

"A FEA e a USP respeitam os direitos autorais deste trabalho. Nós acreditamos que a melhor proteção contra o uso ilegítimo deste texto é a publicação online. Além de preservar o conteúdo motiva-nos oferecer à sociedade o conhecimento produzido no âmbito da universidade pública e dar publicidade ao esforço do pesquisador. Entretanto, caso não seja do interesse do autor manter o documento online, pedimos compreensão em relação à iniciativa e o contato pelo e-mail [bibfea@usp.br](mailto:bibfea@usp.br) para que possamos tomar as providências cabíveis (remoção da tese ou dissertação da BDTD)."

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE**  
**DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO**

**UM ESTUDO SOBRE MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE GESTÃO COM DINÂMICA  
DE SISTEMAS**

**Denise de Almeida Maia**

**Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Zwicker**

**SÃO PAULO**

**2005**

**Prof. Doutor Adolpho José Melfi**  
**Reitor da Universidade de São Paulo**

**Prof<sup>a</sup>. Doutora Maria Tereza Leme Fleury**  
**Diretora da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade**

**Prof. Doutor Eduardo Pinheiro Gondim de Vasconcellos**  
**Chefe do Departamento de Administração**

**Prof. Doutor Isak Kruglianskas**  
**Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Administração**



**DENISE DE ALMEIDA MAIA**



Powered by RfidProStar - www.logprocess.com.br

**DEDALUS - Acervo - FEA**



20600028226

**UM ESTUDO SOBRE MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE GESTÃO COM  
DINÂMICA DE SISTEMAS**

**Dissertação apresentada ao  
Departamento de Administração da  
Faculdade de Administração, Economia  
e Contabilidade da Universidade de São  
Paulo, como requisito para obtenção do  
título de Mestre em Administração.**

**Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Zwicker**

**São Paulo**

**2005**

Dissertação defendida e aprovada, em 04.10.2005, no Programa de Pós-Graduação em Administração, pela seguinte comissão julgadora:

Prof. Dr. Ronaldo Zwicker

Prof. Dr. Antonio Carlos Aidar Sauaia

Prof. Dr. João Paulo Lara de Siqueira

Maia, Denise de Almeida

Um estudo sobre modelagem e simulação de gestão com dinâmica de sistemas / Denise de Almeida Maia. -- São Paulo, 2005.

160 p.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, 2005

Bibliografia.

1. Administração – Modelagem 2. Administração – Simulação  
3. Simulação de sistemas 4. Vendas a varejo I. Universidade de São Paulo.  
Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da USP II. Título.

CDD – 658

Agradeço, em primeiro lugar, a Faculdade de Economia e Administração da Universidade de São Paulo pela possibilidade de realizar este trabalho.

Agradeço aos professores que ministraram as disciplinas que cursei durante o mestrado por terem contribuído com a construção do conhecimento que resultou nesta dissertação.

Agradeço também a todos os professores que participaram da banca de qualificação e da banca final examinadora deste trabalho. Ao Prof. Dr. Ronaldo Zwicker, orientador deste trabalho, faço um agradecimento especial, pelo incentivo, apoio e paciência. Também faço um agradecimento especial ao Prof. Dr. Antonio Carlos Aidar Sauaia pelos conhecimentos passados em sala de aula, pelas ricas contribuições a este trabalho ao longo de seu desenvolvimento e na banca de qualificação.

Faço também um agradecimento especial a todos os amigos que cursaram as disciplinas comigo, pelas dificuldades que enfrentamos juntos.

Agradeço a amiga Célia Cassanha, pela força e apoio durante a execução deste trabalho.

Agradeço aos meus pais, Ana e Ivan, por fornecerem todas as condições para que eu tivesse uma boa educação. Agradeço também ao meu irmão, Carlos Ivan, por estar presente em minha vida.

Agradeço aos meus sogros, Cida e Marco, e aos meus cunhados, Érico e Samantha, pelo apoio que sempre recebi.

E, com todo o meu amor, agradeço ao Rodrigo, pelo companheirismo, confiança e por sempre estar ao meu lado.



## RESUMO

A dinâmica de sistemas é um método utilizado para modelagem e simulação; e possui aplicações em diferentes campos de conhecimento: engenharia, biologia e gestão, entre outros. Nos Estados Unidos e Europa, escolas de negócios ensinam através desta disciplina, e grandes companhias a utilizam como ferramenta de apoio à decisão e aprendizagem organizacional. A presente pesquisa tem o objetivo de verificar as contribuições fornecidas pela análise de um modelo construído através da dinâmica de sistemas (denominado modelo dinâmico). O estudo é realizado com a utilização de uma ferramenta específica para simulação em dinâmica de sistemas: o *software* Vensim, e divide-se em três partes: a partir de um modelo não dinâmico de gestão de recursos de varejo, é construído um modelo dinâmico qualitativo da mesma situação; com o modelo não dinâmico, realiza-se uma análise de uma empresa composta por redes de supermercados, e complementa-se esta análise com o modelo dinâmico; e a partir do modelo dinâmico qualitativo, é construído outro modelo quantitativo, pelo qual são realizadas algumas simulações. O trabalho permite concluir que a dinâmica de sistemas fornece uma nova ótica ao modelo de gestão de recursos, modificando a percepção da realidade do usuário devido à inserção de elementos específicos ao método.

Palavras chaves: dinâmica de sistemas, simulação, gestão de recursos de varejo





## ABSTRACT

System dynamics is a method for modeling and simulating various situations. It can be applied to engineering, biology, management and others fields of science. Particularly, this study investigates the system dynamics contributions to the analysis of a business situation (resource retail management situation). In the United States and Europe, business schools teach through this method, and big companies use it as instruments to support decision making and organizational learning. The study uses specific software, which is called Vensim, to construct and simulate system dynamics models. Three parts compose this research. First, beginning with a non-dynamical model of retail resource management, a qualitative dynamical model is constructed. Second, a retail company is analyzed with a non-dynamical model, and, then, the analysis is complemented by the dynamical model. And third, a quantitative model is constructed and some simulations are performed. The study concludes that system dynamics gives another approach for the original non-dynamical model, modifying the perception of the reality by the user due to its specific elements.

**Key words:** simulation, system dynamics, retail resource management

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	3
LISTA DE GRÁFICOS.....	4
LISTA DAS DEMAIS ILUSTRAÇÕES.....	5
1 INTRODUÇÃO .....	7
2 O MÉTODO CIENTÍFICO .....	11
2.1 Definição do Problema.....	11
2.2 Definições Operacionais.....	12
2.3 Objetivos .....	13
2.4 O Método Utilizado.....	13
2.5 Tipo de Pesquisa.....	14
2.6 Variáveis.....	14
2.7 Pressupostos .....	15
2.8 Hipóteses .....	16
3 O PENSAMENTO SISTÊMICO.....	17
3.1 Sistemas.....	17
3.2 O pensamento sistêmico .....	18
3.3 Paradigmas sociológicos do pensamento sistêmico .....	20
3.4 Abordagens Metodológicas Sistêmicas.....	22
3.4.1 Abordagens Funcionalistas .....	22
3.4.2 Abordagens Interpretativas .....	24
4 VAREJO .....	27
4.1 Conceito de Varejo .....	27
4.2 Tipos de Estabelecimentos de Varejo .....	28
4.2.1 Supermercados.....	29
4.3 Gestão de Varejo .....	29
4.3.1 Gestão de Operações de Varejo .....	30
4.3.2 Desempenho de Varejo.....	31
4.3.2.1 Gestão de Mercadorias.....	33
4.3.2.2 Gestão do Espaço de Vendas .....	34
4.3.2.3 Gestão da Força de Trabalho .....	35
4.3.2.4 Influência da Gestão de Recursos nas Vendas .....	36
4.3.3 Gestão de Supermercados .....	37
4.4 O Modelo SPM.....	39
4.5 O Modelo SRM .....	41
5 MODELAGEM E SIMULAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS .....	49
5.1 Modelos.....	49
5.2 Simulação.....	50
5.3 Modelagem e Simulação em Administração de empresas .....	51
6 DINÂMICA DE SISTEMAS .....	53
6.1 Processo de Modelagem em Dinâmica de Sistemas.....	54
6.2 Modelagem de Loop Causal .....	55
6.2.1 Processos de <i>Feedback</i> .....	56
6.2.2 Diagramas de Enlace Causal e Processos Dinâmicos.....	56
6.2.3 Delays (Defasagens) .....	59
6.2.4 Arquétipos de Sistemas.....	59
6.3 Diagramas de Estoque e Fluxo .....	63
6.4 Dinâmica de sistemas e simulação.....	66

6.4.1	O Método.....	66
7	A PESQUISA .....	73
7.1	Considerações Iniciais .....	73
7.2	Desenvolvimento da Pesquisa .....	73
7.2.1	Construção do Modelo SRM Dinâmico “Soft” .....	74
7.2.2	Utilização conjunta do modelo SRM original e SRM dinâmico na análise de uma situação.....	82
7.2.3	Construção e utilização do modelo quantitativo.....	87
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	117
	REFERÊNCIAS .....	121
	ANEXOS .....	125

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Abordagens “Hard” e “Soft” .....	26
Tabela 2 - Lucros e Perdas de um Supermercado .....	38
Tabela 3 - Loja ideal para o consumidor .....	36
Tabela 4 – Reação do consumidor diante a falta de produtos .....	37
Tabela 5 - Resultado de Simulação.....	67
Tabela 6 - Resultado de Simulação - Tabela.....	70
Tabela 7 – Etapas e Objetivos da Pesquisa .....	73
Tabela 8 – Equações do Modelo de Estoque Fluxo .....	89
Tabela 9 – Situações Simuladas .....	91
Tabela 10 – Resumo de Resultados das Simulações.....	100
Tabela 11 – Ponto Máximo (NMROI e NMROF) quando Investimentos = 15% .....	101
Tabela 12 – Resumo dos Resultados das Simulações .....	107

**LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1 - Resultado de Simulação .....	69
Gráfico 2 - Resultado de Simulação .....	71
Gráfico 3 – Simulação com Investimento 0% .....	93
Gráfico 4 – Simulação com Investimento 5% .....	95
Gráfico 5 – Simulação com Investimento 8% .....	97
Gráfico 6 – Simulação com Investimento 15%.....	99
Gráfico 7 – Simulação com Delay = 0,25.....	102
Gráfico 8 – Simulação com Delay = 1.....	103
Gráfico 9 – Simulação com Margem sobre o preço de custo=1,6.....	104
Gráfico 10 – Simulação com Margem sobre o preço de custo=1,4.....	105
Gráfico 11 – Simulação com Margem sobre o preço de custo=1,8.....	106
Gráfico 12 – Gráfico Área de Vendas e Funcionários X Tempo .....	109
Gráfico 13 – Gráfico Mercadorias, Custos, Vendas e Margem Líquida X Tempo.....	111
Gráfico 14 – Gráfico Compras, Vendas, Margem e Densidade de Mercadorias X Tempo ...	113
Gráfico 15 – Gráfico Intensidade de Serviço X Tempo .....	114

## LISTA DAS DEMAIS ILUSTRAÇÕES

Ilustração 1 - O Método Hipotético-Dedutivo .....	13
Ilustração 2 - Grade de Burrell e Morgan .....	20
Ilustração 3 - Organizações como Sistema .....	23
Ilustração 4 - Fluxos dos Sistemas de Distribuição.....	27
Ilustração 5 - Classificação de Instituições Varejistas .....	28
Ilustração 6 – Sistema de Produção .....	30
Ilustração 7 - Distribuição das Despesas de um Supermercado .....	38
Ilustração 8 – O Modelo SPM .....	41
Ilustração 9 - O Modelo SRM .....	43
Ilustração 10 - O Modelo SRM Expandido .....	48
Ilustração 11 – Construção de um Modelo .....	50
Ilustração 12 - Ciclo de aprendizagem.....	51
Ilustração 13 - Relacionamento entre Variáveis .....	56
Ilustração 14 - <i>Loop</i> de Reforço .....	57
Ilustração 15 - <i>Loop</i> de Balanço .....	58
Ilustração 16 – Controle da Temperatura do Chuveiro .....	59
Ilustração 17 – Estrutura Genérica: Limites ao Crescimento .....	60
Ilustração 18 – Exemplo: Limites ao Crescimento .....	61
Ilustração 19 - Estrutura Genérica: Transferência de Responsabilidade .....	62
Ilustração 20 – Exemplo: Transferência de Responsabilidade.....	62
Ilustração 21 - Diagrama Estoque e Fluxo.....	64
Ilustração 22 - Diagrama Estoque e Fluxo - Exemplo .....	64
Ilustração 23 - Diagrama Estoque e Fluxo - Exemplo .....	65
Ilustração 24 - Diagrama Estoque e Fluxo - Exemplo .....	67
Ilustração 25 - Diagrama Estoque e Fluxo - Exemplo .....	69
Ilustração 26 - Modelagem de Loop Causal .....	76
Ilustração 27 - <i>Loop</i> B1 .....	77
Ilustração 28 - Modelagem de <i>Loop</i> Causal.....	78
Ilustração 29 - <i>Loops</i> R1 e B1 .....	79
Ilustração 30 - <i>Loops</i> R2 e B2 .....	80
Ilustração 31 - <i>Loops</i> R3 e B3 .....	81
Ilustração 32 - <i>Loops</i> B4 e B5 .....	82
Ilustração 33 – Modelo SRM – Valores para a Empresa (Companhia que opera com lojas multiformato: supermercados, hipermercados e lojas especializadas em eletrodomésticos).....	83
Ilustração 34 – Modelo SRM – Valores para os Supermercados Tipo 1.....	84
Ilustração 35 – Modelo SRM – Valores para os Supermercados Tipo 2.....	84
Ilustração 36 – Comparativo entre os indicadores .....	85
Ilustração 37 – Análise do Modelo .....	86
Ilustração 38 – Modelo de Estoque e Fluxo.....	88





## 1 INTRODUÇÃO

Vive-se atualmente a chamada era da informação ou era do conhecimento, onde a informação e o conhecimento são fatores de grande valor econômico.

Conforme Kaplan; Norton (1987), “o advento da era da informação nas últimas décadas do século XX tornou obsoletas muitas das premissas fundamentais da concorrência industrial. As empresas não conseguem mais obter vantagens competitivas sustentáveis apenas com a rápida alocação de novas tecnologias e ativos físicos, e com a excelência da gestão eficaz dos ativos e passivos financeiros”.

Segundo Nonaka (2001, p. 27), “apenas o conhecimento é fonte segura de vantagem competitiva, Quando os mercados mudam, as tecnologias proliferam, os concorrentes se multiplicam e os produtos se tornam obsoletos quase da noite para o dia, as empresas de sucesso são aquelas que, de forma consistente, criam novos conhecimentos, disseminam-nos profundamente em toda a organização e rapidamente os incorporam em novas tecnologias e produtos.”

Neste contexto, a aprendizagem nas organizações tornou-se um fator estratégico. Em um ambiente de negócios, a aprendizagem é um meio para um fim, consistindo no processo pelo qual as pessoas adquirem novas habilidades e conhecimento com o propósito de aumentar seus desempenhos. (Rosenberg, 2001, p. 4)

Outro evento que faz transparecer a importância do conhecimento para as organizações é a consideração por Kaplan e Norton (1987) da aprendizagem e crescimento como uma das quatro perspectivas do “Balanced Scorecard”, um instrumento criado pelos dois autores na década de 90 para medir o desempenho de uma empresa através de indicadores alinhados com a sua estratégia.

Termos como “organizações que aprendem” ou “organizações de aprendizagem” são utilizados para definir a importância estratégica da aprendizagem dentro de uma empresa. Senge (2002, p. 37) define as “organizações que aprendem” como “organizações nas quais as

“pessoas expandem continuamente sua capacidade de criar resultados que realmente desejam, onde se estimulam padrões de pensamentos novos e abrangentes, a aspiração coletiva ganha liberdade e onde as pessoas aprendem continuamente a aprender juntas”.

Senge (2002, p. 40) identifica cinco competências, as quais denomina “disciplinas”, essenciais para a organização que aprende: domínio pessoal (pessoas comprometidas com resultados), modelos mentais (necessidade de colocar os modelos mentais das pessoas em discussão, para que sejam continuamente analisados), visão compartilhada (importância de se ter uma imagem do futuro a ser alcançada por todos na organização), aprendizagem em equipe (importância do diálogo, do “pensar em conjunto”) e o pensamento sistêmico (necessidade de integrar todas as quatro disciplinas anteriores, em um corpo coerente de teoria e prática).

Senge (2002, p. 99) considera que grande parte dos problemas enfrentados pela humanidade ocorre devido à sua incapacidade de gerenciar sistemas cada vez mais complexos presentes no mundo em que vivem. Segundo Graham et al. (2000, p. 221), pesquisas em dinâmica de sistemas e tomada de decisão dinâmica mostram que ambientes caracterizados por processos de feedback múltiplos, defasagens entre causa e efeito e não linearidades são particularmente causadores de problemas. Ainda segundo Graham et al. (2000, p. 221), experimentos mostram que estudantes e gestores têm dificuldades de perceber processos de retroalimentação.

A falta de entendimento ou negligência em relação a esta complexidade podem ter consequências irremediáveis. No ramo de negócios, um exemplo é o caso da People Express no primeiro semestre de 1986 (citado por Graham et al, 2000, p. 229), que teve um prejuízo de 133 milhões de dólares, e foi adquirida por outra empresa. O prejuízo ocorreu devido à falta de entendimento do problema. A empresa ascendeu no mercado como uma companhia com baixos custos e serviço amigável e simples. Porém, com o alto crescimento da demanda ao longo do tempo, a empresa não conseguiu manter a qualidade de seus serviços, pois o rápido crescimento se tornou inconsistente com o lento processo de contratação e aprendizagem (o processo de contratação examinava cuidadosamente se os futuros funcionários se adequariam a nova cultura; e havia alta rotação entre os tipos de tarefa que um indivíduo realizava, o que tornava lento o processo de aprendizagem).

Além de ser composta por elementos complexos, a realidade também possui vários eventos ocorrendo paralelamente. Morecroft (2000, p. 6) cita as várias mudanças no ambiente de

negócios, e a necessidade de saber selecionar o que é relevante em uma tomada de decisão: “a tecnologia está avançando, novos produtos são desenvolvidos, o clima econômico melhora e piora. Os administradores de empresas não conseguem responder a todas estas mudanças. Eles precisam ser seletivos.”

Uma maneira de ser seletivo na análise de uma situação é através da utilização de técnicas de modelagem e simulação, onde apenas uma parte da realidade é colocada em evidência para estudo e análise.

*Segundo Morecroft (2000, p.3), “ao longo da última década, modelagem e simulação tiveram amplo desenvolvimento, estendendo sua influência além da mente do analista para os modelos mentais dos gerentes. No passado, modelos computacionais de negócios eram considerados como ferramentas técnicas para planejamento financeiro, otimização, previsão de problemas altamente estruturados. Mas crescentemente modelos estão sendo vistos como ferramentas de suporte a pensamentos estratégicos, discussão em grupo e aprendizagem em times de gestão”*

A dinâmica de sistemas insere-se neste contexto como um método que possibilita modelar, simular e visualizar uma parte da realidade como um sistema complexo, utilizando objetos pré-definidos. Estes objetos são capazes de transmitir as idéias de retroalimentação do sistema e de defasagens entre causa e efeito. “A *dinâmica de sistemas é uma ferramenta de trabalho para pensar sobre como políticas operacionais de uma companhia e seus clientes, concorrentes e fornecedores interagem para apresentar o desempenho da empresa ao longo do tempo.*” (Forrester, 1961 *apud* Morecroft, 2000, p. 15)

A simulação de modelos construídos com o auxílio da dinâmica de sistemas é um método já utilizado em aprendizagem de técnicas de gestão. Segundo Morecroft (2000, p. 5), modelos de dinâmica de sistemas podem ser considerados como instrumentos de suporte a processos cognitivos e estruturação de problemas.



## 2 O MÉTODO CIENTÍFICO

Método científico é o conjunto de atividades sistemáticas e racionais que, com maior segurança e economia, permite alcançar o objetivo – conhecimentos válidos e verdadeiros –, traçando o caminho a ser seguido, detectando erros e auxiliando as decisões do cientista (Lakatos; Marconi, 1986, p. 81).

### 2.1 Definição do Problema

A dinâmica de sistemas é um método de modelagem que resulta em um modelo sistêmico de determinada situação, através da definição de relacionamentos de causa e efeito entre as variáveis envolvidas no problema e de processos de *feedback*. Sua utilização vem aumentando bastante nos últimos tempos:

*“A dinâmica de sistemas é ensinada em um número crescente de universidades, escolas de negócios e faculdades. Muitas das escolas de negócios líderes de mercado na Europa e América do Norte começaram a integrar estudos de caso apoiados por modelos na educação gerencial. Mais empresas estão aplicando a dinâmica de sistemas, e algumas introduziram programas de treinamento na própria companhia (Forrester 1961; Lyneis 1980; Morecroft Lane e Viita 1991; E. Roberts 1978; Wolstenholme 1990).”*(Forrester, 2000, p. 81)

A questão principal deste trabalho é a seguinte: Por que utilizar a dinâmica de sistemas como método para a construção de modelos e simulação de situações típicas de administração de empresas?

Mais especificamente, o trabalho se propõe a responder as seguintes questões:

1. Quais as vantagens de construir modelos dinâmicos (modelos constituídos por processos de *feedback* e defasagens entre estes processos) em relação a modelos não dinâmicos?

2. Existem diferenças na percepção da realidade com a utilização da dinâmica de sistemas como ferramenta de modelagem?

## 2.2 Definições Operacionais

Para melhor entendimento do problema apresentado é necessário esclarecer alguns termos utilizados:

Método de modelagem: conjunto de técnicas utilizadas na reprodução de uma determinada situação.

Processos de *feedback*: processo composto por relacionamentos entre variáveis, onde o efeito do processo interfere em sua causa.

Defasagens: intervalo de tempo existente entre a causa e o efeito de determinada situação.

Modelo “*soft*”: modelo qualitativo de uma determinada situação, onde são descritos os relacionamentos entre as variáveis.

Modelo “*hard*”: modelo quantitativo de uma determinada situação, onde são descritos os relacionamentos entre as variáveis e as equações que determinam cada variável.

Modelo dinâmico: modelo que considera mudança nas variáveis ao longo do tempo. Segundo Bonini et al. (1997, p. 8), problemas de decisão dinâmica são problemas que envolvem um particular tipo de complexidade: quando existe uma seqüência de decisões inter-relacionadas ao longo de alguns períodos de tempo.

Simulação: técnica que utiliza um modelo quantitativo para determinar o valor de suas variáveis sob determinadas condições.

## 2.3 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é explorar a utilização da dinâmica de sistemas como uma ferramenta para construção de modelos de gestão e de apoio à tomada de decisão e aprendizagem organizacional.

Para atingir este objetivo geral foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

1. Empregar a dinâmica de sistema como ferramenta de construção de modelos dinâmicos qualitativos e quantitativos (“*soft*” e “*hard*”);
2. Mostrar a contribuição do modelo dinâmico na análise e compreensão da situação em questão;
3. Realizar simulações a partir de um modelo dinâmico e mostrar a contribuição destas simulações na compreensão da situação estudada.

Além disso, o trabalho visa contribuir com a difusão da utilização do método de modelagem da dinâmica de sistemas no Brasil.

## 2.4 O Método Utilizado

O método científico utilizado neste trabalho é o método hipotético-dedutivo. Segundo Popper *apud* Lakatos; Marconi (1986, p. 91), o método científico parte de um problema (P1), ao qual se oferecesse uma espécie de solução provisória, uma teoria tentativa (TT), passando-se depois a criticar a solução, com vista à eliminação do erro (EE), renovando o processo e dando surgimento a novos problemas.

O esquema pode ser expresso da seguinte maneira:



**Ilustração 1 - O Método Hipotético-Dedutivo**  
(Fonte: Lakatos; Marconi, 1986, p. 92)

- Problema, que surge, em geral, de conflitos ante expectativas e teorias existentes;
- Solução proposta consistindo numa conjectura (nova teoria); dedução de consequências na forma de proposições passíveis de teste;
- Testes de falseamento: tentativas de refutação, entre outros meios, pela observação e experimentação.

## 2.5 Tipo de Pesquisa

A bibliografia sobre metodologia científica apresenta grande número de tipos de estudos, ou pesquisas (Martins, 1994, p. 26). Existem diversas abordagens para classificação de pesquisas. Martins (1994, p. 26) apresenta um levantamento dos principais tipos de estudos utilizados nas pesquisas sociais (quase 60 tipos), e observa que uma pesquisa pode ser classificada em um, dois ou mais tipos. Segundo este levantamento, a presente pesquisa é classificada como:

- Exploratória: abordagem adotada para a busca de maiores informações sobre determinado assunto, e tem a finalidade de formular problemas e hipóteses para estudos posteriores;
- E em relação ao processo utilizado, a pesquisa é executada através da observação de experimentos realizados com o método em estudo, a dinâmica de sistemas (pesquisa observacional e experimental).

## 2.6 Variáveis

As variáveis envolvidas neste estudo são de natureza qualitativa, e são as seguintes:

### Variável Dependente:

- Dinâmica de Sistemas: corresponde ao grau de viabilidade da utilização de dinâmica de sistemas para análise de alternativas na tomada de decisão e aprendizagem de situações específicas da administração de empresas.



### Variáveis Independentes:

- Modelo “*soft*”: corresponde ao grau de influência do modelo “soft” na compreensão e utilização do modelo dinâmico.
- Modelo “*hard*”: corresponde ao grau de influência do modelo “hard” na compreensão e utilização do modelo dinâmico.
- Resultados da simulação: corresponde ao grau de influência dos resultados em gráficos e tabelas da simulação.

## 2.7 Pressupostos

A presente pesquisa está baseada em basicamente dois pressupostos:

### **A consideração do paradigma funcionalista**

Existem várias maneiras de retratar a realidade. Conforme é descrito posteriormente, a sociologia fornece alguns paradigmas com o objetivo de definir estas maneiras. Para que a realidade possa ser reproduzida a partir de um modelo e equações matemáticas um pressuposto básico é a consideração de um paradigma funcionalista (vide item 3.3).

### **A consideração da dinâmica de sistemas na modelagem de situações da realidade administrativa:**

Desde a década de 50 o pensamento sistêmico influencia as ciências gerenciais. A necessidade da visão do todo cresce com a interdependência entre os negócios, as economias e as nações. A dinâmica de sistemas é um método sistêmico para modelar a realidade. Segundo Forrester (2000), na última década, grandes companhias, empresas de consultoria e organizações governamentais utilizaram a dinâmica de sistemas como ferramenta de apoio na solução de situações críticas. Neste contexto, a dinâmica de sistemas pode ser considerada um método para reproduzir situações típicas de administração de empresas.

## 2.8 Hipóteses

Existem duas hipóteses que direcionaram este trabalho:

- A modelagem qualitativa resultante da dinâmica de sistema contribui para o entendimento da realidade, através da compreensão de relacionamentos de causa e efeito entre as variáveis envolvidas no processo.
- A modelagem quantitativa resultante da dinâmica de sistemas permite experimentos com a realidade ampliando e reforçando conceitos que podem ser entendidos no modelo qualitativo.

### 3 O PENSAMENTO SISTÊMICO

#### 3.1 Sistemas

Um sistema pode ser definido como um conjunto de elementos inter-relacionados, tal que, se elementos  $p$  estão em uma relação  $R1$ , então o comportamento de um elemento  $p$  em  $R1$  é diferente de seu comportamento em outra relação  $R2$  (Bertalanfy, 1973, p.55).

Coyle (1996, p. 4) propõe uma abordagem pragmática aplicada às organizações: sistema é uma coleção de partes organizadas para um propósito. Esta definição enfatiza a idéia de que existem partes como marketing e recrutamento de pessoal, as quais relacionam-se de alguma maneira e têm o objetivo de atingir ou contribuir para um certo propósito, como a sobrevivência e prosperidade da empresa.

Um sistema como a representação de uma situação genérica (qualquer) possui as seguintes características: é uma construção de elementos relacionados em um todo organizado. Cada elemento é a representação de alguns fenômenos do mundo social ou natural. Um relacionamento entre dois elementos é definido quando existe influência ou controle de um sobre o outro. Relacionamentos ou comunicação entre elementos podem ser fluxos de materiais, informação ou energia (Flood, 1993, p. 7).

Sistemas podem conter processos de controle, conhecidos como *feedback*. Um processo de *feedback* é definido quando o efeito inicial causado por uma variável, volta a influenciar ela própria devido a uma serie de relacionamentos anteriores.

Os sistemas podem ser classificados como abertos, onde o sistema em estudo troca material, informação e/ ou energia com o ambiente externo; ou fechados, onde não há relacionamentos entre elementos dos sistemas e elementos externos.

A idéia de abordar as organizações como sistemas é bastante antiga. Os modelos de sistemas mais antigos, utilizados em gestão, estudavam as organizações como sistemas mecânicos em equilíbrio. A idéia de estudar sistemas sociais desta maneira foi originalmente derivada de Pareto (1919) e foi promovida nos Estados Unidos por Henderson, da Universidade de

Harvard. Nos anos 30, existiam três modelos de gestão: a abordagem tradicional, a teoria das relações humanas e a teoria de sistemas. A abordagem tradicional englobava as teorias desenvolvidas em administração até aquela época, como a administração científica de Taylor, que estabeleceu a idéia de organizações como máquinas e a teoria da gestão de Fayol. A teoria das relações humanas enfatizava as necessidades humanas dentro das organizações: comportamento, motivação e liderança. A teoria de sistemas descrevia as organizações com se fossem constituídas de várias partes, e determinava a importância da estrutura organizacional, das máquinas e do homem no processo de gestão. A partir dos anos 60, teorias de sistemas ampliaram o foco da administração para analisar não apenas a organização, mas também suas relações com o meio ambiente. O conceito de sistema permite uma maneira mais abrangente de abordar a complexidade das empresas e da sua administração, visualizando as inter-relações entre seus componentes internos, e entre estes e o ambiente externo, como um todo integrado.

### 3.2 O pensamento sistêmico

O pensamento sistêmico é uma maneira de entender a realidade através da descrição de relacionamentos dos elementos envolvidos nesta realidade, possibilitando o entendimento de sua complexidade e mudança. Shannon (1975, p. 1) argumenta que com o aumento da complexidade dos sistemas humanos e a necessidade de lidar com esta complexidade, o pensamento sistêmico torna-se cada vez mais importante.

Segundo Senge (2002, p. 40), pensamento sistêmico é um quadro de referência conceitual, um conjunto de ferramentas e conhecimentos desenvolvidos ao longo dos últimos cinquenta anos para esclarecer os padrões como um todo e modificá-los efetivamente.

No entanto, esta abordagem apresenta algumas dificuldades na construção e compreensão dos modelos, como encontrar relacionamentos de causa e efeito entre variáveis do sistema, devido à, por exemplo, defasagens entre os processos definidos pelas variáveis, conforme Senge (2002, p. 40) descreve: "As empresas e outros feitos humanos são sistemas. Estão igualmente conectados por fios invisíveis de ações inter-relacionadas, que muitas vezes levam anos para manifestar seus efeitos umas sobre as outras. Como nós mesmos fazemos parte desse tecido, é duplamente difícil ver o padrão de mudança como um todo. Ao contrário, tendemos a nos

concentrar em fotografias de partes isoladas do sistema, perguntando-nos por que nossos problemas mais profundos parecem nunca se resolver.”

Shannon (1975, p. 36) identifica as características que dificultam a compreensão de falhas em sistemas reais:

1. **Mudança:** sistemas reais não permanecem estáticos, existem elementos entrando e saindo através de suas fronteiras. A condição presente de um sistema é o resultado integrado do passado e a fundação para o futuro.
2. **Ambiente:** consiste em todas as variáveis externas ao sistema que podem modificar o seu estado.
3. **Comportamento contra-intuitivo:** soluções para problemas sistêmicos podem parecer ineficazes ou mesmo produzirem resultados adversos. Sintomas de um problema podem surgir muito tempo depois de sua causa primária. Soluções óbvias podem intensificar um problema ao invés de resolvê-lo.
4. **Tendência a baixa performance:** sistemas complexos geralmente tendem a uma condição de performance reduzida ao longo do tempo (partes deterioram-se, desenvolvem-se ineficiências).
5. **Interdependência:** Nenhuma atividade em um sistema complexo ocorre em total isolamento: cada evento é influenciado por predecessores e influencia seus sucessores.
6. **Organização:** sistemas complexos consistem em elementos altamente organizados: partes combinadas dentro de uma hierarquia que interagem com o objetivo do funcionamento do sistema.

