanto produzir. Entre os impactos decorrentes de tal decisão, estão os custos mais elevados de matérias-primas devido às compras não planejadas, as despesas extras de fabricação relacionadas ao aumento temporário de capacidade, as ineficiências causadas por ritmos de produção variáveis, as despesas extras com armazenagem e os custos extras de transporte devido a agendamentos ineficientes e utilização de serviços expressos. O fenômeno de amplificação da demanda é proveniente de quatro fontes principais: processamento de sinal da demanda, jogo de racionamento, loteamento de pedidos e variações de preço (LEE; PADMANABHAN; WHANG, 2004).

A amplificação da demanda devido ao processamento de sinal ocorre quando a demanda futura é prevista com base na demanda passada, o que ocorre na maioria dos métodos de previsão mais utilizados, como a média-móvel e o amortecimento exponencial. O varejista, ao experimentar um aumento abrupto na demanda, o interpreta como sinal de alta demanda futura, devido à natureza de seus métodos de previsão. A quantidade de seu próximo pedido ao distribuidor, então, aumentará, e será interpretado por este como um aumento da demanda. A análise se aplica aos outros elos, e o resultado é a amplificação da demanda ao longo da cadeia de suprimentos.

A segunda causa do efeito chicote – o jogo de racionamento – ocorre quando a demanda potencialmente supera a capacidade de produção de um produto. Nesta situação, o fabricante possivelmente racionará sua produção entre seus clientes. O cliente, por sua vez, já sabendo disso, efetuará um pedido maior que o necessário, de modo que, após os ajustes do fabricante, a quantidade seja próxima da que ele realmente deseja. Cabe ao fabricante detectar quando seu cliente está utilizando este artifício e inferir a demanda real a partir da quantidade solicitada. Quando existe custo fixo relacionado ao ressuprimento, realizar pedidos em todos os períodos é antieconômico,



acarretando no agrupamento de pedidos para serem realizados em períodos específicos. Isto causa distorção da demanda no elo para o qual o pedido é realizado.

A última causa, variação de preços, é ocasionada por promoções realizadas por fabricantes, ou algum outro elo da cadeia. A oportunidade de comprar produtos a um preço mais baixo resulta em pedidos maiores, que não refletem a demanda esperada no período. O processamento de sinal da demanda e o loteamento de pedidos são fontes inter-relacionadas, já que ambas provêm da tentativa de cada membro otimizar suas operações internas de gestão de estoques. O jogo de racionamento e a variação de preços também estão relacionados, pois ambos são reações oportunistas à dinâmica do mercado. Uma vez identificadas as causas principais, soluções ou atenuadores para o efeito chicote surgem naturalmente. Troca de informações a respeito dos níveis de estoque, coordenação de pedidos e esquemas simplificados de preços são algumas das possibilidades para mitigar o efeito chicote, mas suas implementações esbarram na visão tradicional de que estas informações possuem valor estratégico e não devem ser divulgadas. Além do mais, o elo da cadeia mais próximo do consumidor final – o varejista – não teria benefícios diretos se revelasse informações sobre a demanda real, o que dificulta ainda mais as iniciativas voltadas à melhoria do desempenho da cadeia de suprimentos.

### **2.1.3. Estratégia do produto e cadeia de suprimentos**

Um estudo realizado por Seong-Am (2004) procurou identificar relações entre a estratégia do produto, a estrutura e o nível de estoque da cadeia de suprimentos. Nesta pesquisa a estratégia do produto foi subdividida em estratégia de diferenciação e estratégia de liderança em custos. Quatro variáveis foram consideradas como constituintes da estrutura da cadeia de suprimentos: número de elos, interdependência

gerencial entre os elos, tempo de resposta da cadeia e ponto de desacoplamento da demanda. Os resultados indicaram que, em cadeias de suprimento de produtos cuja estratégia é de diferenciação, o número de elos é menor, o grau de interdependência entre os elos é maior e o tempo de resposta da cadeia é menor, quando comparados com as mesmas variáveis de cadeias de suprimento de produtos que competem por custo. Além disso, o ponto de desacoplamento ocorre em um elo da cadeia mais próximo ao consumidor final. Com relação ao nível de estoque, este é dependente da estrutura da cadeia e de suas variáveis (número de elos, tempo de resposta e ponto de desacoplamento), conforme esperado. Por fim, o estudo indicou que a estratégia do produto não exerce influência direta sobre o nível de estoque, e concluiu que a estrutura da cadeia de suprimentos é a variável intermediária que relaciona a estratégia do produto com o nível de estoque na cadeia.

## 2.2. Simulação

### 2.2.1. A técnica de simulação computacional

Segundo Shannon, (1975), simulação é o processo de projetar um modelo de um sistema real e conduzir experimentos neste modelo, com o propósito ou de entender melhor o sistema, ou de avaliar diversas estratégias e cenários para a operação do sistema, considerando um conjunto de restrições. Esta definição é futuramente estendida por Ingalls (2002), que considera os aspectos dinâmicos de sistemas e atenta ao fato de os modelos representantes destes sistemas também serem dinâmicos. Saliby (2000), por sua vez, define simulação como “o uso de modelos para o estudo de problemas reais de natureza complexa, por meio da experimentação computacional”. Um modelo de simulação é definido por Carson II (2004) como uma representação de um sistema ou processo. Esta representação muda ao longo do tempo, e a incorporação desta variável é o que difere um modelo de simulação de um modelo tradicional. Num modelo de simulação estão presentes os aspectos lógicos, matemáticos e estruturais de um sistema ou processo. Ao longo deste texto o termo “modelo” denotará um modelo de simulação, salvo quando explicitado o contrário.

Um tipo especial de simulação é a discreta de eventos. Nesta, o tempo da simulação é incrementado até o instante do próximo evento, ou seja, não existe passo sem que ocorram eventos. A maior parte dos modelos de simulação discreta também são estocásticos, denominação utilizada quando algumas entradas do modelo são distribuições probabilísticas. Dessa forma, a saída do modelo também será probabilística, e necessitará de análises estatísticas para que conclusões válidas possam ser traçadas (CARSON II, 2004). Uma simulação discreta de eventos é composta pelos seguintes componentes estruturais: entidades, atividades e eventos, recursos, variáveis globais, gerador de números aleatórios, calendário, variáveis de estado do sistema e

coletor de estatísticas (INGALLS, 2002). Entidades causam mudanças no estado da simulação, e representam objetos do mundo real ou algum fluxo de informação. Atividades são os processos e a lógica da simulação. Os três tipos de atividades numa simulação são: retardos, filas e lógica. Eventos são condições que, quando ocorrem, causam mudanças no estado do sistema. Eventos podem ser classificados em primários e secundários (CARSON II, 2004): primários são aqueles disparados por dados, e secundários são aqueles gerados internamente pela lógica do modelo. Recursos, num modelo de simulação, representam qualquer coisa que possua capacidade limitada. Recursos também podem ser encarados como prestadores de serviço para entidades dinâmicas. Variáveis globais armazenam informações que estão disponíveis em todos os lugares do modelo. O gerador de números aleatórios é utilizado para alimentar o modelo com dados que representam o sistema real. Os números são gerados seguindo alguma distribuição pré-definida, que na fase de elaboração do modelo de simulação foi estabelecida como a melhor forma de representar alguma entrada do sistema real. O calendário de uma simulação é a seqüência de eventos que ocorrerão no futuro, e o instante discreto em que eles devem ocorrer. A principal variável de estado do sistema é o relógio, que corresponde ao instante do processo de simulação que está sendo executado no momento. Por fim, o coletor de estatísticas é responsável por monitorar, durante a simulação, componentes do modelo e gerar informações (estatísticas) sobre os componentes monitorados, com o intuito de fornecer subsídios para análise posterior da simulação.

A técnica de simulação pode, a princípio, ser utilizada sempre que se desejar aumentar o conhecimento sobre um sistema em particular, ou avaliar seu comportamento quando cenários distintos são considerados. Entretanto, existe um conjunto de situações onde a técnica é particularmente útil (CARSON II, 2004). Entre

estas situações estão: (1) quando não existe modelo analítico suficientemente preciso para analisar a situação; (2) quando o sistema real é regular, ou seja, não se encontra em estado caótico ou fora de controle; (3) quando o sistema real possui alta interdependência entre seus componentes; (4) no desenvolvimento de novos sistemas ou alteração de sistemas existentes; (5) quando não existe experiência prévia no domínio do sistema em questão; (6) quando é necessária ferramenta para que os envolvidos possam concordar num conjunto de suposições – promover um entendimento comum sobre o problema; (7) quando é necessário algum apoio para treinar gerentes, supervisores, engenheiros e funcionários, através do uso de simulação animada. Outras razões são apontadas por Richman e Coleman (1981) em favor do uso de simulação em contraposição ao experimento com o sistema real: menor custo, maior rapidez, maior segurança (prevenção de acidentes no sistema real) e monitoramento detalhado. Uma última razão em favor da simulação ao invés de experimentação com o sistema real é que o comportamento das pessoas, quando sabidamente expostas a um experimento, pode ser diferente do normalmente adotado, comprometendo a validade dos resultados.

A utilização de simulação provê diversos benefícios. Primeiramente, sem simulação seria necessário ou experimentar com o sistema real, provavelmente causando distúrbios indesejados, ou simplesmente proceder com alterações nos sistemas reais baseando-se em análises imprecisas, correndo-se risco de insucesso (CARSON II, 2004). A simulação permite a identificação de problemas, gargalos e falhas de projeto antes de construir ou modificar sistemas. Permite também a comparação de projetos e regras de operação alternativas. Entretanto, a utilização de simulação também possui algumas desvantagens. Entre as principais estão o tempo excessivo que determinadas simulações de sistemas complexos pode levar e a dificuldade, em alguns casos, de se

obter dados de entrada acurados. A utilização de dados não adequados pode culminar em análises imprecisas ou incorretas dos resultados da simulação.

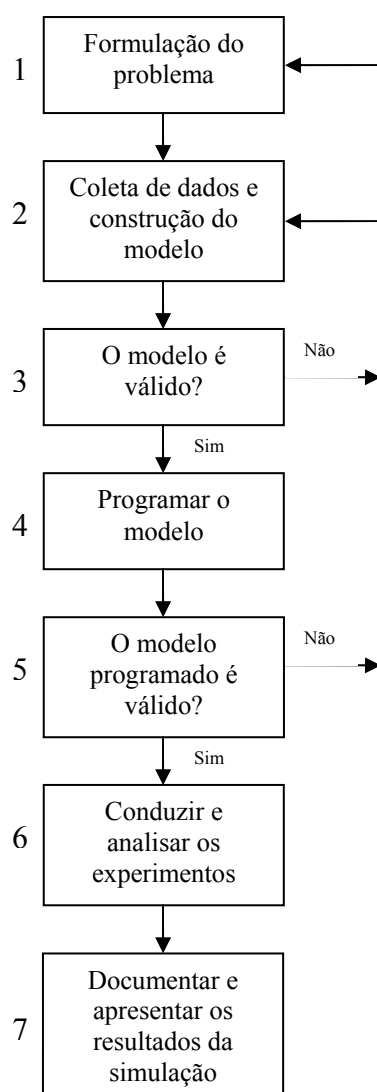
Os resultados de uma simulação são tão confiáveis quanto o modelo utilizado para representar o sistema real simulado. Um modelo fraco, com brechas que comprometam sua aderência ao sistema real, distancia os resultados encontrados na simulação aos de fato encontrados na realidade. Desta maneira, a atividade de modelagem é de suma importância para o sucesso de uma simulação como um todo. Segundo Taylor et al. (2004), num ambiente de contínuo crescimento de complexidade e customização, é importante assegurar-se de que a complexidade dos sistemas simulados cresçam a uma taxa menor que a capacidade de modelá-los. Como não é possível diminuir a taxa de desenvolvimento dos sistemas reais, as técnicas de modelagem devem evoluir de modo a satisfazer os seguintes requisitos: melhor representação do negócio, de fatores humanos, de redes dispersas geograficamente, aumento da velocidade de modelagem e manutenção flexível de modelos. Com relação a melhor representação do negócio, Lendermann et al. (2003) apontam a importância de incorporar os sistemas de agendamento utilizados no apoio a decisões operacionais complexas aos modelos de simulação. A evolução, cada vez mais freqüente, dos sistemas reais cria a necessidade de se atualizar o modelo de simulação de forma cada vez mais rápida. A redução do ciclo de modelagem, entretanto, só é possível caso ocorra uma padronização no nível de aplicação, com o desenvolvimento de componentes específicos de domínio que tornem mais rápido a criação de modelos neste domínio, através da redução das necessidades de customização. Ainda a respeito de padronização, segundo Reichenthal (2004) esforços estão sendo feitos no sentido de aumentar a interoperabilidade, reuso e modularidade de modelos de simulação, através da criação da HLA (High Level Architecture), da SRML (Simulation Reference Markup

Language) e das ECAP-BOMs (Encapsulated Base Object Models). Uma vez desenvolvidas, BOMs ofereceriam uma forma padrão de definir a comunicação requerida entre os diversos componentes de um modelo de simulação, assim como prover meios para encapsular pacotes de dados e comportamentos (objetos), que poderiam, então, ser compartilhados entre diversas ferramentas.

Ainda com relação à criação do modelo de simulação, alguns *tradeoffs* devem ser observados. Primeiramente, quanto maior a complexidade de um modelo, maior o número de detalhes representados do sistema real. Entretanto, é maior também o custo de se elaborar o modelo, e também maior o tempo do processo de simulação propriamente dito. Além disso, dependendo dos objetivos do projeto de simulação, não é necessário um modelo excessivamente complexo e detalhado. Os modelos devem ter os seguintes atributos: representação de todas as variáveis importantes, e de nenhuma mais; quantificações precisas dos fenômenos observados, ou seja, distribuições de probabilidade precisas das variáveis; e descrições válidas das regras que governam a interação entre as variáveis (RICHMAN; COLEMAN, 1981).

Projetos de simulação devem ser conduzidos por um time, ao invés de um indivíduo. É improvável que uma pessoa sozinha possua todos os conhecimentos necessários para executar com sucesso um projeto de simulação. Os seguintes indivíduos devem necessariamente fazer parte do time (CARSON II, 2004): os tomadores de decisão, a equipe que está envolvida operacionalmente com o problema, que o vivencia no dia-a-dia, a equipe que está projetando alguma mudança no sistema, e o analista de simulação.

Law (2003) propõe um modelo de sete passos para a execução de projetos de simulação, reproduzido esquematicamente na Figura 2:



**Figura 2 - Modelo de 7 passos de Law (2003) para projetos de simulação**

No primeiro passo – formulação do problema – o problema é colocado pelo tomador de decisão. Ao longo do projeto, na medida em que novas informações surgem e são comunicadas ao tomador de decisão, este pode reavaliar o problema e redefini-lo de outra forma. Neste passo também são definidos os objetivos, questões a serem respondidas, medidas de desempenho, escopo, configurações a serem modeladas e o espaço de tempo no qual o projeto se realizará. No segundo passo os dados relevantes são coletados, através de entrevistas com especialistas no domínio do problema, e o



modelo conceitual é elaborado. No passo seguinte o modelo conceitual é validado, e prossegue-se com a programação do modelo (passo quatro). A programação pode ser feita através de linguagens de programação tradicionais, ou utilizando-se algum pacote comercial disponível. Segundo Carson II (2004), programar um modelo de simulação utilizando alguma linguagem de propósito geral leva de 4 a 10 vezes mais tempo que programar o mesmo modelo utilizando algum pacote comercial. Independente de como o modelo foi programado, no passo cinco a programação é validada. Caso o modelo conceitual ou o modelo programado, por algum motivo, não seja validado, retorna-se ao primeiro ou segundo passo para redefinir o problema ou reconstruir o modelo conceitual. No sexto e penúltimo passo os experimentos são conduzidos e os resultados analisados, ou seja, é o passo onde a simulação propriamente dita ocorre. No último passo os resultados da simulação são documentados e apresentados.

Um estudo realizado por McHaney e Cronan (2000) procurou determinar, através de um modelo de sete fatores, quais estavam mais relacionados com o sucesso de projetos de simulação. A métrica utilizada para medir o sucesso desses projetos foi o EUCS (End-User Computing Satisfaction), (DOLL; TORKZADEH, 1988), (DOLL; TORKZADEH; XIA, 1994). Os fatores utilizados foram: características do software, custo operacional, características do ambiente do software, informações de saída do software, suporte organizacional, investimento inicial e características da tarefa. O primeiro resultado encontrado diz respeito ao fator que mais está relacionado ao sucesso de projetos de simulação, que é o custo operacional. Ou seja, para que a implantação de simulação seja bem sucedida, ela deve estar dentro do limite orçamentário. O segundo fator que mais influencia o EUCS é o relacionado às informações de saída do software. Isto confirma a natureza prática dos projetos de simulação e sua orientação para respostas e resultados. A simulação torna-se de pouco uso quando a saída apresenta um

baixo volume de informações relevantes. O terceiro fator mais relevante para o sucesso é o suporte organizacional. Este resultado reafirma a recomendação de Carson II (2004) de que projetos de simulação devem ser realizados por times compostos de representantes de todas as partes envolvidas. Outros fatores que também influenciam o sucesso dos projetos são: características do ambiente de software, características do software e o investimento inicial. Neste estudo não foi encontrada relação alguma entre características da tarefa e variação do EUCS.

Simulação pode ser uma boa alternativa quando técnicas analíticas são inapropriadas, ou seja, quando o sistema a ser estudado não pode ser adequadamente descrito por modelos matemáticos, ou quando estes modelos são tão complexos que suas soluções são inviáveis. Entretanto, simulação não é um substituto para a gerência propriamente dita. Ela é uma ferramenta que permite aos gerentes tomarem decisões mais eficazes através da avaliação de cenários e de questões do tipo “e se?” (RICHMAN; COLEMAN, 1981).

Uma outra forma de se executar projetos de simulação foi proposta por Richman e Coleman (1981). Segundo estes autores, um projeto completo de simulação pode ser dividido nos seguintes passos: identificação do problema e das decisões principais, estudo de viabilidade, estudo aprofundado do sistema e levantamento de dados preliminar, preparação do modelo, levantamento de dados e documentação, validação e experimentação e, por último, tomada de decisão.

No primeiro passo, o ambiente no qual o problema está inserido deve ser bem entendido. Caso isto não aconteça, o problema pode ser formulado de maneira incorreta, e ao final do projeto pode-se ter uma solução correta para o problema errado.

O estudo de viabilidade realizado no segundo passo tem como objetivos a investigação da relação custo-benefício da simulação, a consideração de técnicas

alternativas e a determinação de objetivos específicos, prazos, metas e necessidades de recursos ao longo do projeto.

Um estudo detalhado do sistema é conduzido no terceiro passo, incluindo revisão de documentação, entrevistas com pessoal operacional e gerencial e, até mesmo, participação na operação prática do sistema. Ao final dessa fase, deve-se possuir entendimento completo sobre a natureza do sistema.

O quarto passo – preparação do modelo – envolve primeiramente a escolha de uma tecnologia para programar o modelo (linguagem de propósito geral ou um pacote de simulação). Em seguida, o conhecimento detalhado do sistema, obtido no passo anterior, deve ser traduzido em um modelo que represente fielmente os principais aspectos do sistema.

No quinta etapa de um projeto de simulação, tal como proposto por Richman e Coleman (1981), deve ser realizado o levantamento de dados e o estudo estatístico dos mesmos. As distribuições de probabilidade das principais variáveis do sistema devem ser determinadas e integradas ao modelo desenvolvido no quarto passo.

Por fim, no sexto passo ocorre a simulação propriamente dita, e diversos resultados são gerados. No último (sétimo) passo, ocorre a avaliação dos resultados dos cenários simulados e uma decisão é tomada com base nessas informações.

Uma série de críticas existem sobre a forma com que projetos de simulação são conduzidos. Em primeiro lugar, a formulação do problema tal como é realizada nos projetos não garante que todos os envolvidos tenham suas perguntas respondidas pela simulação. É necessário que, no início do projeto, os objetivos sejam oficializados e divulgados, e todos os participantes devem concordar com eles antes que o projeto prossiga. Com relação à criação do modelo, deve existir uma preocupação especial com

a precisão das suposições. Elas devem ser constantemente revistas, na medida em que os analistas se tornem melhores entendedores do sistema. Por último, o levantamento de dados não pode ser desprezado. A obtenção de dados dos clientes pode ser difícil, pois os dados podem estar distorcidos, em formato incorreto, ou podem simplesmente não existir (BANKS; GIBSON, 2001).

Softwares de modelagem geralmente utilizam uma das seguintes perspectivas: agendamento de eventos, interação entre processos ou monitoramento de atividades (CARSON II, 2004). Cada uma das perspectivas foca, respectivamente, nos eventos, processos e atividades de uma simulação. Quando seguindo uma perspectiva de agendamento, o desenvolvedor do modelo deve definir a lógica do modelo e as mudanças no estado do sistema que acontecem sempre que um evento ocorre. Softwares de simulação que utilizam a perspectiva de interação entre processos provêm maneiras para o usuário definir um processo para cada entidade do sistema. Por último, na perspectiva de monitoramento de atividades o modelo é criado através das atividades definidas sob o ponto de vista dos recursos e das mudanças em seus estados acarretadas por eventos.

Na Tabela 1 é exibida uma lista não exaustiva dos softwares de simulação mais comumente encontrados no mercado (SIMULATION SOFTWARE SURVEY, 2006):

<i>Software</i>	<i>Fabricante</i>	<i>Aplicações Típicas</i>	<i>Mercados Primários</i>	<i>Requisitos do Sistema Memória RAM</i>	<i>Sistema Operacional</i>
@RISK	Palisade Corporation	Análise de risco; Tomada de decisão sob incerteza	Análise financeira; Pesquisa científica; Planejamento de negócios; Farmacêutico; Aeroespacial; Defesa	32MB	Windows/Excel
Arena	Rockwell Automation	Desenvolvimento e configuração de instalações; Agendamento; Gerenciamento de pacientes; Roteamento	Aeroportos; Saúde; Logística; Cadeia de suprimentos; Processos de negócios	64MB	Windows 98, 98 SE, Me, 2000, Server 2003, XP

Crystal Ball Professional	Decisioneering	Planejamento; Análise custo-benefício; Gerenciamento de riscos; <i>Six Sigma</i>	Serviços financeiros; Ambiental; Farmacêutico; Telecomunicações	16MB	Microsoft Excel 2000, 2002 (XP), 2003
ExpertFit	Averill M. Law	Ajustamento de distribuições de probabilidade sobre dados	Defesa; Manufatura; Transporte; Serviços	64KB	Windows
ProModel Optimization Suite	ProModel Corporation	<i>Six Sigma</i> ; Planejamento de capacidade; Análise de custos; Modelagem de processos	Manufatura; Logística; Farmacêutico; Defesa	128MB	Windows 98
SIMSCRIPT II.5	CACI Products Company	Linguagem de simulação para construção de aplicações de alta fidelidade e portáteis	Operações militares; Jogos de Guerra; Logística; Cadeia de suprimentos; Aeroespacial; Telecomunicações; Análise de redes; Controle de estoque	512MB	Windows, Linux
SIMUL8 Professional	SIMUL8 Corporation	Desenvolvimento de novos produtos e processos; Análise de capacidade; Melhoria contínua	Manufatura; Cadeia de suprimentos; Logística; Farmacêutico	64MB	Windows 95, 98, ME, NT 4, 2000, XP
Supply Chain Guru	LLamasoft	Otimização de cadeias de suprimentos	Qualquer Mercado envolvido com manufatura, armazenagem, gerência de estoques e transporte	256MB	Windows 2000, Windows XP
Supply Chain Builder	Simulation Dynamics, Inc.	Correção de problemas de estoque e transporte	Manufatura; Gerência de transporte	512MB	Windows 98, ME, 2000, XP

**Tabela 1 - Softwares de simulação comumente encontrados no mercado**

Uma funcionalidade de alguns softwares de simulação cujo desenvolvimento foi possibilitado pelo avanço tecnológico, sobretudo na capacidade de processamento dos computadores, é a otimização da simulação (FU, 2002). Otimizar uma simulação é atribuir um conjunto de valores para os parâmetros do sistema simulado de modo a otimizar o desempenho ou alguma variável de saída específica do sistema. Obviamente, este não é um processo de otimização no sentido puro do termo, devido às características estocásticas envolvidas na simulação. Ainda segundo Fu (2002), apesar de atualmente os softwares já contarem com alguns recursos de otimização de

simulação, as técnicas e algoritmos utilizados por eles estão bem aquém dos já desenvolvidos na área. Como consequência, os suplementos dos softwares de simulação que implementam a otimização consomem mais recursos e produzem resultados piores.

### **2.2.2. Simulação em cadeias de suprimentos**

Ballou (1992) advoga o uso de simulação para avaliar a dinâmica do fluxo de produtos e informações numa cadeia de suprimentos formada por sucessivas operações de produção e logística. Simulação dinâmica é uma ferramenta eficaz para testar o desempenho de uma determinada cadeia de suprimentos sob diferentes níveis de incerteza e graus de compartilhamento de informações. Segundo Saliby (2000), a simulação computacional tem se destacado como uma das ferramentas de crescente utilização da gestão moderna, em particular nas áreas de logística e operações. Nestas áreas, ela tem sido utilizada para apoiar decisões relativas ao dimensionamento de operações de carga e descarga, ao dimensionamento de estoque, à avaliação de investimentos em novos equipamentos e tecnologias, à determinação de frota ideal e serviços de atendimento em geral, dentre outras.

Utilizando simulação computacional, Closs (1998) procurou comprovar empiricamente a relação entre integração e compartilhamento de informações na cadeia de suprimentos com o aumento do desempenho da mesma. As informações dizem respeito basicamente ao volume de vendas, e o desempenho pode ser dividido em dois indicadores principais: nível de serviço e nível de estoque. Apesar da literatura indicar fortemente que ambos indicadores melhoram com uma maior integração e compartilhamento de informações, sem a utilização de simulação esta hipótese é de difícil confirmação, pois dados necessitariam ser extraídos não apenas de uma firma específica, mas sim de todas ao longo da cadeia de suprimentos.

Em seu estudo, Closs (1998) comparou o desempenho de duas cadeias diferentes: uma antecipatória, onde previsões e pontos de pedido são utilizados para empurrar os produtos, e outra baseada em resposta rápida, na qual informações são compartilhadas entre varejistas, distribuidores e fabricantes para puxar os produtos ao longo da cadeia. Três hipóteses foram levantadas: (1) serviço ao cliente, medido como o percentual de pedidos atendidos, é maior em cadeias baseadas em resposta rápida; (2) quantidade de estoque em cada estágio da cadeia é menor em cadeias baseadas em resposta rápida; e (3) quantidade total de estoque é menor em cadeias baseadas em resposta rápida.

Os experimentos foram conduzidos em dois cenários distintos. A diferença entre os dois era unicamente em relação à variabilidade da demanda, que em um era alta e no outro era baixa. Os resultados confirmaram a hipótese (1) em ambos os cenários, ou seja, o compartilhamento instantâneo de informações de vendas aumenta o nível de serviço para o consumidor final. Cadeias de suprimento que respondem à demanda real apresentam melhor taxa de atendimento de pedidos que cadeias baseadas em previsões. A hipótese (2) não foi inteiramente comprovada, ou seja, os resultados dos experimentos não indicaram que a redução no nível de estoque ocorreu de forma sistemática em todos os estágios da cadeia. Entretanto, quando considerado somente o estoque do varejista, ocorreu uma diminuição significativa no nível de estoque quando a cadeia é baseada em resposta rápida, em ambos os cenários. Quando a variação da demanda é baixa, a diminuição do estoque é da ordem de 50%, e quando é alta, da ordem de 40%. Este resultado pode ser interpretado como um prêmio concedido ao varejista quando este se dispõe a compartilhar informações críticas de volume de vendas. A terceira e última hipótese, de que a quantidade de estoque é menor em cadeias baseadas em resposta rápida, também foi confirmada no estudo. O varejista, por

vezes responsável por boa parte do estoque na cadeia, quando possui seu nível de estoque reduzido ao compartilhar informações diminui também o estoque na cadeia como um todo.

Outro experimento realizado com o apoio da técnica de simulação computacional abordou o conceito de ponto de desacoplamento da informação (MASON-JONES, 1999). O ponto de desacoplamento da informação corresponde ao elo da cadeia até onde as informações reais de demanda do consumidor chegam sem distorções. Utilizando um modelo baseado no APIOBPCS (*Automatic Pipeline Inventory Order Based Production Control System*) (TOWILL, 1995), uma cadeia de suprimentos de quatro níveis (varejista, atacadista, distribuidor e fabricante) teve seu desempenho aferido variando-se a localização do ponto de desacoplamento da informação. Quatro cenários distintos foram considerados, cada um correspondendo a uma posição diferente do ponto de desacoplamento: no varejista (localização mais comumente encontrada na realidade), no atacadista, no distribuidor e, por fim, no fabricante. No mundo real, a comunicação entre os elos para transferência de tais informações se daria através de Tecnologia da Informação (TI) e transmissão eletrônica de dados – os pontos de venda enviariam informações sobre vendas aos diferentes elos no momento em que elas acontecessem. Teoricamente, a divulgação de tais informações possibilitaria um melhor funcionamento da cadeia de suprimentos, pois, observando o comportamento real do consumidor, os diferentes elos poderiam planejar melhor seus níveis de estoque e quantidades dos pedidos. Os resultados deste experimento confirmaram as previsões teóricas, e o cenário onde a melhoria no desempenho foi mais significativa aconteceu quando o ponto de desacoplamento da informação se encontrava no fabricante. A configuração da cadeia de suprimentos neste cenário faz uso intenso de TI, para difusão das informações de vendas por toda a cadeia. Tal intensidade de uso de



tecnologia pode ter paralelos em outras configurações de cadeias de suprimentos do mundo real, onde pedidos de ressuprimento são disparados automaticamente por sistemas complexos de gestão de estoques. No entanto, deve ser destacado que uma diferença notável entre o cenário simulado e os encontrados na realidade é a natureza dos dados transferidos. Enquanto no cenário da simulação a tecnologia é utilizada para transmitir dados reais, obtidos diretamente dos pontos-de-venda, em muitas cadeias reais o uso intenso de TI também ocorre, mas para transmissão de dados já distorcidos pelo efeito chicote.

### **2.3. O papel do tempo de resposta**

Estudos já foram realizados procurando determinar o impacto de diferentes políticas de produção e de distribuição nos indicadores da cadeia de suprimentos (WANKE et al., 2006; WANKE e ZINN, 2004). Da mesma forma, padrões de demanda no varejo e condições de erros de previsão de vendas também já foram avaliados quanto aos seus impactos no funcionamento da cadeia de suprimentos (PANISSET, 2007; JÁCOME e BENZECRY, 2005). No entanto o tempo de resposta, uma das principais variáveis da cadeia de suprimentos devido ao seu efeito direto no nível de serviço e nível de estoque (BOWERSOX, 1996; BALLOU, 1992), ainda não foi objeto de estudo específico que procurasse avaliar seu impacto, em conjunto com as políticas de produção e de distribuição, nos indicadores da cadeia de suprimentos.

Sendo assim, este estudo procura complementar o conhecimento já construído acerca da cadeia de suprimentos através da determinação das relações entre tempo de resposta, política de produção e política de distribuição, sob a ótica do elo imediatamente anterior ao consumidor final da cadeia – o varejista. Para tanto foi utilizada a técnica de simulação, a qual comprovadamente é eficaz para este tipo de estudo, conforme discutido na seção correspondente desta revisão bibliográfica. A seção a seguir – Metodologia – formaliza os objetivos desta pesquisa e apresenta com detalhes os diversos parâmetros envolvidos nos experimentos via simulação.

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1. Objetivos da pesquisa**

É sabido que as políticas de produção e de distribuição adotadas pela indústria exercem impacto significativo no varejo (WANKE et al., 2006). O modo como a indústria costuma se posicionar, em termos destas duas políticas, frente diferentes condições de tempos de resposta também já é conhecido (WANKE e ZINN, 2004). No entanto, não há evidências na literatura sobre quais políticas de produção e de distribuição são mais eficientes, do ponto de vista do varejo, para diferentes condições de tempo de resposta de ressurgimento. A fim de preencher esta lacuna no conhecimento, esta pesquisa procurará responder às seguintes questões:

1. Quais políticas de produção e de distribuição na indústria maximizam os indicadores de nível de serviço e de nível de estoque no varejo, sob diferentes condições de tempo de resposta? Ambos os indicadores são maximizados pelo mesmo posicionamento? Se não, qual deles, no geral, é o mais benéfico para o varejo?
2. Dada uma configuração da política de produção, de distribuição e do tempo de resposta, onde a indústria deve investir esforços para maximizar os indicadores do varejo? Ou seja, é preferível alterar a política de produção, de distribuição, ou perseguir uma redução no tempo de resposta?
3. Do ponto de vista do varejo, até que ponto as políticas de produção e de distribuição adotadas atualmente pela indústria são ótimas?

O estudo experimental através de simulação foi a metodologia escolhida para atingir os objetivos desta pesquisa. As próximas seções detalham o uso da técnica neste contexto específico.

### **3.2. Por que a técnica de simulação foi utilizada neste estudo?**

A simulação computacional foi a técnica escolhida para aprofundar o conhecimento a respeito da questão básica deste trabalho, a lembrar, a influência de diferentes configurações de tempos de resposta e de políticas de produção e de distribuição nos níveis de estoque, no nível de serviço e em outros indicadores do varejo. Diversos são os fatores que embasam esta escolha. Primeiramente, cadeias de suprimentos são sistemas que podem ser representados satisfatoriamente em modelos de simulação relativamente simples. A complexidade do modelo de simulação é um fator importante, pois modelos demasiadamente complexos inviabilizam a execução de experimentos, devido às necessidades de processamento computacional exigidas. A questão de quão complexo um modelo deve ser está diretamente ligada às perguntas que se espera que o modelo possa responder. Desta forma, quanto mais específicas as perguntas a serem respondidas, mais complexo deve ser o modelo de simulação. Nesta pesquisa o modelo de simulação utilizado é de baixa complexidade, pois apenas indicadores simples são considerados. Ainda, o modelo utilizado atende aos requisitos expostos por Richman e Coleman (1981) para modelos de simulação adequados: inclusão de todas as variáveis importantes, e nenhuma mais; quantificações do fenômeno observado; e descrição válida das regras que governam a interação entre as variáveis.

Segundo Ingalls (2002), a simulação é utilizada para observar o comportamento dinâmico de sistemas. Esta é fundamentalmente a questão considerada neste trabalho, enunciada de maneira mais genérica. O sistema observado é uma cadeia de suprimentos, e seu aspecto dinâmico provém das diversas variáveis que regulam seu funcionamento: demanda (quantidade e variabilidade), tempos de resposta entre elos (magnitude e variabilidade), métodos de previsão de demanda utilizados por cada um dos elos, dentre

outras. Devido ao grande número de variáveis que afetam o comportamento de uma cadeia de suprimentos, é necessária a adoção de uma determinada perspectiva caso se deseje obter relações úteis entre essas variáveis. Posto de outra maneira, seria de pouca utilidade detectar um determinado padrão de comportamento numa cadeia de suprimentos sem que a razão do fenômeno pudesse ser especificada, em termos dos conjuntos de variáveis de controle e de valores que estas variáveis assumem quando o comportamento é observado. Por essa razão, o questionamento desta pesquisa é explícito com relação às variáveis experimentadas – o tempo de resposta, a política de produção e a política de distribuição – e implícito com relação às demais variáveis de entrada, que permanecerão constantes ao longo dos experimentos. Assim, poder-se-á estabelecer relações causais no comportamento dos indicadores de desempenho do varejo, em que a origem é uma determinada configuração do tempo de resposta e das duas políticas praticadas pela indústria.

A adoção de uma determinada perspectiva é fundamental para que o problema seja simplificado e resultados relevantes sejam obtidos. Entretanto, ao tomar a decisão de fixar uma perspectiva, indiretamente reduzimos o conjunto de fenômenos ou comportamentos passíveis de serem observados na cadeia de suprimentos. Obviamente, nem todo fenômeno, e provavelmente a maioria deles, não é causado unicamente devido a uma determinada configuração de um subconjunto pequeno de variáveis constituintes do estado da cadeia. Os comportamentos são causados por configurações específicas, não necessariamente simultâneas, de diversas variáveis, cada qual com seu peso relativo. Sob uma determinada perspectiva, conseguiremos observar apenas, e talvez, os comportamentos em que as variáveis experimentadas sejam as precursoras principais – as de maior peso – do comportamento.

Ainda com relação às razões pelas quais a técnica de simulação foi utilizada, não poderia deixar de ser citado a impraticabilidade de se realizar os mesmos experimentos com os sistemas reais. Cadeias de suprimentos são estruturas interempresas complexas, em que direitos e responsabilidades são regidos por contratos de fornecimento de produtos e serviços que, usualmente, envolvem largas somas de capital. Experimentos com os parâmetros da cadeia de suprimentos da magnitude dos realizados nesta pesquisa certamente seriam inviáveis de serem realizados no sistema real. Isto não necessariamente constitui uma limitação desta pesquisa, desde que o modelo de simulação utilizado considere apropriadamente as principais variáveis que regem o comportamento da cadeia. Entretanto, é bem verdade que algumas questões que influenciam no comportamento não estão traduzidas no modelo, ora devido a sua baixa relevância, ora devido a sua alta complexidade. Como exemplo, consideremos os fatores influentes no nível de estoque de um dado material, em um determinado elo da cadeia de suprimentos. Demanda e tempo de resposta de obtenção deste material são elementos de grande importância, diretamente relacionados com o nível de estoque observado. Porém, além desses, outros menos prováveis, como projeções do preço futuro deste material, também podem influenciar significativamente o nível de estoque observado. Apesar disso, tais fatores são difíceis de serem representados no modelo e, mesmo que fossem, o seriam sob um custo de complexidade elevado, o que poderia comprometer a execução dos experimentos.

### **3.3. Simulador utilizado**

Os experimentos foram realizados através do Spartan, um modelo de cadeia de suprimentos que opera na plataforma de simulação ARENA. O modelo Spartan foi desenvolvido na Michigan State University (MSU) pelo professor Alexandre Medeiros

Rodrigues, Ph.D, e tem servido de base para diversas pesquisas quantitativas sobre a cadeia de suprimentos, inclusive as realizadas por Wanke (2006), Jácome e Benzecry (2005) e Panisset (2007). O ARENA é um software de simulação de propósito geral, ou seja, apropriado *a priori* para qualquer domínio de aplicação. O Spartan é um modelo desenvolvido sobre o ARENA que facilita simulações de configurações específicas de cadeias de suprimentos. Na Figura 3 é explicada a plataforma de simulação utilizada:



**Figura 3 - Plataforma de simulação utilizada**

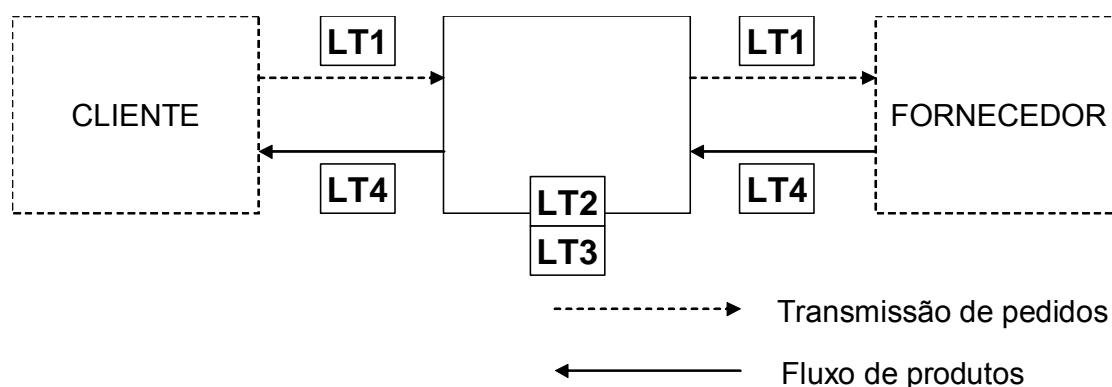
Obviamente, as simulações poderiam ter sido realizadas diretamente através do ARENA. Entretanto, a utilização de um modelo específico, já testado anteriormente, possibilita maiores esforços na análise do problema, em vez de nos detalhes de sua implementação.

O Spartan é um modelo que pode ser programado para representar configurações específicas de cadeia de suprimentos. Esta programação é realizada através de arquivos de entrada, que contêm informações da cadeia de suprimentos que se deseja estudar. O modelo pode representar sistemas de elos de até seis níveis. Em cada nível, podem existir até 10 instalações. Além disso, o modelo suporta a simulação de até 100 produtos simultaneamente.

Com relação a tempos de resposta, o modelo possibilita quatro tipos diferentes, a saber:

- LT1 – Tempo de transmissão de pedidos para o fornecedor;
- LT2 – Tempo necessário para processamento e preparação do pedido;
- LT3 – Tempo desde o encerramento do pedido até seu envio (necessário, por exemplo, para consolidação de pedidos);
- LT4 – Tempo até o pedido chegar do fornecedor.

Os tempos de resposta LT1 e LT4 são característicos de cada par de localizações, enquanto os tempos LT2 e LT3 são específicos de uma determinada instalação. A Figura 4 esquematiza os tempos de resposta envolvidos num segmento hipotético de uma cadeia de suprimentos:



**Figura 4 - Tempos de resposta envolvidos num segmento hipotético de uma cadeia de suprimentos**

Apesar dos quatro tipos de tempo de resposta permitidos pelo Spartan, nos experimentos realizados foi utilizado somente o LT4 – tempo de transporte do pedido do fornecedor até o cliente. Supondo que o tempo de resposta resultante é uma combinação linear dos demais, e que não existe correlação entre eles, os tempos de resposta são semelhantes no que se referem aos efeitos que causam na cadeia de suprimentos. Por isso, a consideração de apenas um tipo, e o descarte dos outros, não compromete a validade dos resultados.