### 3.3 Paradigmas sociológicos do pensamento sistêmico

As metodologias provenientes do pensamento sistêmico são baseadas em paradigmas sociológicos (Jackson, 2000, p. 22). Jackson (2000, p. 22) cita a teoria de Burrell e Morgan para relacionar a sociologia às metodologias sistêmicas.

Segundo Jackson (1992, p. 22), a teoria de Burrell e Morgan concebe o mundo social em quatro paradigmas-chave, os quais são construídos a partir de pressupostos sobre a natureza das ciências sociais e da sociedade.



**Ilustração 2 - Grade de Burrell e Morgan**  
(Fonte: Jackson, 2000, p. 23)

Os pressupostos sobre as ciências sociais podem ser classificados como objetivos ou subjetivos. Se a teoria é suportada por pressupostos objetivos sobre a natureza das ciências sociais, a realidade social é caracterizada por uma existência independente do indivíduo, e o comportamento humano é determinado por circunstâncias externas a ele. A teoria estabelece a existência de regularidades e relacionamentos causais no mundo social. O conhecimento é adquirido preferencialmente através de testes científicos e análises quantitativas.

Caso a teoria seja suportada por pressupostos subjetivos sobre a natureza das ciências sociais, a realidade social é considerada produto de consciência individual e/ ou coletiva e é admitida

a existência de livre arbítrio para os seres humanos. A teoria é desenvolvida pela busca do entendimento das pessoas envolvidas na criação da realidade social. O conhecimento é adquirido preferencialmente através do acompanhamento tão próximo quanto possível da realidade.

Pressupostos sobre a natureza da sociedade podem ser classificados em relação aos mecanismos reguladores e de mudança das sociedades humanas. A sociologia da regulação preocupa-se com o entendimento da situação como ela se comporta neste momento (“status quo”). A sociedade é vista como sendo basicamente consensual, e os mecanismos pelos quais a ordem social é mantida são estudados. A sociologia da mudança radical preocupa-se em encontrar explicações para mudanças radicais em sistemas sociais. A sociedade é vista como sendo dividida por contradições e conflitos estruturais. Alguns grupos na sociedade beneficiam-se com os gastos de outros, qualquer coesão existente é atingida pela dominação de alguns grupos sobre outros. A sociologia da mudança radical vai além do status quo.

Estas dimensões combinadas produzem os quatro paradigmas, conforme a grade de Burrell e Morgan para os quatro paradigmas sociais.

**Paradigma funcionalista:** a realidade é representada como se sua existência fosse independente dos observadores. O sistema é entendido através de regularidades nos relacionamentos entre subsistemas e o todo. É possível construir um modelo quantitativo do sistema. O propósito de estudar tais sistemas é entender seu status quo melhor, o que facilita sua previsão e controle.

**Paradigma interpretativo:** esta abordagem não permite construir modelos quantitativos de sistemas. Os sistemas são entendidos subjetivamente através de pontos de vista e intenções de seres humanos que os constroem.

**Paradigma estruturalista radical:** os sistemas possuem existência externa aos homens, e o seu comportamento é causado por regularidades causais. É possível construir modelos quantitativos da realidade. O propósito do estudo é entender mudanças radicais, através de ênfase nas contradições do sistema e no conflito entre diferentes grupos.

Paradigma humanista radical: os sistemas são criações dos seres humanos, por isso, para entendê-los, é necessário entender as intenções dos seres humanos que os constroem. Esta abordagem enfatiza as ordens sociais, vistas como restrições ao desenvolvimento humano.

No entanto, estes paradigmas nem sempre fornecem a melhor descrição para alguns pontos do interesse das ciências de gestão e de sistemas: a linguagem não é muito bem conhecida nas ciências de gestão e de sistemas, e necessita de tradução de alguns termos.

### **3.4 Abordagens Metodológicas Sistêmicas**

Em primeiro lugar, faz-se necessário esclarecer a diferença entre os termos método e metodologia. A metodologia preocupa-se com o estudo dos princípios da utilização do método, ou seja, é um termo de ordem maior que estabelece os princípios em que se baseia a construção de um modelo.

Os métodos originados do pensamento sistêmico enquadram-se principalmente no paradigma funcionalista. Segundo Jackson (2000, p. 107), por muitas décadas, funcionalismo e abordagem sistêmica eram quase sinônimos. Atualmente o pensamento sistêmico ainda é dominado por este paradigma sociológico, apesar de algumas abordagens metodológicas considerarem outros pressupostos. “O funcionalismo forneceu base filosófica e sociológica, onde o pensamento sistêmico pôde crescer, e o pensamento sistêmico proveu conceitos e modelos que capacitaram o funcionalismo a se desenvolver em ciências sociais.” (Jackson, 2000, p.107) Jackson (2000, p. 105) categoriza as abordagens sistêmicas em relação ao paradigma sociológico em que a abordagem melhor se enquadra. Neste estudo são descritos métodos cujas abordagens possuem uma visão funcionalista e interpretativa.

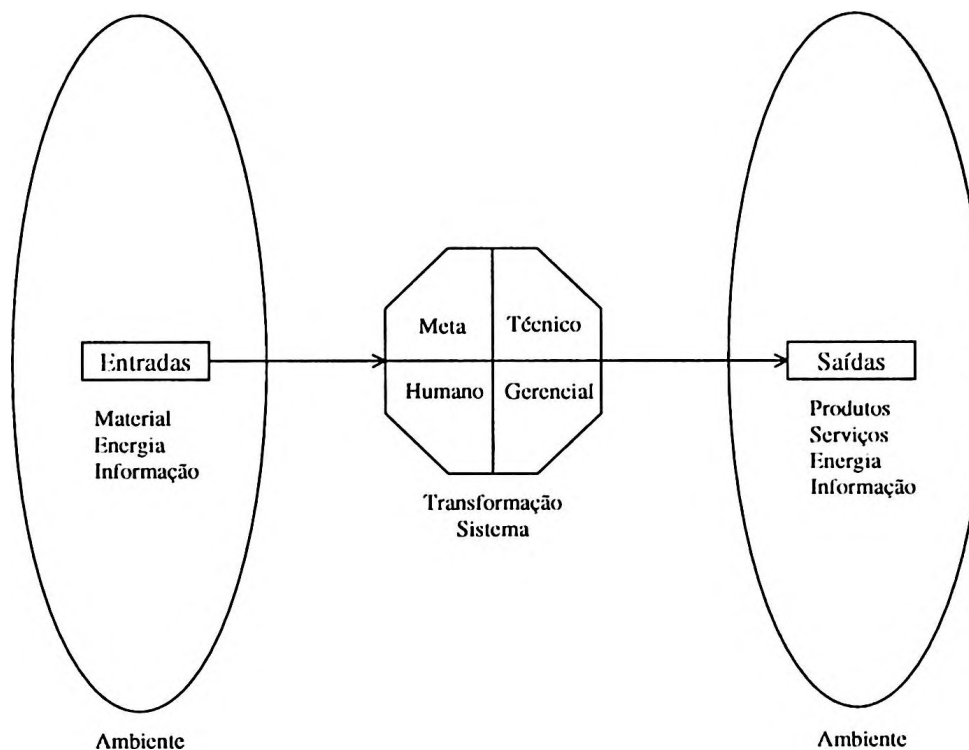
#### **3.4.1 Abordagens Funcionalistas**

Jackson (2000, p. 107) descreve alguns métodos baseados em abordagens funcionalistas:

- Organizações como sistemas: consiste na primeira abordagem decorrente do pensamento sistêmico. A organização é representada como um todo constituído de partes



interconectadas. A organização é entendida como um sistema aberto. Os sistemas e subsistemas são representados pelo modelo entrada-transformação-saída.



**Ilustração 3 - Organizações como Sistema**  
(Fonte: Jackson, 2000, p. 111)

A ilustração 3 representa o modelo mencionado no parágrafo anterior de entrada-transformação-saída. A organização é constituída por subsistemas (subsistema humano, gerencial, técnico e de metas), relacionados entre si dentro da organização e com o ambiente externo. A organização tem o objetivo de realizar processos representados pelos subsistemas, que são iniciados por entradas (material, energia, informação), e podem resultar em produtos, serviços, energia e informação.

- Pensamento sistêmico “Hard”: a cerca do mesmo tempo que era desenvolvida a teoria das organizações como sistemas, outros grupos de pensadores sistêmicos procuravam utilizar as idéias sistêmicas de uma maneira mais aplicável a metodologias de solução de problemas no mundo real. De acordo com Jackson (2000, p. 127), esta abordagem ficou conhecida como “pensamento sistêmico hard” através de Checkland (1978, 1981), e consiste na utilização das idéias sistêmicas desenvolvidas para solução de problemas bem definidos. As metodologias “hard” incluem análise e engenharia de sistemas, e tem o objetivo de atingir um fim bem definido e conhecido.

Por exemplo, a metodologia de análise de sistemas consiste em sete passos (Jackson, 2000, p. 131):

1. Formulação do problema;
  2. Identificação, desenho e apresentação de respostas alternativas;
  3. Construção e utilização de modelos para previsão de conseqüências de adotar respostas particulares;
  4. Comparação e classificação de respostas alternativas;
  5. Avaliação e análise;
  6. Decisão e implementação;
  7. Avaliação do resultado.
- Dinâmica de sistemas: idéia de que os sistemas podem ser modelados através de relacionamentos de causa e efeito entre variáveis e processos de retroalimentação. Posteriormente (capítulo 6), esta abordagem é mais detalhada.
  - Cibernética Organizacional: inserção da idéia de controle dentro do processo organizacional (conceito de *feedback*). A saída de cada processo é submetida a uma verificação, que resulta em uma resposta que realizará uma retroalimentação na entrada.

### 3.4.2 Abordagens Interpretativas

As abordagens interpretativas são caracterizadas principalmente pelo pensamento sistêmico “soft”:

- Pensamento sistêmico “Soft”: consiste em um avanço em relação ao pensamento “hard” ao longo da “dimensão” pessoas e suas percepções, valores e interesses. As metodologias

“soft” adotam uma abordagem mais subjetiva para a prática do pensamento sistêmico e admitem a idéia de que existem múltiplas percepções da realidade

Segundo Jackson (2000, p.252), Checkland (1981, 1989) sumariza as metodologias “soft” em sete passos:

1. Identificação de uma situação considerada problemática;
2. Expressão da situação;
3. Formulação das definições básicas de sistemas relevantes;
4. Construção de modelos conceituais de sistemas nomeados nas definições básicas;
5. Comparação dos modelos com ações no mundo real;
6. Definição de mudanças possíveis e desejáveis;
7. Tomada de ação para melhorar a situação problema.

Ao discutir sobre metodologias sistêmicas “soft”, Jackson (2000, p. 272) argumenta que, devido às dificuldades resultantes da ocorrência de complexidade e pluralismo em situações reais, alguns teóricos modificaram suas abordagens em uma direção mais interpretativa.

Considerando uma abordagem mais interpretativa em relação a dinâmica de sistemas, Jackson (2000, p. 276) cita trabalhos recentes de Wolstenholme, Senge e Lane, onde a dinâmica de sistemas não pode ser considerada como uma abordagem “hard”. Jackson também argumenta que mesmo nos textos de Forrester, a metodologia é menos objetiva do que ela é freqüentemente apresentada. Jackson (2000, p. 277) descreve a utilização da construção de modelo em grupo, onde o cliente é envolvido no processo de modelagem. O primeiro passo deste processo é construir um modelo de dinâmica de sistemas preliminar com base em entrevistas individuais, relatórios e documentos. O modelo é então refinado em consulta com os indivíduos envolvidos, antes de ser apresentado em uma sessão em grupo. Nesta sessão em grupo, o time procura convergir para um modelo onde possam explorar a complexidade da

situação. Em resumo, segundo Vennix (1996) apud Jackson (2000, p. 277), a construção de modelos em grupo utilizando dinâmica de sistemas tem o objetivo de aumentar o aprendizado em equipe, promover consenso e criar compromisso com uma decisão resultante.

Maani; Cavana (2000, p. 20) definem as abordagens sistêmicas funcionalistas e interpretativas como “hard” e “soft” respectivamente. Algumas das características apresentadas pelos autores resumem o que foi abordado nos dois últimos itens e são apresentadas na tabela a seguir (tabela 1).

**Tabela 1 - Abordagens “Hard” e “Soft”**

	“Hard”	“Soft”
Definição do problema	Clara e unidimensional	Ambígua e multidimensional
Dados	Quantitativos	Qualitativos
Meta	Solução e otimização	Aprendizagem
Resultado	Produto e recomendação	Progresso através do aprendizado em grupo

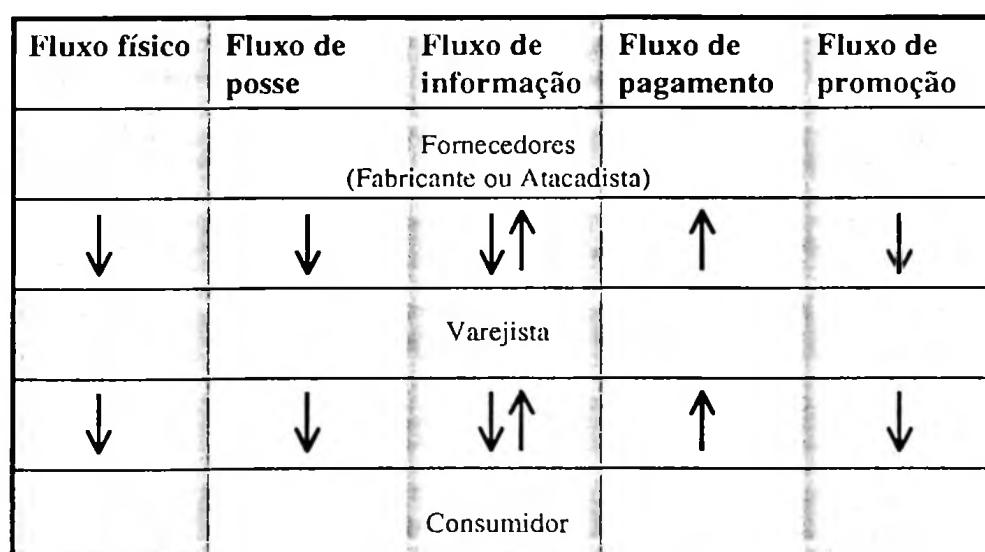
## 4 VAREJO

### 4.1 Conceito de Varejo

Varejo é definido como a venda de produtos e serviços em pequenas quantidades para consumidores para uso pessoal ou não comercial, consistindo no estágio final do processo de distribuição (Lusch e Dunne, 1990, p. 4; Rogers et al., 1992, p. 4).

O varejista participa dos sistemas de distribuição, possuindo um papel intermediário entre o produtor e o consumidor. Os varejistas compram, recebem e estocam produtos de fabricantes ou atacadistas para oferecer aos consumidores a conveniência de tempo e lugar para aquisição de produtos. Apesar desta função intermediária, os varejistas assumem uma posição cada vez mais pró-ativa na identificação das necessidades do consumidor e na definição do que deverá ser produzido para atender às expectativas do mercado. (Parente, 2000, p.22)

Como membros dos sistemas de distribuição, mantêm uma interligação direta com seus consumidores e com seus fornecedores, mediante os seguintes fluxos, conforme ilustração 4.



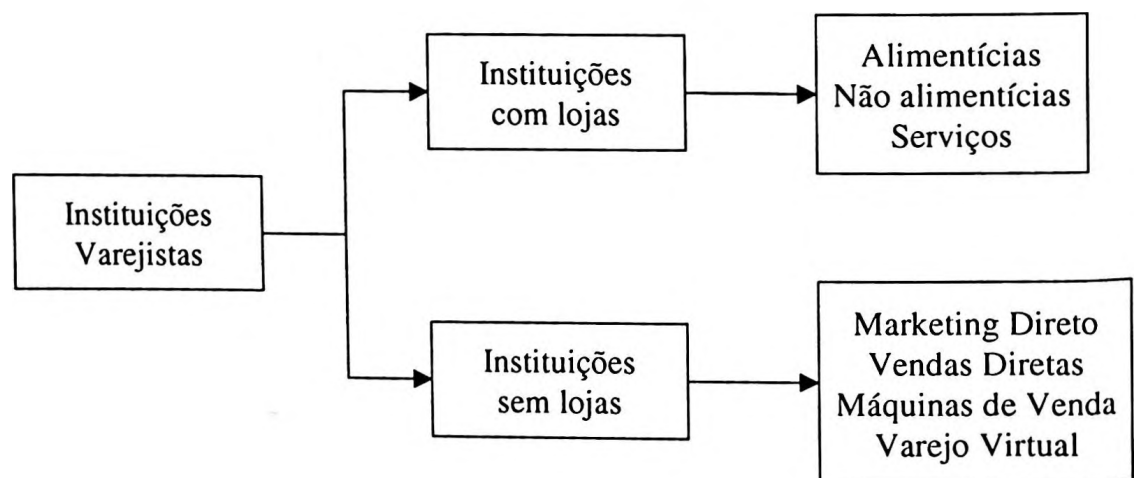
**Ilustração 4 - Fluxos dos Sistemas de Distribuição**  
(Fonte: Parente, 2000, p.23)

- Fluxo físico: o movimento físico dos produtos é sair do fornecedor, passar pelo varejista e prosseguir até o consumidor final.

- Fluxo de posse: acompanha a direção do fluxo físico, pois a posse do produto passa do fabricante para o varejista e depois para o consumidor.
- Fluxo de informação: este fluxo deve ser bidirecional. Todos os membros participam da troca de informações, e o fluxo pode ser tanto de cima para baixo como de baixo para cima, podendo também ultrapassar o varejista, indo diretamente do fornecedor ao consumidor.
- Fluxo de pagamento: é realizado de baixo para cima (o consumidor paga ao varejista, e este, ao fornecedor).
- Fluxo de promoção: ocorre de cima para baixo: do fornecedor ao varejista e consumidor, e do varejista ao consumidor.

#### 4.2 Tipos de Estabelecimentos de Varejo

As instituições de varejo podem ser classificadas em com ou sem loja.



**Ilustração 5 - Classificação de Instituições Varejistas**  
(Fonte: Parente, 2000, p. 25)

As instituições de varejos com lojas podem ser alimentícias, não alimentícias e de serviços. Dentre as alimentícias, o foco deste trabalho está em um tipo de estabelecimento denominado supermercado.

### 4.2.1 Supermercados

Segundo Parente (2000, p. 32 e 273), os supermercados caracterizam-se pelo sistema auto-seleção, check outs (caixas registradoras sobre balcão na saída da loja) e produtos dispostos de maneira acessível, que permite aos fregueses auto-servirem-se, utilizando cestas e carrinhos. Os supermercados convencionais mantêm o caráter essencialmente de loja de alimentos e apresentam boa variedade de produtos.

Segundo Parente (2000, p. 37), os supermercados convencionais são um formato de estabelecimento de varejo que, atualmente, encontra-se em uma fase de maturidade, quando ocorre uma diminuição progressiva dos lucros, devido à intensa concorrência que surge neste período (o formato supermercado foi introduzido no mercado, desenvolveu-se, teve um período de expansão dos lucros, e atualmente encontra-se com lucros declinantes).

### 4.3 Gestão de Varejo

A gestão de uma empresa é fator fundamental para que esta atinja bons resultados. Em uma empresa de varejo, existem dois tipos de gestão a serem executados:

- **Gestão Administrativa:** consiste na aquisição, manutenção e controle de recursos necessários para cumprir a estratégia do varejista, envolvendo estruturação e desenho de recursos com o objetivo de maximizar o potencial de performance do varejista. Os recursos adquiridos pelo varejista são financeiros, de pessoas e informacional.
- **Gestão de Operações:** consistem em maximizar a eficiência com a qual o varejista converte recursos em vendas e lucro, atendendo os objetivos de desempenho estabelecidos no planejamento. A gestão de operações envolve o gerenciamento do espaço do varejista, mercadorias, preço, promoção e serviço ao cliente.

O foco deste trabalho está na gestão de operações e em modelos para a medição do desempenho de uma empresa de varejo.

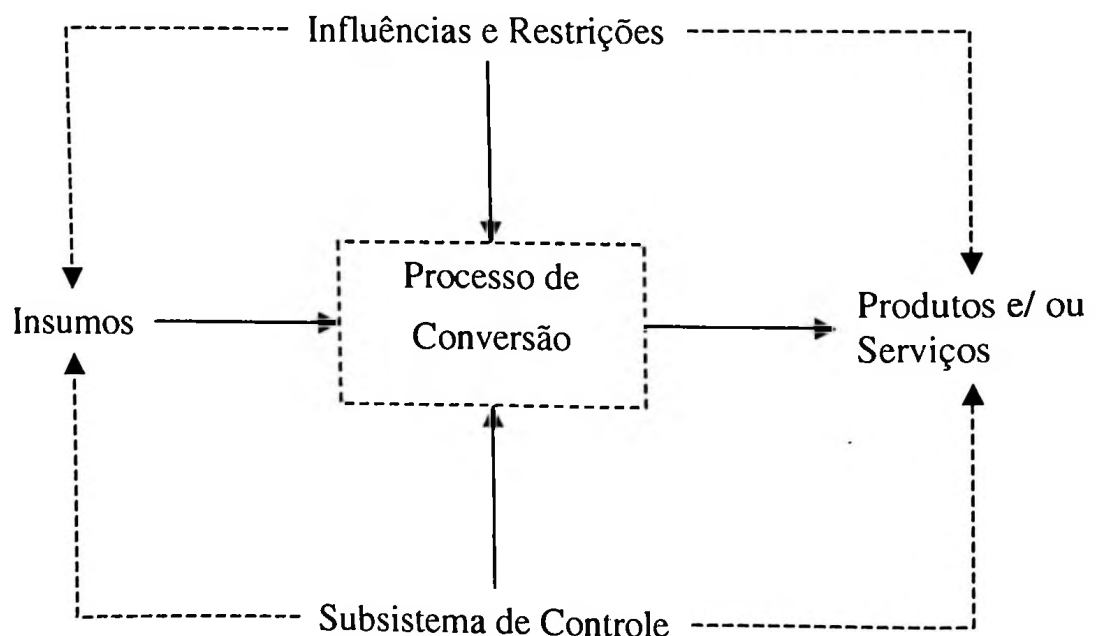
#### 4.3.1 Gestão de Operações de Varejo

Moreira (2001, p. 3) define gestão da produção e operações como um campo de estudos dos conceitos e técnicas aplicáveis à tomada de decisões na função Produção (empresas industriais) ou Operações (empresas de serviços).

Segundo Lusch; Dunne (1990, p. 46), gestão de operações consiste em maximizar a eficiência com a qual o varejista converte recursos em receita de vendas e lucro.

Em uma empresa de varejo as operações envolvem atividades tais como gestão do espaço, mercadorias, preço, promoção e serviço ao cliente.

Moreira (2001, p. 8) desenvolve um modelo sistêmico para a representação do conceito de produção ou operação de uma empresa, o qual denomina “sistema de produção”. Moreira (2001, p. 8) define o “sistema de produção” como o conjunto de atividades e operações inter-relacionadas envolvidas na produção de bens ou serviços. Os elementos do sistema de produção estão representados na ilustração 7, e descritos a seguir:



**Ilustração 6 – Sistema de Produção**  
(Fonte: Moreira (2001, p. 9))



Insumos: recursos a serem transformados diretamente em produtos, como matérias-primas, e mais os recursos que movem o sistema como mão de obra, capital, máquinas e equipamentos, instalações, conhecimento técnico em processos, etc.

Processo de Conversão: transforma a matéria-prima em produtos, e/ ou cria serviços.

Sistema de controle: atividades que visam assegurar que as programações sejam cumpridas, padrões obedecidos, recursos utilizados de forma eficaz e a qualidade seja obtida.

Além destes elementos, o sistema de produção sofre influências, tanto do próprio ambiente da empresa (outros departamentos da empresa: marketing, finanças, RH), quanto do ambiente externo (condições econômicas, políticas e tecnológicas, concorrência).

#### **4.3.2 Desempenho de Varejo**

As empresas geralmente medem os seus desempenhos através de relações entre saídas (resultados da empresa) e entradas (recursos utilizados), ou seja, através da medida de eficiência de suas operações. Estas relações são denominadas indicadores de produtividade e de lucratividade.

No segmento de varejo, para a medida de produtividade, receita de vendas é a principal medida utilizada como saída. Como entrada, existem três medidas de recursos consideradas fundamentais para este segmento: mercadorias, espaço e pessoas. Lusch (1986) *apud* Hernant (2004) e Ring (2002) atentam para a importância destes três recursos para um varejista, os quais denominam tríade de recursos.

A lucratividade representa o retorno monetário do varejista. Os termos mais encontrados para a definição de medidas de lucro são os seguintes: retorno da margem bruta (vendas menos custo dos produtos vendidos) sobre vendas, retorno sobre ativos, retorno sobre patrimônio líquido, ganho por ação e margem de lucro operacional.

Dado a importância da lucratividade e produtividade, a gestão integrada destes dois fatores é fundamental para o alcance da alta performance de uma organização.

Hernant (2004) cita Lusch (1986) para mencionar que altos níveis de lucratividade são atingidos através de uma gestão eficiente e eficaz da tríade de recursos, e que é importante que estes recursos sejam gerenciados em conjunto, pois não se pode gerenciar mercadorias sem considerar o espaço que elas irão ocupar ou a quantidade de funcionários requeridos para vendê-las.

Através da revisão bibliográfica, verificou-se a existência de diversas medidas de produtividade para cada uma destas variáveis isoladamente, mas foi encontrado apenas um modelo que integrasse a gestão destes recursos. O modelo SRM – Strategic Resource Management (modelo de gestão estratégica de recursos), a ser descrito com mais detalhes posteriormente (item 4.5), utiliza estes três recursos para determinar o desempenho de uma empresa, reconhecendo vendas como medida de saída, enquanto mercadorias, espaço e funcionários são identificados como os três recursos críticos. O SRM integra a gestão de margens brutas e a tríade de recursos em um modelo algébrico (ilustração 9).

Segundo Hernant (2004), segundo seus criadores, o SRM complementa um outro modelo, o SPM – Strategic Profit Model (modelo de gestão de lucro estratégico). O foco do SPM é a performance financeira total, não permitindo uma análise para a melhoria de performance. Lusch (1986) apud Hernant argumenta que o SRM é mais direcionado, pois lida com a estratégia de mark-up do varejista, recursos de espaço, estoque e funcionários.

A seguir, é definida a gestão dos principais recursos do varejo, e depois são descritos os dois modelos mencionados neste item.

#### 4.3.2.1 Gestão de Mercadorias

Gestão de Mercadorias é a análise, planejamento, aquisição, manuseio e controle de investimentos em mercadorias de uma operação de varejo (Lusch; Dunne, 1990, p. 347). A análise consiste no estudo das necessidades e desejos dos clientes.. O planejamento envolve a decisão de compra de mercadorias e de estoque. A aquisição é o processo de obtenção de produtos de distribuidores ou fabricantes. Manuseio envolve a verificação da mercadoria (se está em boas condições para ser vendida e se está onde é necessária). E, finalmente, o controle de mercadorias tem o objetivo de assegurar o retorno adequado no investimento de mercadoria do varejista.

Segundo Lusch; Dunne (1990, p. 381), no varejo, a rotatividade do estoque possui grande importância na performance de um estabelecimento de varejo. A rotatividade do estoque mede quanto de estoque está disponível antes da venda. A rotatividade é medida de várias maneiras:

- Vendas líquidas / Estoque médio no varejo
- Custo da mercadoria vendida / Estoque médio em custo
- Unidades vendidas/ Média de unidades em estoque

Uma alta rotatividade de estoque resulta em redução de certas despesas, como juros, seguros, taxas de mercadorias, mudanças no espaço; mas também o aumento de outras, como correspondências, manuseios de mercadorias, transporte. Uma boa gestão de mercadorias deve considerar os dois custos.

O primeiro passo para determinar as necessidades de estoque é a previsão de vendas. Uma vez realizada a previsão, calcula-se o estoque, considerando os objetivos do varejista (se existe necessidade de sempre haver estoque disponível, se existem flutuações nas vendas, se o estabelecimento necessita planejar o estoque semanalmente).

#### 4.3.2.2 Gestão do Espaço de Vendas

Segundo Lusch; Dunne (1990, p. 504), os varejistas não obtêm resultados de alta performance ao menos que seu espaço de vendas seja utilizado produtivamente.

No caso do espaço de vendas, para o cálculo da produtividade, considera-se como entrada, a quantidade de espaço de vendas, e saída, como qualquer uma das medidas citadas a seguir: vendas líquidas (quantidade de vendas em unidade monetária criadas no espaço de vendas), margem bruta (vendas líquidas menos os custos dos produtos vendidos. Esta medida é boa se nenhuma outra medida que não o custo de mercadoria seja relacionada ao espaço de vendas.), lucro de contribuição (vendas líquidas menos os custos dos produtos vendidos e menos qualquer despesa relacionada ao espaço onde os produtos são vendidos) e lucro operacional (vendas líquidas menos o custo dos bens vendidos, despesas diretas e todas as despesas indiretas em que o varejista incorre. Este método não é bom a menos que despesas indiretas possam ser justamente alocadas a respectiva área de vendas da loja).

Dados a entrada e as possíveis saídas descritas no parágrafo anterior, são identificadas quatro medidas de produtividade:

- Vendas por metro quadrado de espaço de vendas
- Margem bruta por metro quadrado de espaço de vendas
- Lucro de contribuição por metro quadrado de espaço de vendas
- Lucro operacional por metro quadrado de espaço de vendas

Para Lusch; Dunne (1990, p. 505) os determinantes do espaço de vendas são:

- Gestão da rotatividade do estoque: reflete da velocidade do movimento da mercadoria no espaço de vendas. Quanto maior a rotatividade, menor o espaço requerido.
- Densidade de mercadoria: reflete quão densamente o estoque foi colocado no espaço disponível. Este fator é medido pelo investimento em estoque por metro quadrado. Quanto maior a densidade de mercadoria, maior a produtividade do espaço. Além

disso, a densidade de mercadoria também responsável pela imagem do varejista (por exemplo, um supermercado deve ter uma imagem de loja bem abastecida e sortida).

- Percentual de margem bruta: quantidade de dinheiro deixada por venda para pagamento de custos de ocupação.

#### 4.3.2.3 Gestão da Força de Trabalho

A gestão da força de trabalho é outro fator importante para o desempenho de uma empresa de varejo.

Segundo Lusch; Dunne (1990, p. 544), o impacto do aumento da produtividade da força de vendas no lucro do varejista pode ser bastante significativo: um aumento de 10 a 15% na produtividade da força de vendas (medida em qualquer unidade: vendas/ homem-hora, margem bruta/ homem-hora, valor adicionado/ homem-hora, margem bruta menos comissão de vendas/ homem-hora) poderia ser diretamente traduzido em um aumento proporcional no lucro da loja.

Estudos realizados pelo DIEESE (1997, 2000) indicam que os supermercados vêm aumentando a produtividade da força de trabalho, devido à utilização de novas tecnologias, o que possibilitou uma reestruturação empresarial do setor, levando a redução de número de empregados.

Parente (2000) destaca a importância da qualidade da força de trabalho na lucratividade da empresa:

“É a equipe de funcionários de uma empresa que desenvolve seu “capital intelectual”, que segundo Thomas Stewart, consiste na capacidade mental coletiva, ou seja, na soma do conhecimento de todas em uma empresa, tornando-se o principal fator que lhe proporciona vantagem competitiva. O capital intelectual é o responsável pelo processo de aprendizado permanente e de melhoria contínua que permite uma equipe de funcionários de uma empresa varejista desenvolver novas soluções, que consigam

simultaneamente reduzir custos e melhor satisfazer os clientes.” (Parente, 2000, p-362)

#### 4.3.2.4 Influência da Gestão de Recursos nas Vendas

A seguir estão apresentadas duas pesquisas realizadas para mostrar a influência da gestão de recursos (quantidade e disposição de mercadorias, espaço de vendas e eficiência dos funcionários) na satisfação dos consumidores, e conseqüentemente nas vendas de um supermercado.