O Spartan permite a simulação de cadeias com diversos tipos de produtos. Para cada produto podem ser configurados diversos parâmetros: estoque inicial em cada instalação, ponto de pedido, nível de reposição de estoque, fornecedor, custo de carregamento de estoque, custo de *backorder* (pendência), custo de manufatura, preço, entre outros. Apenas um tipo de produto foi utilizado nos experimentos.

Além dos já citados, outros parâmetros também podem ser configurados no Spartan: intervalo de revisão, lógica de produção (empurrada ou puxada), existência ou não de *backorder*, custos fixos das instalações, transporte e processamento de pedidos, e a demanda de cada produto.

Por fim, o Spartan gera uma série de resultados após a realização de cada corrida da simulação, dentre eles: *fill rate*, estoque médio (em cada elo da cadeia e em trânsito), quantidade de carregamentos, número de rupturas de estoque, quantidade acumulada de falta de estoque, quantidade total recebida e outros.

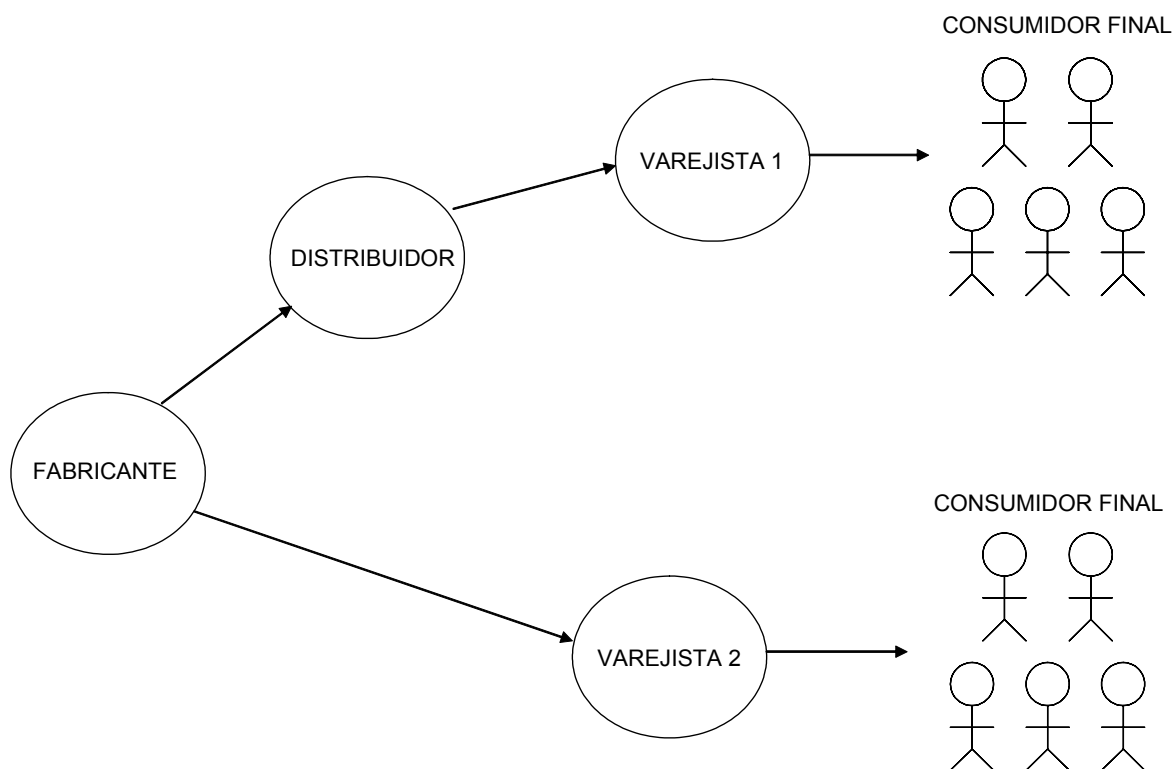
### **3.4. A cadeia de suprimentos simulada**

Cadeia de suprimentos é um termo genérico para descrever uma seqüência de empresas através da qual um fluxo de materiais segue em um sentido, desde o fornecedor de matérias-primas até o consumidor final, e um fluxo de informações segue em sentido contrário, relativo, em seu nível mais básico, aos pedidos realizados pelos elos aos seus respectivos posicionados anteriormente na cadeia. Tenta-se alcançar o objetivo deste estudo através de simulação computacional da cadeia de suprimentos. Não obstante, até agora não foi definida a configuração específica da cadeia de suprimentos tratada, ou seja, os elos que a constituem assim como os relacionamentos entre eles. Um dos primeiros modelos de cadeia de suprimentos encontrado na literatura

é o modelo de Forrester (1961). A cadeia de suprimentos idealizada por Forrester para efeitos de seu estudo era composta por quatro elos (varejista, distribuidor, armazém e fábrica). Diversos outros modelos de cadeias de suprimentos são encontrados na literatura, alguns com mais ou menos elos que o modelo de Forrester. A grande maioria desses modelos, no entanto, não foge à norma de possuir de três a cinco elos. Neste estudo é utilizada uma cadeia de suprimentos com um Fabricante, um Distribuidor e dois Varejistas (Varejista 1 e Varejista 2)<sup>1</sup>. O Fabricante é responsável por atender o Distribuidor e o Varejista 2. O Varejista 1 é atendido pelo Distribuidor. O consumidor final, por sua vez, é atendido por ambos os Varejistas. Nem o Fabricante nem o Distribuidor atendem diretamente o consumidor final. Desta forma, o modelo conta simultaneamente com dois diferentes tipos de distribuição: direta (Fabricante → Varejista 2) e escalonada (Fabricante → Distribuidor → Varejista 1). Graficamente, esta cadeia de suprimentos pode ser representada como na Figura 5:

---

<sup>1</sup> As denominações fabricante, distribuidor e varejista aparecerão com iniciais maiúsculas quando se referirem especificamente aos elos da cadeia de suprimentos simulada. Quando utilizadas no sentido geral aparecerão em minúsculas.



**Figura 5 - Cadeia de suprimentos simulada nos experimentos**

Este é um modelo simplificado com relação à quantidade de elos até que o produto chegue ao consumidor final (no máximo três elos, na distribuição escalonada). A possibilidade de que o produto chegue ao consumidor final passando apenas por dois elos (distribuição direta) enriquece a gama de análises que poderá ser realizada após os experimentos. Lembrando que a variável de estudo é o tempo de resposta, e que este sempre estará presente na transferência de materiais de um elo para outro, a possibilidade de o produto caminhar dois ou três elos até chegar a seu destino final habilita análises relacionando o comportamento da cadeia, a política de distribuição e uma determinada configuração do tempo de resposta.

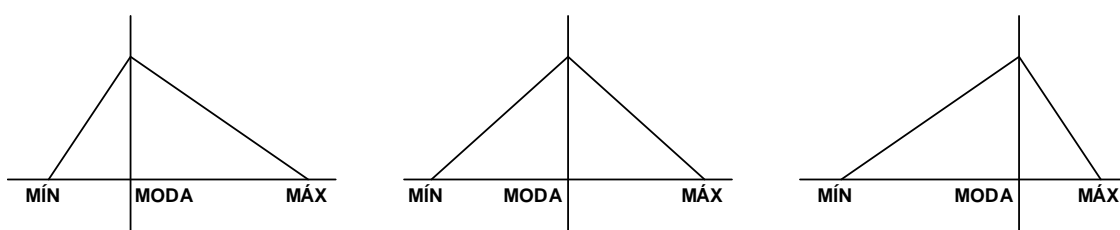
### **3.5. Configurações de tempo de resposta utilizadas nas simulações**

A perspectiva adotada neste estudo é a do tempo de resposta. Conforme explicado na Introdução, esta é mais uma de uma série de pesquisas destinadas a avaliar,

através de simulação computacional, o comportamento da cadeia de suprimentos quando submetida a variações em alguns de seus parâmetros. Sempre através de simulação, Wanke (2006) estudou os impactos de diferentes estratégias de produção e distribuição; Jácome e Benzecry (2005) analisaram como a previsão de vendas (em particular, precisão e viés do método de previsão) afeta a cadeia de suprimentos; por fim, Panisset (2007) avaliou o reflexo de diferentes curvas de demanda no varejo nos principais indicadores do fluxo de produtos.

Adotar a perspectiva de tempo de resposta significa que, para cada combinação das políticas de produção e distribuição, todas as outras variáveis da cadeia possuirão comportamentos idênticos ao longo das simulações, com exceção do tempo de resposta, que variará conforme distribuições preestabelecidas. Isto possibilitará o isolamento dos efeitos causados pelo tempo de resposta no comportamento da cadeia de suprimentos. Também já foram mencionados os pontos onde os tempos de resposta ocorrem: na transferência de produtos do Fabricante para o Distribuidor, do Distribuidor para o Varejista e do Fabricante para o Varejista. Entretanto, falta ainda descrever o comportamento específico do tempo de resposta: a distribuição probabilística adotada e seus respectivos parâmetros.

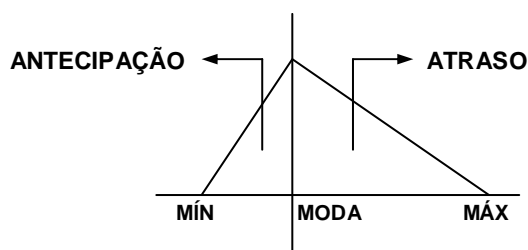
Nos experimentos realizados, o tempo de resposta seguiu uma Distribuição Triangular. Tal distribuição pode ser definida através de três parâmetros: mínimo, moda e máximo. Na Figura 6 são ilustrados alguns exemplos de Distribuições Triangulares:



**Figura 6 - Exemplos de Distribuições Triangulares**

Na Figura 6, as linhas verticais correspondem às modas das distribuições. Os pontos à esquerda e à direita da moda interceptados por retas inclinadas são, respectivamente, os pontos de mínimo e máximo da distribuição.

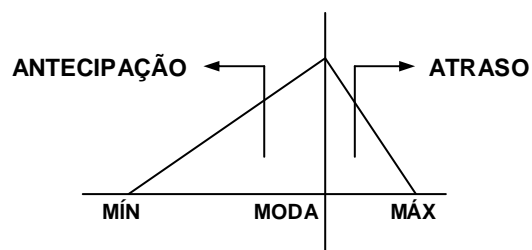
O tempo de resposta, quando segue uma Distribuição Triangular, pode ser classificado com relação a duas dimensões: amplitude e viés. A primeira dimensão, amplitude, definida como a diferença entre o valor máximo e o valor mínimo<sup>1</sup> que o tempo de resposta pode assumir, pode ser qualitativamente classificada, para efeitos desse estudo, em baixa, média ou alta. Essa classificação corresponde aos níveis do projeto de experimentos. A dimensão de viés está relacionada com o posicionamento da moda em relação aos outros dois parâmetros. Diz-se que uma Distribuição Triangular é perfeitamente simétrica, ou neutra, quando a moda é equidistante dos pontos de mínimo e máximo. Neste caso, a probabilidade de ocorrência de um tempo de resposta abaixo da moda é a mesma da ocorrência de um tempo acima da moda. Quando a moda se desloca em direção ao ponto de mínimo a Distribuição Triangular se torna assimétrica e caracteriza uma situação de viés de atraso. A probabilidade de ocorrência de um tempo de resposta acima da moda, ou seja, um atraso, é maior que a de ocorrência de um tempo abaixo da moda, conforme ilustra a Figura 7:



**Figura 7 - Distribuição Triangular assimétrica (tempo de resposta com viés de atraso)**

<sup>1</sup> Outras definições também podem ser utilizadas para a amplitude do tempo de resposta, como, por exemplo, a razão entre o valor máximo e o valor mínimo desta variável.

Finalmente, quando, a partir de uma situação de simetria, a moda se desloca em direção ao ponto de máximo, a Distribuição Triangular passa a caracterizar uma situação de antecipação. A probabilidade de ocorrência de um tempo de resposta abaixo da moda, ou seja, uma antecipação ou adiantamento, é maior que a de ocorrência de um tempo de resposta acima da moda, conforme ilustra a Figura 8:



**Figura 8 - Distribuição Triangular assimétrica (tempo de resposta com viés de antecipação)**

As três possibilidades de classificação do tempo de resposta com relação à amplitude (baixa, média e alta), e as três possibilidades com relação ao viés (neutro, atraso e antecipação), definidas para efeitos desta pesquisa, dão origem a nove configurações de tempos de resposta (ou  $3^2$  níveis do projeto de experimentos), cada uma correspondendo a uma combinação entre as duas dimensões. A Figura 9 resume qualitativamente estas configurações:

		AMPLITUDE		
		BAIXA	MÉDIA	ALTA
SIMETRIA	ATRASSO			
	NEUTRA			
	ANTECIPAÇÃO			

**Figura 9 - Configurações de tempo de resposta utilizadas nos experimentos**

Uma vez estabelecidas qualitativamente as configurações do tempo de resposta utilizadas nos experimentos, resta agora atribuir valores condizentes com as características de amplitude e viés das distribuições. Foi definido, arbitrariamente, um valor de 2 para amplitude baixa, 4 para amplitude média e 8 para amplitude alta. Da mesma forma, com relação à dimensão de viés foi utilizada uma relação de três para um entre o lado da moda com maior probabilidade de ocorrer e o lado da moda com menor probabilidade de ocorrer. Exemplificando, na configuração de viés de atraso valores entre o mínimo e a moda possuirão 25% de chances de ocorrer, ao passo que valores entre a moda e o máximo possuirão 75% de chances de ocorrer. A partir destas definições, pode-se estabelecer parâmetros reais para cada uma das nove configurações do tempo de resposta mostradas acima. Na Tabela 2 são apresentados, para cada configuração, os parâmetros da Distribuição Triangular:

Amplitude do Tempo de Resposta	Viés do Tempo de Resposta	Parâmetros da Distribuição Triangular (unidades de tempo)			
		Mínimo	Moda	Máximo	Média
Baixa	Antecipação	1	2,5	3	2,17
Baixa	Neutro	1,5	2,5	3,5	2,5
Baixa	Atraso	2	2,5	4	2,83
Média	Antecipação	1	4	5	3,33
Média	Neutro	2	4	6	4
Média	Atraso	3	4	7	4,67
Alta	Antecipação	1	7	9	5,67
Alta	Neutro	3	7	11	7
Alta	Atraso	5	7	13	8,33

**Tabela 2 - Parâmetros da Distribuição Triangular para cada configuração do tempo de resposta**

### **3.6. Políticas de produção e de distribuição**

As políticas de produção e de distribuição são as duas outras variáveis experimentadas (a primeira é o tempo de resposta). A política de produção pode ser empurrada, correspondendo a uma situação em que a demanda futura é antecipada a partir de programações feitas com base em previsões de vendas. Alternativamente, ela pode ser puxada, situação na qual a demanda real, e não uma previsão, é utilizada para planejamento da produção.

A política de distribuição, por sua vez, pode ser direta ou escalonada. Conforme mostrado na Figura 5, o ressuprimento ao varejo pode ser realizado através da fábrica (distribuição direta) ou através do Distribuidor (distribuição escalonada). A demanda gerada pelo consumidor final é a mesma, tanto no Varejista 1 quanto no Varejista 2. O perfil desta demanda segue uma distribuição uniforme com mínimo de 1 e máximo de 8 unidades. Além disso, em todos os elos da cadeia, não existe qualquer restrição de capacidade de produção nem de armazenamento, de modo que os segmentos da cadeia correspondentes à distribuição direta e à distribuição escalonada operam de forma independente. Em outras palavras, não existem interações entre o Distribuidor e o Varejista 2 nem entre o Varejista 1 e o Varejista 2.

### **3.7. Variáveis dependentes e variáveis independentes**

O experimento desta pesquisa, realizado através de simulação, está organizado na forma de um delineamento fatorial. Segundo Montgomery (1991), esta forma de organização de experimentos possui diversas vantagens em relação a experimentos que procuram medir o impacto individual de cada fator de forma independente. Estas vantagens são:



1. Experimentação simultânea de diversos fatores, o que permite identificar efeitos de interação entre eles;
2. Estimação do efeito de fatores para todos os níveis dos outros fatores, o que permite traçar conclusões mais amplas, que cobrem todas as combinações de níveis utilizadas nos experimentos.

Em um delineamento fatorial, os fatores correspondem às variáveis que serão testadas nos experimentos. Estes fatores também podem ser chamados de variáveis independentes, uma vez que assumirão os valores pré-determinados independentemente dos resultados dos experimentos. As variáveis dependentes, por sua vez, correspondem aos resultados que se deseja medir em cada experimento.

Sendo assim, nesta pesquisa as variáveis independentes são os quatro parâmetros da cadeia de suprimentos cujos efeitos serão testados: política de produção, política de distribuição, amplitude do tempo de resposta e viés do tempo de resposta. Já as variáveis dependentes, seis no total, representam indicadores do varejo. Três destes indicadores estão relacionados ao nível de serviço: *Fill Rate*, Quantidade de Rupturas de Estoque e Quantidade Acumulada de Falta de Estoque. Dois estão relacionados aos níveis de estoque: Estoque Médio em Mãos e Estoque Médio em Trânsito. A Quantidade de Carregamentos Recebidos, por sua vez, é um indicador relevante do fluxo de produtos para o varejo.

Na Tabela 3 são listadas todas as variáveis independentes e dependentes, assim como suas respectivas escalas, dimensões e definições operacionais.

<b>Variável</b>	<b>Tipo</b>	<b>Escala</b>	<b>Dimensão</b>	<b>Definição Operacional</b>
<i>Fill Rate</i> (FR)	Dependente	Métrica	Percentual	Razão entre a quantidade total disponibilizada pelo varejo e a quantidade total solicitada pelos consumidores finais, calculada para cada 365 dias da simulação
Estoque Médio em Mãos (EMM)	Dependente	Métrica	Unidades	Estoque médio no varejo, calculado para cada 365 dias da simulação
Estoque Médio em Trânsito (EMT)	Dependente	Métrica	Unidades	Estoque médio em trânsito para o varejo, calculado para cada 365 dias da simulação
Quantidade de Carregamentos Recebidos (QCR)	Dependente	Métrica	Ocorrências	Quantidade de carregamentos recebidos pelo varejo a cada 365 dias da simulação
Quantidade de Rupturas de Estoque (QRE)	Dependente	Métrica	Ocorrências	Quantidade de vezes que houve falta de estoque no varejo a cada 365 dias da simulação
Quantidade Acumulada de Falta de Estoque (QAFE)	Dependente	Métrica	Unidades	Quantidade total de unidades que deixaram de ser vendidas pelo varejo a cada 365 dias da simulação
Política de Produção	Independente	Nominal	0 = Empurrada 1 = Puxada	Efeito principal a ser testado
Política de Distribuição	Independente	Nominal	0 = Escalonada 1 = Direta	Efeito principal a ser testado
Amplitude do Tempo de Resposta	Independente	Nominal	0 = Baixa 1 = Média 2 = Alta	Efeito principal a ser testado
Viés do Tempo de Resposta	Independente	Nominal	0 = Antecip. 1 = Neutro 2 = Atraso	Efeito principal a ser testado

**Tabela 3 - Variáveis dependentes e variáveis independentes**

### 3.8. Análise de dados

A massa de dados gerada pelos experimentos foi analisada em duas etapas. A primeira delas, análise preliminar (seção 4.1), procurou obter relacionamentos entre as variáveis independentes e dependentes através das médias das variáveis dependentes encontradas para cada configuração das variáveis independentes. Como alguns efeitos não podem ser capturados por esta análise básica (por exemplo, efeitos de interação entre determinados níveis das variáveis independentes), na segunda etapa foi utilizada análise multivariada para investigação dos resultados.

Segundo Hair (1998), análise multivariada se refere a todos os métodos estatísticos que analisam, simultaneamente, diversas medidas em cada indivíduo ou objeto sob investigação. O método multivariado específico utilizado neste estudo foi a MANOVA (*Multivariate Analysis of Variance* – Análise Multivariada de Variância). Esta escolha se deu pelas seguintes razões:

1. As variáveis do estudo podem ser classificadas em independentes e dependentes, o que indica que uma técnica multivariada de dependência deve ser utilizada (HAIR, 1998);
2. Diversas variáveis dependentes estão presentes, indicando que, dependendo da escala das variáveis, a técnica de correlação canônica ou a técnica de MANOVA deve ser utilizada (HAIR, 1998);
3. Por fim, as variáveis dependentes são métricas e as independentes são não-métricas, de onde se conclui que a MANOVA é a técnica de preferência para a análise multivariada dos resultados (HAIR, 1998).

Na seção 4.2 os resultados da aplicação da MANOVA sobre os dados são exibidos, e uma atenção especial é dedicada às suposições de MANOVA, já que

qualquer técnica multivariada possui pré-requisitos inerentes, os quais, se não forem respeitados, comprometem a validade dos resultados.