Segundo pesquisa realizada pela revista Super Hiper (setembro/ 2004, p. 79), os itens considerados necessários para uma loja ideal são os seguintes:

**Tabela 2 - Loja ideal para o consumidor**

Item	% de Clientes que consideram o item ideal
Alimentos valem o que custam	72%
Sempre encontro o que preciso	69%
Tem tudo o que preciso em uma loja só	69%
Espaçoso	69%
Ampla seleção de produtos e variedade	65%
Promoções Atraentes	64%
Bom atendimento dos funcionários	63%
Loja moderna e confortável	56%
Preços baixos para a maioria dos produtos	48%
Eficiência dos Caixas	47%

(Fonte: Revista Super Hiper, set 2004, p. 79)

Portanto, a tabela mostra que o consumidor deseja que o supermercado tenha todas as mercadorias que ele precisa (para 69% dos respondentes da pesquisa a loja ideal é onde o consumidor encontra tudo o que precisa, e para 65% a loja ideal deve ter uma ampla variedade de produtos), seja espaçoso (item considerado importante para 69%) e que os

funcionários sejam eficientes e forneçam um bom atendimento (para 47% é importante que os supermercados tenham caixas eficientes, e para 63% o bom atendimento é considerado como item importante para uma loja ideal). Além da importância da gestão de recursos, a tabela também mostra a importância do item preço na avaliação do consumidor (64% consideram a importância de promoções atraentes, e 48% consideram que a loja ideal deve possuir preços baixos para a maioria dos produtos).

Outra pesquisa da revista Super Hiper (fevereiro/ 2004, p. 24) apresenta algumas reações dos consumidores diante da falta de produtos na gôndola (média Brasil), mostrando novamente a importância da gestão de mercadorias (necessidade do supermercador ter a disposição o que o seu cliente deseja comprar).

**Tabela 3 – Reação do consumidor diante a falta de produtos**

<b>Reação</b>	<b>% de Clientes com esta reação</b>
Compra em outra loja	36%
Adia a compra	8%
Não efetiva a compra	8%
Compra outra marca	37%
Compra outra versão	12%
<b>Total de Vendas perdidas para a loja</b>	<b>52%</b>
<b>Total de Vendas perdida para o fabricante</b>	<b>53%</b>

(Fonte: Revista Super Hiper, fev 2004, p. 24)

#### 4.3.3 Gestão de Supermercados

Segundo Parente (2000, p. 273) os supermercados são varejistas com ênfase em preços baixos, nos quais os próprios clientes encontram os produtos desejados; e os funcionários prestam assistência quando solicitados. Os clientes completam a transação levando os produtos para o caixa, onde efetuam o pagamento por suas compras. Este tipo de estabelecimento também oferece instalações confortáveis e uma apresentação agradável.

Estrutura de lucro e despesa nos supermercados brasileiros

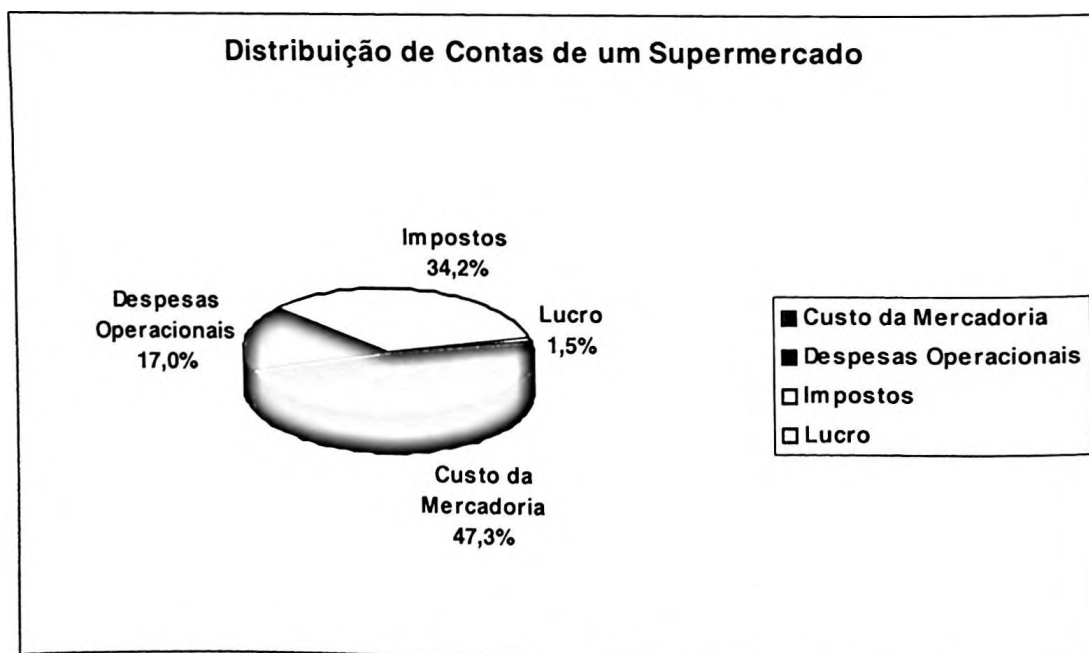
Para os supermercados brasileiros, Rojo (1998, p. 88), apresenta a seguinte estrutura básica de lucros e perdas:

**Tabela 4 - Lucros e Perdas de um Supermercado**

Contas	Em %
Vendas	<b>100,00</b>
Impostos sobre Vendas	19,75
Custo Líquido da Mercadoria	60,25
Margem Bruta	<b>20,00</b>
Despesas Operacionais	17,00
Lucro Líquido antes do Imposto de Renda	3,00
Imposto de Renda + Contribuições	1,50
Lucro Líquido	<b>1,50</b>

(Fonte: Rojo (1998, p. 88))

Rojo (1998, p. 89) também apresenta a participação das contas na operação de um supermercado:



**Ilustração 7 - Distribuição das Despesas de um Supermercado**  
(Fonte: Rojo, 1988, p. 89)



Segundo Cyrillo (1987, p. 123), uma parte do custo operacional é calculado por unidade de espaço disponível na loja, parcela que corresponde às despesas de aluguel, mão de obra empregada na loja, manutenção de equipamentos, energia e demais serviços públicos. Com base então no espaço ocupado pelos produtos e pela taxa de rotação, determina-se o custo operacional por unidade de mercadoria. A este custo, são adicionados os custos unitários de transporte, embalagem e armazenagem. Estes não são totalmente discrimináveis e dependem em larga medida das especificidades de cada produto comercializado. Além destes componentes, uma parcela referente aos demais custos indiretos deve ser considerada (custos relativos à administração).

#### 4.4 O Modelo SPM

O modelo SPM – Strategic Profit Management (Modelo de Gestão de Lucro Estratégico), também conhecido como sistema Du Pont, é uma ferramenta para análise de demonstrações financeiras e avaliação da situação financeira de uma empresa (Gitman, 1994, p.130). O modelo é baseado na medida de lucratividade para os proprietários da empresa, o retorno sobre o patrimônio líquido (ROE – Return on Equity), definido como a razão (lucro líquido)/(patrimônio líquido).

O ROE pode ser relacionado com outra medida de retorno, o ROA (Return on Assets) – retorno sobre ativos, definido por (lucro líquido)/(total de ativos), que é uma medida de eficiência global da administração na geração de lucros com seus ativos disponíveis.

Relacionando o ROE com o ROA, tem-se:

$$\text{ROE} = [(\text{lucro líquido}) / (\text{total de ativos})] * [(\text{total de ativos}) / \text{patrimônio líquido}]$$

A medida (total de ativos)/(patrimônio líquido) é denominada razão de financiamento, e representa a quantidade de ativos (em unidades monetárias) que podem ser adquiridos ou suportados para cada unidade monetária do patrimônio líquido, ou investimentos dos proprietários.

O ROA também pode ser desmembrado em dois fatores:

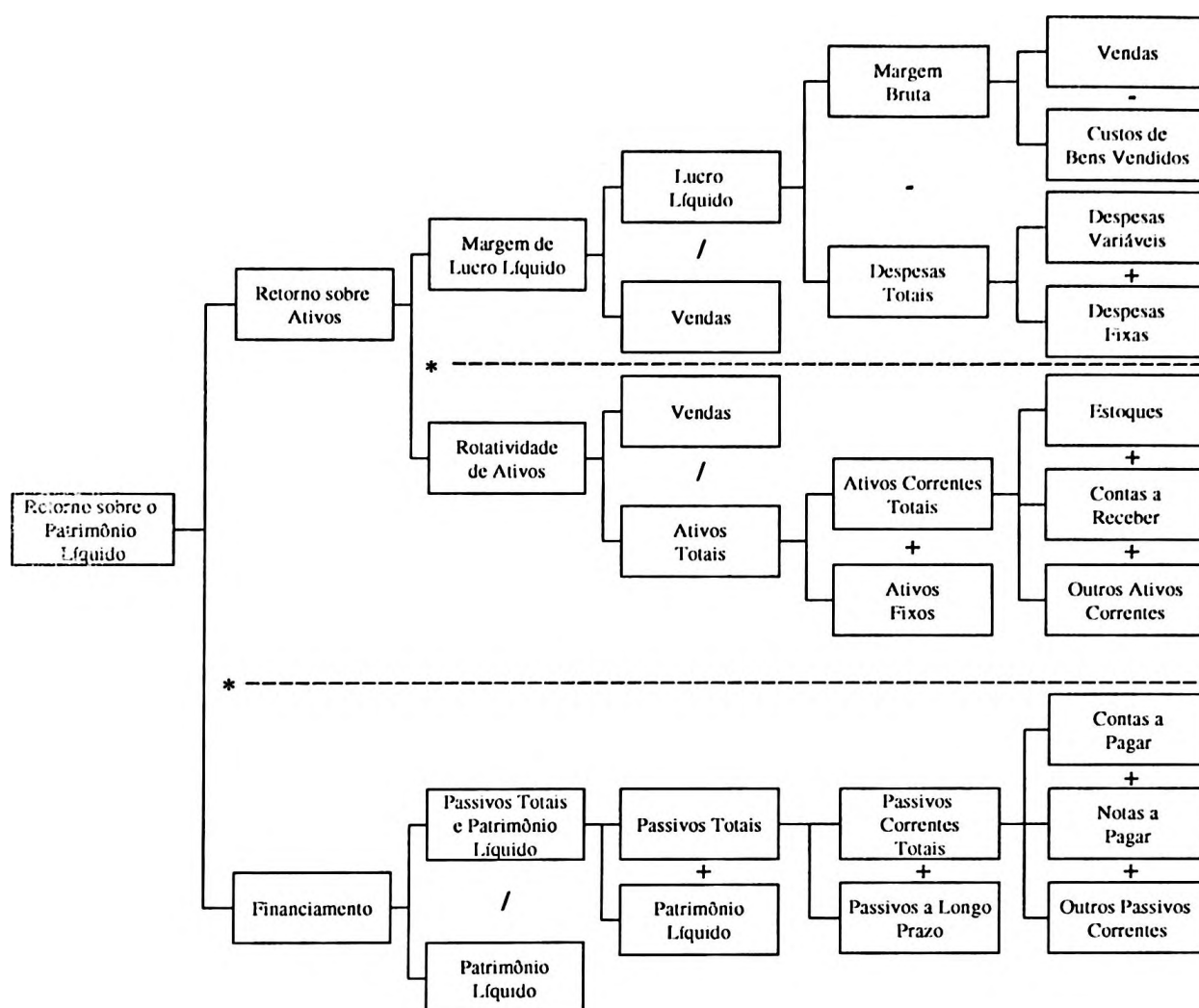
$$\text{ROA} = [(\text{vendas líquidas})/(\text{total de ativos})] * [(\text{lucro líquido})/(\text{vendas líquidas})]$$

O fator (vendas líquidas)/(total de ativos) é conhecido como taxa de rotatividade de ativos, e mensura a quantidade (em unidades monetárias) de volumes de vendas que pode ser produzido para cada unidade monetária investida no total de ativos do negócio. O (lucro líquido)/(vendas líquidas) é denominado margem de lucro líquido, e representa a quantidade de lucro líquido produzida para cada unidade monetária de volume de vendas.

Então, todas estas medidas podem ser combinadas na equação do ROE, resultando em uma equação de lucratividade total:

$$\text{ROE} = \text{margem de lucro líquido} * \text{rotatividade de ativos} * \text{razão de financiamento}$$

Esta equação é uma síntese do modelo SPM, representado no diagrama da ilustração 8. O modelo inicia-se com o desmembramento do ROE, conforme descrito anteriormente, e prossegue com o desmembramento de outros termos utilizados.



**Ilustração 8 – O Modelo SPM**  
(Fonte: Gitman, 1994, p. 131)

#### 4.5 O Modelo SRM

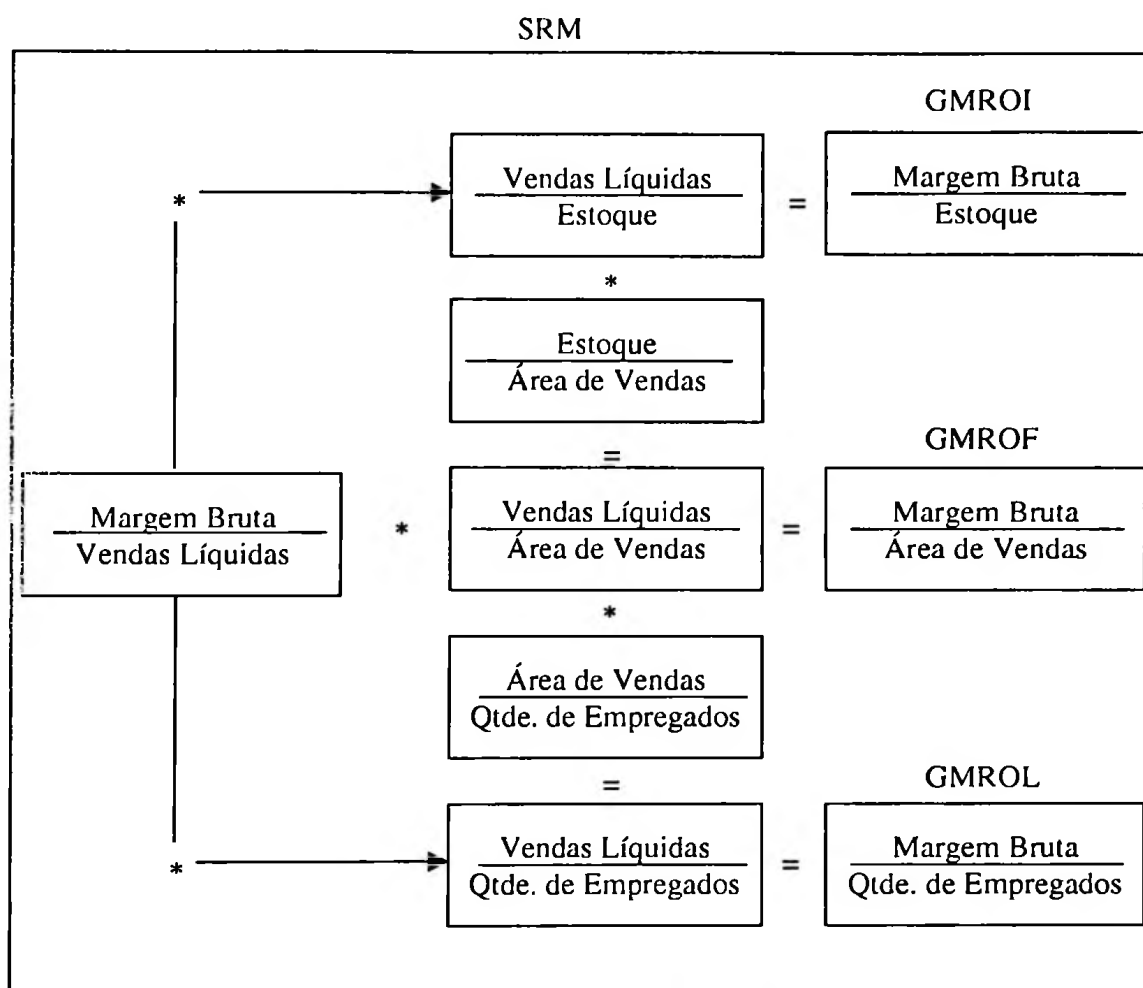
O modelo SRM – Strategic Resource Management (gestão de recursos estratégicos) foi desenvolvido na Universidade de Oklahoma no Programa de Pesquisa de Distribuição no início dos anos 80, e foi introduzido na literatura de marketing por Lusch e Serpkenci (1981, 1983), Serpkenci e Lusch (1986) e Lusch (1986) como uma ferramenta de gestão para melhorar a produtividade e performance financeira no varejo (Ring, 2002). Este modelo foi desenvolvido em conjunto com outro modelo mais popular, o SPM – strategic profit model (modelo de lucro estratégico), e apesar de sua demonstrável utilidade, é encontrada pouca atenção na literatura de marketing e varejo.

Segundo Ring (2002), o SRM tem se mostrado uma ferramenta bastante poderosa na análise de performance para empresas de varejo.

As métricas utilizadas no modelo SRM envolvem índices de produtividade de mercadorias, funcionários e espaço de vendas.

Conforme ilustração 9, o modelo SRM possui métricas específicas definidas:

- GMROI – retorno da margem bruta sobre investimento em estoque;
- GMROS ou GMROF – retorno da margem bruta por área de espaço de vendas ou área total;
- GMROL – retorno da margem bruta sobre quantidade de empregados.



**Ilustração 9 - O Modelo SRM**  
(Fonte: Ring, 2002)

## GMROI

O GMROI representa o retorno da margem bruta sobre o investimento em estoque, incorporando tanto a rotatividade do estoque quanto a medida de lucro, e identificando o desempenho da gestão de compras e de estoque. É obtido multiplicando-se o fator (margem bruta)/(vendas líquidas) pela relação (vendas líquidas)/estoque (Lusch; Dunne, 1990, p. 385; Ring, 2002; Parente, 2000, p. 231).

O índice GMROI é considerado um excelente indicador de desempenho varejista, pois relaciona o lucro bruto (indicador de lucratividade do varejo), com os estoques (indicador do investimento). Este índice é muito utilizado para avaliar a gestão de compras não só de uma empresa varejista, mas também de suas várias unidades de negócio (lojas, departamentos) (Parente, 2000, p.232).

O modelo GMROI permite inferir três conclusões a respeito da gestão de mercadorias segundo Lusch; Dunne (1990, p. 385):

- A meta principal em gerenciar investimentos em mercadoria deve ser uma meta de retorno sobre investimento – especificamente, retorno da margem bruta sobre investimento em estoque. Margem bruta e rotatividade de estoque não são metas, são valores que influenciam o GMROI.
- Há dois critérios de tomada de decisão em gestão de mercadorias. O primeiro é gestão da margem bruta, e o segundo é gestão de rotatividade do estoque.
- Gestores de mercadoria capazes de efetivamente inter-relacionar gestão de margem bruta e gestão de rotatividade de estoque serão capazes de atingir resultados de alta performance.

Segundo Ring (2002), existem dois “caminhos” para um GMROI mais alto:

- Aumento na porcentagem de margem bruta;
- Aumento da razão vendas sobre estoque.

## GMROF

Conforme ilustração 9, o índice vendas líquidas sobre estoque multiplicado pelo estoque sobre área de vendas resulta em  $(\text{vendas líquidas})/(\text{área de vendas})$ . O GMROF é então obtido pelo produto entre  $(\text{vendas líquidas})/(\text{área de vendas})$  e a relação entre margem bruta e vendas líquidas.

O índice estoque sobre área de vendas é conhecido no varejo como medida de densidade de mercadoria.

Portanto, pode-se enumerar três maneiras de atingir um alto valor de GMROF:

- Aumento na meta de margem bruta;
- Aumento na densidade de mercadoria;
- Aumento no índice vendas sobre estoque.

Nota-se que das três maneiras para maximizar o GMROF, duas também aumentam o GMROI.

Assim, aumentando-se a margem bruta ou o *turnover* do estoque, pode-se simultaneamente o aumentar ambos GMROI e GMROF. Para deixar o GMROI constante, pode-se escolher a alternativa de aumentar a densidade de mercadoria para o aumento do GMROF. No entanto, o aumento na densidade de mercadoria deve reduzir o *turnover* quanto mais mercadoria for colocada nas lojas. O resultado final poderá ser nenhuma mudança no GMROF e nenhuma mudança no GMROI.

Lusch (1986) *apud* Ring (2002), considera o índice GMROF mais importante do que o GMROI para a gestão de recursos do varejo. Ring (2002) argumenta que o único custo significativo do estoque é o custo de propriedade. Este custo geralmente é uma despesa trivial para a maioria dos varejistas. Para outros, que possuem uma troca de estoques mais rápida do que o tempo para pagá-lo, os custos de propriedade são negativos.

Por outro lado, os custos de espaço são freqüentemente altos, e incluem todos os elementos que constituem os custos de ocupação total (aluguel, depreciação, manutenção, segurança). O custo de ocupação é considerado como a despesa mais alta em um negócio como o varejo. Outra razão igualmente importante para o enfoque na produtividade do espaço como a métrica chave do modelo é o fato de que o espaço do varejo é o resultado de uma decisão de investimento rígido, que é difícil de reverter.

## GMROL

O terceiro recurso do modelo SRM é o pessoal. A produtividade é medida pela relação margem bruta dividida pela quantidade de empregados. Multiplicando-se a relação (vendas líquidas)/ (espaço) pelo (espaço)/ (quantidade de empregados), obtém-se o fator (vendas

líquidas)/ (quantidade de empregados). O GMROL é então obtido pela multiplicação do último fator com o fator (margem bruta)/ (vendas líquidas).

Originalmente, Lusch e Serpkenci (1983) referem-se ao índice (espaço)/ (quantidade de empregados) como uma medida de serviço ao cliente (Ring, 2002). Ring (2002) interpreta esta medida não convencional de serviço como uma medida de “desintensidade” de serviço ao cliente. Ring (2002), então, sugere três maneiras de melhorar a performance do varejo, segundo o índice GMROL:

- Aumentar o índice de margem bruta;
- Aumentar vendas por metro quadrado;
- Aumentar a cobertura de espaço por empregado, ou reduzir a intensidade do serviço.

No entanto, Ring (2002) argumenta que a maioria dos varejistas não trabalha para reduzir os níveis de serviço constantemente, mas para encontrar um nível ótimo de intensidade de serviço que atinja as expectativas dos clientes e simultaneamente gere vendas por empregados para atingir os outros objetivos da empresa.

Ring (2002) desenvolve um raciocínio a partir da necessidade de otimizar e não maximizar o GMROL, concluindo que a chave para a maximização da lucratividade é a maximização do GMROF.

Ring (2002) segue seu raciocínio realizando uma pequena modificação no modelo SRM original para que suas conclusões sejam assimiladas pelo modelo.

Ring (2002) reconstrói o modelo para que o fluxo ocorra das duas extremidades para o centro (GMROI e GMROL para o GMROF), ao invés de do topo para o fundo (GMROI para o GMROL). A modificação é explicada primeiramente pela inversão da métrica de intensidade de serviço para medir quantidade de empregados por espaço para melhor corresponder à noção de intensidade de serviço ao consumidor. Depois, Ring (2002) propõem modificar o fluxo do SRM. No novo modelo, (vendas líquidas)/ (quantidades de empregados) é



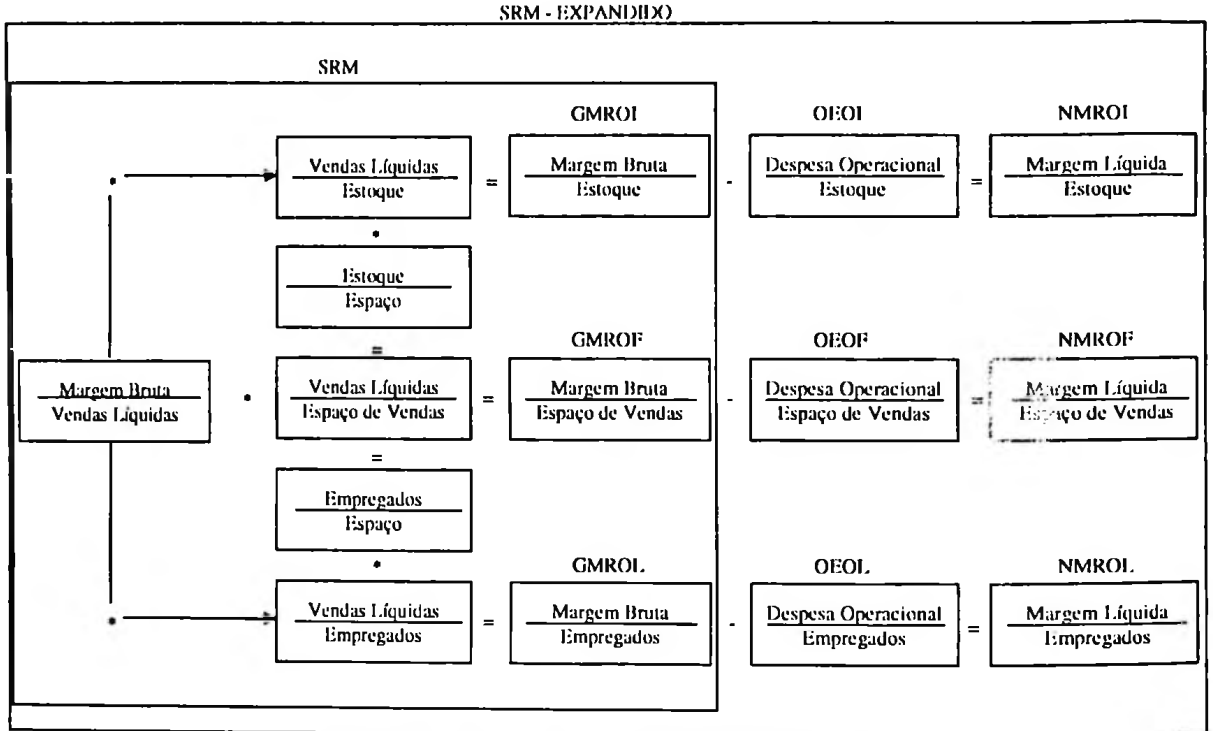
multiplicado por (quantidade de empregados)/ (espaço) resultando em (vendas líquidas)/ (espaço de vendas).

Ring (2002) acredita que esta modificação no fluxo do SRM não o torne somente mais intuitivo, mas também mais importante, pois ajuda a clarificar os caminhos estratégicos para melhorar a produtividade do espaço do varejista. Com a modificação, é possível determinar cinco maneiras de melhorar o GMROF:

- Aumentar a meta de margem bruta;
- Aumentar a meta de vendas sobre estoque;
- Aumentar a densidade de mercadoria;
- Aumentar os níveis de intensidade de serviço;
- Aumentar a meta de vendas por empregado.

Para que uma empresa atinja um alto valor do GMROF, não é necessário que ela possua altos valores em todos os indicadores correspondentes às cinco maneiras de melhorá-lo. Mas, com certeza, em alguns destes indicadores ela deve possuir alta performance. Por exemplo, a empresa pode ter um alto percentual de margem bruta, alta densidade de mercadoria e alta intensidade de serviço; e, no entanto, possuir um baixo valor da relação vendas sobre estoque, resultando em um baixo GMROI.

Ring (2002) ainda realiza mais uma alteração no modelo SRM. *“Com o objetivo de determinar o verdadeiro impacto de todos os planos de ação na lucratividade, as métricas de produtividade do SRM necessitam ser expandidas para um modelo de lucro”*. (Ring, 2002) Este modelo de SRM expandido é mostrado na ilustração 10, onde os indicadores que utilizam a margem bruta são modificados para utilizarem margem líquida (margem bruta – despesas operacionais).



**Ilustração 10 - O Modelo SRM Expandido**  
(Fonte: Ring, 2002)

## 5 MODELAGEM E SIMULAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS

A complexidade é uma característica crescente nas empresas, bem como de outros sistemas humanos. Como a mente humana não consegue considerar todos os aspectos da realidade de uma só vez, para o entendimento de algumas situações, é necessário que sejam abstraídos apenas seus aspectos relevantes. Assim, a construção de um modelo de uma situação pode ser uma ferramenta útil para a compreensão da realidade.

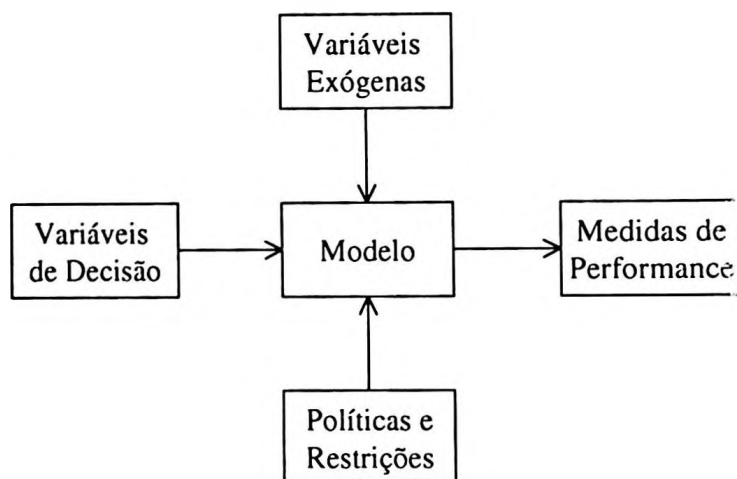
### 5.1 Modelos

Modelos são representações freqüentemente simplificadas da realidade (Moreira, 2001, p. 27), e, por isso, segundo Ackoff (1971, p. 70), sua utilização é vantajosa: modelos simples podem prever e explicar fenômenos com alto grau de complexidade.

Segundo Bonini et al. (1997, p. 9), os fatores ou variáveis a serem considerados na construção de um modelo podem ser classificados em cinco tipos:

- Variáveis de decisão: variáveis que estão sob o controle de quem toma a decisão (representam suas escolhas);
- Variáveis exógenas: fatores importantes para o problema de decisão, mas que são controladas por fatores externos ao escopo do tomador de decisão;
- Políticas e restrições: fatores impostos ao tomador de decisão (política da empresa, restrições legais e limitações físicas);
- Medidas de Performance: metas e objetivos que devem ser atingidos;
- Variáveis intermediárias: outras variáveis necessárias, que relacionam variáveis de decisão e variáveis exógenas.

Um modelo é o resultado do relacionamento destes fatores, conforme mostrado na Ilustração 11.



**Ilustração 11 – Construção de um Modelo**  
(Fonte: Bonini et al.(1997, p. 11))

As variáveis de decisão, variáveis exógenas, políticas e restrições são entradas para a construção de um modelo, e as saídas são as medidas de performance. Um modelo pode ser considerado uma “caixa preta”, que transforma variáveis de decisão em medidas de performance, dado um conjunto específico de variáveis exógenas, e de políticas e restrições.

## 5.2 Simulação

Para Ackoff (1971, p. 114), a simulação é uma maneira de manipular modelos: “Os modelos representam a realidade, a simulação a imita, A simulação sempre significa a manipulação de um modelo; é, realmente, a maneira de manipular o modelo para que ele proporcione uma visão dinâmica, quase cinematográfica da realidade.”.

Segundo Shannon (1975, p. 2) e Bonini (1997, p. 411), simulação é o processo de desenhar um modelo de um sistema real e conduzir experimentos com este modelo com o propósito de entender o comportamento do sistema ou avaliar estratégias para a operação do sistema.

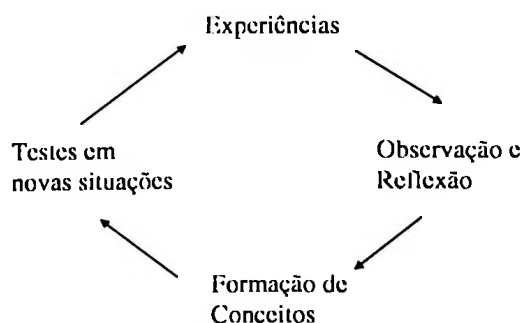
Shannon (1975, p. 2) define os seguintes objetivos para a simulação:

- Descrever o comportamento de sistemas;
- Construir teorias ou hipóteses que explicam o comportamento observado;
- Utilizar estas teorias para prever o comportamento futuro.

### 5.3 Modelagem e Simulação em Administração de empresas

Conforme foi visto nos dois itens anteriores, modelagem e simulação são técnicas para realizar experimentos sobre situações reais sob determinadas condições. Devido a essa característica experimental, os dois processos são utilizados em aprendizagem e tomada de decisão.