## 4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Uma grande massa de dados foi gerada pelos experimentos via simulação. Para cada cenário considerado foram realizadas 50 corridas de simulação, o que significa que para cada uma das variáveis dependentes da Tabela 3 foram obtidos 50 valores. Cada cenário corresponde a uma combinação específica entre as variáveis independentes Política de Produção, Política de Distribuição, Amplitude do Tempo de Resposta e Viés do Tempo de Resposta. No total, são 36 combinações possíveis e, portanto, 1800 valores disponíveis para análise, para cada variável. Devido a essa grande quantidade de observações, é interessante analisar primeiramente os dados via estatística descritiva básica, a fim de obter uma visão geral sobre os resultados e possivelmente prosseguir para a análise multivariada já com algumas questões levantadas nessa análise preliminar.

### 4.1. Análise preliminar dos resultados obtidos

O objetivo da análise preliminar é um entendimento inicial das relações entre as variáveis independentes (Política de Produção, Política de Distribuição, Amplitude do Tempo de Resposta e Viés do Tempo de Resposta) e as variáveis dependentes relacionadas aos indicadores de nível de serviço e nível de estoque do varejo. Primeiramente será analisado o impacto das variáveis independentes no *Fill Rate*, na Quantidade Acumulada de Falta de Estoque e na Quantidade de Rupturas de Estoque, e em seguida o impacto destas mesmas variáveis no Estoque Médio em Mãos e no Estoque Médio em Trânsito.

#### 4.1.1. Impacto das variáveis independentes nos indicadores de nível de serviço

A média e o desvio-padrão são estatísticas básicas que ajudam a entender a natureza das variáveis, principalmente quando nenhuma outra informação está disponível sobre elas. Sendo assim, a Tabela 4 apresenta as médias e os desvios-padrão de todas as variáveis dependentes, para cada um dos cenários considerados.

Algumas conclusões podem ser tiradas a partir da análise da Tabela 4. Em primeiro lugar é possível verificar que, para todas as combinações de Política de Produção, Política de Distribuição e Viés do Tempo de Resposta, uma Amplitude do Tempo de Resposta baixa fornece os melhores níveis de serviço, descritos pela variável *Fill Rate*. Além disso, apesar do Viés do Tempo de Resposta influenciar o *Fill Rate*, seu efeito nesta variável dependente não é tão grande quanto o efeito da Amplitude do Tempo de Resposta. Para uma mesma configuração da Política de Produção (empurrada), Política de Distribuição (escalonada) e Viés do Tempo de Resposta (atraso) encontra-se valores de 36,4% (amplitude alta) até 67,5% (amplitude baixa), ou seja, uma diferença de aproximadamente 31 pontos percentuais. Entretanto, variando-se apenas o Viés do Tempo de Resposta a diferença máxima encontrada é de apenas 12 pontos percentuais, aproximadamente, referente ao caso em que a Política de Produção é empurrada, a Política de Distribuição é direta e a Amplitude do Tempo de Resposta é alta. A Tabela 5 auxilia a visualização destes resultados, uma vez que agrega as variáveis dependentes primeiramente em termos do Viés do Tempo de Resposta e depois em termos da Amplitude do Tempo de Resposta.

Ainda a respeito do impacto do Viés e da Amplitude do Tempo de Resposta sobre o *Fill Rate*, observamos que, dada uma configuração qualquer da Política de Produção e da Política de Distribuição, os melhores níveis de serviço são aqueles em que a Amplitude do Tempo de Resposta é baixa, e os piores níveis de serviço aqueles

em que a Amplitude é alta. Ou seja, o impacto do Viés do Tempo de Resposta é apenas local dentro dos grupos de resultados formados por diferentes configurações da Amplitude do Tempo de Resposta, não sendo forte o suficiente para tornar qualquer configuração onde a Amplitude é média (ou alta) melhor (em termos de nível de serviço) que uma configuração onde a Amplitude é baixa (ou média), Políticas de Produção e de Distribuição constantes.

Neste momento é interessante relembrar os valores dos parâmetros da Distribuição Triangular utilizados para cada configuração do tempo de resposta, assim como suas respectivas médias. Estas informações estão presentes na Tabela 2, apresentada na seção de Metodologia.

Variáveis Independentes				Variáveis Dependentes											
Política de Produção	Política de Distribuição	Viés do Tempo de Resposta	Amplitude do Tempo de Resposta	Fill Rate		Quantidade de Carregamentos		Estoque Médio em Mãos		Estoque Médio em Trânsito		Qtde Acumulada de Falta de Estoque		Qtde de Rupturas de Estoque	
				Média	$\sigma$	Média	$\sigma$	Média	$\sigma$	Média	$\sigma$	Média	$\sigma$	Média	$\sigma$
Empurrada	Direta	Antecipação	Alta	61.3%	12.2%	109	22	4.66	2.38	11.65	2.61	575	192	141	44
			Baixa	82.5%	7.5%	160	16	9.23	2.64	6.55	1.66	225	106	64	27
			Média	74.4%	9.0%	140	17	6.95	2.52	9.04	2.04	366	142	93	33
		Atraso	Alta	49.1%	8.4%	81	13	2.98	1.07	13.83	1.91	786	127	185	31
			Baixa	77.4%	7.6%	148	13	7.50	2.22	8.44	1.19	309	111	82	28
			Média	65.6%	9.6%	119	13	5.16	1.83	11.09	1.69	507	138	125	35
	Neutra	Alta	54.5%	10.2%	94	15	3.70	1.67	12.89	2.15	691	155	166	37	
		Baixa	80.3%	8.0%	156	13	8.56	2.66	7.24	1.35	258	113	72	29	
		Média	70.5%	8.9%	129	14	6.14	2.27	9.91	1.71	431	133	107	32	
	Escalonada	Antecipação	Alta	47.0%	9.9%	92	16	2.70	1.24	9.37	2.57	788	140	193	36
			Baixa	72.5%	8.7%	152	14	6.79	1.86	5.89	1.53	378	125	100	32
			Média	62.8%	10.2%	128	16	4.81	1.82	7.42	1.89	548	146	135	37
Atraso		Alta	36.4%	7.3%	72	13	1.75	0.68	10.66	2.03	946	99	232	27	
		Baixa	67.5%	9.2%	141	16	5.40	1.57	6.97	1.17	463	133	118	33	
		Média	53.1%	9.0%	108	14	3.31	1.20	8.93	1.65	692	123	171	33	
Neutra	Alta	40.8%	8.2%	79	13	2.17	0.74	10.07	2.11	878	114	215	30		
	Baixa	70.0%	9.1%	147	14	6.05	1.73	6.39	1.35	421	134	109	33		
	Média	58.0%	9.4%	118	16	3.98	1.25	8.24	1.75	619	135	153	34		
Puxada	Direta	Antecipação	Alta	59.7%	11.4%	105	20	4.54	2.19	11.35	2.69	602	181	147	41
			Baixa	79.7%	7.9%	154	18	8.84	2.62	6.27	1.54	270	115	74	29
			Média	72.2%	9.0%	134	18	6.76	2.43	8.74	1.99	400	142	101	33
		Atraso	Alta	48.6%	8.3%	79	13	2.98	1.06	13.62	1.92	797	126	187	30
			Baixa	74.5%	8.0%	141	14	7.21	2.21	8.09	1.16	357	117	93	29
			Média	63.8%	9.1%	114	12	5.05	1.77	10.77	1.67	535	131	132	33
	Neutra	Alta	53.5%	9.9%	91	15	3.67	1.64	12.60	2.15	708	151	169	36	
		Baixa	77.6%	8.1%	150	15	8.20	2.58	6.97	1.32	301	116	81	30	
		Média	69.0%	9.1%	126	14	6.05	2.24	9.68	1.74	456	135	113	33	
	Escalonada	Antecipação	Alta	45.8%	9.8%	90	16	2.66	1.22	9.09	2.43	804	139	197	36
			Baixa	70.6%	8.6%	148	13	6.54	1.81	5.72	1.47	410	125	107	31
			Média	61.2%	9.7%	123	15	4.65	1.69	7.20	1.81	574	140	141	35
Atraso		Alta	35.7%	7.4%	69	11	1.75	0.70	10.42	1.89	956	94	234	27	
		Baixa	65.1%	8.7%	135	16	5.16	1.43	6.72	1.09	499	127	127	32	
		Média	52.1%	9.3%	105	14	3.24	1.19	8.72	1.56	712	123	175	34	
Neutra	Alta	40.2%	8.5%	78	13	2.15	0.78	9.89	2.03	888	114	218	31		
	Baixa	67.8%	8.7%	141	15	5.78	1.59	6.17	1.25	454	130	117	32		
	Média	56.9%	9.4%	115	16	3.91	1.20	8.02	1.67	639	134	157	34		

**Tabela 4 - Médias e desvios-padrão das variáveis dependentes para cada configuração das variáveis independentes Política de Produção, Política de Distribuição, Viés do Tempo de Resposta e Amplitude do Tempo de Resposta, nesta ordem**



Variáveis Independentes				Variáveis Dependentes											
Política de Produção	Política de Distribuição	Amplitude do Tempo de Resposta	Viés do Tempo de Resposta	Fill Rate		Quantidade de Carregamentos		Estoque Médio em Mãos		Estoque Médio em Trânsito		Qtde Acumulada de Falta de Estoque		Qtde de Rupturas de Estoque	
				Média	$\sigma$	Média	$\sigma$	Média	$\sigma$	Média	$\sigma$	Média	$\sigma$	Média	$\sigma$
Empurrada	Direta	Alta	Antecipação	61.3%	12.2%	109	22	4.66	2.38	11.65	2.61	575	192	141	44
			Atraso	49.1%	8.4%	81	13	2.98	1.07	13.83	1.91	786	127	185	31
			Neutra	54.5%	10.2%	94	15	3.70	1.67	12.89	2.15	691	155	166	37
		Baixa	Antecipação	82.5%	7.5%	160	16	9.23	2.64	6.55	1.66	225	106	64	27
			Atraso	77.4%	7.6%	148	13	7.50	2.22	8.44	1.19	309	111	82	28
			Neutra	80.3%	8.0%	156	13	8.56	2.66	7.24	1.35	258	113	72	29
	Média	Antecipação	74.4%	9.0%	140	17	6.95	2.52	9.04	2.04	366	142	93	33	
		Atraso	65.6%	9.6%	119	13	5.16	1.83	11.09	1.69	507	138	125	35	
		Neutra	70.5%	8.9%	129	14	6.14	2.27	9.91	1.71	431	133	107	32	
	Escalonada	Alta	Antecipação	47.0%	9.9%	92	16	2.70	1.24	9.37	2.57	788	140	193	36
			Atraso	36.4%	7.3%	72	13	1.75	0.68	10.66	2.03	946	99	232	27
			Neutra	40.8%	8.2%	79	13	2.17	0.74	10.07	2.11	878	114	215	30
Baixa		Antecipação	72.5%	8.7%	152	14	6.79	1.86	5.89	1.53	378	125	100	32	
		Atraso	67.5%	9.2%	141	16	5.40	1.57	6.97	1.17	463	133	118	33	
		Neutra	70.0%	9.1%	147	14	6.05	1.73	6.39	1.35	421	134	109	33	
Média	Antecipação	62.8%	10.2%	128	16	4.81	1.82	7.42	1.89	548	146	135	37		
	Atraso	53.1%	9.0%	108	14	3.31	1.20	8.93	1.65	692	123	171	33		
	Neutra	58.0%	9.4%	118	16	3.98	1.25	8.24	1.75	619	135	153	34		
Puxada	Direta	Alta	Antecipação	59.7%	11.4%	105	20	4.54	2.19	11.35	2.69	602	181	147	41
			Atraso	48.6%	8.3%	79	13	2.98	1.06	13.62	1.92	797	126	187	30
			Neutra	53.5%	9.9%	91	15	3.67	1.64	12.60	2.15	708	151	169	36
		Baixa	Antecipação	79.7%	7.9%	154	18	8.84	2.62	6.27	1.54	270	115	74	29
			Atraso	74.5%	8.0%	141	14	7.21	2.21	8.09	1.16	357	117	93	29
			Neutra	77.6%	8.1%	150	15	8.20	2.58	6.97	1.32	301	116	81	30
	Média	Antecipação	72.2%	9.0%	134	18	6.76	2.43	8.74	1.99	400	142	101	33	
		Atraso	63.8%	9.1%	114	12	5.05	1.77	10.77	1.67	535	131	132	33	
		Neutra	69.0%	9.1%	126	14	6.05	2.24	9.68	1.74	456	135	113	33	
	Escalonada	Alta	Antecipação	45.8%	9.8%	90	16	2.66	1.22	9.09	2.43	804	139	197	36
			Atraso	35.7%	7.4%	69	11	1.75	0.70	10.42	1.89	956	94	234	27
			Neutra	40.2%	8.5%	78	13	2.15	0.78	9.89	2.03	888	114	218	31
Baixa		Antecipação	70.6%	8.6%	148	13	6.54	1.81	5.72	1.47	410	125	107	31	
		Atraso	65.1%	8.7%	135	16	5.16	1.43	6.72	1.09	499	127	127	32	
		Neutra	67.8%	8.7%	141	15	5.78	1.59	6.17	1.25	454	130	117	32	
Média	Antecipação	61.2%	9.7%	123	15	4.65	1.69	7.20	1.81	574	140	141	35		
	Atraso	52.1%	9.3%	105	14	3.24	1.19	8.72	1.56	712	123	175	34		
	Neutra	56.9%	9.4%	115	16	3.91	1.20	8.02	1.67	639	134	157	34		

**Tabela 5 - Médias e desvios-padrão das variáveis dependentes para cada configuração das variáveis independentes Política de Produção, Política de Distribuição, Amplitude do Tempo de Resposta e Viés do Tempo de Resposta, nesta ordem**

Observando-se a coluna Média da Tabela 2 percebe-se que seu valor é menor quando a Amplitude do Tempo de Resposta é baixa, e maior quando a Amplitude é alta. Além disso, para configurações onde a Amplitude é a mesma, o valor da média é menor quando o Viés do Tempo de Resposta é de antecipação, e maior quando o Viés é de atraso. Ou seja, a média está ordenada pela Amplitude e pelo Viés do Tempo de Resposta exatamente da mesma forma que o *Fill Rate*, o que nos permite concluir que, nos experimentos realizados, os efeitos sobre o nível de serviço ocasionados por diferentes configurações do tempo de resposta também podem ser explicados pela média da Distribuição Triangular utilizada para modelar cada uma das configurações do tempo de resposta.

Da mesma forma que se determinou que o impacto da Amplitude do Tempo de Resposta no *Fill Rate* é significativamente maior que o impacto do Viés do Tempo de Resposta, pode-se estabelecer que os efeitos da Amplitude também são maiores que os efeitos da Política de Produção sobre esta mesma variável dependente. A Tabela 6 organiza os resultados de forma mais apropriada para sustentar este argumento. Percebe-se, através desta tabela, que, para uma mesma Política de Distribuição, os melhores níveis de serviço são aqueles em que a Amplitude do Tempo de Resposta é baixa, e os piores aqueles em que a Amplitude é alta. O efeito da Política de Produção é apenas local dentro dos grupos de resultados formados por diferentes configurações da Amplitude do Tempo de Resposta, não tendo magnitude suficiente para tornar qualquer configuração onde a Amplitude é média (ou alta) melhor (em termos de nível de serviço) que uma configuração onde a Amplitude é baixa (ou média), Política de Distribuição constante.

A análise dos impactos das variáveis independentes no *Fill Rate* é continuada com a comparação dos efeitos causados pela Política de Produção e pelo Viés do Tempo

de Resposta. Sabemos, das análises anteriores, que ambos os efeitos são menores, em magnitude, que os causados pela Amplitude do Tempo de Resposta, mas ainda não foi determinado qual deles possui impacto maior no nível de serviço. Mais uma vez os dados foram reorganizados em uma nova tabela que ajuda a determinar qual dessas duas variáveis independentes afeta em maior grau o *Fill Rate*. Pela Tabela 7 percebe-se que o efeito da Política de Produção sobre o nível de serviço é mínimo, uma vez que a maior variação ocorre quando a Política de Distribuição é direta, a Amplitude do Tempo de Resposta é baixa e o Viés do Tempo de Resposta é de atraso, situação na qual o *Fill Rate* da Política de Produção empurrada é de 77,4% e o da puxada é de 74,5%, ou seja, uma diferença de menos de 3 pontos percentuais. Entretanto, a variação causada pela Política de Produção no *Fill Rate* é forte o suficiente para que seu impacto não seja considerado apenas como um efeito local dentro de uma determinada configuração de Política de Distribuição, Amplitude do Tempo de Resposta e Viés do Tempo de Resposta. Considerando-se a Política de Distribuição direta e Amplitude do Tempo de Resposta baixa, quando o Viés é de antecipação e a Política de Produção é puxada o *Fill Rate* é de 79,7%, enquanto quando o Viés é neutro e Produção é empurrada o *Fill Rate* é de 80,3%. Ou seja, a variação causada pela Política de Produção foi suficiente para melhorar o nível de serviço a ponto de ultrapassar o valor obtido para uma configuração melhor do Viés do Tempo de Resposta.

Finalmente, para concluir a análise dos impactos das variáveis independentes no nível de serviço resta ainda contextualizar os efeitos causados pela única variável ainda não considerada: a Política de Distribuição. Para todas as configurações de Política de Produção, Amplitude e Viés do Tempo de Resposta notou-se uma melhora significativa no *Fill Rate* quando a Política de Distribuição passa de direta para escalonada. As diferenças variam de 9,1 pontos percentuais (Produção puxada, Viés de antecipação e

Amplitude baixa) até 14,3 pontos percentuais (Produção empurrada, Viés de antecipação e Amplitude alta). Através de um raciocínio análogo ao utilizado anteriormente para comparação dos efeitos das outras variáveis independentes, e com a ajuda da Tabela 8, percebe-se que a variação causada pela Política de Distribuição é maior que a causada pelo Viés do Tempo de Resposta, e essa segunda variável independente interfere apenas localmente dentro dos grupos de resultados formados por diferentes configurações da Política de Distribuição (sendo a Amplitude do Tempo de Resposta constante).

Os impactos das variáveis independentes sobre o *Fill Rate* são resumidos na Tabela 9.