Segundo Kolb (1978, p. 38), no processo de aprendizagem o homem gera, a partir de sua experiência, conceitos, regras e princípios que irão conduzir seu comportamento em novas situações, e simultaneamente modifica estes conceitos a fim de aumentar a sua eficiência. O processo, representado na Ilustração 12, consiste de um ciclo de quatro estágios: (1) a experiência concreta é seguida por (2) observação e reflexão que levam a (3) formação de conceitos abstratos e generalizações que levam a (4) hipóteses a serem tratadas em ações futuras as quais, por sua vez, levarão a novas experiências.



**Ilustração 12 - Ciclo de aprendizagem**  
(Fonte: Kolb (1978, p. 38))

Neste processo, a utilização de modelos pode ser inserida no estágio de teste em novas situações, que pode ocorrer através de simulações, gerando novas experiências.

Segundo Clemen e Reilly (2001, p. 6), a modelagem é uma das etapas do processo de tomada de decisão. Após identificar o problema, e criar algumas alternativas, o próximo passo é decompor e modelar o problema, para que se possa analisar a situação e escolher a melhor alternativa.

Bonini et al. (1997, p. 5) aponta três vantagens da utilização de modelos nos processos de tomada de decisão:

- economia de tempo;
- pode ser prontamente entendido pelo tomador de decisão; e
- se necessário, pode ser rapidamente modificado.

No entanto, Bonini et al. (1997, p. 6) atenta para que haja precaução em relação às conclusões tomadas, pois estas contem um certo grau de erro devido ao processo de abstração do modelo. O modelo quantitativo é um apoio a análise de uma situação de negócios, mas não pode substituí-la completamente.

## 6 DINÂMICA DE SISTEMAS

Segundo Jackson (2000, p. 138), a dinâmica de sistemas é uma das primeiras reações às falhas das metodologias do pensamento sistêmico “hard”, cujas técnicas de modelagem eram consideradas capazes apenas de lidar com um pequeno número de variáveis com relacionamentos lineares.

Os estudos sobre dinâmica de sistemas começaram com Forrester e sua equipe no MIT – Massachusetts Institute of Technology, por volta de 1956. Inicialmente, eles denominaram esta abordagem de “dinâmica industrial”. Em 1958, Forrester publicou um artigo na Harvard Business Review, intitulado Dinâmica Industrial – Uma Grande Descoberta para Tomadores de Decisão, o que anunciou a abordagem para o mundo.

A dinâmica de sistemas consiste em um método para modelagem da realidade, que evoluiu a partir de conceitos desenvolvidos na cibernética organizacional. Utiliza tanto as abordagens “soft” quanto as abordagens “hard” para a construção de um modelo sistêmico.

Maani; Cavana (2000, p. 7) descrevem um conceito que julgam o mais apropriado, abordando toda a metodologia utilizada para a construção de modelos com base neste método: Uma maneira rigorosa de pensar a respeito, visualizar e compartilhar problemas em organizações complexas, com o objetivo de resolvê-los e até evita-los em determinadas situações, minimizando a ocorrência de surpresas desagradáveis e conseqüências indesejáveis. Este objetivo é atingido através da criação de mapas operacionais e modelos de simulação que externalizam modelos mentais e capturam o inter-relacionamento de processos físicos e comportamentais, fronteiras organizacionais, políticas, *feedback* de informação e atrasos de tempo; e através da utilização destas arquiteturas para testar saídas holísticas de idéias e planos alternativos. Além disso, a metodologia utiliza uma estrutura que respeita e ajuda a desenvolver algumas necessidades em indivíduos e times.

Coyle (1996, p. 10) aborda o assunto de uma maneira mais prática, mais voltada a resultados, “a dinâmica de sistema lida com o comportamento dependente do tempo de sistemas gerenciáveis, com o objetivo de descrevê-los e entender através de modelos quantitativos e qualitativos, como a retroalimentação de informações governa o seu comportamento, e

desenhar estruturas de retroalimentação de informações robusta e políticas de controle através de simulação e otimização.”.

Sterman (2000, p. 4) fornece uma definição mais aplicada a construção de simuladores. “Dinâmica de sistemas é um método para aumentar o aprendizado em sistemas complexos. Assim como uma linha aérea utiliza simuladores de vôo para ajudar pilotos a aprenderem, dinâmica de sistemas é, em parte, um método para o desenvolvimento de simuladores de vôo de gestão, freqüentemente, modelos de simulação de computadores, para nos ajudar no aprendizado sobre complexidade dinâmica, entender fontes de resistência política, e desenhar políticas mais efetivas.”

Sterman (2000) ainda atenta para a amplitude de pensamento necessária para a compreensão e criação de modelos. “O aprendizado sobre sistemas dinâmicos complexos necessita mais do que ferramentas técnicas para criar modelos matemáticos. Dinâmica de sistemas é fundamentalmente interdisciplinar.” (Sterman, 2000, p. 4)

## 6.1 Processo de Modelagem em Dinâmica de Sistemas

Após estudo sobre os processos de modelagem descritos por Sterman (2000, p. 86), Maani; Cavana (2000, p. 16) e Coyle (1996, p. 10), chegou-se aos seguintes passos para a construção de um modelo dinâmico:

### 1. Estruturação do problema

Nesta etapa são coletados dados e informações para a identificação do problema. São definidos o horizonte de tempo a ser considerado, as variáveis e os conceitos chaves, além de seu comportamento ao longo do tempo (modo de referência).

### 2. Modelagem de *loop* causal (ou construção de diagramas de influência)

Nesta etapa é realizada a modelagem de *loop* causal, detalhada posteriormente. Em síntese, esta etapa consiste na definição de relacionamentos de causa e efeito entre as variáveis,



explicando o problema através das variáveis endógenas, ou seja, variáveis internas ao problema (formulação da hipótese dinâmica).

### 3. Modelagem Dinâmica

A modelagem dinâmica também é mais detalhada posteriormente. Este passo consiste em converter a modelagem de *loop* causal em um modelo para simulação. O processo envolve especificação da estrutura do modelo, definição de regras de decisão, determinação das condições iniciais, estimativas de parâmetros.

### 3. Realização de Testes

Esta etapa consiste na comparação do modelo com o modo de referência (verificação da reprodução adequada do comportamento do problema), verificação do realismo sob condições extremas e verificação do comportamento devido a incertezas em parâmetros, condições iniciais e fronteiras do modelo.

### 4. Avaliação e Desenho de Políticas

O modelo está pronto, e pode ser utilizado para a criação de novas estratégias, estruturas e regras de decisão. O modelo possibilita a verificação dos efeitos das políticas (análise “what if”), e suas interações umas com as outras; além da verificação da veracidade das recomendações devido às incertezas nos cenários.

Todos os autores atentam para a iteratividade do modelo: a construção de um modelo dinâmico não é realizada linearmente, uma etapa após a outra. Os resultados de uma fase levam a reflexões e questionamentos, que podem resultar em revisões de fases anteriores, caracterizando o processo como um processo de feedback.

## 6.2 Modelagem de Loop Causal

A modelagem de *loop* causal é composta essencialmente pela representação de processos de *feedback* e *delays*, que são os dois principais itens característicos dos sistemas complexos.

### 6.2.1 Processos de *Feedback*

Um processo de feedback ocorre quando a influência de um elemento impacta em outros elementos, e através de uma série de relacionamentos o efeito desta influência inicial retro-alimenta ele próprio. Um exemplo deste processo pode ser descrito através da dinâmica de um sistema presente na natureza, o sistema predador-presa. Assumindo-se um crescimento muito grande na população de coelhos (presa), a população de lobos (predador) irá crescer também muito devido ao excesso de alimento. O crescimento exagerado da população de lobos irá causar uma diminuição na população de coelhos. Através de seu relacionamento com a população de lobos, o aumento da população de coelhos afeta a si mesmo.

Segundo Sterman (2000, p. 12), muito da arte da dinâmica de sistemas está em descobrir e representar processos de *feedback*.

As estruturas de feedback são representadas pelos diagramas de *loop* causal, ou diagrama de enlace causal, ou ainda diagramas de influência.

### 6.2.2 Diagramas de Enlace Causal e Processos Dinâmicos

O diagrama de enlace causal é uma ferramenta para a representação de relacionamentos entre variáveis. Consiste em variáveis conectadas por setas que denotam relacionamento causal entre estas variáveis ou uma mudança de estado nestas variáveis. A variável representa uma condição, situação, ação ou decisão que influencia ou é influenciada por outras variáveis, e pode ser quantitativa (lucro, produtividade) ou qualitativa (motivação, confiança). As setas indicam associação causal entre duas variáveis, ou mudança no estado destas variáveis.

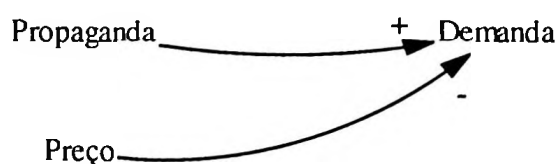


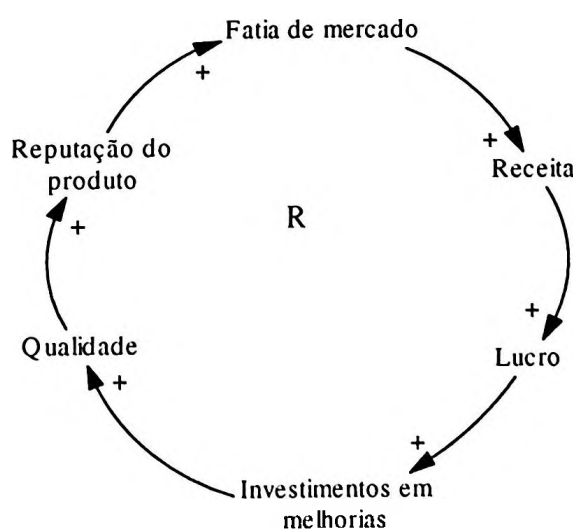
Ilustração 13 - Relacionamento entre Variáveis

A Ilustração 13 mostra um exemplo de relacionamento entre variáveis através de setas. A variável demanda está relacionada às variáveis preço e propaganda. O sinal “+” na ponta da seta significa que quanto maior o valor de uma variável, maior o valor da outra, ou seja, as variáveis têm seus valores modificados no mesmo sentido. No exemplo, a propaganda aumenta a demanda (quanto mais propaganda, mais demanda). O sinal “-” significa que as variáveis modificam-se em direções opostas (quanto maior o valor de uma, menor o valor da outra). No exemplo, o aumento de preço diminui a demanda.

Os processos dinâmicos são compostos basicamente pela interação de dois tipos de feedback: *feedback* positivo (ou *loop* de reforço) e *feedback* negativo (ou *loop* de balanço).

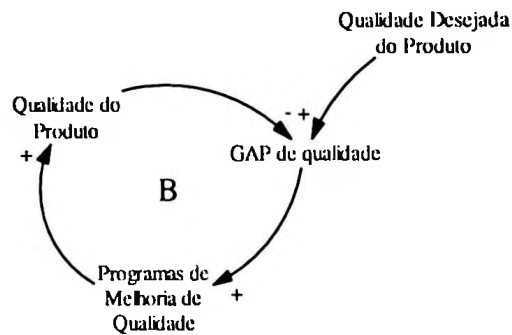
*Loop* de reforço ou *feedback* positivo: representa uma situação de conseqüências crescentes ou declinantes; por exemplo, a situação de investimentos em qualidade na ilustração 14.

A ilustração 14 representa os efeitos da qualidade na cadeia produtiva: o aumento de qualidade leva a um aumento na reputação do produto, na fatia de mercado, na receita da empresa e no seu lucro, capacitando-a em investir mais em melhorias, o que reforçará mais ainda a qualidade do produto.



**Ilustração 14 - Loop de Reforço**

*Loop* de balanço ou *feedback* negativo: representa um sistema que busca estabilidade ou uma meta específica; por exemplo, a meta de qualidade representada na ilustração 14.



**Ilustração 15 - Loop de Balanço**

Ao aumentar os programas de melhoria em qualidade, aumenta-se a qualidade do produto. Se a qualidade desejada for maior que a qualidade do produto, diminui-se a diferença entre a meta de qualidade a ser atingida pela empresa (GAP de qualidade) e a qualidade do produto. Quando a empresa diminui esta diferença, ela passa a investir menos em programas de qualidade, o que resulta em uma diminuição da qualidade do produto, aumentando o GAP de qualidade, o que levará a mais investimentos e maior qualidade do produto. Este processo repete-se diversas vezes até que o nível de qualidade desejada seja atingido.

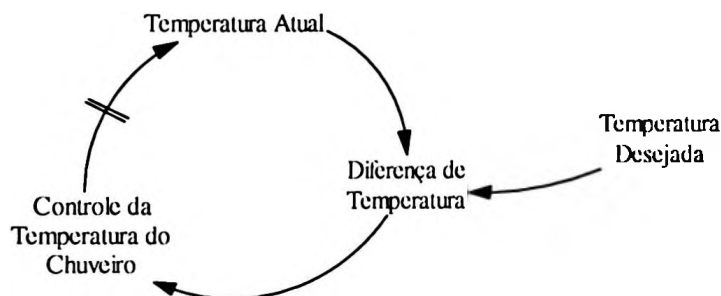
Os *loops* de reforço e de balanço são identificados através de um símbolo central ao diagrama (conforme ilustrações 14 e 15).

Existem dois métodos para verificar se o *loop* é de balanço ou de reforço.

- Contagem do número de *links* negativos: se o número de *links* negativos é par, então o *loop* é de reforço; se o número de *links* negativos é ímpar, então o *loop* é de balanço. Este método funciona, pois um número par de *links* negativos tem seus efeitos negativos anulados, correspondendo a um efeito positivo. No caso de uma quantidade ímpar de *links* negativos, o efeito negativo é mantido dentro do *loop*.
- Acompanhamento do efeito de uma mudança ao redor do *loop*: acompanhar o efeito de uma mudança em uma variável no *loop*. Se o efeito reforçar a mudança original, então o *feedback* é positivo, caso contrário é negativo.

### 6.2.3 Delays (Defasagens)

*Delay* ou defasagem consiste no intervalo de tempo entre o efeito de uma variável sobre a outra. As defasagens entre as ações e as conseqüências ocorrem com freqüência nos sistemas humanos, mas raramente são identificadas. Isso pode fazer com que se ultrapasse a meta indo além do necessário para alcançar um resultado desejado. A falta de conhecimento da defasagem entre fazer e receber o pedido de uma mercadoria resulta no excesso de pedidos. Quanto maior a defasagem, mais difícil é alcançar o resultado desejado. Por exemplo, o ajuste da temperatura do chuveiro é muito mais difícil quando a defasagem de ajuste é de dez segundos, comparando a uma situação em que essa defasagem é de apenas um ou dois segundos.



**Ilustração 16 – Controle da Temperatura do Chuveiro**

Dez segundos após abrir a torneira de água quente, a água continua fria. Pensando que não houve o efeito desejado, abre-se mais ainda a torneira de água quente. Quando a água quente finalmente chega, o jato está muito forte, e fecha-se demais a torneira de água quente. Depois de algum tempo a água está fria novamente, e o mecanismo se repete até que se chegue à temperatura desejada.

### 6.2.4 Arquétipos de Sistemas

Uma das percepções do pensamento sistêmico é que determinados padrões de estrutura ocorrem repetidas vezes. Esses “arquétipos de sistemas” ou “estruturas genéricas” são a base

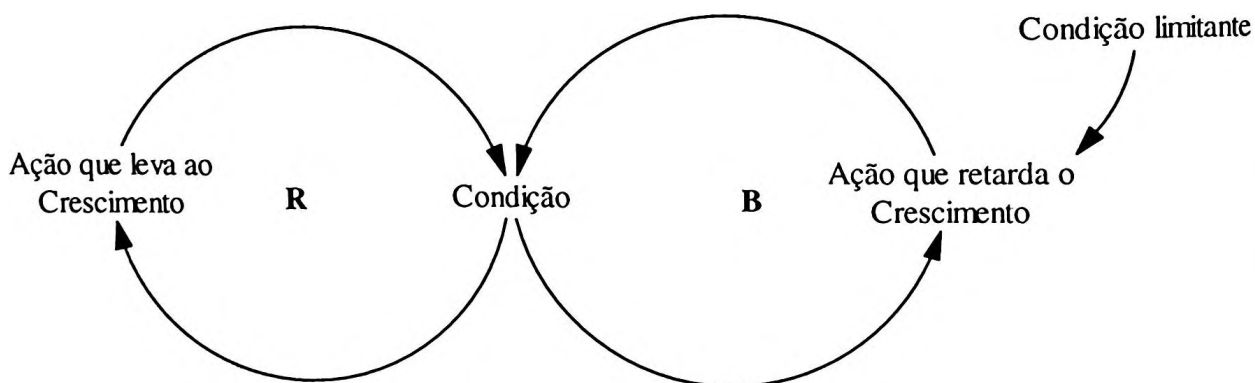
para o reconhecimento destas estruturas em situações reais. Os arquétipos sugerem que nem todos os problemas gerenciais são específicos, algumas situações apresentam o mesmo padrão de comportamento que outras já vivenciadas (Senge, 2002, p. 123).

Segundo Senge (2002, p. 125) existem uma dúzia de arquétipos de sistemas identificados por pesquisadores. A seguir são apresentados dois destes arquétipos, que são os mais frequentes, e servem de base para os outros.

#### Arquétipo I: Limites ao Crescimento

Este arquétipo consiste de um *loop* de reforço e outro de balanço. Inicia-se um processo de reforço a fim de produzir um resultado desejado. Porém existem fatores que interferem neste processo, criando um processo de balanço e limitando o seu crescimento.

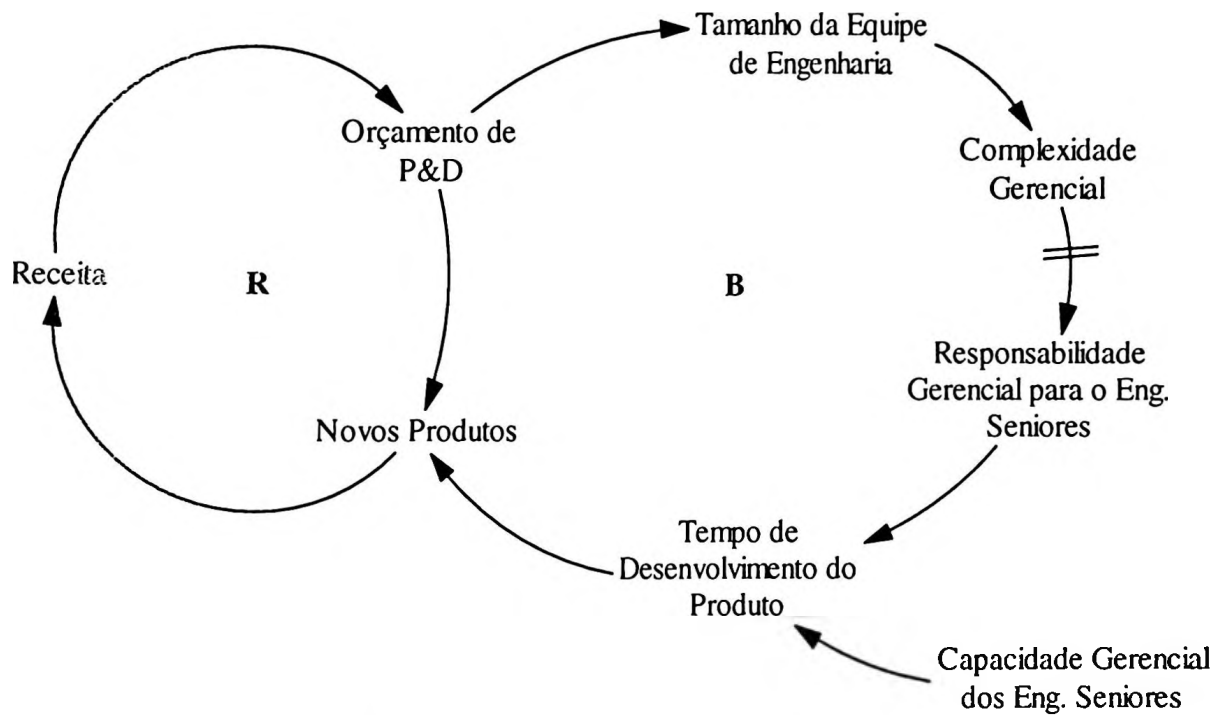
A estrutura genérica deste arquétipo está apresentada a seguir.



**Ilustração 17 – Estrutura Genérica: Limites ao Crescimento**  
(Fonte: Senge, 2002, p. 126)

Um exemplo é a situação de uma organização de alta tecnologia que cresce depressa devido a sua capacidade de lançar novos produtos. À medida que os novos produtos surgem, a receita aumenta, o orçamento para P&D também e a equipe de engenharia e pesquisa cresce. Essa equipe técnica torna-se cada vez mais complexa e difícil de gerenciar. A responsabilidade muitas vezes é assumida por engenheiros seniores que, por sua vez, dispõem de menos tempo para a engenharia. O desvio de mais experientes da pesquisa para atividades de gerência

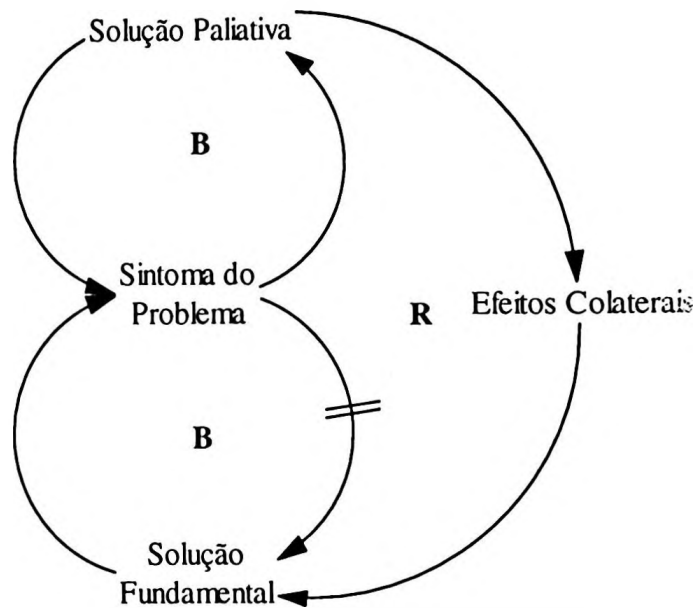
resulta em prazos mais longos para o desenvolvimento de novos produtos, o que retarda a introdução no mercado.



**Ilustração 18 – Exemplo: Limites ao Crescimento**  
(Fonte: Senge, 2002, p. 127)

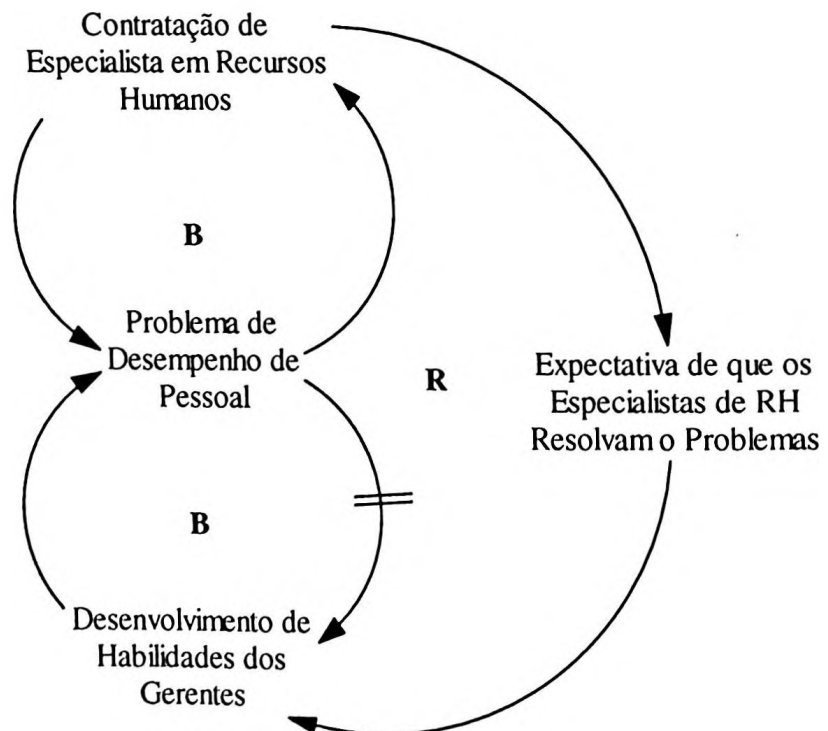
Arquétipo 2: Transferência de Responsabilidade

A estrutura genérica deste arquétipo está apresentada a seguir.



**Ilustração 19 - Estrutura Genérica: Transferência de Responsabilidade**  
 (Fonte: Senge, 2002, p. 136)

Este arquétipo representa a tendência humana de lidar com o fácil, o óbvio e o urgente, antes de ser forçado a lidar com o difícil, ambíguo e importante.



**Ilustração 20 – Exemplo: Transferência de Responsabilidade**  
 (Fonte: Senge, 2002, p. 137)



Um exemplo deste arquétipo ocorre quando gerentes contratam especialistas em recursos humanos para resolver problemas de pessoal, que soluciona os problemas. Porém, a capacidade dos gerentes para resolver este tipo de problema não melhora, e ele continua na dependência de especialistas de RH.

### 6.3 Diagramas de Estoque e Fluxo

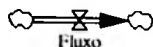
Os diagramas de estoque-fluxo consistem em diagramas constituídos de estoques, fluxos e variáveis auxiliares. Estes diagramas são representações quantitativas dos diagramas de influência, e cada variável deve estar relacionada a uma equação ou a um valor constante.

Estoques: são elementos que representam acúmulo dentro do sistema. Caracterizam o estado

do sistema e geram informação nas quais são baseadas ações e decisões.



Fluxos: são as taxas segundo as quais os estados dos sistemas (estoques) modificam-se.



Variáveis auxiliares: tem o objetivo de facilitar a compreensão do modelo matemático, são

funções do estoque, constantes ou entradas exógenas.



Segundo Sterman (2000, p. 193), as convenções dos diagramas de estoque e fluxo (originadas por Forrester, 1961) foram baseadas na metáfora hidráulica (fluxo de água para dentro e para fora do reservatório).

A quantidade de material em um estoque é o acúmulo do fluxo de material que entra, menos o fluxo de material que sai, ou seja, é a integração dos fluxos que entram e saem do estoque. Portanto, é possível representar o que ocorre dentro do estoque através da seguinte equação:

$$\text{Estoque}(t) = \int_{t_0}^t [\text{Fluxo\_de\_entrada}(s) - \text{Fluxo\_de\_Saída}(s)] ds + \text{Estoque}(t_0),$$

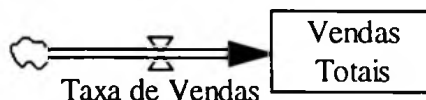
Onde: Fluxo\_de\_entrada(s) – valor do fluxo de entrada em um tempo s entre  $t_0$  e t.

A equação pode ser representada pelo diagrama da ilustração 21.



**Ilustração 21 - Diagrama Estoque e Fluxo**

A título de ilustração dos conceitos apresentados, segue-se um exemplo mostrado na ilustração 22.

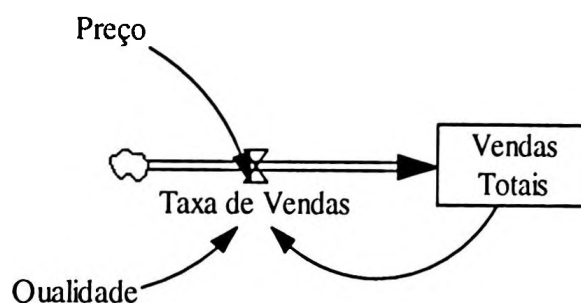


**Ilustração 22 - Diagrama Estoque e Fluxo - Exemplo**

Na ilustração, existe um diagrama de estoque-fluxo com duas variáveis: Vendas Totais e Taxa de Vendas. A variável “Taxa de Vendas” é a taxa de quanto é vendido ao longo do tempo (poderia ser definido como a velocidade de vendas durante um certo período de tempo). “Vendas Totais” representa o acúmulo de vendas ao longo de tempo, é a integral da taxa de vendas:

$$\text{Vendas Totais}(t) = \int_{t_0}^t [\text{Taxa\_de\_vendas}(t)] dt + \text{Estoque}(t_0)$$

Ampliando as fronteiras do exemplo anterior, são apresentadas variáveis auxiliares que influenciam o fluxo, e um processo de feedback (ilustração 23).



**Ilustração 23 - Diagrama Estoque e Fluxo - Exemplo**

O fluxo “Taxa de Vendas” varia de acordo com o preço, com a qualidade e com a variável “Vendas Totais” (acúmulo de vendas anteriores). A influência da variável estoque na taxa de fluxo que irá compô-lo, denomina-se processo de *feedback* (retroalimentação).

Segundo Sterman (2000, p. 195), os estoques são críticos para gerar sistemas dinâmicos pelas seguintes razões:

- Os estoques caracterizam o estado do sistema e fornecem base para ações: informam a situação do sistema em determinado período de tempo, fornecendo informações para que se possa tomar decisões.
- Os estoques representam a inércia e a memória do sistema: o conteúdo do estoque é o resultado do acúmulo da diferença entre fluxos de entrada e saída no estoque, e este conteúdo modifica-se apenas devido a estes fluxos.
- Os estoques são elementos que representam defasagem no sistema: defasagem é o processo onde o fluxo de saída é mais lento que o de entrada, provocando uma diferença que é acumulada no estoque.
- Os estoques criam desequilíbrio dinâmico: permitem que haja uma diferença entre o fluxo de entrada e o fluxo de saída, pois acumulam esta diferença. Esta diferença é o que geralmente ocorre nos sistemas, pois cada fluxo é governado por diferentes processos decisórios.

Uma característica importante dos diagramas de estoque e fluxo é que os conteúdos de seus elementos são conservados (quando um item vai de um estoque para outro, o primeiro perde a mesma quantidade que o outro ganha). Outra característica é que estes diagramas permitem a representação do tempo de maneira contínua.

## 6.4 Dinâmica de sistemas e simulação

Sterman (2000) argumenta que apenas a utilização de modelos qualitativos de uma situação não possibilita seu completo entendimento, e escreve a respeito da importância da simulação de modelos construídos a partir da dinâmica de sistemas:

*“A complexidade dos modelos mentais humanos pode exceder sua capacidade de entender as implicações destes modelos. Modelos conceituais típicos como os diagramas de loop causal podem ser muito grandes e complexos para serem simulados mentalmente. Sem a simulação, mesmo os melhores modelos conceituais podem apenas ser testados e melhorados através de experimentos no mundo real”.*  
(Sterman, 2000, p. 37)

### 6.4.1 O Método

A simulação em dinâmica de sistemas envolve um processo conhecido como integração numérica.

Conforme mencionado anteriormente, a quantidade acumulada dentro do estoque é calculada através da integração do fluxo de entrada menos o fluxo de saída. Dada uma quantidade inicial no estoque  $S_t$ , dentro do estoque, um fluxo de entrada  $I_t$ , um fluxo de saída  $O_t$  e um intervalo de tempo  $dt$ , assumindo-se que os fluxos permanecem constante ao longo do tempo, a quantidade no estoque após o intervalo de tempo  $dt$  será:

$$S_{t+dt} = S_t + dt * (I_t - O_t)$$

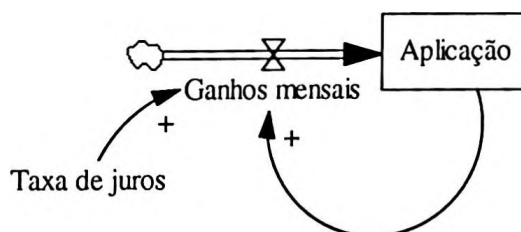
Esta técnica é conhecida como integração de Euler, e o pressuposto de que os fluxos permanecem constantes ao longo do tempo  $dt$  é razoável, se  $dt$  for suficientemente pequeno.

À medida que o intervalo de tempo  $dt$  diminui, a acuracidade do método de Euler melhora. No limite, quando  $dt$  torna-se um momento infinitesimal, a equação reduz-se a exata equação diferencial contínua no tempo que governa a dinâmica do sistema:

$$\lim_{dt \rightarrow 0} \frac{S_{t+dt} - S_t}{dt} = \frac{dS}{dT} = (I_t - O_t)$$

Pacotes de software para dinâmica de sistemas como o Powersim, Vensim, Ithink e Dynamo utilizam o método de integração de Euler como default.

Para ilustrar a simulação, será utilizado um sistema de *feedback* de reforço, descrito a seguir.



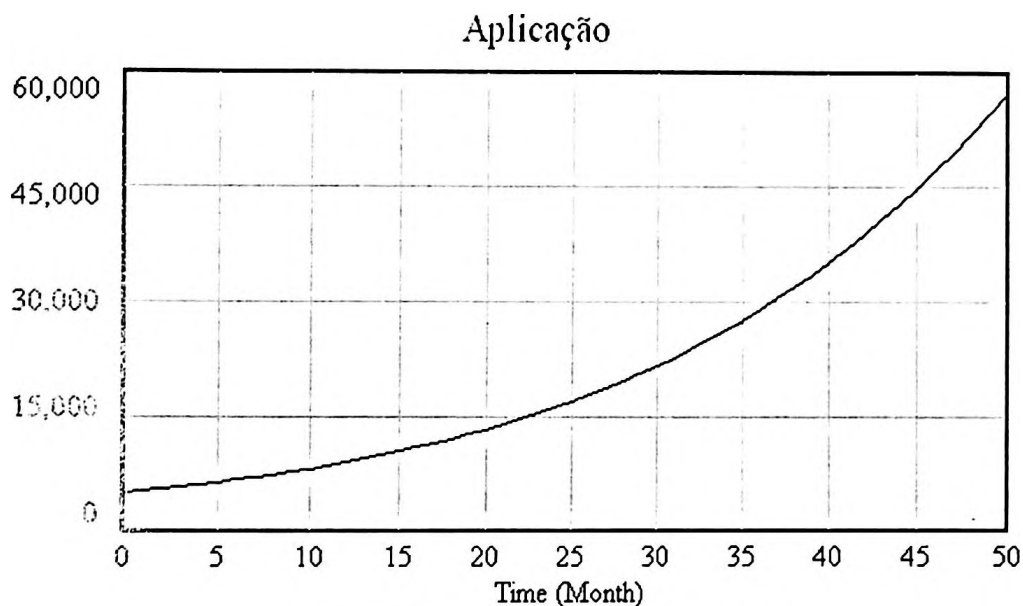
**Ilustração 24 - Diagrama Estoque e Fluxo - Exemplo**

Na ilustração 24, o estoque “Aplicação” tem um valor inicial de R\$5.000,00, a variável auxiliar “Taxa de juros” tem o valor constante de 5% ao mês, e o fluxo ganhos mensais é determinado pela equação: (aplicação)\*(taxa de juros). Portanto, a cada mês, a variável aplicação é acrescida do valor dado pelo fluxo. A unidade de tempo “mês” é o passo da integração. O resultado da simulação é apresentado na tabela 5 e gráfico 1.

**Tabela 5 - Resultado de Simulação**

Tempo (Mês)	Aplicação
0	R\$ 5.000,00
1	R\$ 5.250,00
2	R\$ 5.512,50
3	R\$ 5.788,13

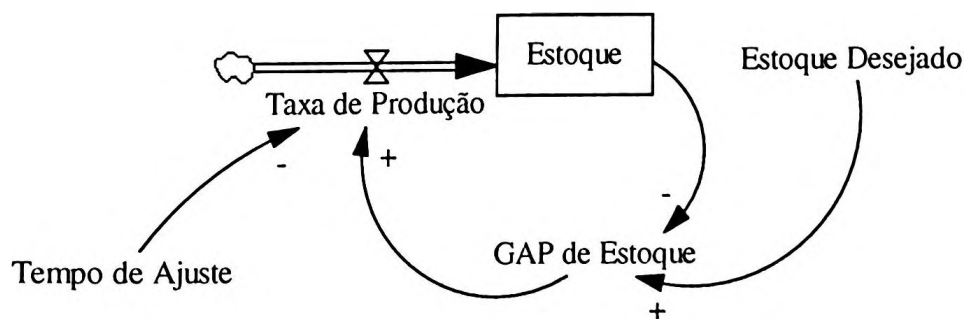
4	R\$ 6.077,53
5	R\$ 6.381,41
6	R\$ 6.700,48
7	R\$ 7.035,50
8	R\$ 7.387,28
9	R\$ 7.756,64
10	R\$ 8.144,47
11	R\$ 8.551,70
12	R\$ 8.979,28
13	R\$ 9.428,25
14	R\$ 9.899,66
15	R\$ 10.394,60
16	R\$ 10.914,40
17	R\$ 11.460,10
18	R\$ 12.033,10
19	R\$ 12.634,80
20	R\$ 13.266,50
21	R\$ 13.929,80
22	R\$ 14.626,30
23	R\$ 15.357,60
24	R\$ 16.125,50
25	R\$ 16.931,80
26	R\$ 17.778,40
27	R\$ 18.667,30
28	R\$ 19.600,60
29	R\$ 20.580,70
30	R\$ 21.609,70
31	R\$ 22.690,20
32	R\$ 23.824,70
33	R\$ 25.015,90
34	R\$ 26.266,70
35	R\$ 27.580,10
36	R\$ 28.959,10
37	R\$ 30.407,00
38	R\$ 31.927,40
39	R\$ 33.523,70
40	R\$ 35.199,90
41	R\$ 36.959,90
42	R\$ 38.807,90
43	R\$ 40.748,30
44	R\$ 42.785,70
45	R\$ 44.925,00
46	R\$ 47.171,30
47	R\$ 49.529,80
48	R\$ 52.006,30
49	R\$ 54.606,60
50	R\$ 57.337,00



**Gráfico 1 - Resultado de Simulação**

Pelo gráfico 1, verifica-se o crescimento exponencial característico da estrutura de *feedback* de reforço.

Outra estrutura básica para composição de modelos em dinâmica de sistemas é o *feedback* de equilíbrio. Um exemplo está representado na figura.



**Ilustração 25 - Diagrama Estoque e Fluxo - Exemplo**

A ilustração 25 representa um sistema que busca atingir um nível de estoque desejado. Inicialmente a empresa possui um estoque de 100 unidades, e deseja que seu nível de estoque

caia para 40 unidades. O tempo de ajuste significa o tempo que a empresa leva para corrigir o GAP. As equações das variáveis são:

$$\text{GAP do Estoque} = \text{Estoque Desejado} - \text{Estoque}$$

$$\text{Taxa de Produção} = \text{GAP do Estoque} / \text{Tempo de Ajuste}$$

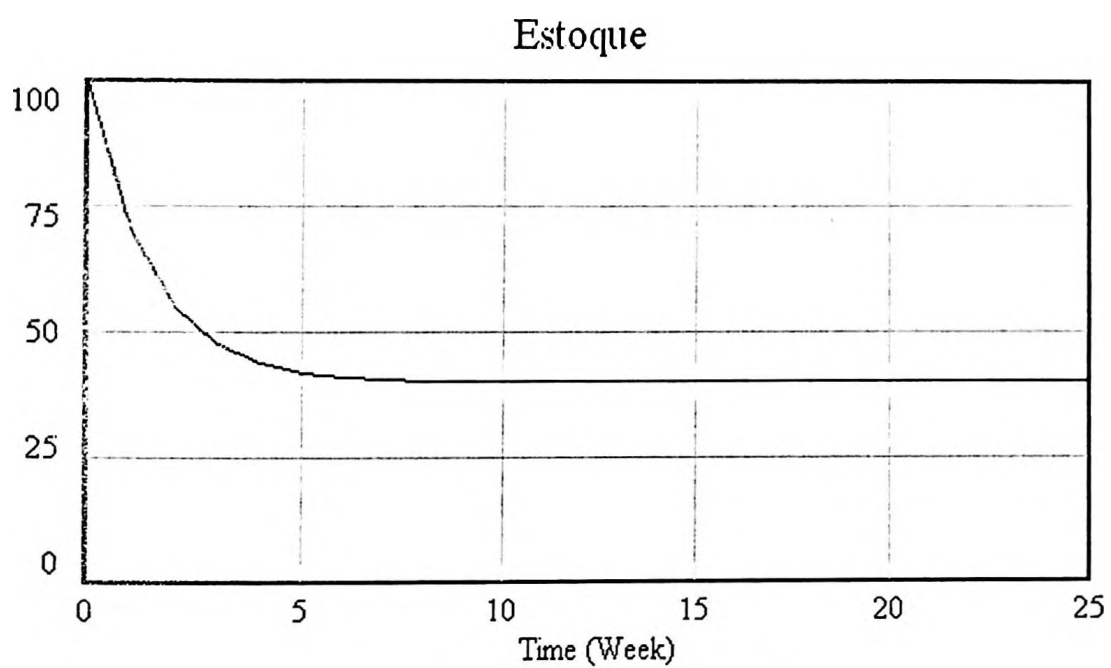
$$\text{Estoque} = \int \text{Taxa\_de\_Produção}(t) dt + \text{Estoque}(t_0)$$

O resultado de uma simulação de 10 semanas (tabela 6 e gráfico 2) mostra o comportamento deste sistema: um decréscimo exponencial do estoque até o nível desejado.

**Tabela 6 - Resultado de Simulação - Tabela**

Tempo (semanas)	Estoque
0	100,00
1	70,00
2	55,00
3	47,50
4	43,75
5	41,88
6	40,94
7	40,47
8	40,23
9	40,12
10	40,06
11	40,03
12	40,01
13	40,01
14	40,00
15	40,00
16	40,00
17	40,00
18	40,00
19	40,00
20	40,00
21	40,00
22	40,00
23	40,00
24	40,00
25	40,00





**Gráfico 2 - Resultado de Simulação**



## 7 A PESQUISA

### 7.1 Considerações Iniciais

Os objetos da presente pesquisa são a modelagem e a simulação em dinâmica de sistemas. O método de modelagem é o método utilizado para construção de modelos em dinâmica de sistemas (descrito no item 6.1). Para o desenho e simulação do modelo, é utilizado um software específico para trabalhar com a dinâmica de sistemas. Foram encontrados diversos softwares no mercado:

- GoldSim (<http://www.goldsim.com/>);
- iThink (<http://www.hps-inc.com/>);
- Powersim (<http://www.powersim.com/>);
- Stella (<http://www.hps-inc.com/>);
- Vensim (<http://www.vensim.com/>).

Todos os softwares atendiam às necessidades da pesquisa, foi escolhido o Vensim PLE (versão do Vensim para ensino e aprendizagem), devido ao seu baixo custo.

### 7.2 Desenvolvimento da Pesquisa

A pesquisa é desenvolvida em três etapas:

**Tabela 7 – Etapas e Objetivos da Pesquisa**

Etapa	Objetivo
1. Construção do Modelo SRM Dinâmico “Soft”: a partir do modelo SRM apresentado anteriormente, desenvolve-se um modelo qualitativo através da dinâmica de sistemas (modelo SRM dinâmico).	Empregar a dinâmica de sistema como ferramenta de construção de modelos dinâmicos qualitativos (“soft”).
2. Utilização conjunta do modelo SRM	Mostrar a contribuição do modelo dinâmico

original e SRM dinâmico na análise de uma situação	na análise da situação em questão;
3. Construção e simulação de um modelo quantitativo (modelo SRM Dinâmico “Hard”): a partir do modelo qualitativo SRM dinâmico, desenvolve-se o modelo de estoque e fluxo (modelo quantitativo), e efetuam-se simulações para estudo da dinâmica de sistemas como ferramenta de apoio a aprendizagem e a análise de decisões.	Empregar a dinâmica de sistemas na construção de modelos quantitativos, e realizar simulações a partir de um modelo dinâmico e mostrar a contribuição destas simulações na situação estudada.

O modelo SRM é uma ferramenta de apoio à gestão integrada dos três principais recursos do varejo: mercadorias, área de vendas e funcionários, permitindo inferir relações entre as quantidades de recursos utilizadas e o desempenho do varejista, medido pelos indicadores GMROI, GMROF e GMROL (ou NMROI, NMROF e NMROL). Pretende-se ampliar as conclusões obtidas através da utilização do modelo SRM dinâmico, devido à consideração da variável tempo, de uma maior quantidade de relacionamentos, de processos de *feedback* e de defasagens entre um processo e outro.

As etapas estão descritas e discutidas nos itens a seguir.

### 7.2.1 Construção do Modelo SRM Dinâmico “Soft”

Esta parte do trabalho refere-se a construção do modelo dinâmico qualitativo. Inicialmente, o modelo é constituído pelas variáveis pertencentes ao modelo original e por seus relacionamentos, depois são definidos processos de *feedback*.

#### Estruturação do Problema

Nesta primeira fase do trabalho (construção do modelo dinâmico qualitativo), deseja-se fornecer uma visão dinâmica do modelo SRM.

Na terceira parte do trabalho, é construído um modelo quantitativo do problema, e o desempenho da rede de supermercados é avaliado durante o período de 1 ano. No último caso da terceira parte, a performance é avaliada por um período de 2 anos (a quantidade de lojas sofre aumento).

A pergunta respondida pela modelagem é a seguinte: a partir das condições de operação de um supermercado, como as decisões a respeito dos recursos influenciam no seu desempenho ao longo do tempo?

O comportamento esperado é que o desempenho aumente com o aumento de investimento nos recursos até um limite, determinado pelos custos operacionais gerados pelos recursos.

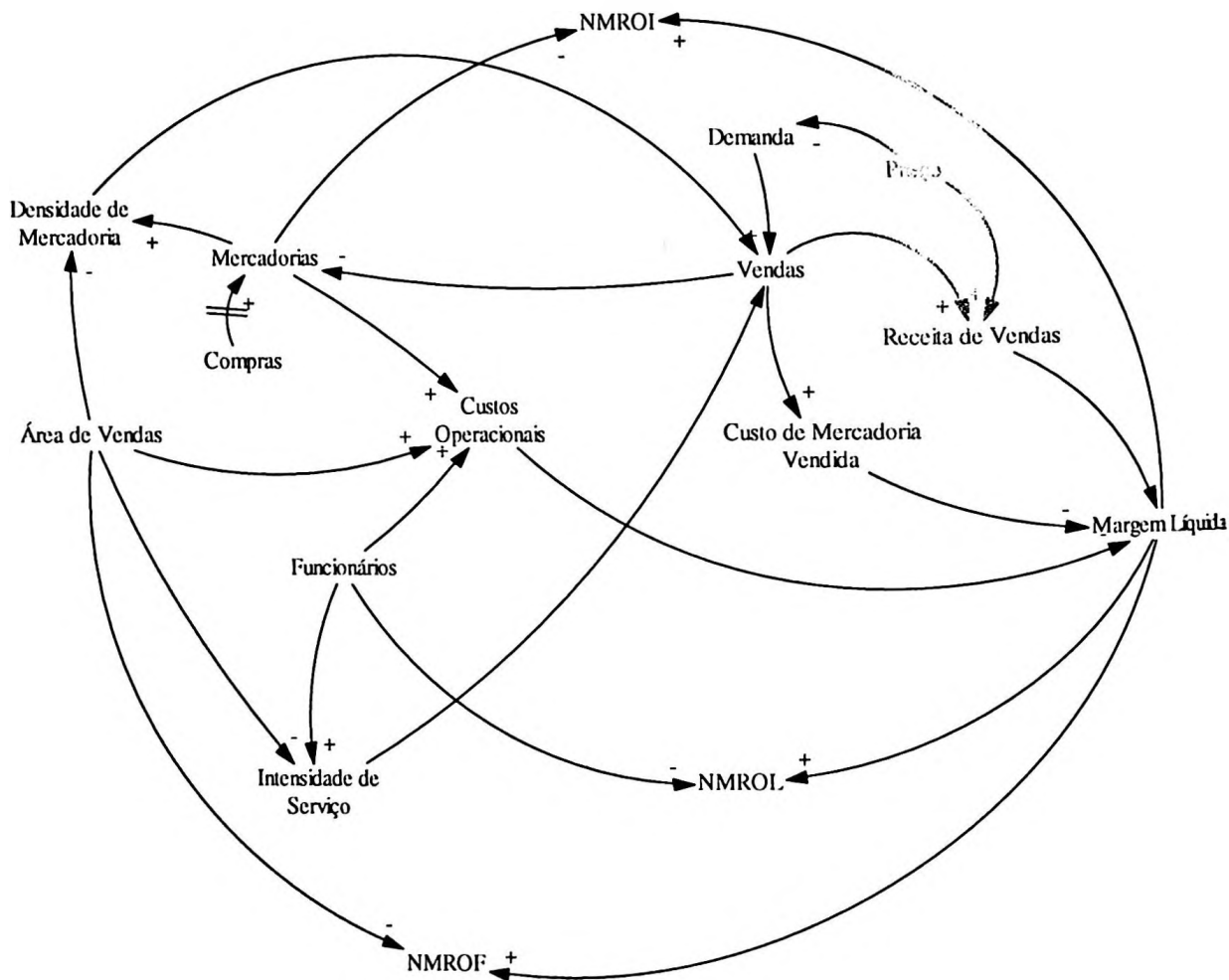
### **Modelagem de *Loop Causal***

A modelagem de *loop* causal é realizada através do estabelecimento de relacionamentos entre as variáveis envolvidas no modelo SRM. A maioria dos relacionamentos é proveniente das fórmulas adotadas no modelo, porém três destes relacionamentos são inseridos a partir das pesquisas apresentadas no item 4.3.2.4, que revelam a importância da gestão de recursos na satisfação do cliente (e conseqüentemente nas vendas):

- Influência da densidade de mercadoria nas vendas: a primeira pesquisa apresentada revela que o consumidor deseja encontrar tudo o que precisa em uma loja só, e que deseja que a loja possua ampla variedade de produtos. Além disso, a segunda pesquisa apresentada mostra que, se o consumidor não encontrar as mercadorias que procura, a loja perde 52% destas vendas. Portanto, o modelo considera que a densidade de mercadoria influencia as vendas.
- Influência da intensidade de serviço nas vendas: a primeira pesquisa apresentada revela que é importante que as lojas de uma rede de supermercados tenham caixas eficientes, e bom atendimento dos funcionários. Por este motivo, é considerado no modelo que existe uma influência da intensidade de serviço nas vendas.

- Influência do preço na demanda: esta relação é proveniente de conceitos econômicos básicos, mas também é revelada na pesquisa (importância de promoções, e preços baixos).

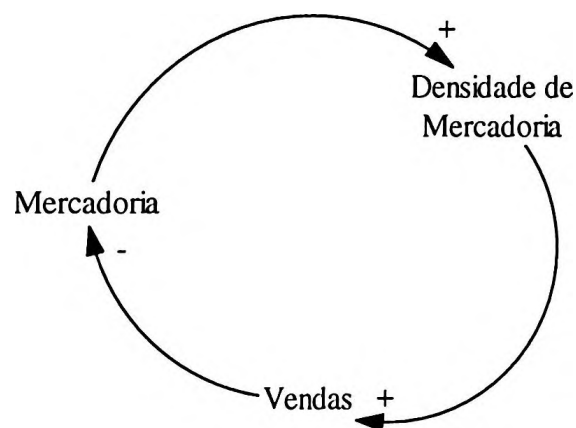
O resultado da modelagem é apresentado a seguir.



**Ilustração 26 - Modelagem de Loop Causal**

No modelo, são considerados os três recursos principais do varejo (mercadorias, área de vendas e funcionários). As mercadorias são incrementadas com as compras (depois de determinado período - defasagem) e sofrem decréscimo com as vendas. As vendas são influenciadas pela demanda, que é influenciada pelo preço (quanto maior o preço, menor é a demanda). As vendas também são afetadas pela densidade de mercadoria (se a densidade é pequena, faltam produtos, e perdem-se vendas) e pela intensidade de serviço (se a loja tem poucos funcionários, os clientes não são bem atendidos ou pegam filas, provocando descontentamento, diminuindo as vendas).

Observando o modelo, é possível identificar um *loop*, que é apresentado na ilustração 27. No *loop* B1, quanto menor a quantidade de mercadoria dentro do estabelecimento de varejo, menor a densidade, e maior o GAP (diferença entre a densidade desejada e a densidade real). A diminuição da densidade significa um baixo número de produtos disponíveis na loja, o que leva a uma diminuição nas vendas, o que deve levar a loja a uma decisão de aumentar a disponibilidade de mercadorias.

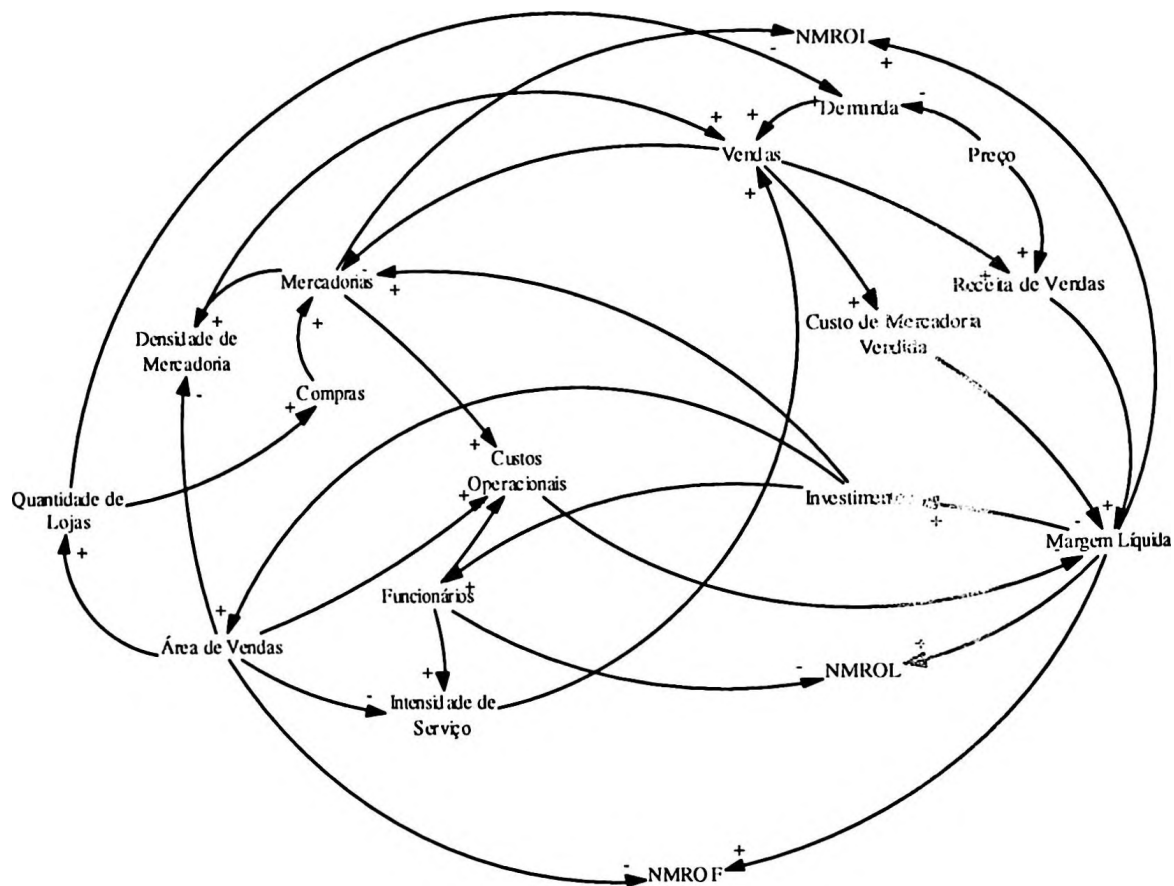


**Ilustração 27 - Loop B1**

Conforme é apresentado, utilizando apenas as variáveis do modelo SRM original, o modelo resultante (ilustração 26) apresenta apenas um processo de *feedback* (*loop* B1 – ilustração 27).

Com o objetivo de obter um modelo mais complexo (com maior número de processos de *feedback*) e ampliar mais a discussão sobre a dinâmica de sistemas, são inseridas mais duas variáveis: investimentos (que faz uma intermediação na retroalimentação da margem líquida nos recursos do varejo, ou seja, é considerado que a margem líquida é re-investida na loja (quanto maior a margem líquida, maiores podem ser os investimentos)) e quantidade de lojas (considera-se que uma variação na área de vendas leva a uma variação na quantidade de lojas, o que provoca uma variação na demanda, pois há um acréscimo em pontos de venda, aumentando a exposição da loja a um número maior de clientes, o que aumenta a demanda).

Após a inserção das variáveis, é obtida a figura da ilustração 28.

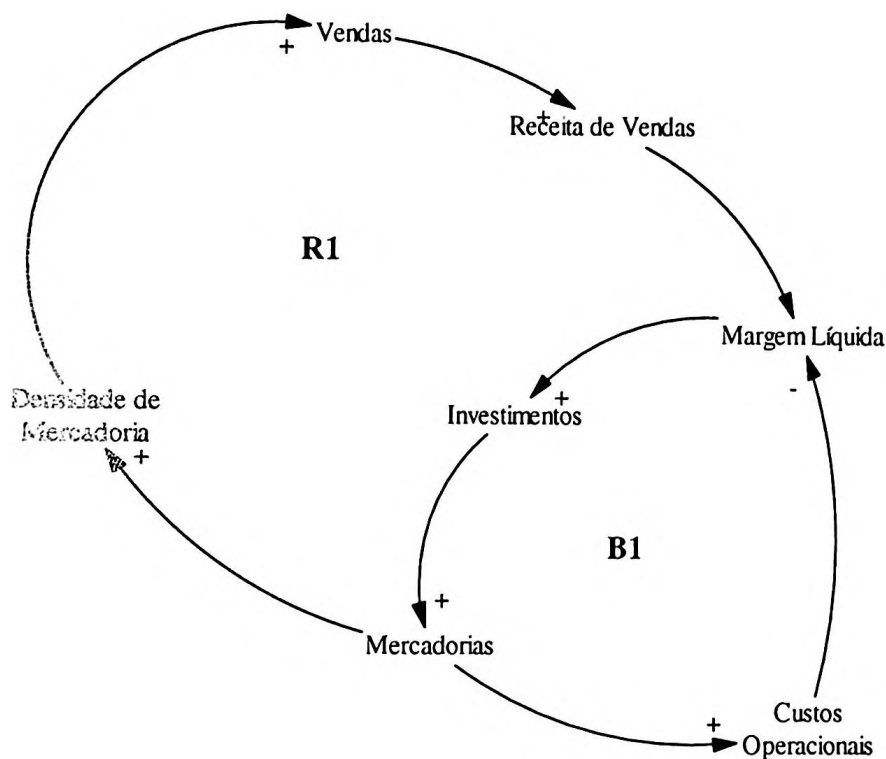


**Ilustração 28 - Modelagem de *Loop* Causal**

Este último diagrama representa a estrutura que é convertida no modelo de estoque e fluxo.

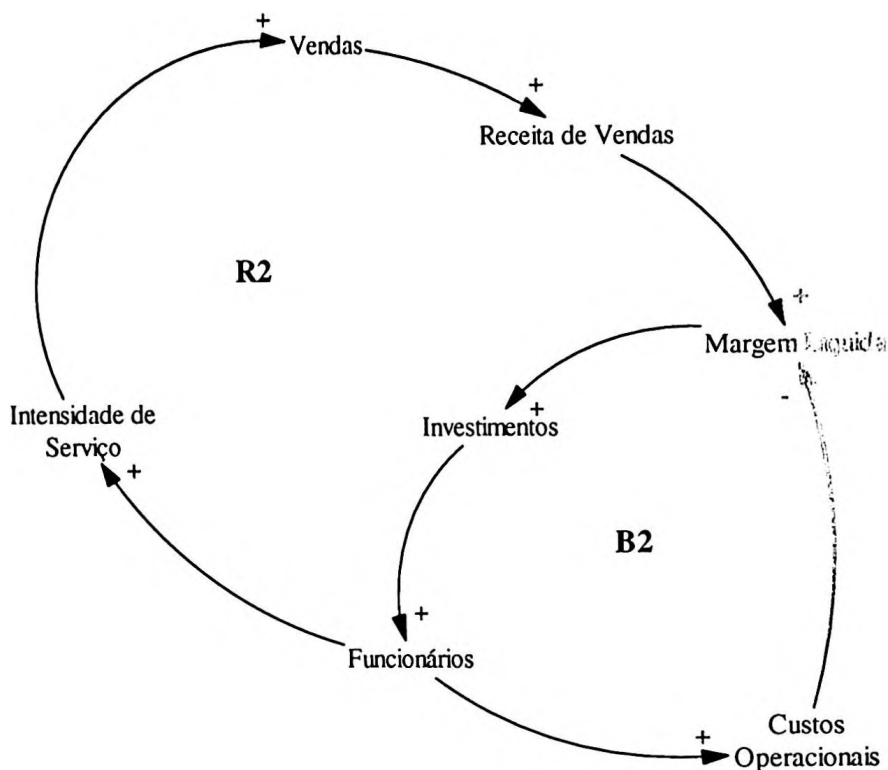
Observando o modelo, é possível identificar oito *loops* (R1, R2, R3, B1, B2, B3, B4 e B5), apresentados nas figuras a seguir. Os agrupamentos R1 e B1; R2 e B2; e R3 e B3 são enquadrados no arquétipo definido por Senge (2002) denominado “limites ao crescimento”.





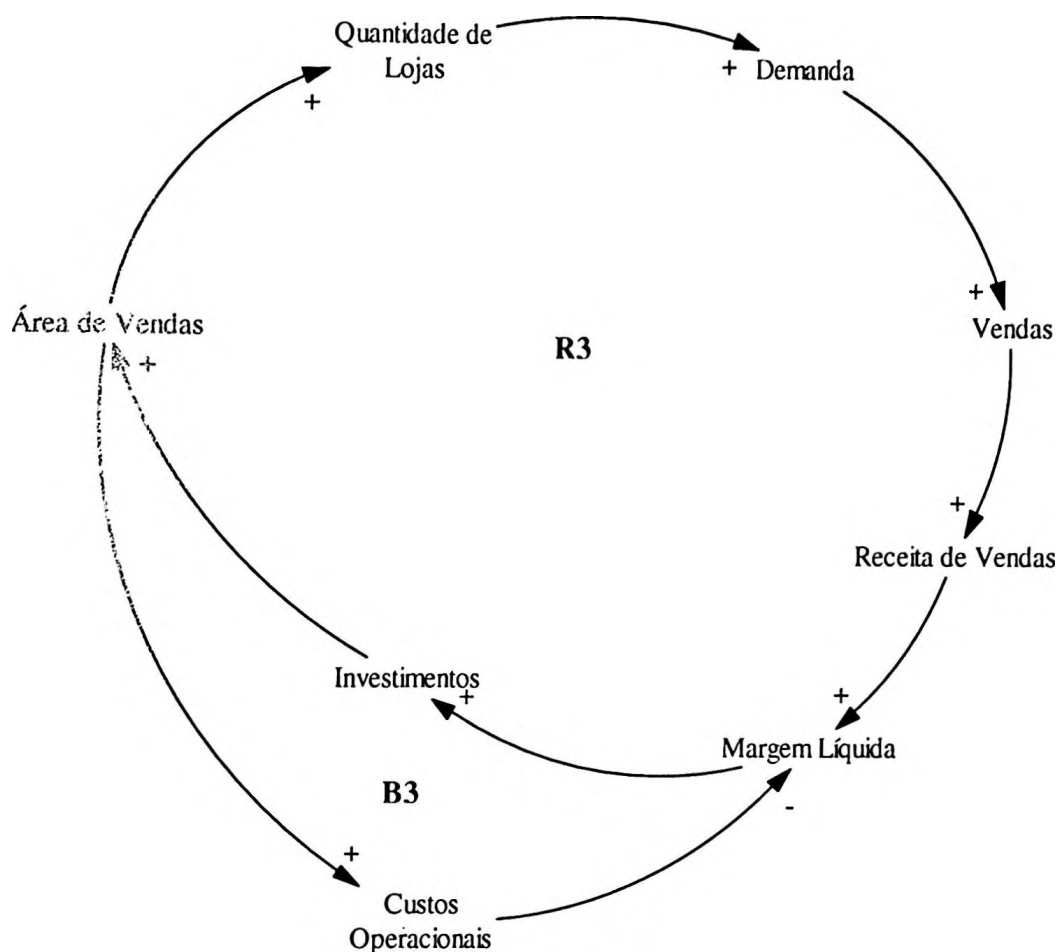
**Ilustração 29 - Loops R1 e B1**

No *loop* R1, quanto maior as vendas, maior a receita de vendas e maior a margem líquida, o que eleva a capacidade de investimentos na loja. O aumento de investimentos em mercadorias eleva a quantidade de mercadorias, levando a uma variação positiva da densidade de mercadoria. As vendas sofrem acréscimo com o aumento da densidade de mercadoria (reforço no aumento inicial). Por outro lado (*loop* B1), o aumento de mercadorias leva a um aumento dos custos operacionais, o que diminui a margem líquida, diminuindo os investimentos e, por consequência, a quantidade de mercadorias na loja.