Variáveis Independentes				Variáveis Dependentes											
Política de Distribuição	Amplitude do Tempo de Resposta	Política de Produção	Viés do Tempo de Resposta	Fill Rate		Quantidade de Carregamentos		Estoque Médio em Mãos		Estoque Médio em Trânsito		Qtde Acumulada de Falta de Estoque		Qtde de Rupturas de Estoque	
				Média	$\sigma$	Média	$\sigma$	Média	$\sigma$	Média	$\sigma$	Média	$\sigma$	Média	$\sigma$
Direta	Alta	Empurrada	Antecipação	61.3%	12.2%	109	22	4.66	2.38	11.65	2.61	575	192	141	44
			Atraso	49.1%	8.4%	81	13	2.98	1.07	13.83	1.91	786	127	185	31
			Neutra	54.5%	10.2%	94	15	3.70	1.67	12.89	2.15	691	155	166	37
		Puxada	Antecipação	59.7%	11.4%	105	20	4.54	2.19	11.35	2.69	602	181	147	41
	Atraso		48.6%	8.3%	79	13	2.98	1.06	13.62	1.92	797	126	187	30	
	Neutra		53.5%	9.9%	91	15	3.67	1.64	12.60	2.15	708	151	169	36	
	Baixa	Empurrada	Antecipação	82.5%	7.5%	160	16	9.23	2.64	6.55	1.66	225	106	64	27
			Atraso	77.4%	7.6%	148	13	7.50	2.22	8.44	1.19	309	111	82	28
			Neutra	80.3%	8.0%	156	13	8.56	2.66	7.24	1.35	258	113	72	29
		Puxada	Antecipação	79.7%	7.9%	154	18	8.84	2.62	6.27	1.54	270	115	74	29
	Atraso		74.5%	8.0%	141	14	7.21	2.21	8.09	1.16	357	117	93	29	
	Neutra		77.6%	8.1%	150	15	8.20	2.58	6.97	1.32	301	116	81	30	
Média	Empurrada	Antecipação	74.4%	9.0%	140	17	6.95	2.52	9.04	2.04	366	142	93	33	
		Atraso	65.6%	9.6%	119	13	5.16	1.83	11.09	1.69	507	138	125	35	
		Neutra	70.5%	8.9%	129	14	6.14	2.27	9.91	1.71	431	133	107	32	
	Puxada	Antecipação	72.2%	9.0%	134	18	6.76	2.43	8.74	1.99	400	142	101	33	
Atraso		63.8%	9.1%	114	12	5.05	1.77	10.77	1.67	535	131	132	33		
Neutra		69.0%	9.1%	126	14	6.05	2.24	9.68	1.74	456	135	113	33		
Escalonada	Alta	Empurrada	Antecipação	47.0%	9.9%	92	16	2.70	1.24	9.37	2.57	788	140	193	36
			Atraso	36.4%	7.3%	72	13	1.75	0.68	10.66	2.03	946	99	232	27
			Neutra	40.8%	8.2%	79	13	2.17	0.74	10.07	2.11	878	114	215	30
		Puxada	Antecipação	45.8%	9.8%	90	16	2.66	1.22	9.09	2.43	804	139	197	36
	Atraso		35.7%	7.4%	69	11	1.75	0.70	10.42	1.89	956	94	234	27	
	Neutra		40.2%	8.5%	78	13	2.15	0.78	9.89	2.03	888	114	218	31	
	Baixa	Empurrada	Antecipação	72.5%	8.7%	152	14	6.79	1.86	5.89	1.53	378	125	100	32
			Atraso	67.5%	9.2%	141	16	5.40	1.57	6.97	1.17	463	133	118	33
			Neutra	70.0%	9.1%	147	14	6.05	1.73	6.39	1.35	421	134	109	33
		Puxada	Antecipação	70.6%	8.6%	148	13	6.54	1.81	5.72	1.47	410	125	107	31
	Atraso		65.1%	8.7%	135	16	5.16	1.43	6.72	1.09	499	127	127	32	
	Neutra		67.8%	8.7%	141	15	5.78	1.59	6.17	1.25	454	130	117	32	
Média	Empurrada	Antecipação	62.8%	10.2%	128	16	4.81	1.82	7.42	1.89	548	146	135	37	
		Atraso	53.1%	9.0%	108	14	3.31	1.20	8.93	1.65	692	123	171	33	
		Neutra	58.0%	9.4%	118	16	3.98	1.25	8.24	1.75	619	135	153	34	
	Puxada	Antecipação	61.2%	9.7%	123	15	4.65	1.69	7.20	1.81	574	140	141	35	
Atraso		52.1%	9.3%	105	14	3.24	1.19	8.72	1.56	712	123	175	34		
Neutra		56.9%	9.4%	115	16	3.91	1.20	8.02	1.67	639	134	157	34		

**Tabela 6 - Médias e desvios-padrão das variáveis dependentes para cada configuração das variáveis independentes Política de Distribuição, Amplitude do Tempo de Resposta, Política de Produção e Viés do Tempo de Resposta, nesta ordem**

Variáveis Independentes				Variáveis Dependentes											
Política de Distribuição	Amplitude do Tempo de Resposta	Viés do Tempo de Resposta	Política de Produção	Fill Rate		Quantidade de Carregamentos		Estoque Médio em Mãos		Estoque Médio em Trânsito		Qtde Acumulada de Falta de Estoque		Qtde de Rupturas de Estoque	
				Média	$\sigma$	Média	$\sigma$	Média	$\sigma$	Média	$\sigma$	Média	$\sigma$	Média	$\sigma$
				Direta	Alta	Antecipação	Empurrada	61.3%	12.2%	109	22	4.66	2.38	11.65	2.61
Puxada	59.7%	11.4%	105				20	4.54	2.19	11.35	2.69	602	181	147	41
Atraso	Empurrada	49.1%	8.4%			81	13	2.98	1.07	13.83	1.91	786	127	185	31
	Puxada	48.6%	8.3%		79	13	2.98	1.06	13.62	1.92	797	126	187	30	
Baixa	Antecipação	Empurrada	54.5%		10.2%	94	15	3.70	1.67	12.89	2.15	691	155	166	37
		Puxada	53.5%		9.9%	91	15	3.67	1.64	12.60	2.15	708	151	169	36
	Atraso	Empurrada	82.5%		7.5%	160	16	9.23	2.64	6.55	1.66	225	106	64	27
Puxada		79.7%	7.9%		154	18	8.84	2.62	6.27	1.54	270	115	74	29	
Média	Atraso	Empurrada	77.4%		7.6%	148	13	7.50	2.22	8.44	1.19	309	111	82	28
		Puxada	74.5%		8.0%	141	14	7.21	2.21	8.09	1.16	357	117	93	29
		Neutra	80.3%		8.0%	156	13	8.56	2.66	7.24	1.35	258	113	72	29
	Neutra	Empurrada	77.6%		8.1%	150	15	8.20	2.58	6.97	1.32	301	116	81	30
		Empurrada	74.4%	9.0%	140	17	6.95	2.52	9.04	2.04	366	142	93	33	
		Puxada	72.2%	9.0%	134	18	6.76	2.43	8.74	1.99	400	142	101	33	
Escalonada	Alta	Antecipação	Empurrada	65.6%	9.6%	119	13	5.16	1.83	11.09	1.69	507	138	125	35
			Puxada	63.8%	9.1%	114	12	5.05	1.77	10.77	1.67	535	131	132	33
		Atraso	Empurrada	70.5%	8.9%	129	14	6.14	2.27	9.91	1.71	431	133	107	32
	Puxada		69.0%	9.1%	126	14	6.05	2.24	9.68	1.74	456	135	113	33	
	Baixa	Antecipação	Empurrada	47.0%	9.9%	92	16	2.70	1.24	9.37	2.57	788	140	193	36
			Puxada	45.8%	9.8%	90	16	2.66	1.22	9.09	2.43	804	139	197	36
Atraso		Empurrada	36.4%	7.3%	72	13	1.75	0.68	10.66	2.03	946	99	232	27	
	Puxada	35.7%	7.4%	69	11	1.75	0.70	10.42	1.89	956	94	234	27		
Média	Atraso	Empurrada	40.8%	8.2%	79	13	2.17	0.74	10.07	2.11	878	114	215	30	
		Puxada	40.2%	8.5%	78	13	2.15	0.78	9.89	2.03	888	114	218	31	
		Neutra	72.5%	8.7%	152	14	6.79	1.86	5.89	1.53	378	125	100	32	
	Neutra	Empurrada	70.6%	8.6%	148	13	6.54	1.81	5.72	1.47	410	125	107	31	
		Empurrada	67.5%	9.2%	141	16	5.40	1.57	6.97	1.17	463	133	118	33	
		Puxada	65.1%	8.7%	135	16	5.16	1.43	6.72	1.09	499	127	127	32	
Média	Antecipação	Empurrada	70.0%	9.1%	147	14	6.05	1.73	6.39	1.35	421	134	109	33	
		Puxada	67.8%	8.7%	141	15	5.78	1.59	6.17	1.25	454	130	117	32	
	Atraso	Empurrada	62.8%	10.2%	128	16	4.81	1.82	7.42	1.89	548	146	135	37	
Puxada		61.2%	9.7%	123	15	4.65	1.69	7.20	1.81	574	140	141	35		
Neutra		53.1%	9.0%	108	14	3.31	1.20	8.93	1.65	692	123	171	33		
Média	Atraso	Empurrada	52.1%	9.3%	105	14	3.24	1.19	8.72	1.56	712	123	175	34	
		Puxada	58.0%	9.4%	118	16	3.98	1.25	8.24	1.75	619	135	153	34	
Média	Neutra	Empurrada	56.9%	9.4%	115	16	3.91	1.20	8.02	1.67	639	134	157	34	

**Tabela 7 - Médias e desvios-padrão das variáveis dependentes para cada configuração das variáveis independentes Política de Distribuição, Amplitude do Tempo de Resposta, Viés do Tempo de Resposta e Política de Produção, nesta ordem**

Variáveis Independentes				Variáveis Dependentes											
Amplitude do Tempo de Resposta	Política de Distribuição	Viés do Tempo de Resposta	Política de Produção	Fill Rate		Quantidade de Carregamentos		Estoque Médio em Mãos		Estoque Médio em Trânsito		Qtde Acumulada de Falta de Estoque		Qtde de Rupturas de Estoque	
				Média	$\sigma$	Média	$\sigma$	Média	$\sigma$	Média	$\sigma$	Média	$\sigma$	Média	$\sigma$
				Alta	Direta	Antecipação	Empurrada	61.3%	12.2%	109	22	4.66	2.38	11.65	2.61
Puxada	59.7%	11.4%	105				20	4.54	2.19	11.35	2.69	602	181	147	41
Atraso	Empurrada	49.1%	8.4%			81	13	2.98	1.07	13.83	1.91	786	127	185	31
Escalonada	Antecipação	Puxada	48.6%		8.3%	79	13	2.98	1.06	13.62	1.92	797	126	187	30
		Empurrada	54.5%		10.2%	94	15	3.70	1.67	12.89	2.15	691	155	166	37
	Neutra	Puxada	53.5%		9.9%	91	15	3.67	1.64	12.60	2.15	708	151	169	36
Baixa	Direta	Antecipação	Empurrada	47.0%	9.9%	92	16	2.70	1.24	9.37	2.57	788	140	193	36
			Puxada	45.8%	9.8%	90	16	2.66	1.22	9.09	2.43	804	139	197	36
		Atraso	Empurrada	36.4%	7.3%	72	13	1.75	0.68	10.66	2.03	946	99	232	27
	Escalonada	Antecipação	Puxada	35.7%	7.4%	69	11	1.75	0.70	10.42	1.89	956	94	234	27
			Empurrada	40.8%	8.2%	79	13	2.17	0.74	10.07	2.11	878	114	215	30
		Neutra	Puxada	40.2%	8.5%	78	13	2.15	0.78	9.89	2.03	888	114	218	31
Média	Direta	Antecipação	Empurrada	82.5%	7.5%	160	16	9.23	2.64	6.55	1.66	225	106	64	27
			Puxada	79.7%	7.9%	154	18	8.84	2.62	6.27	1.54	270	115	74	29
		Atraso	Empurrada	77.4%	7.6%	148	13	7.50	2.22	8.44	1.19	309	111	82	28
	Escalonada	Antecipação	Puxada	74.5%	8.0%	141	14	7.21	2.21	8.09	1.16	357	117	93	29
			Empurrada	80.3%	8.0%	156	13	8.56	2.66	7.24	1.35	258	113	72	29
		Neutra	Puxada	77.6%	8.1%	150	15	8.20	2.58	6.97	1.32	301	116	81	30
Média	Direta	Antecipação	Empurrada	72.5%	8.7%	152	14	6.79	1.86	5.89	1.53	378	125	100	32
			Puxada	70.6%	8.6%	148	13	6.54	1.81	5.72	1.47	410	125	107	31
		Atraso	Empurrada	67.5%	9.2%	141	16	5.40	1.57	6.97	1.17	463	133	118	33
	Escalonada	Antecipação	Puxada	65.1%	8.7%	135	16	5.16	1.43	6.72	1.09	499	127	127	32
			Empurrada	70.0%	9.1%	147	14	6.05	1.73	6.39	1.35	421	134	109	33
		Neutra	Puxada	67.8%	8.7%	141	15	5.78	1.59	6.17	1.25	454	130	117	32
Média	Direta	Antecipação	Empurrada	74.4%	9.0%	140	17	6.95	2.52	9.04	2.04	366	142	93	33
			Puxada	72.2%	9.0%	134	18	6.76	2.43	8.74	1.99	400	142	101	33
		Atraso	Empurrada	65.6%	9.6%	119	13	5.16	1.83	11.09	1.69	507	138	125	35
	Escalonada	Antecipação	Puxada	63.8%	9.1%	114	12	5.05	1.77	10.77	1.67	535	131	132	33
			Empurrada	70.5%	8.9%	129	14	6.14	2.27	9.91	1.71	431	133	107	32
		Neutra	Puxada	69.0%	9.1%	126	14	6.05	2.24	9.68	1.74	456	135	113	33
Média	Direta	Antecipação	Empurrada	62.8%	10.2%	128	16	4.81	1.82	7.42	1.89	548	146	135	37
			Puxada	61.2%	9.7%	123	15	4.65	1.69	7.20	1.81	574	140	141	35
		Atraso	Empurrada	53.1%	9.0%	108	14	3.31	1.20	8.93	1.65	692	123	171	33
	Escalonada	Antecipação	Puxada	52.1%	9.3%	105	14	3.24	1.19	8.72	1.56	712	123	175	34
			Empurrada	58.0%	9.4%	118	16	3.98	1.25	8.24	1.75	619	135	153	34
		Neutra	Puxada	56.9%	9.4%	115	16	3.91	1.20	8.02	1.67	639	134	157	34

**Tabela 8 - Médias e desvios-padrão das variáveis dependentes para cada configuração das variáveis independentes Amplitude do Tempo de Resposta, Política de Distribuição, Viés do Tempo de Resposta e Política de Produção, nesta ordem**

<b>Variável Independente</b>	<b><math>\Delta_{\max}</math> no <i>Fill Rate</i></b>	<b>Cenário da <math>\Delta_{\max}</math></b>	<b><math>\Delta_{\min}</math> no <i>Fill Rate</i></b>	<b>Cenário da <math>\Delta_{\min}</math></b>	<b><math>\Delta_{\text{med}}</math> no <i>Fill Rate</i></b>
Amplitude do Tempo de Resposta	31,1pp <sup>1</sup>	Escalonada, Atraso, Empurrada	20,0	Direta, Antecipação, Puxada	26,1
Política de Distribuição	14,3	Alta, Antecipação, Empurrada	9,1	Baixa, Antecipação, Puxada	11,7
Viés do Tempo de Resposta	12,2	Alta, Direta, Empurrada	5,0	Baixa, Escalonada, Empurrada	8,4
Política de Produção	3,0	Baixa, Direta, Atraso	0,5	Alta, Direta, Atraso	1,7

**Tabela 9 - Resumo do impacto das variáveis independentes sobre o *Fill Rate***

Uma vez que os outros indicadores de nível de serviço – Quantidade de Rupturas de Estoque e Quantidade Acumulada de Falta de Estoque – estão intimamente ligados ao *Fill Rate*, não se espera que uma análise estatística básica baseada em médias aritméticas possa indicar relações diferentes das que já foram obtidas entre as variáveis independentes e o *Fill Rate*. De fato, a Tabela 10 e a Tabela 11, que exibem, respectivamente, o resumo do impacto das variáveis independentes sobre a Quantidade de Rupturas de Estoque (QRE) e sobre a Quantidade Acumulada de Falta de Estoque (QAFE) confirmam esta expectativa.

<b>Variável Independente</b>	<b><math>\Delta_{\max}</math> na QRE</b>	<b>Cenário da <math>\Delta_{\max}</math></b>	<b><math>\Delta_{\min}</math> na QRE</b>	<b>Cenário da <math>\Delta_{\min}</math></b>	<b><math>\Delta_{\text{med}}</math> na QRE</b>
Amplitude do Tempo de Resposta	113re <sup>2</sup>	Escalonada, Atraso, Empurrada	73	Direta, Antecipação, Puxada	95
Política de Distribuição	52	Alta, Antecipação, Empurrada	33	Baixa, Antecipação, Puxada	43
Viés do Tempo de Resposta	45	Alta, Direta, Empurrada	18	Baixa, Escalonada, Empurrada	31
Política de Produção	11	Baixa, Direta, Atraso	2	Alta, Direta, Atraso	6

**Tabela 10 - Resumo do impacto das variáveis independentes sobre a Quantidade de Rupturas de Estoque**

<sup>1</sup> pp: Pontos percentuais.

<sup>2</sup> re: Rupturas de estoque.



<b>Variável Independente</b>	<b><math>\Delta_{max}</math> na QAFE</b>	<b>Cenário da <math>\Delta_{max}</math></b>	<b><math>\Delta_{min}</math> na QAFE</b>	<b>Cenário(s) da <math>\Delta_{min}</math></b>	<b><math>\Delta_{med}</math> na QAFE</b>
Amplitude do Tempo de Resposta	483u <sup>1</sup>	Escalonada, Atraso, Empurrada	332	Direta, Antecipação, Puxada	423
Política de Distribuição	213	Alta, Antecipação, Empurrada	140	Baixa, Antecipação, Puxada	172
Viés do Tempo de Resposta	211	Alta, Direta, Empurrada	84	Baixa, Direta, Empurrada	135
Política de Produção	48	Baixa, Direta, Atraso	10	Alta, Escalonada, Atraso e Alta, Escalonada, Neutra	27

**Tabela 11 - Resumo do impacto das variáveis independentes sobre a Quantidade Acumulada de Falta de Estoque**

#### 4.1.2. Impacto das variáveis independentes nos indicadores de nível de estoque

Na Tabela 12 são apresentados os valores mínimo, médio e máximo dos indicadores de nível de estoque (Estoque Médio em Mãos e Estoque Médio em Trânsito) em função dos níveis das variáveis independentes.

<b>Variáveis Independentes</b>		<b>Variáveis Dependentes relacionadas ao nível de estoque (unidades de tempo)</b>					
		<b>Estoque Médio em Mãos</b>			<b>Estoque Médio em Trânsito</b>		
<b>Variável</b>	<b>Configuração</b>	<b>Mín</b>	<b>Média</b>	<b>Máx</b>	<b>Mín</b>	<b>Média</b>	<b>Máx</b>
Amplitude do Tempo de Resposta	Baixa	5,16	<b>7,11</b>	9,23	1,43	<b>2,08</b>	2,66
	Média	3,24	<b>5,00</b>	6,95	1,19	<b>1,78</b>	2,52
	Alta	1,75	<b>2,98</b>	4,66	0,68	<b>1,28</b>	2,38
Política de Distribuição	Direta	2,98	<b>6,01</b>	9,23	1,06	<b>2,11</b>	2,66
	Escalonada	1,75	<b>4,04</b>	6,79	0,68	<b>1,32</b>	1,86
Viés do Tempo de Resposta	Atraso	1,75	<b>4,29</b>	7,50	0,68	<b>1,41</b>	2,22
	Neutro	2,15	<b>5,03</b>	8,56	0,74	<b>1,70</b>	2,66
	Antecipação	2,66	<b>5,76</b>	9,23	1,22	<b>2,03</b>	2,64
Política de Produção	Puxada	1,75	<b>4,95</b>	8,84	0,70	<b>1,69</b>	2,62
	Empurrada	1,75	<b>5,10</b>	9,23	0,68	<b>1,74</b>	2,66

**Tabela 12 - Valores mínimos, médios e máximos dos indicadores de nível de estoque para cada configuração de cada variável independente**

<sup>1</sup> u: unidades do produto.

Algumas conclusões podem ser tiradas a partir da Tabela 12. Primeiramente, é claro que, quanto menor a Amplitude do Tempo de Resposta, maior o Estoque Médio em Mãos no varejo e maior o Estoque Médio em Trânsito para o varejo. Entretanto, um aumento na Amplitude do Tempo de Resposta provoca variações desproporcionais nos indicadores de nível de estoque. Por exemplo, ao passar a Amplitude do Tempo de Resposta de baixa para média, o Estoque Médio em Mãos sofre uma queda de 29,6% (de 5,16 para 3,24), ao passo que o Estoque Médio em Trânsito diminui apenas 14,1% (de 2,08 para 1,78). Da mesma forma, alterando a Amplitude do Tempo de Resposta de média para alta, o Estoque Médio em Mãos cai 40,5% enquanto o Estoque Médio em Trânsito reduz 28,2%. Ou seja, efeitos de variações na Amplitude do Tempo de Resposta influenciam em maior grau os níveis de estoque em mãos que os níveis de estoque em trânsito.

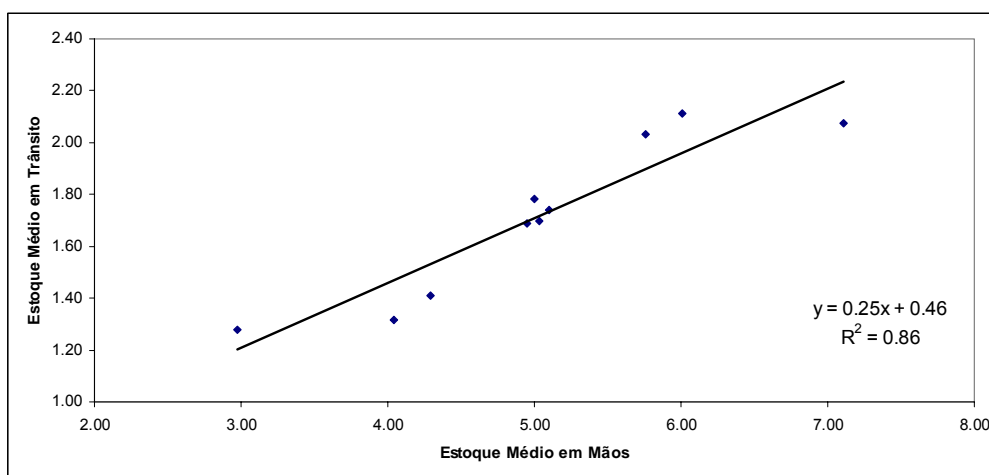
Com relação à Política de Distribuição, encontrou-se que tanto o Estoque Médio em Mãos quanto o Estoque Médio em Trânsito são menores quando a distribuição é escalonada. No entanto, diferentemente do que ocorreu no caso da Amplitude do Tempo de Resposta, a queda relativa dos níveis de estoque quando se muda da distribuição direta para a distribuição escalonada é aproximadamente a mesma (diferença de apenas 4,9 pontos percentuais).

Observando-se os valores dos níveis de estoque para as diferentes configurações do Viés do Tempo de Resposta, percebe-se que os níveis mais baixos ocorrem quando o viés é de atraso. Conforme o viés passa para uma situação neutra, e depois para uma de antecipação, ambos os indicadores de nível de estoque aumentam. Mais uma vez, não houve grande variação na queda relativa dos níveis de estoque quando se passou de uma situação de antecipação para uma neutra, ou de uma neutra para uma de atraso. No primeiro caso, a variação no Estoque Médio em Mãos foi de 12,7% (de 5,76 para 5,03)

e a variação no Estoque Médio em Trânsito de 16,7% (de 2,03 para 1,70), ou seja, uma diferença de 4,0 pontos percentuais. No segundo caso (mudança de uma situação de viés neutro para uma de viés de atraso) a diferença foi ainda menor, de 2,1 pontos percentuais.

Finalmente, o impacto da Política de Produção nos níveis de estoque do varejo foi mínimo. A produção puxada obteve níveis de estoque ligeiramente melhores que a produção empurrada. A diferença relativa nos níveis médios de estoque foi de apenas 3 pontos percentuais, aproximadamente, tanto para o Estoque Médio em Mãos quanto para o Estoque Médio em Trânsito.

Através da Tabela 12 também pode ser visto que, em geral, valores maiores do Estoque Médio em Mãos significam valores também maiores do Estoque Médio em Trânsito, ou seja, estas duas variáveis dependentes possuem alguma correlação. Plotando-se os pontos correspondentes a cada par de valores do Estoque Médio em Mãos e do Estoque Médio em Trânsito obtido na Tabela 12 é possível entender melhor a relação entre essas duas variáveis. O gráfico abaixo (Figura 10) ilustra esta relação:



**Figura 10 - Pares de valores de Estoque Médio em Mãos e Estoque Médio em Trânsito obtidos para cada configuração de cada variável independente**

Conforme pode ser observado na Figura 10, a relação entre o Estoque Médio em Mãos e o Estoque Médio em Trânsito é quase que linear, conforme pode ser demonstrado pelo alto coeficiente de regressão R-quadrado ( $R^2$ ), de 0,86. Ou seja, apesar da proporção Estoque Médio em Mãos sobre Estoque Médio em Trânsito variar para diferentes políticas de produção, de distribuição e configurações do tempo de resposta, de um modo geral ela não sofre grandes alterações.

À semelhança do realizado com os indicadores de nível de serviço, tabelas resumindo o impacto das variáveis independentes sobre os indicadores de nível de estoque também são apresentadas, a fim de compreender melhor o comportamento dessas variáveis. Primeiramente, na Tabela 13, é apresentado o impacto das variáveis independentes sobre o Estoque Médio em Mãos. Em seguida, na Tabela 14, é apresentado o impacto sobre o Estoque Médio em Trânsito.

<b>Variável Independente</b>	<b><math>\Delta_{max}</math> no EMM</b>	<b>Cenário da <math>\Delta_{max}</math></b>	<b><math>\Delta_{min}</math> no EMM</b>	<b>Cenário da <math>\Delta_{min}</math></b>	<b><math>\Delta_{med}</math> no EMM</b>
Amplitude do Tempo de Resposta	4,86	Direta, Neutra, Empurrada	3,42	Escalonada, Atraso, Puxada	4,13
Política de Distribuição	2,51	Baixa, Neutra, Empurrada	1,23	Alta, Atraso, Puxada	1,97
Viés do Tempo de Resposta	1,79	Média, Direta, Empurrada	0,91	Alta, Escalonada, Puxada	1,47
Política de Produção	0,40	Baixa, Direta, Antecipação	0,00	Alta, Escalonada, Atraso	0,15

**Tabela 13 - Resumo do impacto das variáveis independentes sobre o Estoque Médio em Mãos**

<b>Variável Independente</b>	<b><math>\Delta_{\text{max}}</math> no EMT</b>	<b>Cenário da <math>\Delta_{\text{max}}</math></b>	<b><math>\Delta_{\text{min}}</math> no EMT</b>	<b>Cenário(s) da <math>\Delta_{\text{min}}</math></b>	<b><math>\Delta_{\text{med}}</math> no EMT</b>
Amplitude do Tempo de Resposta	5,65	Direta, Neutra, Empurrada	3,37	Escalonada, Antecipação, Puxada	4,50
Política de Distribuição	3,19	Alta, Atraso, Puxada	0,56	Baixa, Antecipação, Puxada	1,82
Viés do Tempo de Resposta	2,27	Alta, Direta, Puxada	1,00	Baixa, Escalonada, Puxada	1,66
Política de Produção	0,35	Baixa, Direta, Atraso	0,18	Baixa, Escalonada, Antecipação e Alta, Escalonada, Neutra	0,25

**Tabela 14 - Resumo do impacto das variáveis independentes sobre o Estoque Médio em Trânsito**

Assim como ocorre nos indicadores de nível de serviço, a variável independente que, quando modificada, promove a maior variação nos níveis de estoque é a Amplitude do Tempo de Resposta. Em seguida aparecem a Política de Distribuição, o Viés do Tempo de Resposta e a Política de Produção, também de forma semelhante ao encontrado na análise prévia sobre os indicadores de nível de serviço.

#### **4.1.3. Conclusões**

De um modo geral, o que mais chama atenção nesta análise preliminar dos resultados é o importante papel desempenhado pela Amplitude do Tempo de Resposta. Esta variável independente foi a responsável por grandes variações tanto nos níveis de serviço quando nos níveis de estoque. Quando a amplitude é baixa, observam-se altos níveis de serviço e altos níveis de estoque. O oposto ocorre quando a amplitude é alta. Como existe uma relação importante entre nível de estoque e nível de serviço (quanto maior o nível de estoque, maior o nível de serviço oferecido, devido às possibilidades reduzidas de falta de estoque), é possível que, na verdade, a amplitude esteja

influenciando os níveis de estoque, que, por sua vez, estariam promovendo um aumento no nível de serviço. O debate sobre esta questão será aprofundado na seção seguinte, onde os dados serão analisados através de técnicas estatísticas multivariadas.

## **4.2. Análise multivariada dos dados**

A análise preliminar dos resultados forneceu importantes informações acerca dos efeitos causados pelas variáveis independentes nos indicadores de nível de serviço e de nível de estoque, conforme mostrado na seção anterior. Esta análise foi baseada nos valores médios obtidos para as variáveis dependentes ao longo de todas as corridas de simulação de uma determinada configuração da Política de Produção e de Distribuição, da Amplitude e do Viés do Tempo de Resposta. No entanto, a agregação em médias, apesar de permitir um rápido entendimento inicial sobre os resultados obtidos, camufla relacionamentos que só podem ser observados ao se analisar individualmente o resultado de cada corrida da simulação. Além disso, efeitos de interação (quando determinada configuração de variáveis independentes produz efeitos que não podem ser explicados pelos efeitos individuais de cada variável) não são detectados em análises sobre dados agregados. Por este motivo, com o objetivo de aprofundar o conhecimento sobre as relações entre os diversos fatores e as variáveis dependentes, é realizado nesta seção uma Análise Multivariada de Variância (MANOVA), técnica esta brevemente introduzida na seção de Metodologia.

### **4.2.1. Suposições de MANOVA**

Segundo Hair (1998), para os procedimentos de teste multivariado de MANOVA serem válidos, três suposições devem ser atendidas:

1. As observações devem ser independentes;
2. As matrizes de variância-covariância devem ser iguais para todos os grupos de tratamento;
3. As variáveis dependentes devem seguir uma distribuição normal multivariada.

As observações mencionadas na primeira suposição correspondem, nesta pesquisa, às corridas de simulação realizadas para cada combinação das variáveis independentes. As diferenças entre as corridas ocorrem, unicamente, devido à aleatoriedade introduzida na simulação pelo sorteio de um valor do tempo de resposta, o qual, por sua vez, é condizente com a distribuição triangular relacionada à configuração da Amplitude e do Viés do Tempo de Resposta em questão. Como a geração de tempos de resposta aleatórios é independente dos valores anteriormente obtidos em outras corridas, a primeira suposição é atendida pela própria natureza metodológica escolhida.

Segundo Hair (1998), uma violação da segunda suposição de MANOVA (igualdade entre as matrizes de variância-covariância ao longo dos grupos) não tem impacto significativo quando os grupos têm aproximadamente o mesmo tamanho (tamanho do maior grupo dividido pelo tamanho do menor grupo menor do que 1,5). Como nesta pesquisa o tamanho é o mesmo para todos os grupos (são realizadas 50 corridas para cada combinação das variáveis independentes), a violação desta suposição não tem conseqüências neste caso.

Ainda segundo Hair (1998), a terceira e última suposição de MANOVA é a de que as variáveis dependentes devem ser normais multivariadas. Entretanto, violações desta suposição têm pouco impacto em amostras maiores, como é o caso da amostra desta pesquisa.

Sendo assim, todas as suposições de MANOVA ou são atendidas ou não se aplicam neste estudo em particular, não sendo necessário qualquer transformação nas variáveis dependentes a fim de adequação dos dados ao método.

#### 4.2.2. Escolha de covariáveis

Covariáveis são variáveis métricas utilizadas em conjunto com MANOVA para remover efeitos exógenos às variáveis independentes e, desta forma, aumentar a significância dos testes estatísticos que medem os efeitos destas variáveis (HAIR, 1998). A técnica resultante do uso de covariáveis na MANOVA é a Análise Multivariada de Covariância, ou MANCOVA.

Antes da realização da MANOVA algumas variáveis de saída do simulador foram consideradas como covariáveis, como, por exemplo, a Quantidade Total Recebida e o Número de Carregamentos. No entanto, nenhuma destas covariáveis aumentou a significância dos testes estatísticos quando comparados com MANOVA simples. Devido a esta piora na significância dos testes com o uso de covariáveis, a análise multivariada dos dados foi realizada através de MANOVA sem covariáveis.

#### 4.2.3. Resultados de MANOVA

Os resultados dos testes multivariados de MANOVA são apresentados na Tabela 15:

Efeito	Lambda de Wilks	Estatística F	Graus de Liberdade da Hipótese	Graus de Liberdade do Erro	Sig.	Eta Parcial Quadrático
Constante	0,000	2,218,572,971	5,000	1,760,000	0,000	1,000
Política de Produção (PP)	0,969	11,287	5,000	1,760,000	0,000	0,031



Viés do Tempo de Resposta (VTR)	0,718	63,395	10,000	3,520,000	0,000	0,153
Amplitude do Tempo de Resposta (ATR)	0,202	431,074	10,000	3,520,000	0,000	0,550
Política de Distribuição (PD)	0,586	248,627	5,000	1,760,000	0,000	0,414
Interação entre PP e VTR	1,000	0,072	10,000	3,520,000	1,000	0,000
Interação entre PP e ATR	0,996	0,639	10,000	3,520,000	0,781	0,002
Interação entre VTR e ATR	0,926	6,836	20,000	5,838,210	0,000	0,019
Interação entre PP, VTR e ATR	0,999	0,074	20,000	5,838,210	1,000	0,000
Interação entre PP e PD	0,999	0,284	5,000	1,760,000	0,922	0,001
Interação entre VTR e PD	0,982	3,191	10,000	3,520,000	0,000	0,009
Interação entre PP, VTR e PD	1,000	0,014	10,000	3,520,000	1,000	0,000
Interação entre ATR e PD	0,900	19,075	10,000	3,520,000	0,000	0,051
Interação entre PP, VTR e PD	0,999	0,134	10,000	3,520,000	0,999	0,000
Interação entre VTR, ATR e PD	0,984	1,415	20,000	5,838,210	0,103	0,004
Interação entre PP, VTR, ATR e PD	0,999	0,046	20,000	5,838,210	1,000	0,000

**Tabela 15 - Resultados dos testes multivariados de MANOVA**

Conforme pode ser observado na Tabela 15, tanto efeitos principais (efeitos individuais de variáveis de tratamento nas variáveis dependentes) quanto efeitos de interação (efeitos conjuntos de duas ou mais variáveis de tratamento em adição com os efeitos principais individuais) foram detectados na análise multivariada ao nível de significância de 0,05. Os efeitos principais, quatro no total, dizem respeito aos tratamentos relacionados a cada uma das variáveis independentes (Política de Produção, Amplitude do Tempo de Resposta, Política de Distribuição e Viés do Tempo de

Resposta). Já os efeitos de interação, três no total, ocorreram quando são considerados os efeitos conjuntos do (1) Viés do Tempo de Resposta e da Amplitude do Tempo de Resposta; (2) Viés do Tempo de Resposta e da Política de Distribuição; e (3) Amplitude do Tempo de Resposta e da Política de Distribuição.

Em outras palavras, os efeitos principais mostram que todas as variáveis independentes contribuem para o aumento da significância do modelo. Este resultado da MANOVA vai ao encontro da análise preliminar, onde foi constatado que todas as variáveis independentes afetam os valores médios obtidos para as variáveis dependentes, embora, em alguns casos, esta variação seja pequena.

Os efeitos de interação, por sua vez, indicam que algumas variáveis de tratamento (variáveis independentes) exercem um efeito que varia de acordo com o nível (configuração) de outra variável de tratamento. Ou seja, o efeito causado pelo Viés do Tempo de Resposta é dependente da Amplitude do Tempo de Resposta (e vice-versa), e assim por diante para os outros efeitos de interação.

Outro resultado obtido na MANOVA que confirma os resultados obtidos na análise preliminar diz respeito ao tamanho do efeito de cada variável independente. O maior efeito é o causado pela Amplitude do Tempo de Resposta (de acordo com o valor do Lambda de Wilks<sup>1</sup> para esta variável, de 0,202) e, em seguida, pela Política de Distribuição (0,586), pelo Viés do Tempo de Resposta (0,718) e, por último, pela Política de Produção (0,969).

Neste momento, cabe uma análise a respeito do tamanho do efeito provocado por certos tratamentos. Conforme já mencionado, uma variação na Amplitude do Tempo de Resposta provoca maiores alterações nas variáveis dependentes do que, por

---

<sup>1</sup> O Lambda de Wilks é uma estatística positiva que varia de 0 a 1. Valores menores desta estatística indicam efeitos que contribuem mais para o modelo (efeitos maiores).

exemplo, variações na Política de Distribuição, no Viés do Tempo de Resposta ou na Política de Produção. Entretanto, este é um resultado específico deste estudo, e não pode ser generalizado para se concluir que, de uma forma geral, variações na Amplitude do Tempo de Resposta alteram de forma mais intensa as variáveis dependentes que variações nas outras variáveis independentes consideradas. Da mesma forma, o Viés do Tempo de Resposta possui efeito maior que a Política de Produção (e menor que a Política de Distribuição) somente quando os valores específicos adotados para os diferentes níveis do Viés do Tempo de Resposta são considerados. Deste ponto em diante, portanto, quando forem comparados os efeitos da Amplitude do Tempo de Resposta (e do Viés do Tempo de Resposta) com o de outras variáveis independentes, estará implícito que os resultados são válidos apenas quando a amplitude e o viés possuírem níveis semelhantes aos adotados nesta pesquisa.

Contrariamente ao que acontece com a Amplitude e com o Viés do Tempo de Resposta, os efeitos da Política de Produção e de Distribuição podem, sim, ser generalizados. Como os níveis relacionados a cada um destes tratamentos correspondem à configurações estruturais, não-parametrizadas (diferentemente da Amplitude e do Viés do Tempo de Resposta), os resultados obtidos para estes tratamentos podem ser generalizados, desde que a estrutura básica da cadeia de suprimentos (elos e ligações entre elos) seja mantida. Em outras palavras, uma distribuição direta, ou uma produção empurrada, ocorrerá sempre da mesma forma para a estrutura de cadeia considerada, diferentemente de uma amplitude baixa, ou um tempo de resposta com viés de atraso, que necessitaria de parâmetros mais específicos (por exemplo, distribuições de probabilidades e parâmetros destas distribuições) para ser completamente definida.

Conforme explicitado pelo título deste trabalho, os indicadores de desempenho analisados, modelados nesta análise pelas variáveis dependentes, são relativos ao varejo.

Tendo isto em vista, uma possível explicação para o maior tamanho de efeito da Política de Distribuição relativamente à Política de Produção é a de que os níveis do primeiro tratamento alteram em maior grau a forma de funcionamento do varejo que os níveis do segundo tratamento. Uma distribuição direta, por exemplo, implica na realização de pedidos diretamente ao fabricante, em oposição à realização de pedidos a um intermediário (distribuidor). Já uma produção puxada, ou empurrada, é uma política exclusiva do fabricante, que não afeta de forma tão direta o varejista quanto a Política de Distribuição.

Após a determinação dos efeitos principais e de interação significativos, o próximo passo é quantificar e analisar cada um destes efeitos. Na Tabela 16 são exibidas as estimativas de parâmetros para os efeitos primários e de interação. Através dela é possível estimar, para cada variável dependente, a magnitude de todos os efeitos. A fim de simplificação, os efeitos não significativos no nível 0,05 foram omitidos desta tabela.

Variável Dependente	Parâmetro	B	Erro Padrão	t	Sig.
Fill Rate	Constante	0,486	0,013	37,987	0,000
	Viés de antecipação	0,111	0,018	6,162	0,000
	Sem viés	0,050	0,018	2,738	0,006
	Amplitude baixa	0,259	0,018	14,318	0,000
	Amplitude média	0,152	0,018	8,432	0,000
	Distribuição escalonada	-0,129	0,018	-7,119	0,000
	Viés de antecipação *	-0,059	0,026	-2,320	0,020
	Amplitude baixa				
Quantidade de Carregamentos Recebidos	Constante	79,420	2,114	37,560	0,000
	Viés de antecipação	25,740	2,990	8,608	0,000
	Sem viés	11,820	2,990	3,953	0,000
	Amplitude baixa	61,560	2,990	20,587	0,000
	Amplitude média	35,060	2,990	11,725	0,000
	Distribuição escalonada	-10,080	2,990	-3,371	0,001
	Viés de antecipação *	-13,140	4,229	-3,107	0,002
	Amplitude baixa				
Estoque Médio em Mãos	Constante	2,978	0,256	11,611	0,000
	Viés de antecipação	1,560	0,363	4,300	0,000
	Amplitude baixa	4,229	0,363	11,658	0,000
	Amplitude média	2,073	0,363	5,716	0,000
	Distribuição escalonada	-1,231	0,363	-3,395	0,001
Estoque Médio em Trânsito	Constante	13,615	0,257	52,968	0,000
	Viés de antecipação	-2,270	0,364	-6,244	0,000
	Sem viés	-1,020	0,364	-2,805	0,005
	Amplitude baixa	-5,523	0,364	-15,193	0,000
	Amplitude média	-2,846	0,364	-7,829	0,000
	Distribuição escalonada	-3,192	0,364	-8,780	0,000
	Amplitude baixa *	1,821	0,514	3,543	0,000
	Distribuição escalonada				
	Amplitude média *	1,143	0,514	2,223	0,026
	Distribuição escalonada				
Quantidade Acumulada de Falta de Estoque	Constante	797,220	18,691	42,654	0,000
	Viés de antecipação	-195,440	26,432	-7,394	0,000
	Sem viés	-89,040	26,432	-3,369	0,001
	Amplitude baixa	-440,260	26,432	-16,656	0,000
	Amplitude média	-262,220	26,432	-9,920	0,000
	Distribuição escalonada	158,600	26,432	6,000	0,000
	Viés de antecipação *	108,040	37,381	2,890	0,004
	Amplitude baixa				
Quantidade de Rupturas de Estoque	Constante	187,200	4,654	40,221	0,000
	Viés de antecipação	-40,560	6,582	-6,162	0,000
	Sem viés	-18,020	6,582	-2,738	0,006
	Amplitude baixa	-94,240	6,582	-14,318	0,000
	Amplitude média	-55,500	6,582	-8,432	0,000
	Distribuição escalonada	46,860	6,582	7,119	0,000
	Viés de antecipação *	21,600	9,309	2,320	0,020
	Amplitude baixa				

Tabela 16 - Estimativas de parâmetros dos efeitos primários e de interação de MANOVA

Uma explicação da Tabela 16 se faz necessária. Todos os parâmetros são medidos relativamente ao valor Constante que, neste caso, corresponde ao cenário onde a Política de Distribuição é direta, a Amplitude do Tempo de Resposta é alta, o Viés do Tempo de Resposta é de atraso e a Política de Produção é puxada. Considere, por exemplo, a distribuição direta, produção empurrada, amplitude baixa e viés de antecipação, além da variável dependente QAFE. O seguinte cálculo deve ser feito para se chegar à estimativa do valor da variável:

1. Inicia-se com o valor de referência para a variável dependente, que, no caso da QAFE, é 797,22;
2. O fato de a distribuição ser direta nada acrescenta, visto que o cenário de referência já é o de distribuição direta;
3. Também em nada acrescenta a política de produção empurrada, uma vez que este tratamento não é significativo no nível 0,05;
4. O viés de antecipação contribui em -195,44 na variável dependente. O valor até agora é  $797,22 - 195,44 = 601,78$ ;
5. A amplitude baixa contribui em -440,26. O valor até agora é  $601,78 - 440,26 = 161,52$ ;
6. Finalmente, o efeito de interação entre viés de antecipação e amplitude baixa contribui em 108,04. Sendo assim, o valor da QAFE estimado para o cenário exemplificado é de 269,56.