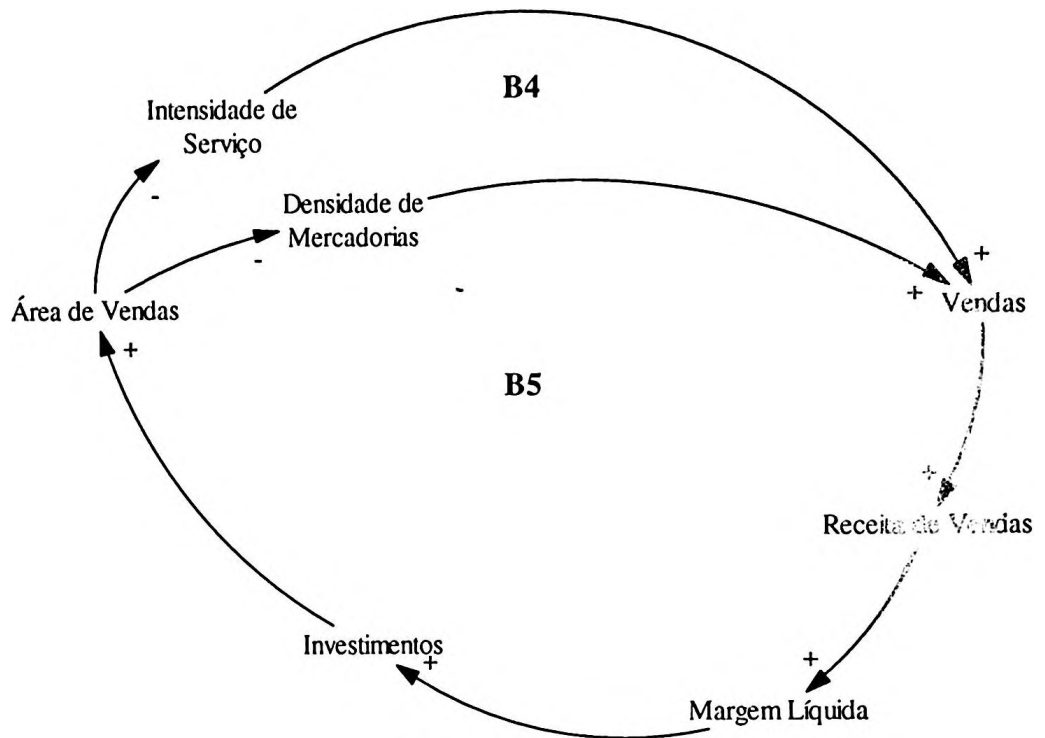
**Ilustração 30 - Loops R2 e B2**

Processo semelhante ocorre no *loop* R2. O aumento das vendas resulta em um aumento da receita de vendas e em um aumento da margem líquida. A elevação da margem líquida pode contribuir para o aumento de investimento na quantidade de funcionários, o que eleva também a intensidade de serviço da loja, reforçando ainda mais as vendas. Por outro lado (*loop* B2), o aumento da quantidade de funcionários resulta em um maior custo operacional, o que diminui a margem líquida, diminuindo os investimentos, e por conseqüência, a quantidade de funcionários na loja.



**Ilustração 31 - Loops R3 e B3**

No *loop* R3, o aumento da área de vendas reflete um aumento da quantidade de lojas, e, como o aumento da quantidade de lojas aumenta a exposição da loja a mais clientes, a demanda também aumenta. Aumentando a demanda, as vendas e a receita de vendas aumentam, o que provoca um crescimento da margem líquida. O aumento da margem líquida causa um aumento na capacidade de investimentos, tornando possível um maior aumento da área de vendas. Por outro lado, o aumento de área de vendas também causa um aumento dos custos operacionais, o que diminui a margem líquida, diminuindo os investimentos, e diminuindo também o crescimento da área de vendas, podendo resultar até em sua diminuição.



**Ilustração 32 - Loops B4 e B5**

Os *loops* referentes aos processos B4 e B5 envolvem a diminuição da receita de vendas devido a uma expansão da área de vendas mal gerenciada. O aumento da área de vendas pode resultar em uma diminuição da densidade de mercadoria (*loop* B5) e da intensidade de serviço (*loop* B4), o que diminui as vendas. O decréscimo das vendas leva a uma diminuição da receita e da margem líquida, o que resulta em uma tendência em diminuir os investimentos, e a área de vendas.

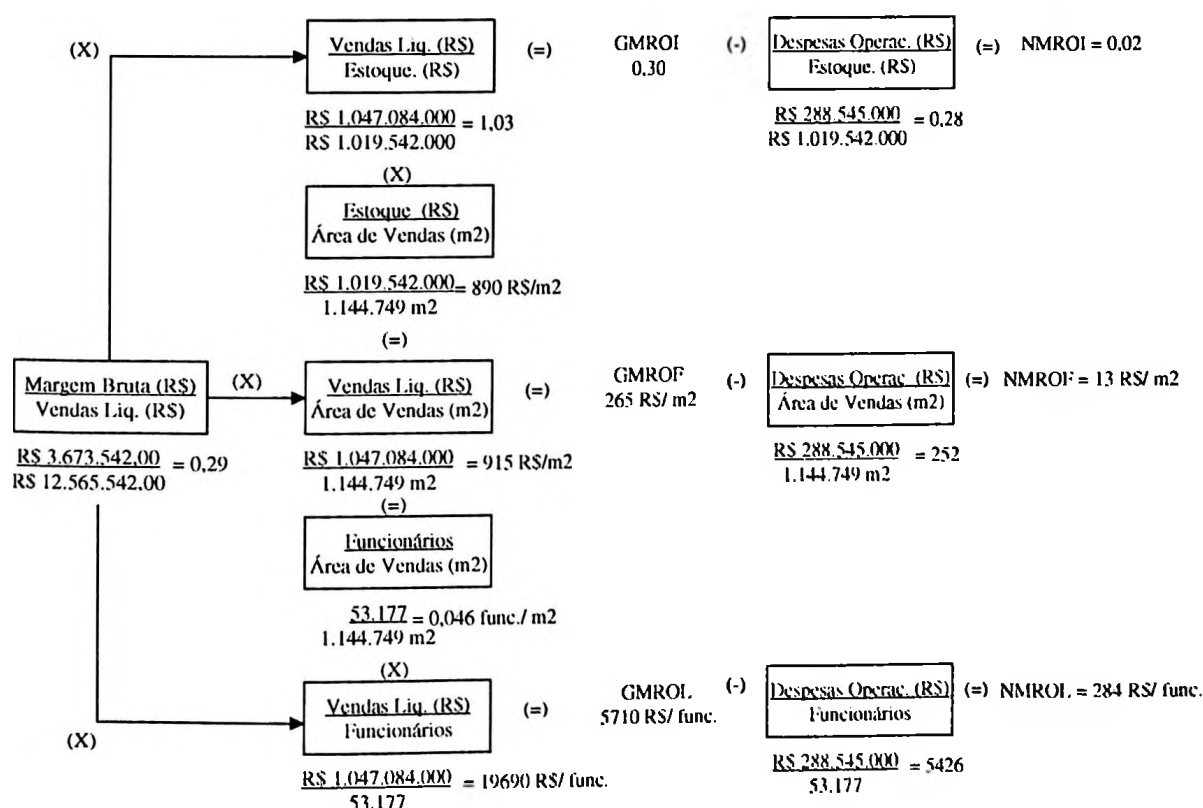
### 7.2.2 Utilização conjunta do modelo SRM original e SRM dinâmico na análise de uma situação

São utilizados dados financeiros e de operações de duas redes de supermercados reais para análise. As redes fazem parte de uma companhia que opera com lojas multiformato (supermercados, hipermercados e lojas especializadas em eletrodomésticos). As lojas utilizam um sistema de distribuição centralizada que, segundo a empresa, permite redução de despesas e agilidade na reposição de estoque.

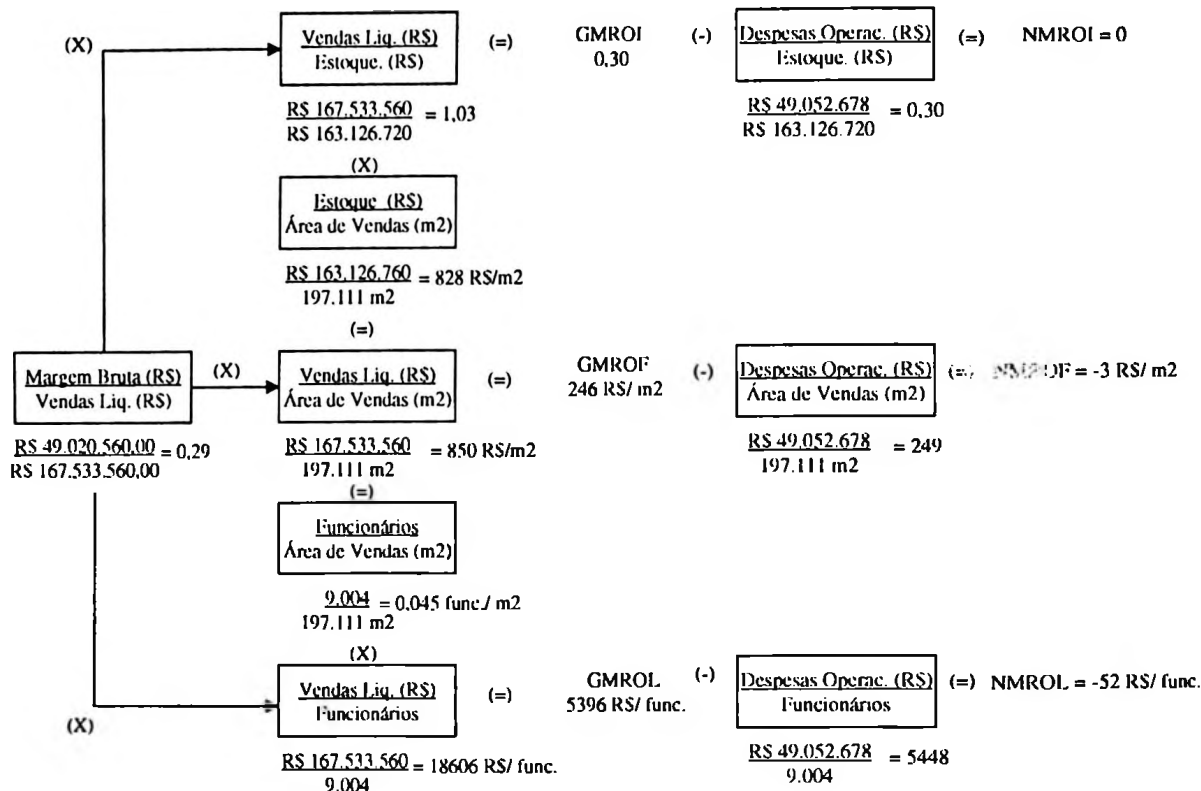
Segundo a empresa, a rede de supermercados tipo 1, caracteriza-se por supermercados mais populares, destacando-se pelos serviços e atendimento ao consumidor. Já a rede de supermercados tipo 2, caracteriza-se por seus investimentos em tecnologia e desenvolvimento de serviços para o atendimento a consumidores com características cosmopolitas.

Os dados utilizados na análise foram retirados do balanço patrimonial e da demonstração de resultados total da empresa. Conheciam-se o percentual de vendas para cada rede, e com este valor estimou-se a margem bruta e o estoque para cada uma das redes. Eram conhecidas a área de vendas e a quantidade de funcionários para cada rede, e a partir da média dos percentuais destes valores em relação ao total, estimou-se a despesa operacional para cada uma das redes.

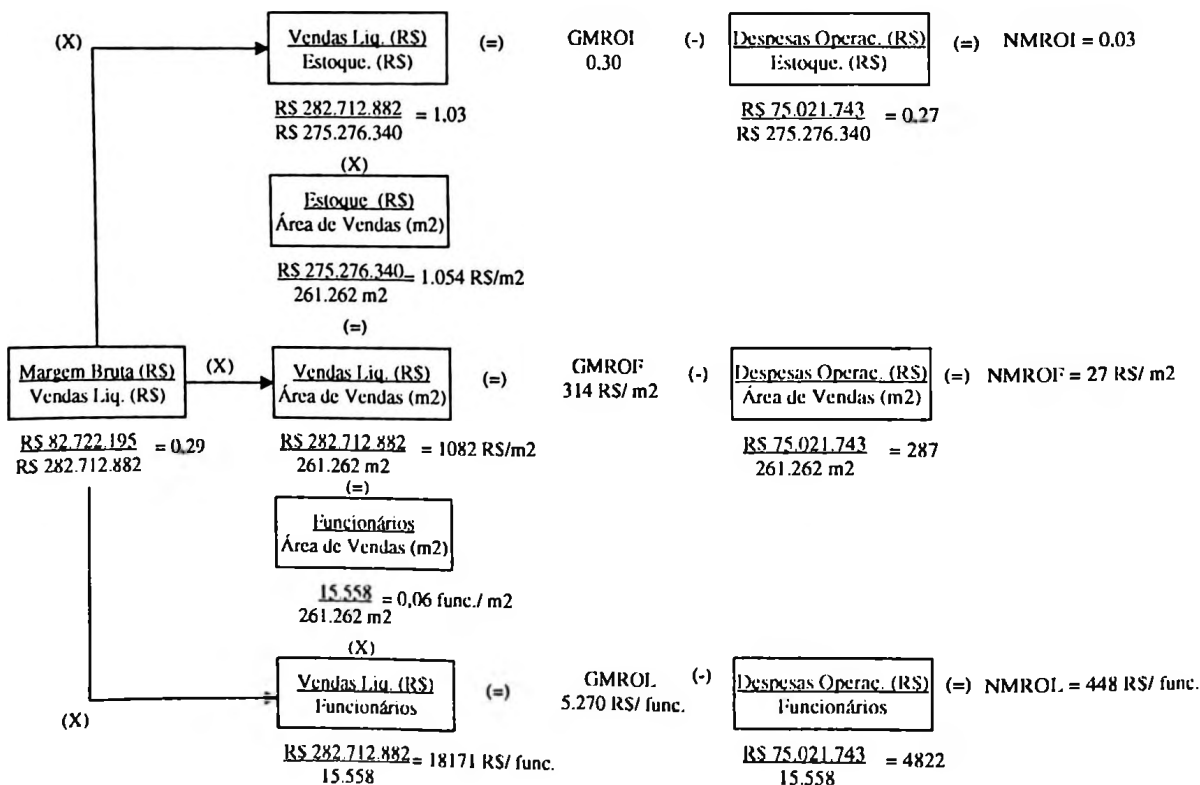
Os valores obtidos para os indicadores do modelo SRM para a companhia como um todo (supermercados, hipermercados e lojas especializadas em eletrodomésticos), para os supermercados tipo 1 e para os supermercados tipo 2 estão apresentados nas figuras a seguir (ilustrações 33, 34 e 35).



**Ilustração 33 – Modelo SRM – Valores para a Empresa (Companhia que opera com lojas multiformato: supermercados, hipermercados e lojas especializadas em eletrodomésticos)**

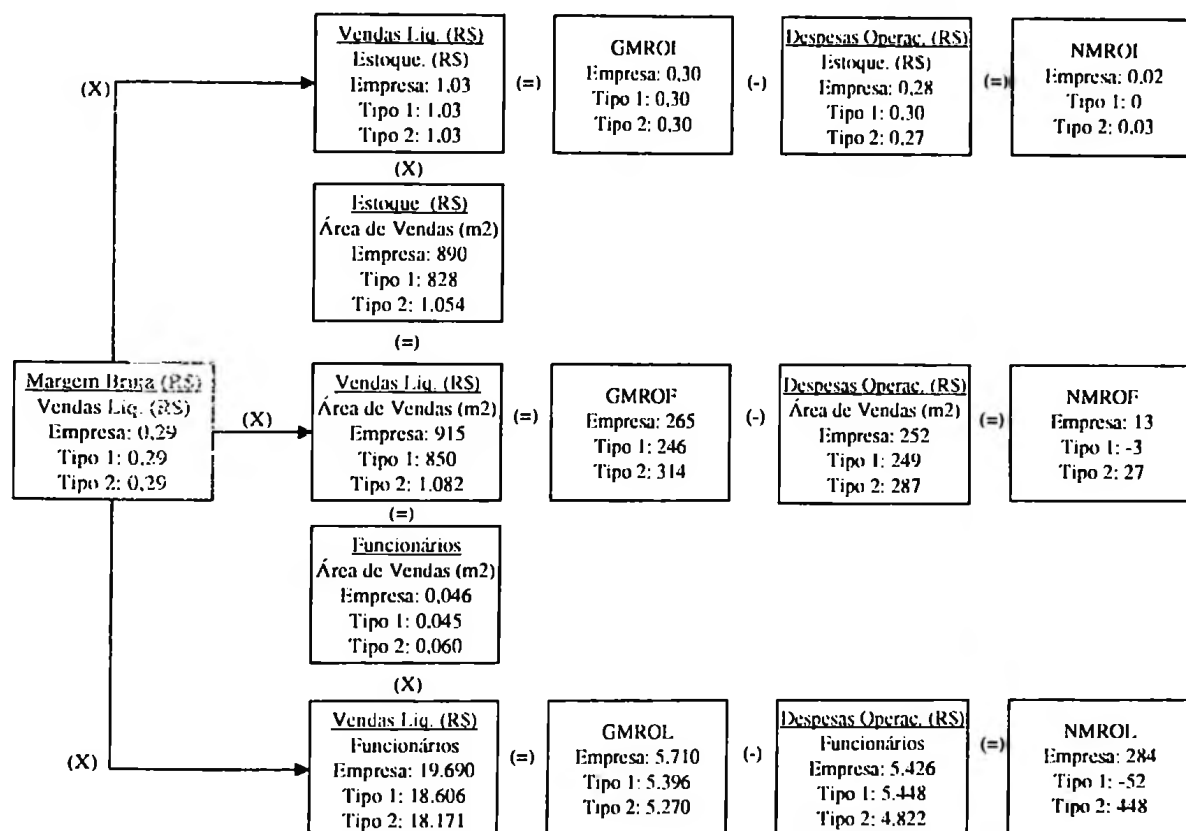


**Ilustração 34 – Modelo SRM – Valores para os Supermercados Tipo 1**



**Ilustração 35 – Modelo SRM – Valores para os Supermercados Tipo 2**

E a ilustração 36 resume os valores dos indicadores para facilitar a comparação.



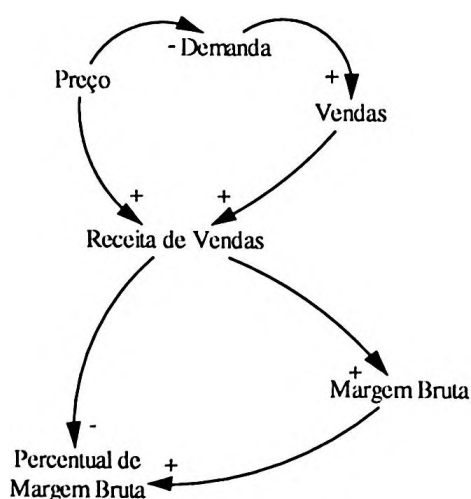
**Ilustração 36 – Comparativo entre os indicadores**

Os valores dos indicadores de gestão de mercadorias (GMROI e NMROI) são os mesmos nos três casos. Isto era esperado devido à centralização da distribuição adotada pela empresa, o que baseou a estimativa de estoque (como existe apenas um estoque para todas as lojas da companhia, foi estimado que o percentual de estoque para cada rede de supermercados é o mesmo que o percentual de vendas).

Em relação aos indicadores de gestão de área de vendas, verifica-se que os supermercados tipo 2 apresentam o valor de GMROF mais alto. Segundo análise do modelo algébrico (item 4.5 deste trabalho, p. 44), existem cinco fatores necessários para um bom desempenho do indicador da lucratividade sobre a área de vendas; e, destes cinco, três estão presentes nos indicadores dos supermercados tipo 2: maior densidade de mercadorias, maior intensidade de serviço e maior percentual de margem bruta.

Em relação aos outros dois fatores responsáveis por um alto GMROF, o indicador vendas sobre estoque não é analisado por ser considerado igual em todos os casos; e o indicador vendas por funcionário é o único que está abaixo dos supermercados tipo 1 e de toda a empresa, ou seja, os supermercados tipo 2 possuem uma quantidade de funcionários maior que o resto da empresa, caracterizando lojas com maior intensidade de serviço, e menor GMROL.

Ampliando a análise com o modelo dinâmico, os relacionamentos entre as variáveis são evidenciados. Para melhorar o seu desempenho os supermercados tipo 1 podem efetuar modificações em alguns destes valores em que estão abaixo dos supermercados tipo 2. Por exemplo, conforme mostra a ilustração 37, ao aumentar o preço de seus produtos, pode-se aumentar o percentual de margem bruta. Porém, é preciso estar atento para que este aumento de preços não diminua demais a quantidade vendida, resultando em um efeito nulo ou contrário ao esperado.



**Ilustração 37 – Análise do Modelo**

O aumento de preço deve aumentar a receita (preço X quantidade vendida); porém, ele também deve diminuir a demanda, resultando em uma diminuição da quantidade vendida (vendas). Assim, um aumento de preços não necessariamente leva a um aumento na receita, e conseqüente aumento do percentual de margem bruta.



Outros fatores que podem aumentar o desempenho dos supermercados tipo I são: o aumento da densidade de mercadorias e o aumento da intensidade de serviço. Além de aumentarem numericamente o valor dos indicadores (NMROL, NMROF e NMROI), estes dois fatores influenciam as vendas positivamente (relação que é mostrada nos loops R1 e R2 das ilustrações 29 e 30 respectivamente).

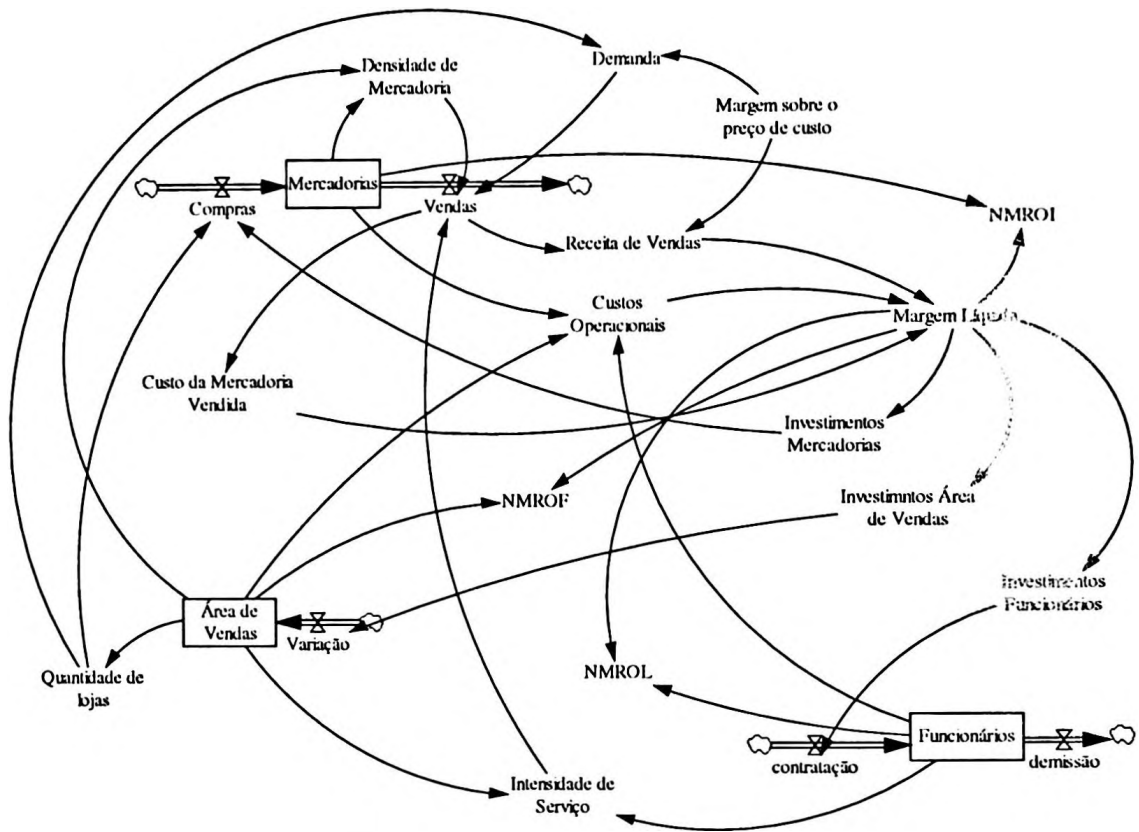
O modelo dinâmico também permite visualizar que os recursos, além de influenciar as vendas positivamente (o que incrementa a margem líquida por um lado), também geram custos operacionais, que diminuem a margem líquida (situações apresentadas nos loops R1 e B1; R2 e B2; e R3 e B3). Uma boa gestão dos recursos deve considerar este *trade-off*.

### 7.2.3 Construção e utilização do modelo quantitativo

O objetivo do modelo de estoque e fluxo apresentado nesta pesquisa é experimentar estratégias e/ ou possibilitar o aprendizado do funcionamento dos relacionamentos entre as variáveis envolvidas na situação estudada.

Dado o modelo qualitativo, o primeiro passo para a construção do modelo quantitativo é a definição de que variáveis devem ser representadas por estoques (variáveis que sofrerão acúmulo ao longo do tempo). Neste caso, é considerado que os três recursos (mercadorias, área de vendas e funcionários) são variáveis do tipo estoque.

O modelo apresentado a seguir (ilustração 38) é a representação do modelo da ilustração 28 em linguagem de estoque e fluxo (com a diferença de que a variável "investimentos" é dividida em três, uma para cada recurso: investimentos em mercadorias, investimentos em área de vendas e investimentos em funcionários).



**Ilustração 38 – Modelo de Estoque e Fluxo**

É importante recordar neste ponto que o objetivo do modelo de estoque e fluxo não é analisar a situação de cada rede de supermercado (mesmo porque não há dados específicos suficientes de cada supermercado para isso), mas realizar experimentos para verificar a influência de algumas decisões no desempenho de uma rede de supermercados com características definidas pelas equações e relacionamentos do modelo apresentado.

Para isto, foi definida uma rede de supermercados fictícia, onde os dados são adaptados de informações fornecidas em balanço anual de uma empresa real de distribuição brasileira formada por supermercados e hipermercados (empresa analisada no item anterior), e de algumas considerações especificadas na tabela 8. A rede de supermercados fictícia é baseada na rede tipo 1 do item anterior, e alguns valores de indicadores que se deseja alcançar no modelo (densidade de mercadorias e intensidade de serviços) são determinados pelos valores do supermercado tipo 2.

Tabela 8 – Equações do Modelo de Estoque Fluxo

Variável	Equação no Vensim	Considerações
Área de Vendas	INTEG (Variação, 197111) Variação=0*Investimentos	A área de vendas da rede é constante neste caso, não há variação. O valor de 197.111 m <sup>2</sup> é o valor do total de área de vendas do supermercado tipo 1 em 2004.
Mercadorias	INTEG (Compras-Vendas, 1.63e+008)	A quantidade de mercadorias inicial é de 163.000.000 (16% do valor do estoque total do balanço patrimonial da empresa). Foi considerada esta porcentagem, pois os supermercados tipo 1 são responsáveis por 16% das vendas da empresa.
Vendas	IF THEN ELSE (Densidade de Mercadoria<=1000, Demanda*(1-(1000-Densidade de Mercadoria)/Densidade de Mercadoria-(0.06-Intensidade de Serviço)/(0.06*10)), Demanda)	A equação de vendas foi construída considerando que o máximo de vendas seria atingido quando a densidade de mercadorias atingisse um valor igual ou superior a 1000 R\$/ m <sup>2</sup> (densidade de mercadorias dos supermercados tipo 2). Foi estabelecido que a intensidade de serviço ideal é de 0.06 funcionários/m <sup>2</sup> (intensidade de serviços dos supermercados tipo 2). Também foi considerado que a variação de densidade de mercadorias em relação à loja ideal causa variação percentual igual nas vendas, e que a intensidade de serviço provoca uma variação percentual 10 vezes menor (segundo a tabela 3, existe influência da intensidade de serviço nas vendas, porém ela é bem menor que a influência da densidade de mercadorias, pois trata-se de um estabelecimento do tipo auto-seleção, onde o próprio cliente serve-se do que deseja).
Demanda	1.3e+006*Qtde de Lojas*(1 + (1.6-Margem sobre o preço de custo)/1.6)	A demanda da rede de supermercados depende do nível de preço (margem sobre o preço de custo) praticado pelo varejista. A demanda foi considerada como tendo elasticidade unitária, ou seja, a variação percentual do preço é igual a variação percentual da demanda, e o valor 1.6 é considerado o preço de equilíbrio.
Compras	DELAY FIXED (Investimentos em Mercadorias + Qtde de Lojas*1.25e+006, d, 0)	As compras chegam à loja após um intervalo de tempo de defasagem "d" após o pedido. Para cada loja é realizada uma compra mensal de mercadorias no valor de 1.250.000,00. Além disso, pode haver investimentos em mercadorias que aumentarão a quantidade e a variedade de mercadorias, podendo aumentar as vendas.
Investimentos em Mercadorias	X%*Margem Líquida	Parte da margem líquida é investida em compra de novas mercadorias (x %), aumentando a quantidade e o sortimento de produtos.
Investimentos em Área de Vendas	Y%*Margem Líquida	Parte da margem líquida é investida em área de vendas (y %), aumentando a quantidade de lojas.
Investimentos em Funcionários	Z%*Margem Líquida	Parte da margem líquida é investida em funcionários (z %), aumentando a quantidade de funcionários.
Funcionários	INTEG (contratação-demissão, 9004) Contratação=0*Investimentos Demissão=0	A quantidade de funcionários inicial é 9.004 (quantidade de funcionários da rede de supermercados tipo 1). Neste primeiro caso, esta quantidade é mantida constante durante todo o período da simulação.
Quantidade de lojas	(Área de Vendas)/1500	É considerado que cada loja possui 1500 m <sup>2</sup> de área de vendas.
Custo da Mercadoria	Vendas	O custo da mercadoria de vendas é dado pelo próprio valor das vendas, corresponde ao preço pago pela

Vendida		mercadoria, mais custos com manuseio e transporte.
Custos Operacionais	$0.1 * \text{Mercadorias} + 2700 * \text{Funcionários} + \text{Área de Vendas} * 42$	Nesta simulação, os custos operacionais estão restritos aos gastos com recursos, que possuem os seguintes valores: 10% do custo da mercadoria R\$2.700,00/ funcionário R\$42,00/m2 de área de vendas
Densidade de Mercadoria	Mercadorias/Área de Vendas	
Intensidade de Serviço	Funcionários/Área de Vendas	
Margem Líquida	$\text{Receita de Vendas} - \text{Custos Operacionais} - \text{Custo da Mercadoria Vendida}$	
Margem sobre o preço de custo	p	A margem de lucro sobre o preço de custo é p, ou seja, se $p = 1.6$ , então, o varejista cobra do seu cliente 60% a mais do que pagou por suas mercadorias.
Receita de Vendas	$\text{Vendas} * \text{Margem sobre o preço de custo}$	

Algumas expressões apresentadas na tabela são particulares da linguagem do Vensim:

1. A expressão  $Y = \text{INTEG}(X, \text{valor\_inicial})$ , significa:

$$Y = \text{Valor\_inicial} + \int X dt$$

2. A expressão  $Y = \text{IF THEN ELSE}(X, Z, W)$ , significa que, se ocorrer X, então Y recebe o valor de Z. senão, Y recebe o valor de W.