Na Tabela 15 observou-se que todos os tratamentos contribuem para a significância do modelo. No entanto, a Política de Produção não exerce efeito significativo em nenhuma variável dependente em particular (Tabela 16). Esta ausência de significância estatística já poderia ter sido prevista nas análises preliminares, devido

à baixíssima variação na média das variáveis dependentes causada pela Política de Produção, principalmente quando comparada com a variação promovida pelos outros tratamentos.

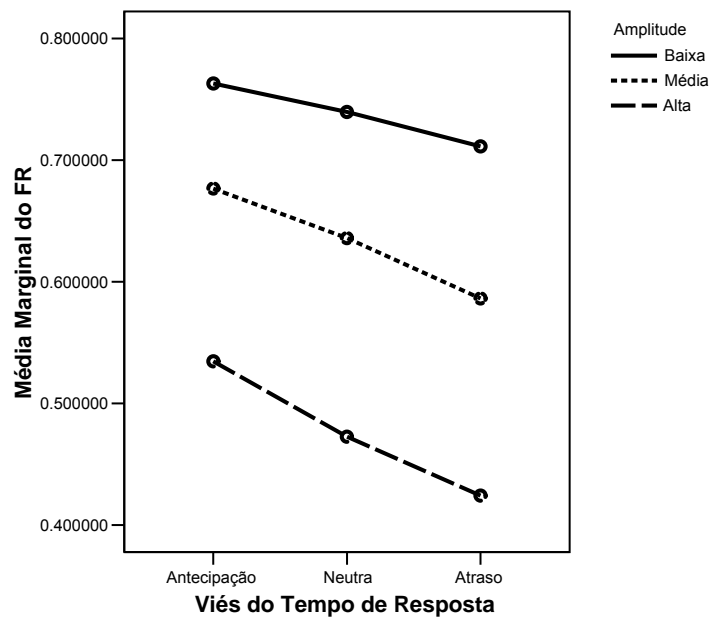
Conforme já mencionado, três efeitos de interação foram identificados pela MANOVA. Estes efeitos são ocasionados pela interação entre (1) o Viés do Tempo de Resposta e a Amplitude do Tempo de Resposta; (2) o Viés do Tempo de Resposta e a Política de Produção; e (3) a Amplitude do Tempo de Resposta e a Política de Produção. Os gráficos de perfil (*profile plots*) são ferramentas adequadas para analisar os efeitos de interação. Estes gráficos comparam as médias marginais de uma variável dependente ao longo de diferentes tratamentos. O eixo das ordenadas representa a média marginal da variável dependente, enquanto o eixo das abscissas corresponde a diferentes níveis de um dos tratamentos da interação. O segundo tratamento da interação é representado através de uma nova linha no gráfico. Dependendo da configuração relativa entre as linhas, três possibilidades se abrem (HAIR, 1998):

1. Inexistência de efeitos de interação. Ocorre quando as linhas do gráfico de perfil são paralelas;
2. Interação ordinal. As linhas do gráfico de perfil são não-paralelas, porém, sem qualquer ponto de interseção;
3. Interação desordinal. Ocorre quando as linhas do gráfico de perfil possuem alguma interseção.

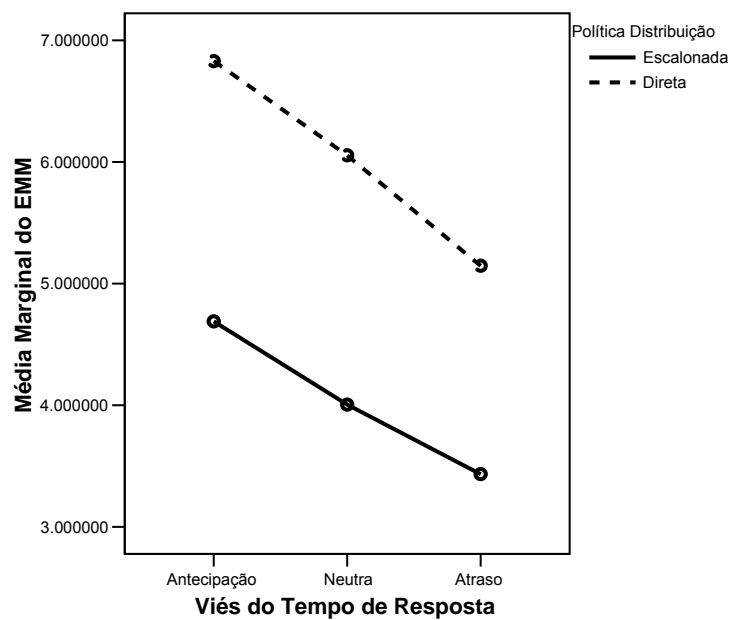
A interação desordinal ocorre quando os efeitos variam não apenas ao longo de níveis de tratamento, mas também em sentido (positivo ou negativo). Desta forma, os tratamentos não representam um efeito consistente e o estudo deve ser redefinido (HAIR, 1998).

A seguir são apresentados os gráficos de perfil obtidos a partir dos tratamentos que originaram efeitos de interação significativos, conforme apresentado na Tabela 15. A fim de simplificação, os gráficos cujas linhas indicam ausência de interação (ou seja, linhas paralelas) foram omitidos.

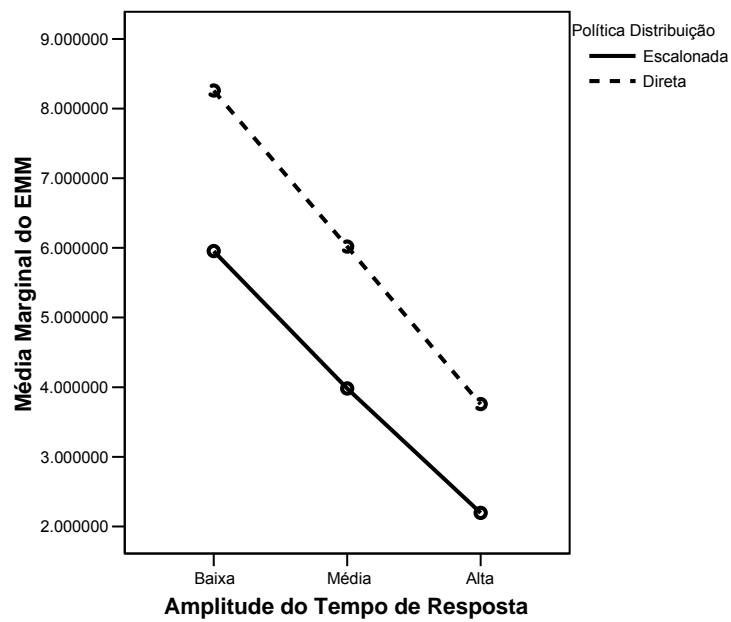




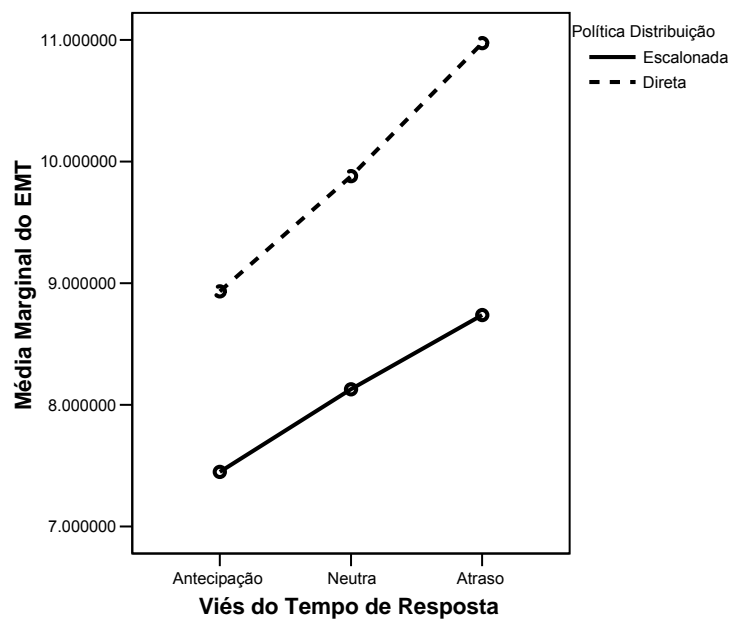
**Figura 11 – Efeitos de interação entre o Viés do Tempo de Resposta e a Amplitude do Tempo de Resposta no *Fill Rate***



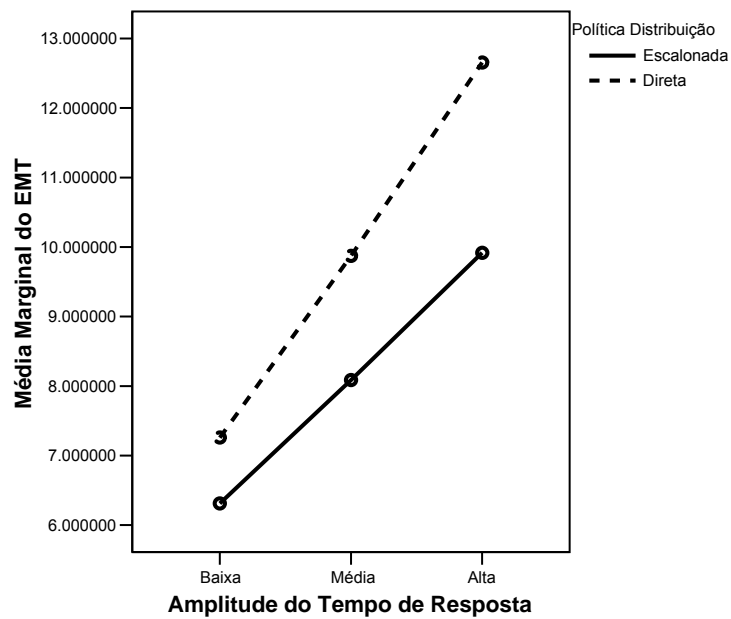
**Figura 12 - Efeitos de interação entre o Viés do Tempo de Resposta e a Política de Distribuição no Estoque Médio em Mãos**



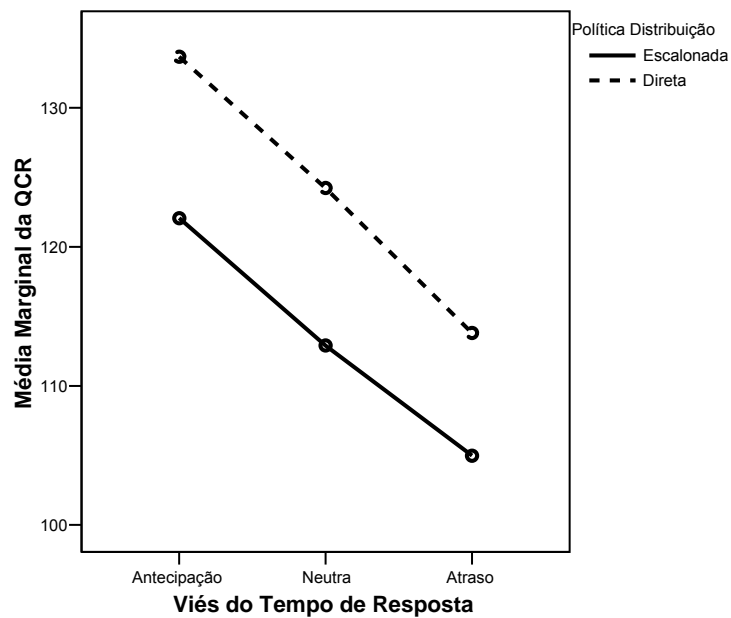
**Figura 13 - Efeitos de interação entre a Amplitude do Tempo de Resposta e a Política de Distribuição no Estoque Médio em Mãos**



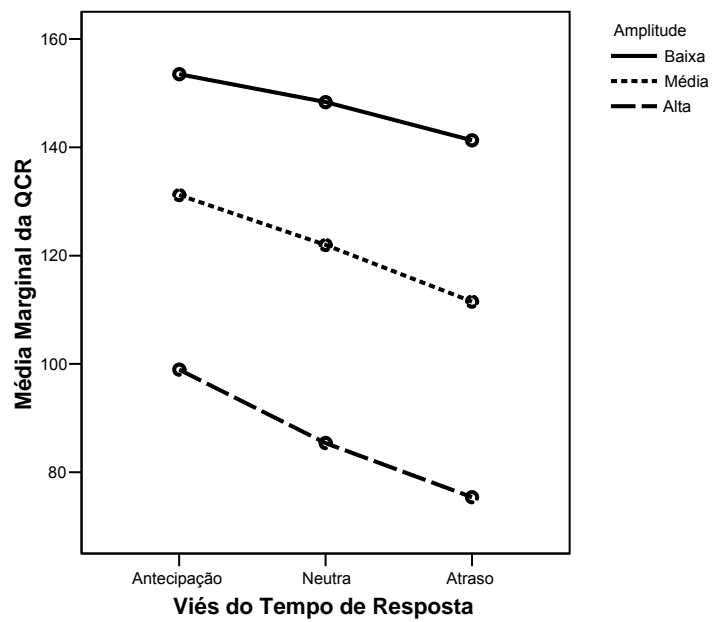
**Figura 14 - Efeitos de interação entre o Viés do Tempo de Resposta e a Política de Distribuição no Estoque Médio em Trânsito**



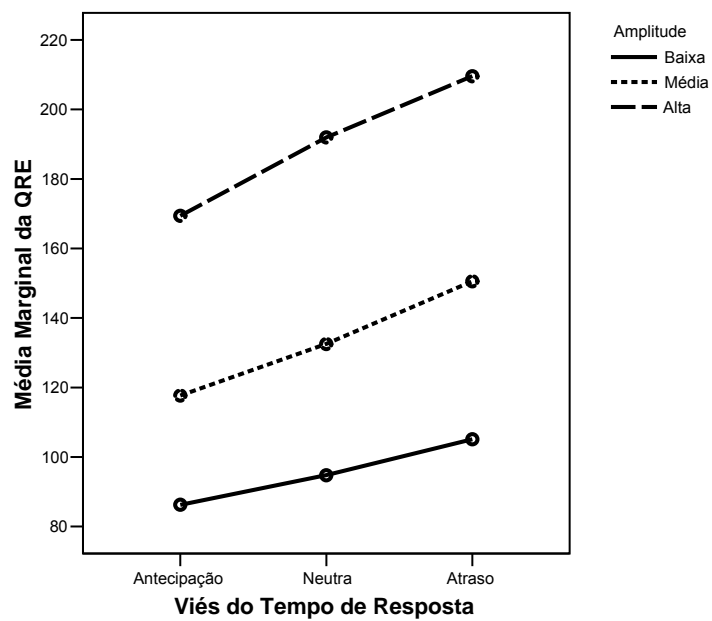
**Figura 15 - Efeitos de interação entre a Amplitude do Tempo de Resposta e a Política de Distribuição no Estoque Médio em Trânsito**



**Figura 16 - Efeitos de interação entre o Viés do Tempo de Resposta e a Política de Distribuição na Quantidade de Carregamentos Recebidos**



**Figura 17 - Efeitos de interação entre o Viés do Tempo de Resposta e a Amplitude do Tempo de Resposta na Quantidade de Carregamentos Recebidos**



**Figura 18 - Efeitos de interação entre o Viés do Tempo de Resposta e a Amplitude do Tempo de Resposta na Quantidade de Rupturas de Estoque**

Antes de qualquer análise é importante observar a natureza ordinal dos efeitos de interação encontrados. Isto significa que o impacto de tratamentos nas médias marginais das variáveis dependentes é diferente dependendo do nível de outros tratamentos. Entretanto, esta diferença ocorre somente em magnitude, e não em sentido, o que valida os efeitos primários obtidos na MANOVA (HAIR, 1998).

De um modo geral, efeitos de interação entre tratamentos ocorreram sobre todas as variáveis dependentes, com exceção da Quantidade Acumulada de Falta de Estoque. Levando-se em conta que a interação entre o Viés e a Amplitude do Tempo de Resposta sobre a Quantidade de Rupturas de Estoque foi fraca (linhas quase paralelas no gráfico de perfil), assim como a interação entre o Viés e a Amplitude do Tempo de Resposta sobre o *Fill Rate*, conclui-se que efeitos de interação, quando ocorrem, exercem pouca influência sobre os indicadores de nível de serviço.

O mesmo não pode ser concluído para os indicadores de nível de estoque. Através da Figura 12, da Figura 13, da Figura 14 e da Figura 15 percebe-se que os efeitos de interação possuem magnitude moderada quando atuam sobre o Estoque Médio em Mãos e o Estoque Médio em Trânsito. Isto comprova que, no que tange aos indicadores de nível de estoque, o impacto de diferentes políticas de distribuição e tempos de resposta não pode ser aferido de forma isolada, mas sim no contexto das outras variáveis da cadeia de suprimentos.

O resultado acima pode ser exemplificado a partir da Figura 14. Num cenário de distribuição direta e tempo de resposta com viés de atraso, a fim de se obter uma redução unitária nos níveis de estoque em trânsito bastaria executar ações que removessem o viés do tempo de resposta, tornando-o neutro. Entretanto, esta mudança já não seria suficiente para se atingir o mesmo objetivo num cenário de distribuição

escalonada, no qual a eliminação do viés diminuiria em menos de uma unidade os níveis médios de estoque em trânsito.

Em outras palavras, este resultado mostra que não existe receita universal para atingir determinado grau de redução nos níveis médios de estoque (em mãos ou em trânsito), e que toda ação nesse sentido deve considerar cada um dos parâmetros da cadeia de suprimentos.

Os efeitos de interação sobre a Quantidade de Carregamentos Recebidos, ilustrados através da Figura 16 e da Figura 17, não possuem magnitude elevada. É importante, no entanto, salientar o maior impacto que o Viés do Tempo de Resposta tem nesta variável dependente quando a distribuição é direta e a amplitude é alta. Isto pode parcialmente ser explicado pelo fato de não haver, na distribuição direta, um intermediário cujos estoques absorvam as variações do tempo de resposta do fabricante, tornando qualquer variação mais perceptível no varejo.

## 5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados desta pesquisa abrangem tópicos já estudados previamente, como, por exemplo, o impacto de diferentes políticas de produção e de distribuição nos indicadores do varejo (WANKE et al., 2006). Outros tópicos, como o efeito causado por diferentes configurações do tempo de resposta em conjunto com estas políticas ainda não foram abordados. Sendo assim, primeiramente serão discutidos os resultados com precedentes na literatura, a fim de referenciar esta pesquisa em relação às outras já realizadas, e em seguida os resultados novos.

De acordo com a Tabela 16, o menor nível de estoque médio no varejo, modelado através da variável Estoque Médio em Mãos, ocorre quando a Amplitude do Tempo de Resposta é alta, o Viés do Tempo de Resposta é de atraso e a distribuição é escalonada (a diferença no Estoque Médio em Mãos causada pela Política de Produção não é estatisticamente significativa no nível 0,05). O segundo menor nível de estoque é obtido com amplitude alta, viés de atraso e distribuição direta. Este resultado comprova a interpretação de Pagh e Cooper (1998) realizada por Wanke et al. (2006), de que níveis mais baixos de estoque no varejo são obtidos quando a distribuição é escalonada.

A fim de comparar os resultados com os de Wanke et al. (2006), é necessário considerar o nível médio de amplitude e o viés neutro, configuração tal que produz exatamente o mesmo tempo de resposta utilizado por Wanke et al. (2006) em seu estudo. O Viés do Tempo de Resposta não é significativo no Estoque Médio em Mãos (Tabela 16). Como não existe, no Estoque Médio em Mãos, efeito de interação entre a distribuição escalonada e a amplitude média, os menores níveis de estoque também são obtidos com a distribuição escalonada, resultado alinhado aos obtidos por Wanke et al. (2006).

Por outro lado, não foi possível aferir de forma significativa o impacto causado pela Política de Produção nos níveis médios de estoque do varejo. Apesar de a análise preliminar indicar que uma produção puxada reduziria os estoques, este efeito não foi confirmado pela MANOVA, cujos resultados não constataram qualquer alteração significativa no Estoque Médio em Mãos causada pela Política de Produção da indústria.

Os resultados obtidos também confirmam os de Wanke et al. (2006) quando analisados sob o prisma do nível de serviço no varejo. O máximo *Fill Rate* obtido quando a amplitude é média e o viés é neutro foi de 68,8%, que ocorre quando a distribuição é direta. Mais uma vez, o impacto da Política de Produção não foi estatisticamente significativo no nível de 0,05. Wanke et al. (2006), de forma semelhante, também obtiveram nível de serviço máximo no varejo através da distribuição direta.