3. A expressão  $Y = \text{DELAY FIXED}(X, D, 0)$  significa que após o período de tempo D, Y recebe o valor de X.

O passo de integração é responsável pela precisão dos cálculos na simulação. No processo de integração de Euler, quanto menor o passo, mais preciso é o cálculo; porém, para efeitos do resultado da simulação, não se deve considerar apenas este fato, mas o efeito que o passo provoca no comportamento das variáveis. O passo para a integração de 0,03125 equivale a aproximadamente a unidade de 1 dia ou 1/ 30 meses (ou seja, existe uma alteração nas variáveis a cada dia), o que fornece um caráter mais, ou menos real ao modelo, dependendo da variável em questão. Para o fluxo de mercadorias, esta consideração é mais real (a venda de mercadorias ocorre diariamente), e para o fluxo de área de vendas e funcionários é menos real. Como nas simulações realizadas, é dado maior ênfase ao comportamento das mercadorias, foi adotado o passo de 0,03125.

Definidas as equações, o modelo está pronto. O próximo passo é realizar de testes para verificar a sua validade. Nesta pesquisa, por se tratar de um modelo fictício, são realizadas algumas simulações para verificar e avaliar o comportamento do modelo em determinadas situações. Os casos estudados estão descritos na tabela 9.

São simuladas quatro situações apresentadas na tabela a seguir.

**Tabela 9 – Situações Simuladas**

Situação	Casos	Objetivo	Valores adotados
Variação dos investimentos em mercadorias	Investimentos em Mercadorias = 0%; 5%; 8% e 15%.	Verificar como investimentos contínuos em mercadorias refletem-se no desempenho das lojas	Investimentos em Área de Vendas e em Funcionários = 0; Defasagem = 0; Margem sobre o preço de custo = 1,6.
Variação do tempo de defasagem para a chegada das compras	Defasagem = 0,25 meses; 1 mês.	Verificar como o período de defasagem afeta o desempenho da loja	Investimentos em Área de Vendas e em Funcionários = 0; Investimentos em Mercadorias = 5% da Margem Líquida; Margem sobre o preço de custo = 1,6.
Variação da margem sobre o preço de custo (nível de preço praticado pelo varejista)	Margem sobre o preço de custo = 1,4; 1,6 e 1,8.	Verificar como o nível de preço praticado pelo varejista afeta o desempenho das lojas	Investimentos em Área de Vendas e em Funcionários = 0; Investimentos em Mercadorias = 5% da Margem Líquida; Defasagem = 0.
Aumento do número de lojas	Investimento para a criação de mais uma loja.	Verificar como a variação da área de vendas afeta o desempenho	Investimentos em Área de Vendas = 30 % da Margem Líquida no 12º ano; Investimentos em Funcionários = 0,5% da Margem Líquida no 12º ano; Investimentos em

			Mercadorias = 5% da Margem Líquida; Margem sobre o preço de custo = 1,6. Defasagem = 0.
--	--	--	---

### **Primeiro caso: Variação da quantidade de mercadorias disponíveis para venda nas lojas**

O primeiro caso tem o objetivo de verificar como investimentos contínuos em mercadorias afetam o desempenho da rede de supermercados.

A questão envolve decidir a respeito do percentual de margem líquida a ser investido em mercadorias (investimento em variedade e quantidade).

Para uma análise das simulações, os resultados destas estão apresentados a seguir em gráficos reproduzidos no MS-Excel (os gráficos resultantes da ferramenta Vensim estão apresentados em anexo a este trabalho).

**Investimentos em Mercadorias = 0% da Margem Líquida**

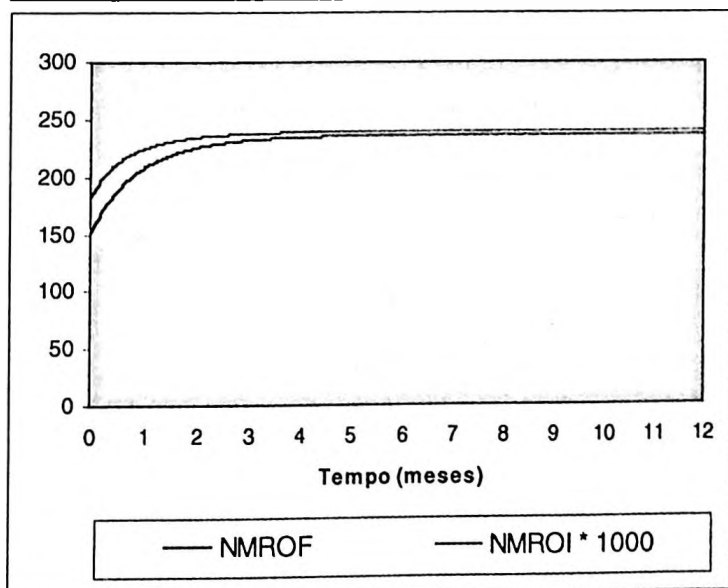
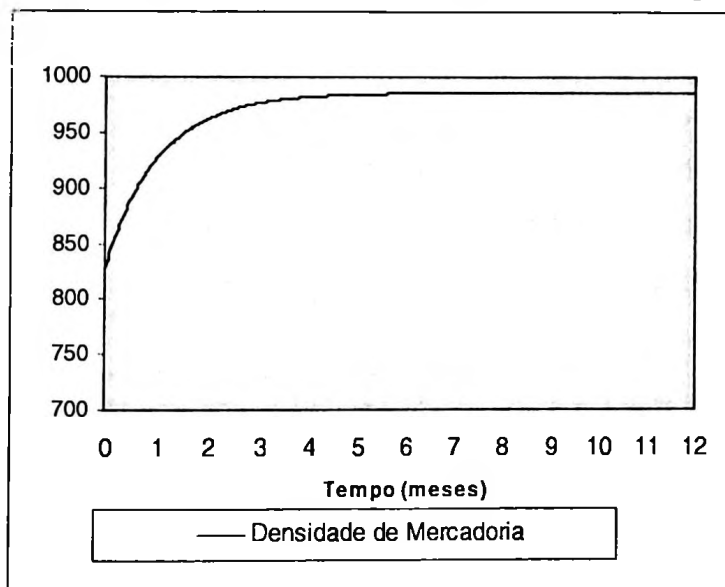
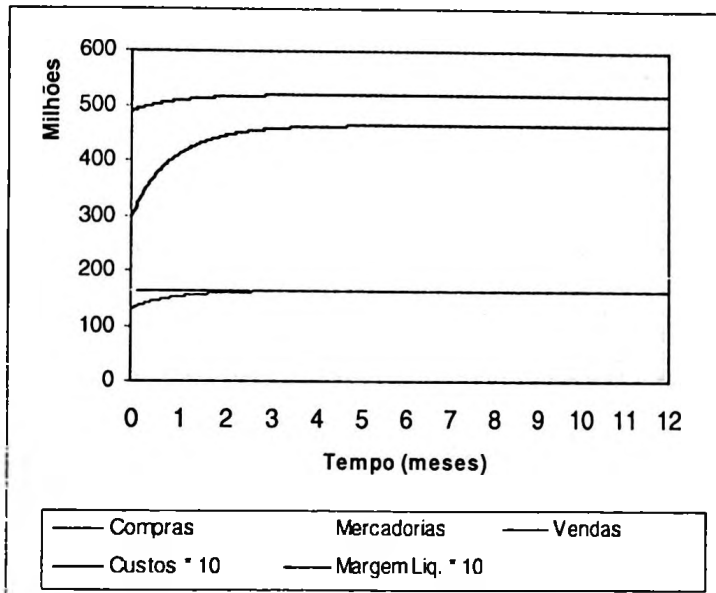


Gráfico 3 – Simulação com Investimento 0%

Como não há investimentos em mercadoria (além da compra mensal fixa para as lojas), as compras são constantes durante o ano.

As compras são maiores que as vendas inicialmente, com isso, o valor do estoque de mercadorias aumenta até que as vendas se igualem às compras, tornando o valor de mercadorias constante.

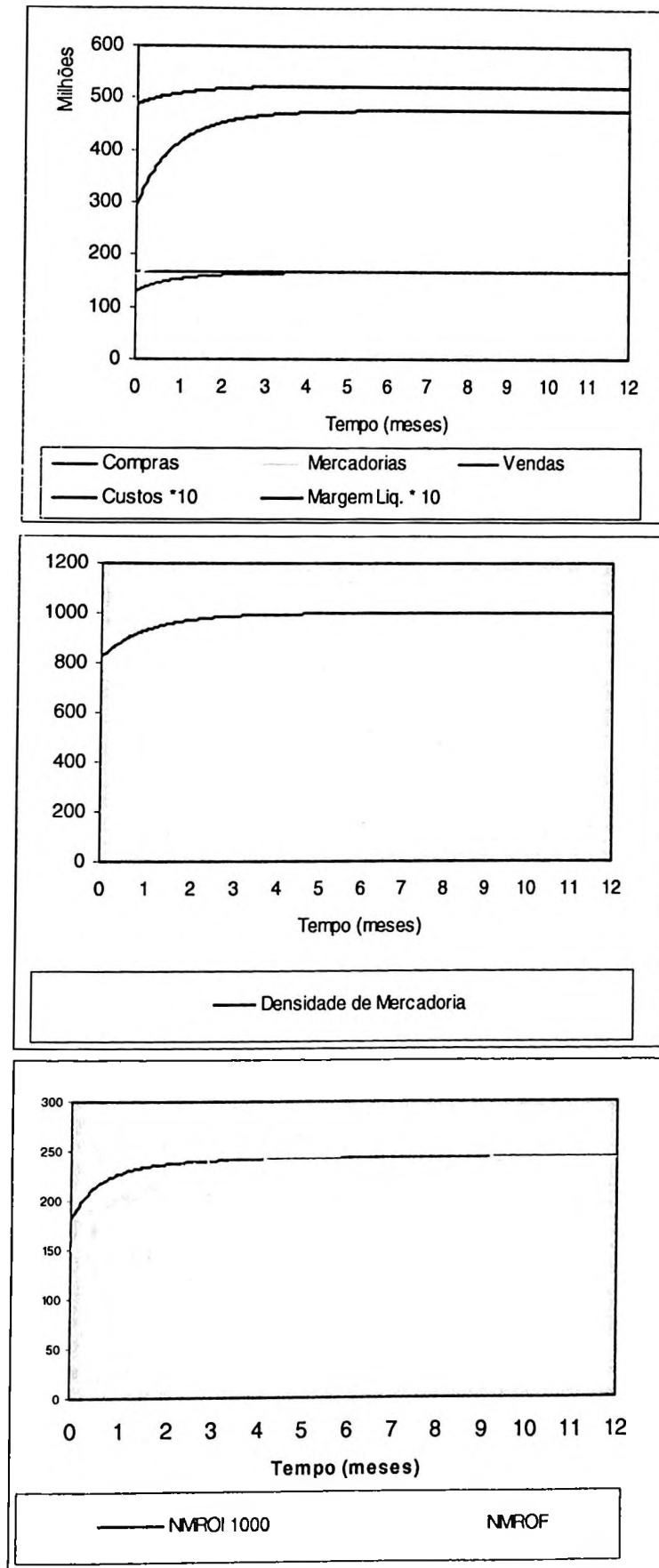
Os custos operacionais crescem devido ao aumento de mercadorias, e o mesmo ocorre com a margem líquida.

Conforme modelo, o crescimento das vendas é impulsionado pelo crescimento da densidade de mercadorias.

Durante este processo o NMROI aumenta menos que o NMROF, pois apesar do aumento da margem líquida contribuir para o aumento dos dois indicadores, a quantidade de mercadorias, fator que contribui para o decréscimo do NMROI, aumenta no decorrer do tempo, e a área de vendas, fator que contribui com o decréscimo do NMROF, é constante neste caso.

Investimentos= 5% Margem Líquida





**Gráfico 4 – Simulação com Investimento 5%**

Devido ao investimento em mercadorias, ocorre um aumento nas compras (não visível neste gráfico, mas possível de visualizar nos gráficos provenientes do Vensim, anexos ao trabalho).

Em relação às outras variáveis, o formato dos gráficos é similar ao do caso anterior, porém, os valores alcançados são maiores, pois há mais investimentos em mercadorias.

A densidade de mercadorias alcança um valor próximo ao máximo valor que influencia as vendas (se a densidade ultrapassar este valor não há aumento de vendas devido ao aumento da densidade de mercadorias).

Investimentos= 8% Margem Líquida

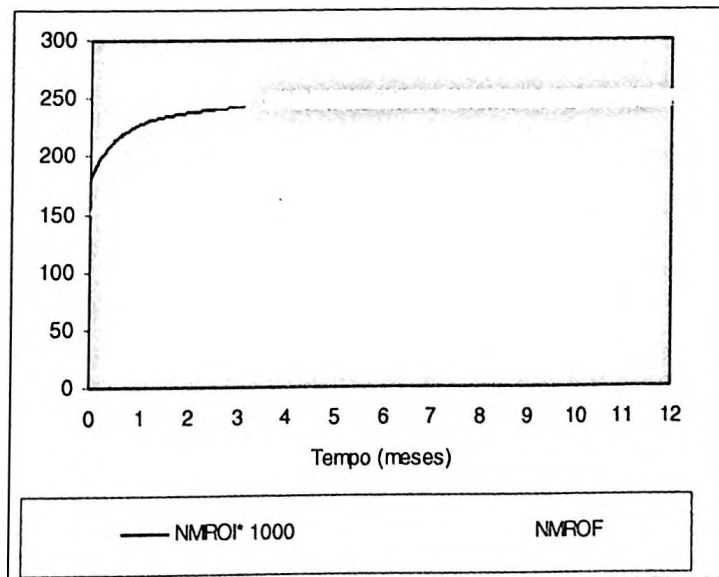
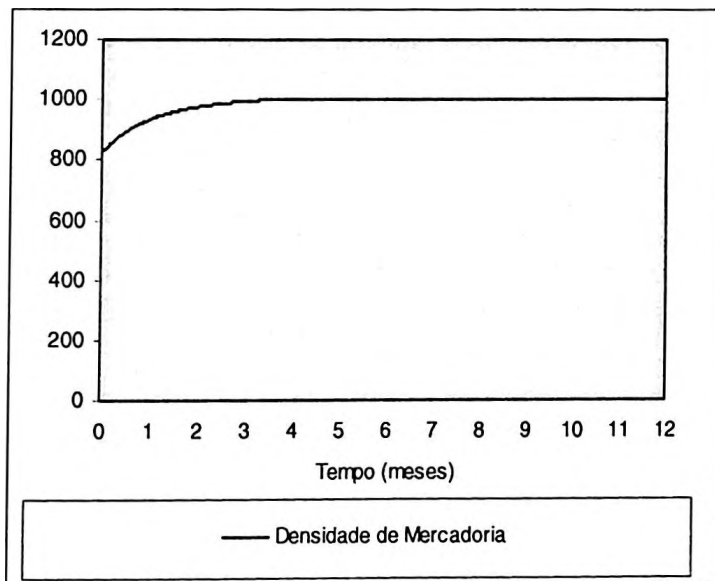
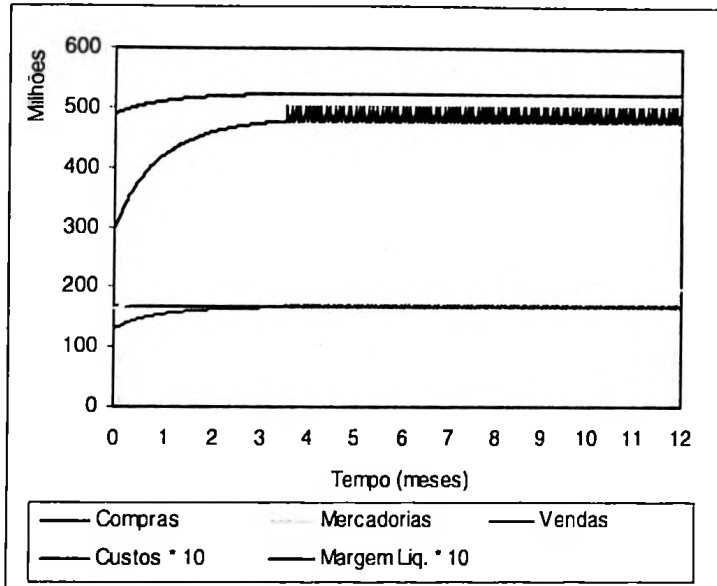


Gráfico 5 – Simulação com Investimento 8%

Neste caso, a densidade de mercadoria sofre uma oscilação não visível no gráfico (entre 999,6 e 1000,19), resultando na oscilação das outras variáveis. Este processo oscilatório ocorre devido ao comportamento das vendas: o valor do investimento em mercadorias (8% da margem líquida) leva a um crescimento da quantidade de mercadorias, resultando em uma densidade de mercadorias um pouco maior que 1000 (1000,19). Porém, para uma variação de densidade de mercadorias entre 1000 e 1000,19, não há variação de vendas (de acordo com as equações, as vendas permanecem constantes quando a densidade de mercadoria atinge o valor de 1000). Assim, a margem líquida entra em decréscimo (aumento do custo operacional sem aumento de receita), e os investimentos em mercadorias também, diminuindo o valor das compras até que a densidade de mercadorias atinja um valor menor que 1000. Quando isso ocorre, as vendas entram novamente em crescimento, levando a margem líquida e os investimentos ao crescimento também, o que leva a uma repetição do ciclo (crescimento da densidade de mercadorias até que esta atinja um valor pouco maior que 1000), caracterizando o comportamento oscilatório visualizado nos gráficos. No entanto, esta oscilação deve ser desconsiderada, pois é muito pequena (causada por uma variação de 0,19 na densidade de mercadorias), e não corresponde a uma situação possível de ser real.

Investimentos= 15% Margem Líquida

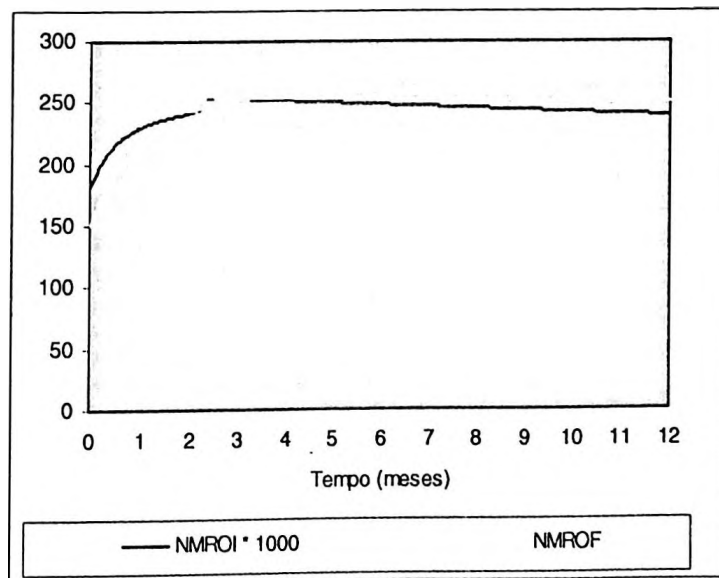
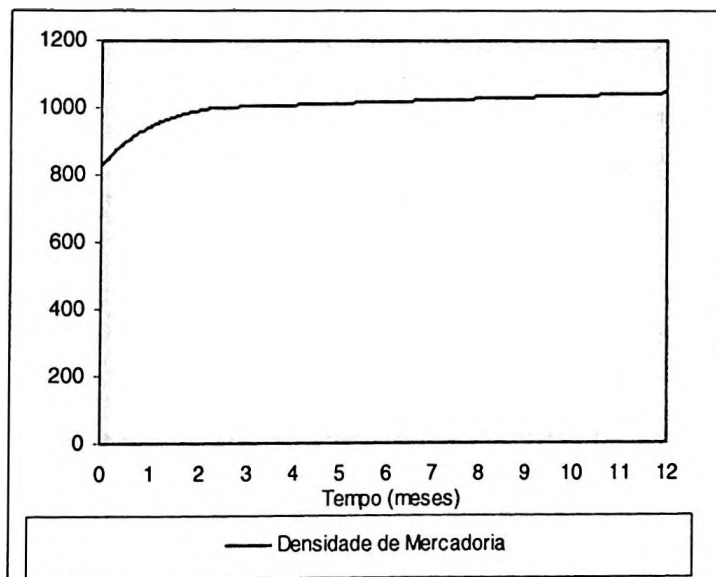
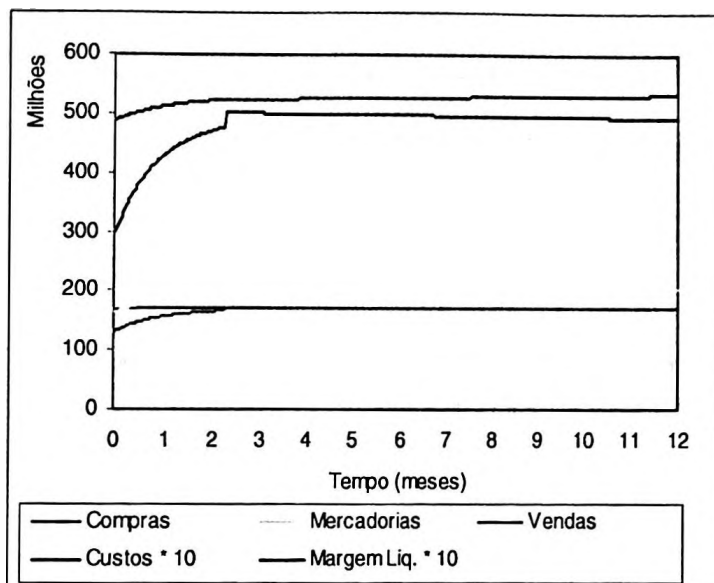


Gráfico 6 – Simulação com Investimento 15%

Neste caso, as vendas e a margem líquida atingem um ponto de máximo (em  $t = 2,3$ , quando a densidade de mercadorias atinge o valor de 1000), e depois passam a decrescer durante o resto do ano. Não ocorre a mesma oscilação que no caso anterior, pois o valor do investimento em mercadorias é maior (mesmo com o decréscimo da margem líquida os investimentos continuam suficientes para aumentar o valor das compras e da densidade de mercadorias).

Os indicadores praticamente apresentam o mesmo comportamento da margem líquida (a menos da influência da quantidade de mercadorias no NMROI, que tem uma queda mais acentuada).

Este caso apresenta as conseqüências de se continuar investindo em mercadorias mesmo após o alcance da densidade máxima. Quando isto ocorre, apesar dos investimentos, não há mais aumento de vendas. Assim, o investimento em mercadorias apenas aumenta os custos operacionais (estoque), resultando em uma redução da margem líquida e dos indicadores de desempenho.

A tabela a seguir mostra alguns valores iniciais e finais em todos os casos (início e final do ano).

**Tabela 10 – Resumo de Resultados das Simulações**

Investimento		Compras	Mercadorias	Custo Operacional	Margem Líquida	Vendas	Receita de Vendas	NMROI	NMROF
0%	T=0	164.000.000	163.000.000	48.900.000	29.700.000	131.000.000	209.600.000	0,182	151
	T=12	164.000.000	194.270.000	52.017.000	46.500.000	164.000.000	262.000.000	0,240	236
	Variação %	0,00%	19,18%	6,37%	56,57%	25,19%	25,00%	31,41%	56,63%
5%	T=0	165.700.000	163.000.000	48.900.000	29.700.000	131.000.000	209.600.000	0,182	151
	T=12	166.600.000	197.000.000	52.300.000	47.700.000	166.600.000	266.600.000	0,242	242
	Variação %	0,54%	20,86%	6,95%	60,61%	27,18%	27,19%	32,81%	60,53%
8%	T=0	166.600.000	163.000.000	48.900.000	29.700.000	131.000.000	209.600.000	0,182	151
	T=12	168.200.000	197.000.000	52.300.000	50.200.000	170.830.000	273.000.000	0,255	255
	Variação %	0,96%	20,86%	6,95%	69,02%	30,40%	30,25%	39,68%	68,94%
15%	T=0	168.700.000	163.000.000	48.900.000	29.700.000	131.000.000	209.600.000	0,182	151
	T=12	171.600.000	205.800.000	53.170.000	49.300.000	170.830.000	273.000.000	0,240	250
	Variação %	1,72%	26,26%	8,73%	65,99%	30,40%	30,25%	31,39%	65,99%

Analisando os valores da tabela, verifica-se que, no intervalo entre 0 e 8% de investimentos mensais, quanto maiores os investimentos em compras, maiores são os valores de margem líquida, e maiores os valores alcançados pelos indicadores de desempenho (NMROI e

NMROF). Neste intervalo de investimentos mensais, a margem líquida aumenta até se tornar constante, quando as vendas se igualam às compras, e não há mais aumento de mercadorias. A variação do NMROI é menor, pois, da mesma maneira que ocorre aumento da margem líquida, também ocorre aumento na quantidade de mercadorias, tornando o aumento do NMROI menos acentuado. Quando os investimentos mensais chegam a 15%, as compras ultrapassam o valor das vendas, levando a um crescimento indefinido do valor das mercadorias. Os valores finais alcançados pela margem líquida e pelos indicadores de desempenho são menores que nos casos anteriores. Neste caso, quando a densidade alcança o valor de 1000, os indicadores atingem o seu valor máximo, conforme apresentado na tabela 11. No final do ano, o desempenho alcançado é menor que no caso de investimentos = 8%.

**Tabela 11 – Ponto Máximo (NMROI e NMROF) quando Investimentos = 15%**

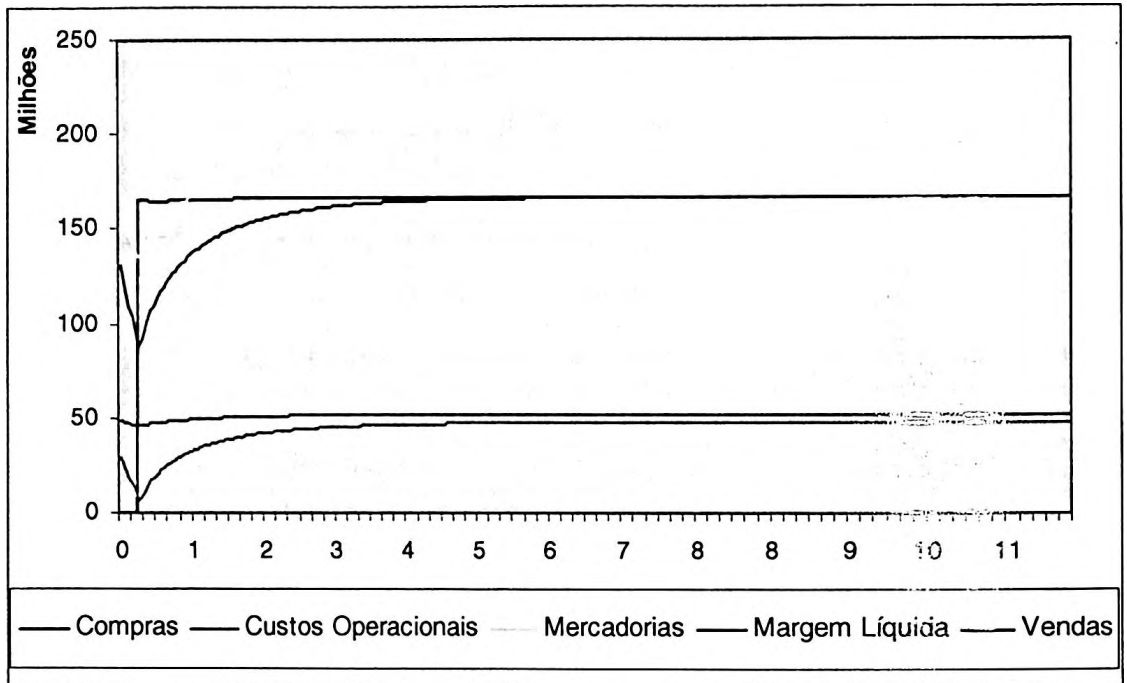
Pto Max (Investimento = 15%)		
Dens. Merc.	NMROI	NMROF
1.000	0,254	255
<b>Varição</b>	<b>39,61%</b>	<b>68,91%</b>

Portanto, para este modelo, para que se tenham investimentos contínuos em mercadorias com desempenho sempre crescente durante um ano, valores por volta de 8% da margem líquida são valores de investimentos ideais. Se o valor for maior, deve-se estar atento para o momento quando o desempenho começa a cair.

### **Segundo caso: Variação do tempo de defasagem**

O objetivo deste caso é estudar a influência do período de defasagem da chegada das compras nas variáveis do modelo.

Delay = 0,25 mês (1 semana)

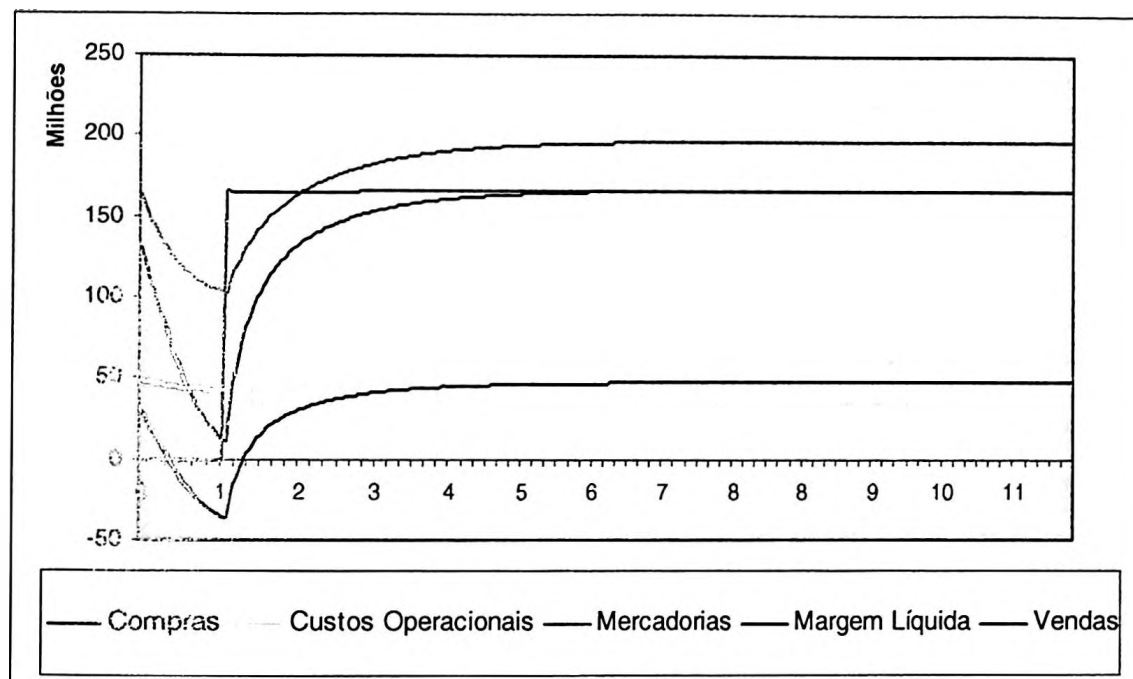


**Gráfico 7 – Simulação com Delay = 0,25**

Neste caso, há um período de espera para a chegada das compras na loja: após o início da simulação, existe um período de 1 semana onde não há entrada de mercadorias. Na primeira semana, ocorre uma queda na quantidade de mercadorias, e conseqüentemente nos custos operacionais, e nas vendas (a falta de mercadorias causa perda de vendas). Porém, após este período, as variáveis voltam a crescer.