Devido à baixa magnitude dos efeitos de interação entre os tratamentos, a melhor configuração do ponto de vista de nível de serviço no varejo é a mesma, independentemente da configuração do tempo de resposta. Em termos de nível de serviço, o varejo maximiza seus indicadores quando a distribuição é direta. Confrontando este resultado com os de Wanke e Zinn (2004) concluímos que a prática da indústria em adotar distribuição direta quando o tempo de resposta é alto é benéfica para o varejo, pois possibilita ao elo final da cadeia de suprimentos obter um maior nível de serviço. Entretanto, este não será o caso se, por causa da necessidade de menores tempos de resposta de entrega, a indústria utilizar uma política de distribuição escalonada. Conforme foi apresentado, o nível de serviço no varejo cai em média 11,7 pontos percentuais quando a distribuição passa de direta para escalonada (Tabela 9).



Em vista disso, a pressão eventual realizada pelo varejo sobre a indústria em busca de menores tempos de resposta pode acarretar decisões estratégicas, como, por exemplo, a utilização de distribuição escalonada pela indústria, que não necessariamente configurariam o cenário mais adequado ao varejo. Uma saída seria a implantação de iniciativas gerenciais voltadas ao aumento do nível de serviço no varejo, como o *Vendor Managed Inventory* - VMI (WALLER e JOHNSON, 1999), *Continuous Replenishment* – CR (ELLINGER e TAYLOR, 1999), *Quick Response* – QR (FIORITO e MAY, 1995) ou algum outro programa de resposta rápida. Outra possibilidade seria o compartilhamento pelo varejo de suas informações de demanda, deslocando o ponto de desacoplamento da informação para a indústria e melhorando a capacidade desta de previsão de vendas, com conseqüente aumento do nível de serviço em toda a cadeia (MASON-JONES e TOWILL, 1997).

Estabelecida que a configuração ótima para o varejo, sob a perspectiva de nível de serviço, é a distribuição direta, o próximo passo é identificar se também existe alguma configuração mais apropriada sob a ótica dos níveis de estoque. Pelas tabelas da análise preliminar, e também através dos resultados da MANOVA, fica claro que níveis de serviço mais altos foram obtidos às custas de estoques mais elevados no varejo. Entretanto, quando considerado também o estoque em trânsito para o varejo esta relação se torna um pouco mais complexa.

A fim de comparar diferentes políticas, com diferentes níveis de serviço e níveis de estoque (em mãos e em trânsito), é necessário agregar estas duas variáveis de alguma forma. Uma forma não muito complexa seria a obtenção da razão entre nível de serviço e estoque do varejo (em mãos e em trânsito), ou seja, quantos pontos percentuais do nível de serviço são obtidos para cada unidade de estoque em posse do varejo. Na

Tabela 17 é exibida, para diferentes configurações da Política de Produção, Amplitude e Viés do Tempo de Resposta, o valor desta métrica:

<b>Política de Distribuição</b>	<b>Amplitude do Tempo de Resposta</b>	<b>Viés do Tempo de Resposta</b>	<b>Fill rate por Unidade de estoque</b>
Direta	Alta	Antecipação	3.8%
		Atraso	2.9%
		Neutra	3.3%
	Baixa	Antecipação	5.3%
		Atraso	4.9%
		Neutra	5.1%
	Média	Antecipação	4.7%
		Atraso	4.0%
		Neutra	4.4%
Escalonada	Alta	Antecipação	3.9%
		Atraso	2.9%
		Neutra	3.3%
	Baixa	Antecipação	5.8%
		Atraso	5.5%
		Neutra	5.7%
	Média	Antecipação	5.2%
		Atraso	4.4%
		Neutra	4.8%

**Tabela 17 - Pontos percentuais de nível de serviço obtidos com 1 unidade de estoque**

Considerando o *tradeoff* entre nível de serviço e nível de estoque (BOWERSOX, 1996), esta métrica pode ser interpretada como a eficiência do varejo em aumentar seu nível de serviço ao carregar estoques. Além disto, também pode servir como um critério de decisão quando diferentes fornecedores são considerados pelo varejo.

Exemplificando, imaginemos um varejista em processo de seleção de fornecedor para manufatura de produtos de marca própria. Em um dado momento, ele se depara com a escolha entre (1) contratar um fornecedor de distribuição direta e tempo de resposta com amplitude baixa e viés de atraso; ou (2) contratar um fornecedor que distribui de forma escalonada com tempo de resposta médio e viés de antecipação. Caso opte pelo fornecedor 1, este varejista poderá oferecer o mesmo nível de serviço a seus

clientes com níveis de estoque aproximadamente 6% menores. Em outras situações, esta diferença pode ser de até 50% (considere, por exemplo, distribuição direta, amplitude alta, viés de atraso versus distribuição escalonada, amplitude baixa, viés de antecipação).

De um modo geral, observa-se que a distribuição escalonada é mais eficiente, do ponto de vista do varejo, do que a distribuição direta. No entanto, a diferença só começa a ser significativa (em torno de 10%) quando a amplitude é baixa ou média. Ou seja, quando os tempos de resposta são altos não faz sentido preocupar-se com a estratégia de distribuição do fornecedor, pois os efeitos desta variável são muito menores quando comparados com a alta amplitude do tempo de resposta. Neste cenário, esforços devem ser direcionados à redução do tempo de resposta, com o consequente aumento do nível de serviço e diminuição dos estoques.

## 6. CONCLUSÃO

O impacto no varejo das decisões estratégicas de produção e de distribuição da indústria já se encontra relativamente bem documentado na literatura. No entanto, uma das principais variáveis da cadeia de suprimentos – o tempo de resposta – esteve fora das análises dos impactos destas decisões até o momento. Esta pesquisa procurou incluir o tempo de resposta nas análises, identificando sob que condições desta variável as duas políticas da indústria exercem maior ou menor influência no varejo.

Devido ao caráter dinâmico e complexo da cadeia de suprimentos, o método utilizado para alcançar os objetivos desta pesquisa foi a simulação computacional. Através de um modelo desenvolvido na plataforma ARENA, uma cadeia de suprimentos composta por quatro elos (indústria, distribuidor e dois varejistas), representando duas políticas de distribuição distintas (direta e escalonada), foi simulada para duas diferentes políticas de produção da indústria (puxada e empurrada) e nove configurações de tempo de resposta.

A fim de obter tanto os efeitos primários quanto os de interação entre as variáveis independentes do modelo (diferentes políticas e tempos de resposta), os dados foram analisados via estatística descritiva básica e também através de Análise Multivariada de Variância (MANOVA). A análise concluiu que todas as variáveis independentes aumentam a significância do modelo, e também que alguns efeitos de interação ocorrem entre alguns níveis de tratamentos.

Os resultados confirmaram a literatura já existente sobre o tema no que diz respeito ao impacto no varejo das decisões de distribuição da indústria. O impacto da política de produção da indústria, no entanto, não pôde ser confirmado devido à baixa

significância estatística obtida nos testes multivariados desta variável. Outros importantes resultados obtidos nesta pesquisa foram os seguintes:

1. A pressão do varejo por menores tempos de entrega pode desencadear decisões estratégicas na indústria que não necessariamente melhorariam a situação do varejo, em termos de nível de serviço e nível de estoques. Para ser bem sucedida, a mudança de distribuição direta para distribuição escalonada deve vir acompanhada de alguma redução no tempo de resposta, a fim de compensar a queda no nível de serviço do varejo observada na distribuição escalonada.
2. Quando os tempos de resposta são altos, a estratégia de distribuição da indústria é indiferente ao varejo, pois os efeitos causados pela alta amplitude do tempo de entrega são muito mais intensos que os causados pela política de distribuição. Portanto, esforços para a redução de estoques e aumento do nível de serviço devem ser direcionados à redução do tempo de resposta, através, por exemplo, de programas de resposta rápida.
3. Nos cenários em que o tempo de resposta possui amplitude baixa ou média, a distribuição escalonada desponta como a melhor opção para o varejo, pois é a política em que se consegue o melhor nível de serviço para o mesmo nível de estoques.
4. Os níveis de estoque (tanto em mãos quanto em trânsito) são mais susceptíveis aos efeitos de interação. Isto sugere que decisões no sentido de reduzir estoques no varejo devem ser tomadas levando em conta outros parâmetros da cadeia de suprimentos, em particular a política de distribuição.

Estes resultados são, de um modo geral, novos na literatura sobre cadeia de suprimentos, e constituem importante avanço para a melhor compreensão dos *tradeoffs*

existentes na cadeia, principalmente quando consideradas as decisões de centralização ou descentralização de estoques e os tempos de resposta. Apesar de focados apenas no varejo, os resultados não são úteis apenas para este segmento da cadeia. Tomadores de decisão do setor industrial estarão mais bem preparados para enfrentar o ambiente competitivo se souberem quais os direcionadores por trás das decisões dos varejistas, e de que forma devem alterar suas políticas a fim de se tornarem os fornecedores preferenciais.

Finalmente, como sugestões de trabalhos futuros ficam (1) a extensão dos resultados desta pesquisa para cadeias de suprimentos mais complexas, com até 4 níveis; (2) a determinação da redução relativa do tempo de resposta que torna indiferente ao varejo a escolha entre um fornecedor de distribuição direta e outro de distribuição escalonada; e (3) a análise de custo total da cadeia de suprimentos, em termos de níveis estoque, e a viabilidade das sugestões deste estudo tanto para produtos de alto quanto para produtos de baixo valor agregado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BALLOU, Ronald H. **Business logistics management**. 4. ed. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1992.
2. \_\_\_\_\_. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial**. 4ª edição, Bookman, 2001.
3. BIDAULT, F.; DESPRES, C.; BUTLER, C. New product development and early supplier involvement (ESI): the drivers of ESI adoption. **International Journal of Technology Management**, vol. 15, no. 2, 1998.
4. BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J. **Logistical management: the integrated supply chain process**. McGraw-Hill, 1996.
5. CARSON II, John S. Introduction to Modeling and Simulation. **Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference**.
6. CLOSS, David J. et al. An empirical comparison of anticipatory and response-based supply chain strategies. **International Journal of Logistics Management**, vol. 9, no. 2, 1998.
7. COOPER, Martha C.; LAMBERT, Douglas M.; PAGH, Janus. Supply chain management: more than a new name for logistics. **International Journal of Logistics Management**, vol. 8, no. 1, 1997.
8. COPACINO, William C. **Supply chain management: basics and beyond**. Boca Raton, FL: St. Lucie Press, 1997.
9. DOLL, W. J.; TORKZADEH, G. The measurement of end-user computing satisfaction. **MIS Quarterly**, June, 1988.

10. \_\_\_\_; \_\_\_\_; XIA, W. A confirmatory factor analysis of the end-user computing satisfaction instrument. **MIS Quarterly**, June, 1994.
11. ELLINGER, A.; TAYLOR, J. Automatic replenishment programs and level of involvement: performance implications. **The International Journal of Logistics Management**, vol. 10, no. 1, 1999.
12. ENG, Teck-Yong. The influence of a firm's cross-functional orientation on supply chain performance. **Journal of Supply Chain Management**, vol. 41, no. 4, Fall, 2005.
13. FIGUEIREDO, Kleber F.; ARKADER, Rebecca. Da distribuição física ao supply chain management. In FLEURY, Paulo Fernando; WANKE, Peter; FIGUEIREDO, Kleber Fossati. **Logística empresarial**. 1ª ed., São Paulo, Editora Atlas, 2000.
14. FIORITO, S. S.; MAY, E. G. Quick response in retailing. **International Journal of Retail and Distribution Management**, vol. 23, no. 5, 1995.
15. FLEURY, Paulo Fernando. Supply chain management. In FLEURY, Paulo Fernando; WANKE, Peter; FIGUEIREDO, Kleber Fossati. **Logística empresarial**. 1ª ed., São Paulo, Editora Atlas, 2000.
16. FORRESTER, Jay W. **Industrial Dynamics**. Cambridge, MA: MIT Press, 1961.
17. FU, Michael C. Optimization for Simulation: Theory vs. Practice. **INFORMS Journal on Computing**, vol. 14, no. 3, Summer, 2002.
18. GIFFI, Craig; ROTH, Aleda V.; SEAL, Gregory M. **Competing in world-class manufacturing: America's 21<sup>st</sup> century challenge**. Homewood, IL: Business One-Irwin, 1990.



19. GROVES, Gwyn; VALSAMAKIS, Vassilios. Supplier-customer relationship and company performance. **International Journal of Logistics Management**, vol. 9, no. 2, 1998.
20. HAIR, Joseph F. et al. **Multivariate data analysis**. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 1998.
21. HANDFIELD, R. B. Effects of concurrent engineering on make-to-order products. **IEEE Transactions on Engineering Management**, vol. 41, no. 4, 1995.
22. HELMER, O.; RESCHER, N. On the epistemology of the inexact sciences. **Management Science**, vol. 6, 1959.
23. HOEKSTRA, Sjoerd; ROMME, Jac. **Integrated logistics structures: developing customer oriented goods flow**. London, McGraw-Hill, 1992.
24. INGALLS, Ricki G. Introduction to Simulation. **Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference**.
25. INMAN, R. Are you implementing a pull system by putting the cart before the horse? **Production and Inventory Management Journal**, vol. 40, no. 3, 1999.
26. 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.
27. JAYARAM, J.; VICKERY, Shawnee K.; DROGE, Cornelia. The effects of information system infrastructure and process improvements on supply-chain

- time performance. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, vol. 30, no. 3, 1985.
28. JONES, Thomas C.; RILEY, David W. Using inventory for competitive advantage through supply chain management. **International Journal of Physical Distribution & Materials Management**, vol. 15, no. 5. 1985.
29. KHOUJA, M. Synchronization in supply chains: implications for design and management. **Journal of the Operational Research Society**, vol. 54, no. 9, 2003.
30. LAMBERT, Douglas M.; COOPER, Martha C.; PAGH, Janus. Supply chain management: implementation issues and research opportunities. **International Journal of Logistics Management**, vol. 9, no. 2, 1998.
31. LAMMING, Richard. **Beyond partnership: strategies for innovation and lean supply**. New York, NY, Prentice Hall, 1993.
32. LAW, Averill M. How to conduct a successful simulation study. **Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference**.
33. LEE, Hau L.; PADMANABHAN, V.; WHANG, Seungjin. Information distortion in a supply chain: the bullwhip effect. **Management Science**, vol. 50, no. 12, 2004.
34. LENDERMANN, P. et al. Integration of discrete event simulation models with framework-based business applications. **Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference**.
35. MABERT, Vicent A.; VENKATARAMANAN, M. A. Special research focus on supply chain linkages: challenges for design and management for the 21<sup>st</sup> century. **Decision Sciences**, vol. 29, no. 3, Summer, 1998.

36. MASON-JONES, Rachel; TOWILL, Denis R. Information enrichment: designing the supply chain for competitive advantage. **Journal of Supply Chain Management**, vol. 2, no. 4, 1997.
37. \_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Using the information decoupling point to improve supply chain performance. **International Journal of Logistics Management**, vol. 10, no. 2, 1999.
38. MCHANEY, Roger; CRONAN, Timothy Paul. Toward an empirical understanding of computer simulation implementation success. **Information & Management**, no. 37, 2000.
39. MEJZA, Michael C.; WISNER, Joel D. The scope and span of supply chain management. **International Journal of Logistics Management**, vol. 12, no. 2, 2001.
40. MONDEN, Yasuhiro. Toyota Production System. Norcross, GA: **Industrial Engineering and Management Press**, 1983.
41. MONTGOMERY, D. C. **Design and Analysis of Experiments**. 3. ed, John Wiley & Sons, 1991.
42. NAYLOR, B.; NAIM, M.; BERRY, D. Leagility: integrating the lean and agile manufacturing paradigms in the total supply chain. **International Journal of Production Economics**, vol. 62, 1999.
43. OGDEN, Jeffrey A. et al. Supply management strategies for the future: a Delphi study. **Journal of Supply Chain Management**, vol. 41, no. 3, Summer, 2005.
44. PAGH, J. D.; COOPER, M. C. Supply chain postponement and speculation strategies: how to choose the right strategy. **Journal of Business Logistics**, vol. 19, no. 2, 1998.

45. PANISSET, Vinícius Gonçalves. **O reflexo de diferentes curvas de demanda no varejo nos principais indicadores da cadeia de suprimentos: um estudo experimental de simulação** (Projeto em andamento). Dissertação (Mestrado em Administração) – Instituto COPPEAD de Administração, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.
46. RICHMAN, Eugene; COLEMAN, Denis. Monte Carlo Simulation for Management. **California Management Review**, vol. 23, no. 3, Spring, 1981.
47. SALIBY, E. Tecnologia da informação: uso da simulação para a obtenção de melhorias em operações logísticas. In FLEURY, Paulo Fernando; WANKE, Peter; FIGUEIREDO, Kleber Fossati. **Logística empresarial**. 1ª ed., São Paulo, Editora Atlas, 2000.
48. SANDERS, Nada R. IT Alignment in supply chain relationships: a study of supplier benefits. **Journal of Supply Chain Management**, vol. 41, no. 2, 2005.
49. SEONG-AM, Moon. The relationship among manufacturer product strategy, supply chain structure and supply chain inventory. **Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics**, vol. 16, no. 2, 2004.
50. SHANNON, Robert E., 1975. **Systems Simulation – The Art and Science**, Prentice-Hall.
51. SILVER, E. A.; PETERSON, R. **Decision systems for inventory management and production planning**. 2. ed. New York: John Wiley, 1985.
52. SIMON, John; NAIM, Mohamed; TOWILL, Denis R. Dynamic analysis of a WIP compensated decision support system. **International Journal of Manufacturing Systems Design**, vol. 1, no. 4, 1995.

53. Simulation Software Survey. Disponível em:  
<http://www.lionhrtpub.com/orms/surveys/Simulation/Simulation.html>.  
Acessado em 11 jul. 2006. Tradução livre.
54. SMITH, Richard L.; WALTER, Clyde K. Is Newton's third law of motion JIT's first law? **Production and Inventory Management Journal**, vol. 41, no. 1, 2000.
55. STEVENS, George C. Integrating the supply chain. **International Journal of Physical Distribution & Materials Management**, vol. 19, no. 8, 1989.
56. TAYLOR, Simon J. E. et al. Panel on future challenges in modeling methodology. **Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference**.
57. VOKURKA, Robert J.; LUMMUS, Rhonda R. The role of just-in-time in supply chain management. **International Journal of Logistics Management**, vol. 11, no. 1, 2000.
58. WANKE, P.; ARKADER, Rebecca; LOPES, Pedro H.; RODRIGUES, Alexandre M. Um estudo sobre os impactos no varejo das principais decisões estratégicas de produção e distribuição da indústria. **Gestão & Produção**, vol. 13, no. 1, 2006.
59. \_\_\_\_; ZINN, Walter. Strategic logistics decision making. **International Journal of Physical Distribution and Logistics Management**, vol. 34, no. 6, 2004.
60. \_\_\_\_\_. Estratégia logística: conceitos, implicações e análise da realidade brasileira. In FIGUEIREDO, Kleber Fossati; FLEURY, Paulo Fernando; WANKE, Peter. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos**. 1ª ed., São Paulo, Editora Atlas, 2003a.

61. \_\_\_\_\_. Aspectos econômicos e tecnológicos das cadeias de suprimentos e suas implicações gerenciais. In FIGUEIREDO, Kleber Fossati; FLEURY, Paulo Fernando; WANKE, Peter. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos**. 1ª ed., São Paulo, Editora Atlas, 2003b.
62. \_\_\_\_\_. Logística, gerenciamento da cadeia de suprimentos e organização do fluxo de produtos. In FIGUEIREDO, Kleber Fossati; FLEURY, Paulo Fernando; WANKE, Peter. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos**. 1ª ed., São Paulo, Editora Atlas, 2003c.
63. \_\_\_\_\_. Impactos da postergação de operações finais de produção sobre os custos totais e a disponibilidade de produto. In FIGUEIREDO, Kleber Fossati; FLEURY, Paulo Fernando; WANKE, Peter. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos**. 1ª ed., São Paulo, Editora Atlas, 2003d.
64. \_\_\_\_\_. **Gestão de Estoques na Cadeia de Suprimentos: Decisões e Modelos Quantitativos**. São Paulo, Editora Atlas, 2003e.
65. WALLER, M.; JOHNSON, M. Vendor managed inventory in the retail supply chain. **Journal of Business Logistics**, vol. 20, no. 1, 1999.
66. WYNSTRA, F.; VANWEELE, A.; WEGGEMANN, M. Managing supplier involvement in product development: three critical issues. **European Management Journal**, vol. 19, no. 2, 2001.
67. XU, Lei; BEAMON, Benita M. Supply chain coordination and cooperation mechanisms: an attribute-based approach. **Journal of Supply Chain Management**, vol. 42, no. 1, Winter, 2006.

68. ZSIDISIN, George A.; SMITH, Michael E. Managing supply risk with early supplier involvement: a case study and research propositions. **Journal of Supply Chain Management**, vol. 41, no. 4, Fall, 2005.

# 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](#)