Delay = 1 mês





**Gráfico 8 – Simulação com Delay = 1**

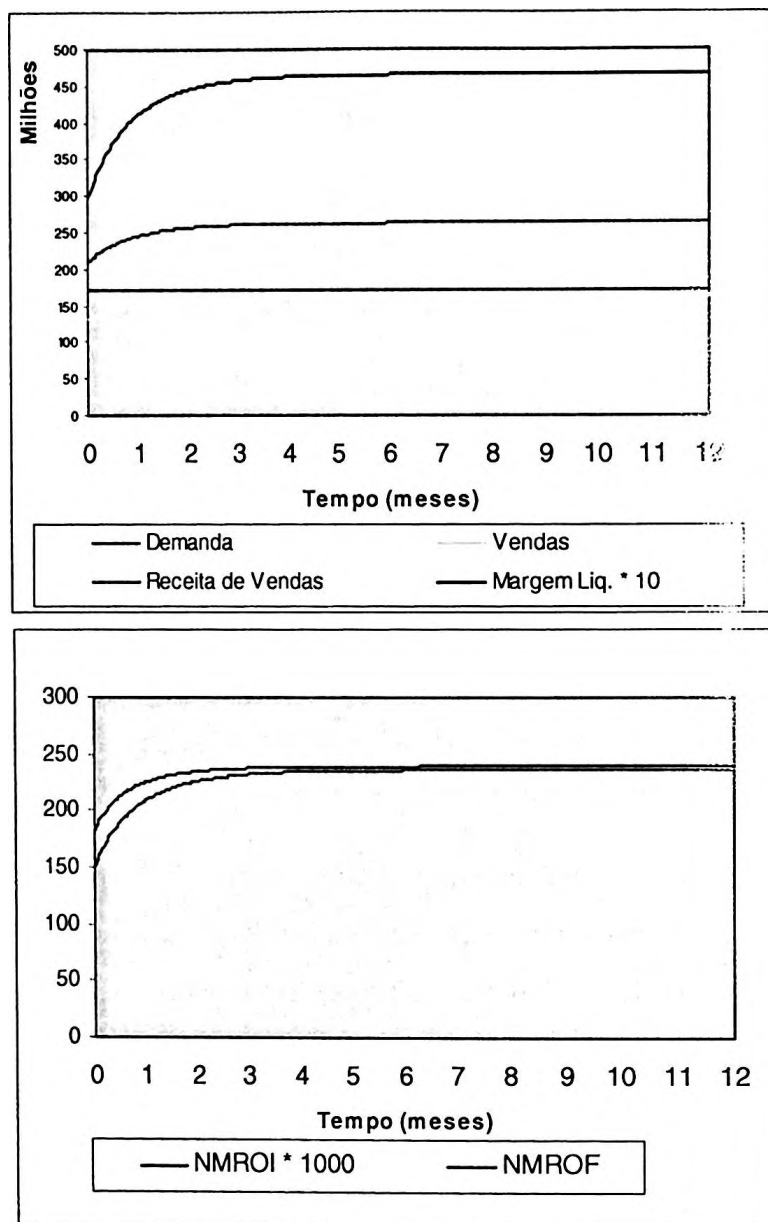
Neste caso, o período em que não ocorre entrada de mercadorias é maior (1 mês). O decréscimo das vendas é muito grande, resultando em uma margem líquida negativa entre a segunda quinzena do primeiro mês e a primeira quinzena do segundo mês.

As simulações permitem verificar que quanto maior o período de defasagem, maior é a queda nas vendas e na margem líquida. Isto ocorre, pois o estoque inicial não consegue suprir as necessidades de mercadorias para venda durante o período de espera. Portanto, para evitar esta queda, é preciso diminuir o máximo o período de defasagem, ou aumentar o estoque inicial.

### **Terceiro Caso: Variação da margem sobre o preço de custo das mercadorias**

O terceiro caso tem o objetivo de responder a seguinte pergunta: como a variação do nível de preço (margem sobre o preço de custo) afeta o desempenho dos supermercados?

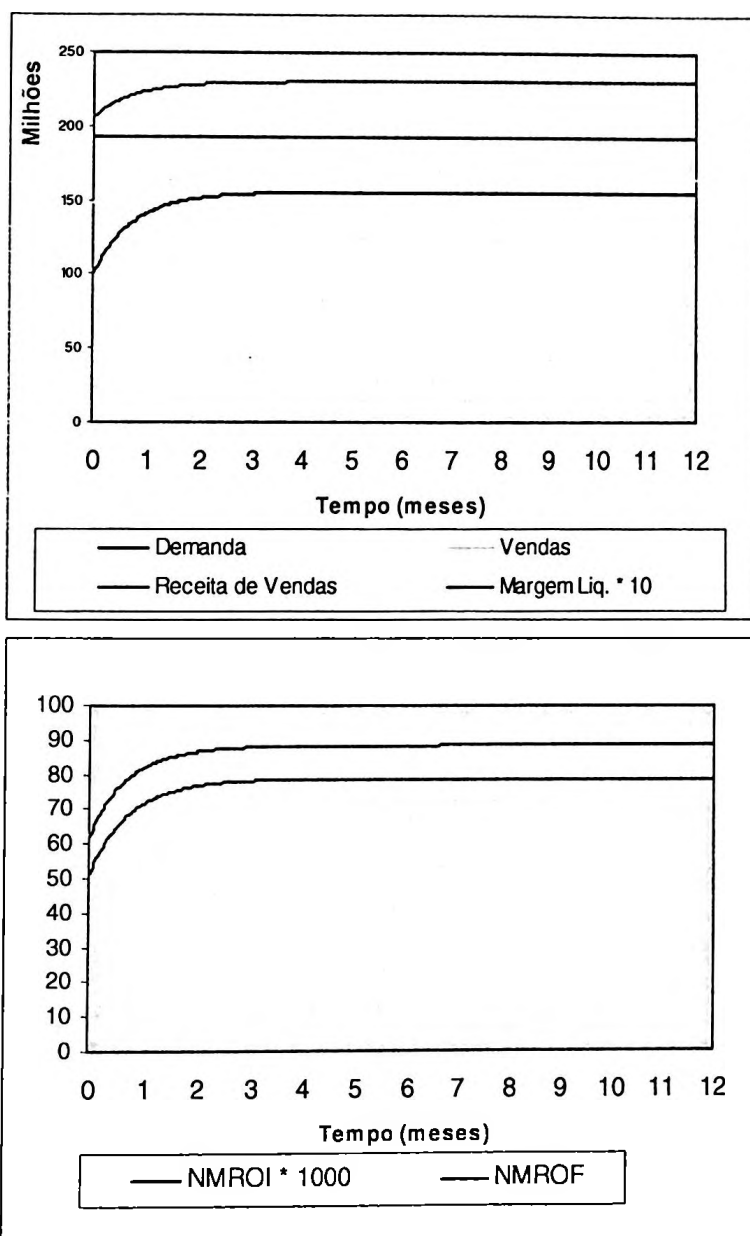
Margem do preço sobre custo = 1,6



**Gráfico 9 – Simulação com Margem sobre o preço de custo=1,6**

Com a margem sobre o preço de custo = 1,6, a demanda apresenta um valor de 171 milhões. As vendas são crescentes inicialmente, alcançando um valor estável próximo ao valor da demanda. A margem líquida e os indicadores têm um comportamento similar ao das vendas.

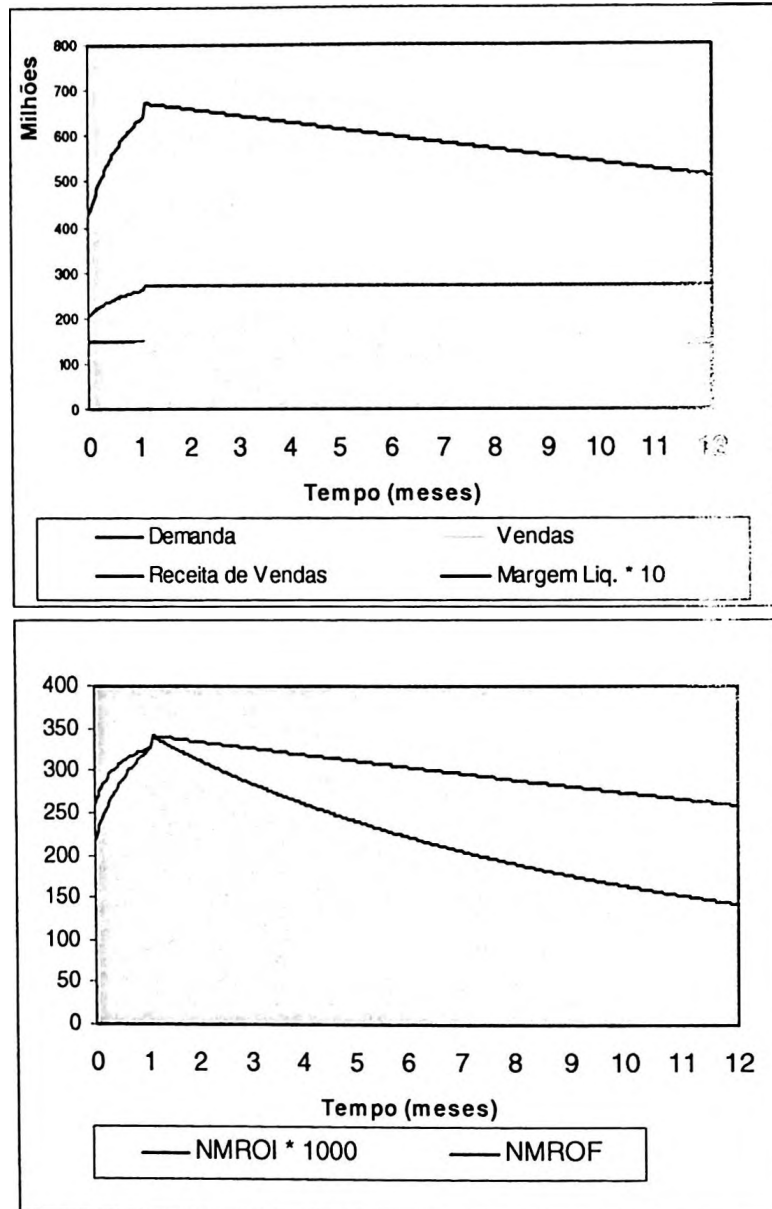
Margem do preço sobre custo = 1,4



**Gráfico 10 – Simulação com Margem sobre o preço de custo=1,4**

A uma margem sobre o preço de custo = 1,4, o valor da demanda é de 192 milhões. O comportamento das vendas e da margem líquida é semelhante ao caso anterior. Os valores das vendas são maiores, porém os valores que a margem líquida atinge são menores.

Margem do preço sobre custo = 1,8



**Gráfico 11 – Simulação com Margem sobre o preço de custo=1,8**

Neste caso, a demanda é menor (149 milhões), e as vendas também; no entanto, a margem líquida é maior que nos outros casos. Rapidamente a quantidade vendida atinge o valor da demanda, e permanece constante. Quando as vendas atingem este valor máximo, a margem líquida também atinge um ponto máximo e decresce.

O NMROF decai de acordo com a margem líquida, o NMROI tem um decaimento maior, pois, além de ocorrer o decréscimo da margem líquida, a quantidade de mercadorias também apresenta um considerável aumento, já que o valor das compras é o mesmo que nos casos anteriores, e neste caso, as vendas são bem menores.

A tabela 12 apresenta um resumo dos resultados de algumas variáveis das três últimas simulações, permitindo verificar como a variação de preço afeta o desempenho dos supermercados.

**Tabela 12 – Resumo dos Resultados das Simulações**

Margem sobre o Preço de Custo		Demanda	Margem Líquida	Vendas	Receita de Vendas	NMROI	NMROF
1,6	T=0	171.000.000	29.700.000	131.000.000	209.600.000	0,182	151
	T=12		46.500.000	148.000.000	262.000.000	0,240	236
	Variação %		56,57%	12,98%	25,00%	31,41%	56,63%
1,4	T=0	192.000.000	10.060.000	147.400.000	206.300.000	0,062	51
	T=12		15.530.000	164.259.000	230.000.000	0,088	79
	Variação %		54,37%	11,44%	11,49%	43,27%	54,42%
1,8	T=0	149.000.000	42.800.000	114.600.000	206.300.000	0,263	217
	T=12		51.160.000	149.500.000	269.000.000	0,143	260
	Variação %		19,53%	30,45%	30,39%	-45,63%	19,51%

Pela tabela, observa-se que o NMROF tem seu maior crescimento em relação ao início quando o valor da margem sobre o preço de custo é 1,6. Além disso, neste caso (preço=1,6), o NMROI atingido (em  $t = 12$ ) também é o mais alto. Este é o caso em que a rede de supermercado apresenta o melhor desempenho em relação aos gastos com recursos ao longo do ano. Quando a margem é de 1,4, atinge-se o maior valor de vendas, porém o desempenho é muito baixo, apesar dos indicadores e da margem líquida terem um alto crescimento em relação ao seu valor inicial: margem líquida (54,37%), NMROI (43,27%) e NMROF (54,42%). Quando a margem sobre o preço de custo é de 1,8, o crescimento da margem líquida em relação ao início do período de simulação é o mais baixo (19,53%). Neste caso, atinge-se o maior valor de NMROF dentre as três simulações; porém o NMROI decai bastante (variação de -45,63%), o que mostra que as compras para este caso estão excessivas.

#### **Quarto caso: Expansão da área de vendas (aumento do número de lojas)**

Neste caso, o objetivo é avaliar a influência da variação da área de vendas e dos investimentos nos outros recursos (funcionários e mercadorias) no desempenho.

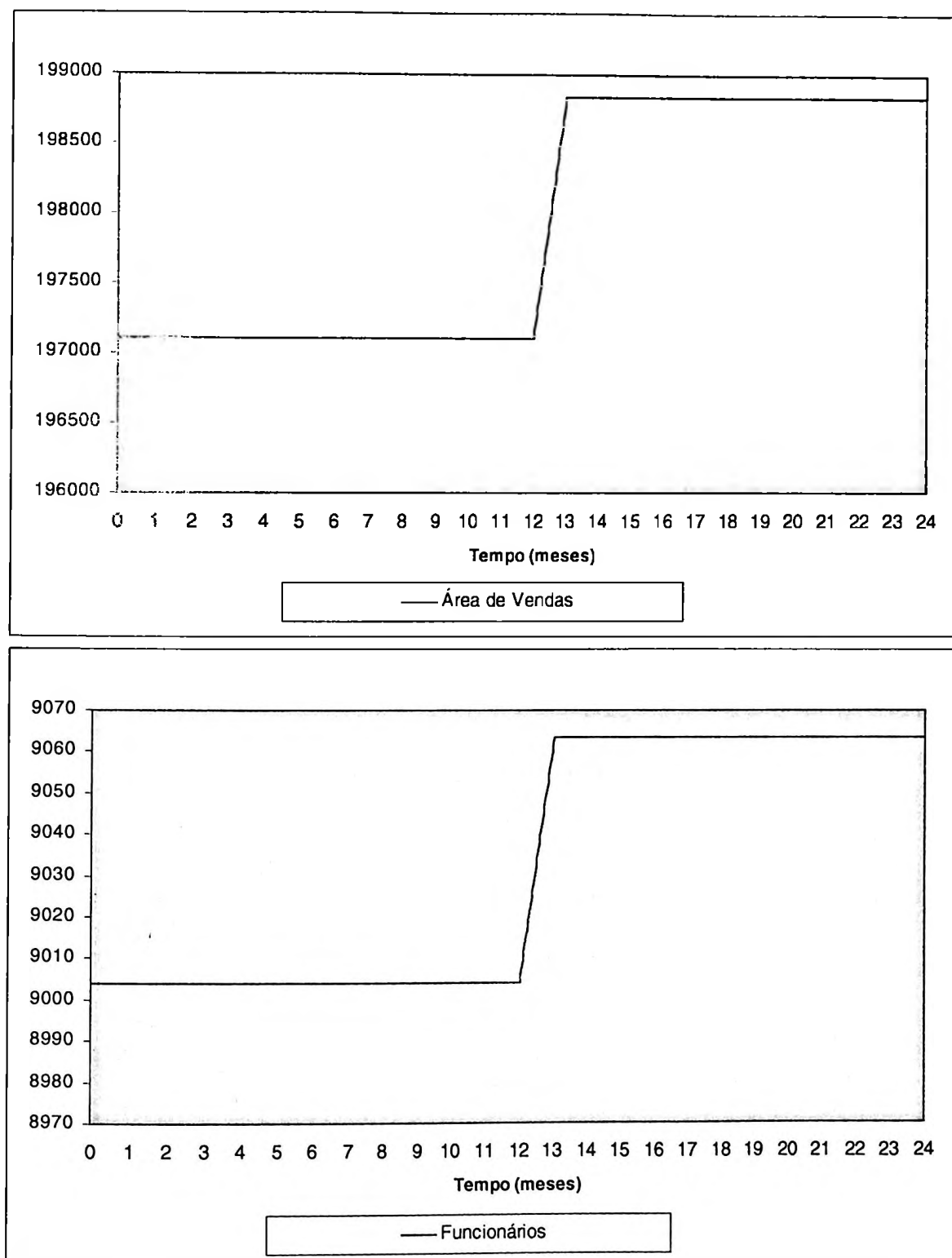
Na situação simulada, a área de vendas sofre acréscimo no 12º mês, através do investimento de 30% do valor da margem líquida. Para acompanhar a construção de mais uma loja, ocorre também um investimento em funcionários no 12º ano (0,5% da Margem Líquida).

No Vensim, as equações para as variáveis “investimentos em área de vendas” e “investimentos em funcionários” ficam da seguinte maneira:

Investimentos em Área de Vendas = Pulso (12,1) \* 0,3 \* Margem Líquida

Investimento em Funcionários = Pulso (12,1) \* 0,005 \* Margem Líquida

O investimento em mercadorias é 5% da margem líquida, mais um fator proporcional ao número de lojas (de acordo com as equações da tabela 5).

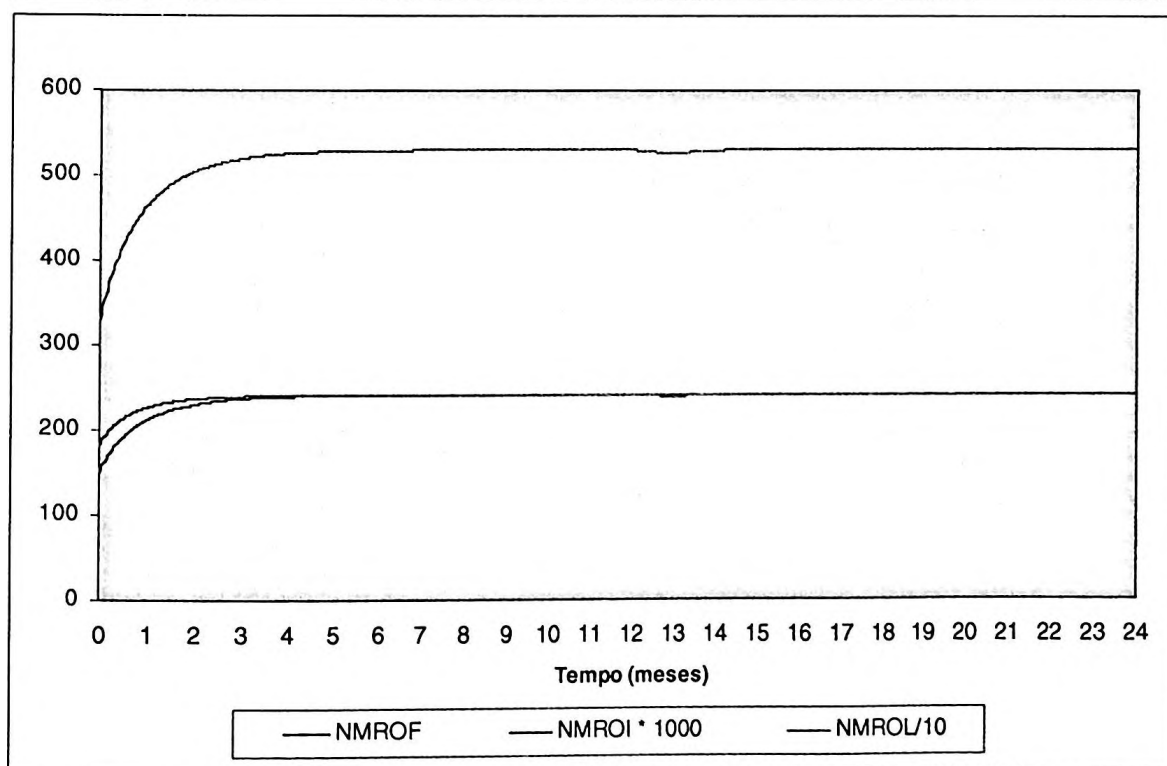
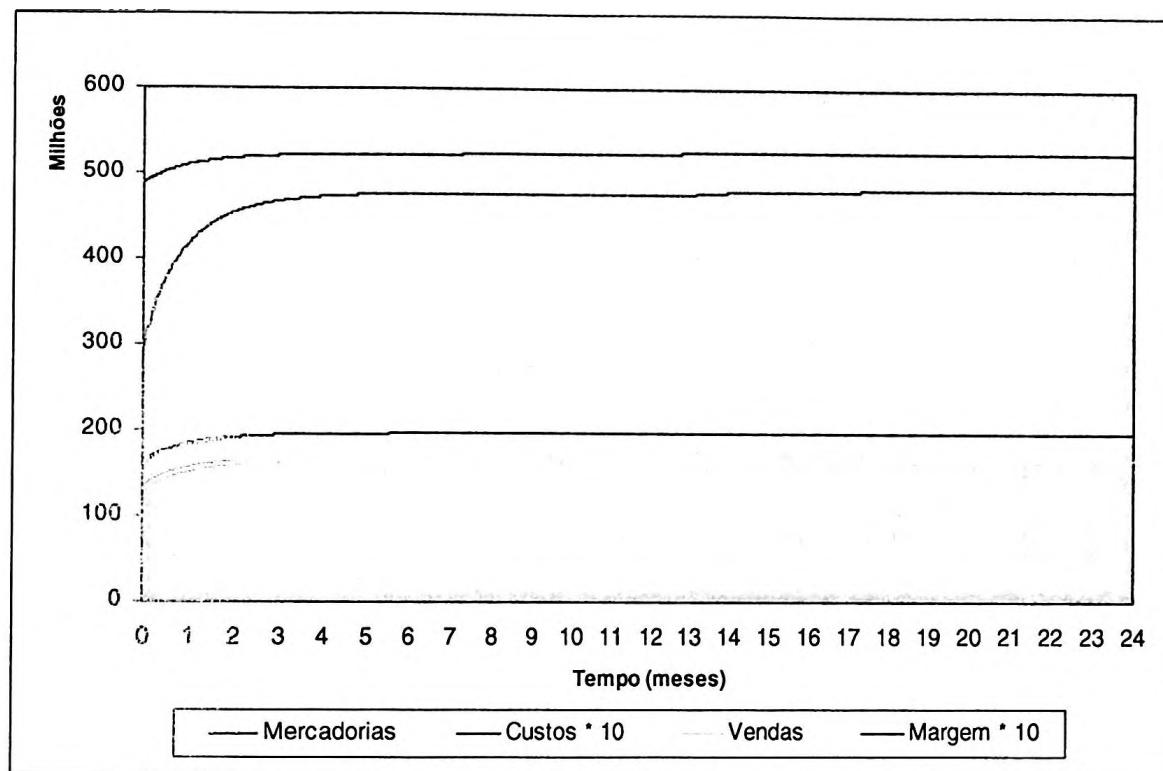


**Gráfico 12 – Gráfico Área de Vendas e Funcionários X Tempo**

Conforme as equações do modelo, aplica-se um pulso no 12<sup>o</sup> ano nos investimentos em área de vendas, e outro nos investimentos em funcionários, refletindo em mais uma loja com cerca de 60 funcionários.

Conforme foi mencionado anteriormente (p. 87), o fluxo de funcionários e área de vendas é refletido com pouca realidade: o aumento da área de vendas no gráfico 12 ocorre linearmente, e reflete-se erroneamente no valor das outras variáveis (densidade de mercadoria, vendas), pois a loja só produzirá efeitos no desempenho após ser construída (antes disso constitui-se apenas um investimento). No entanto, como o passo de integração é 0,03125, a variação da área de vendas é realizada gradativamente.





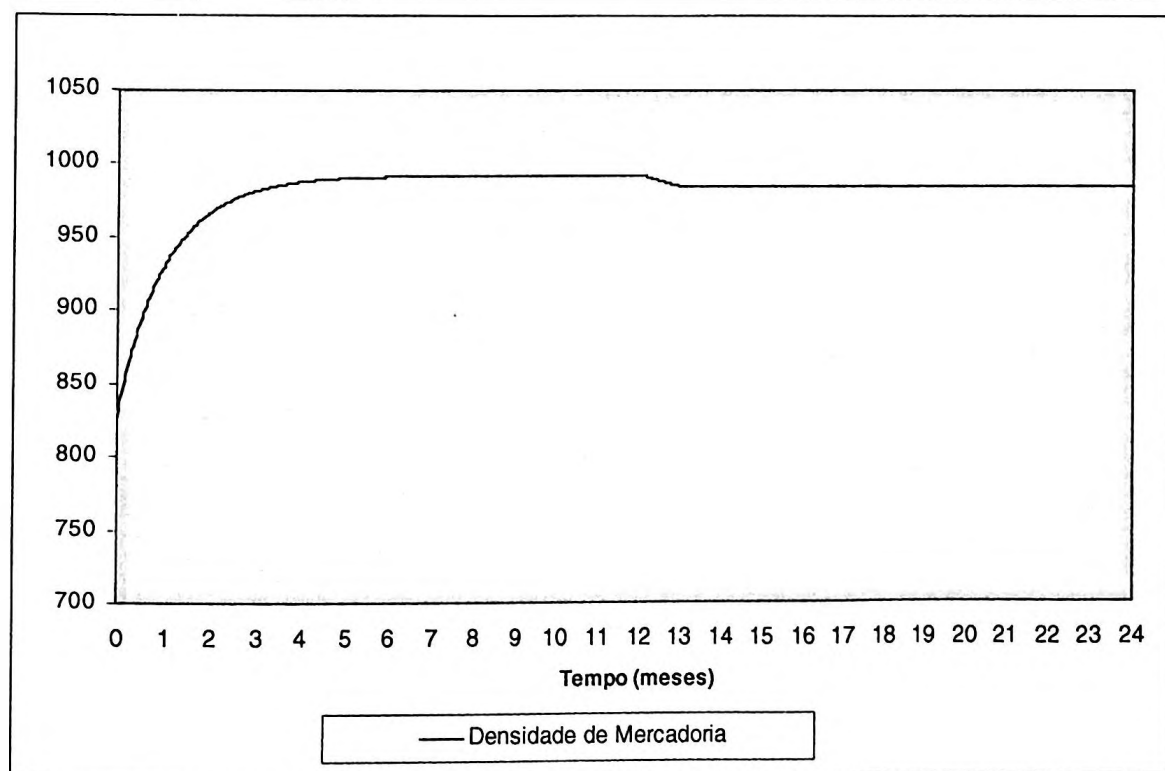
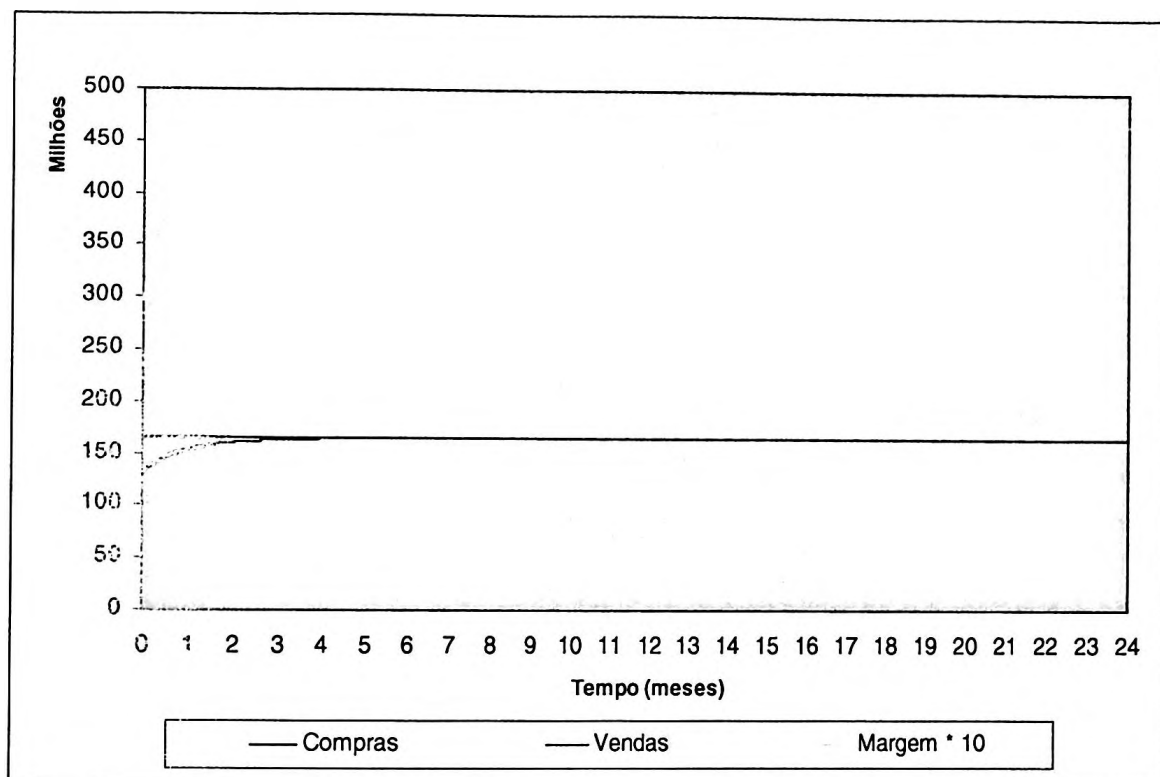
**Gráfico 13 – Gráfico Mercadorias, Custos, Vendas e Margem Líquida X Tempo**

O aumento da quantidade de lojas resulta em um aumento em quantidade de compras (conforme equação do modelo), nos custos (aumento de funcionários, mercadorias e área de vendas), nas vendas (aumento na demanda devido ao aumento de mais um ponto de venda). O resultado destes aumentos é também um aumento na margem líquida, conforme gráfico 13.

Os valores inseridos no 12º mês são proporcionais ao número de novas lojas, portanto os indicadores (NMROF, NMROI e NMROL) permanecem constantes (há aumento na margem líquida, mas também há aumento na quantidade de recursos). Ocorre apenas uma pequena queda de desempenho no período em que houve a alteração nas quantidades de recursos.

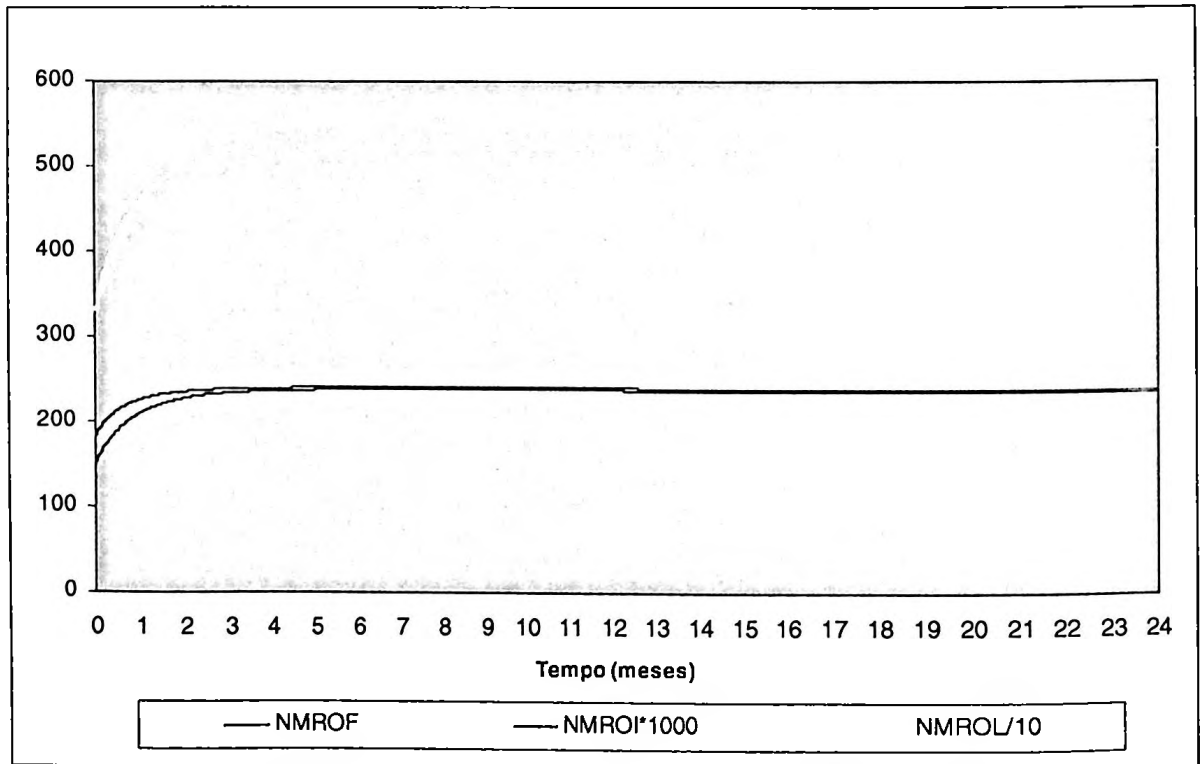
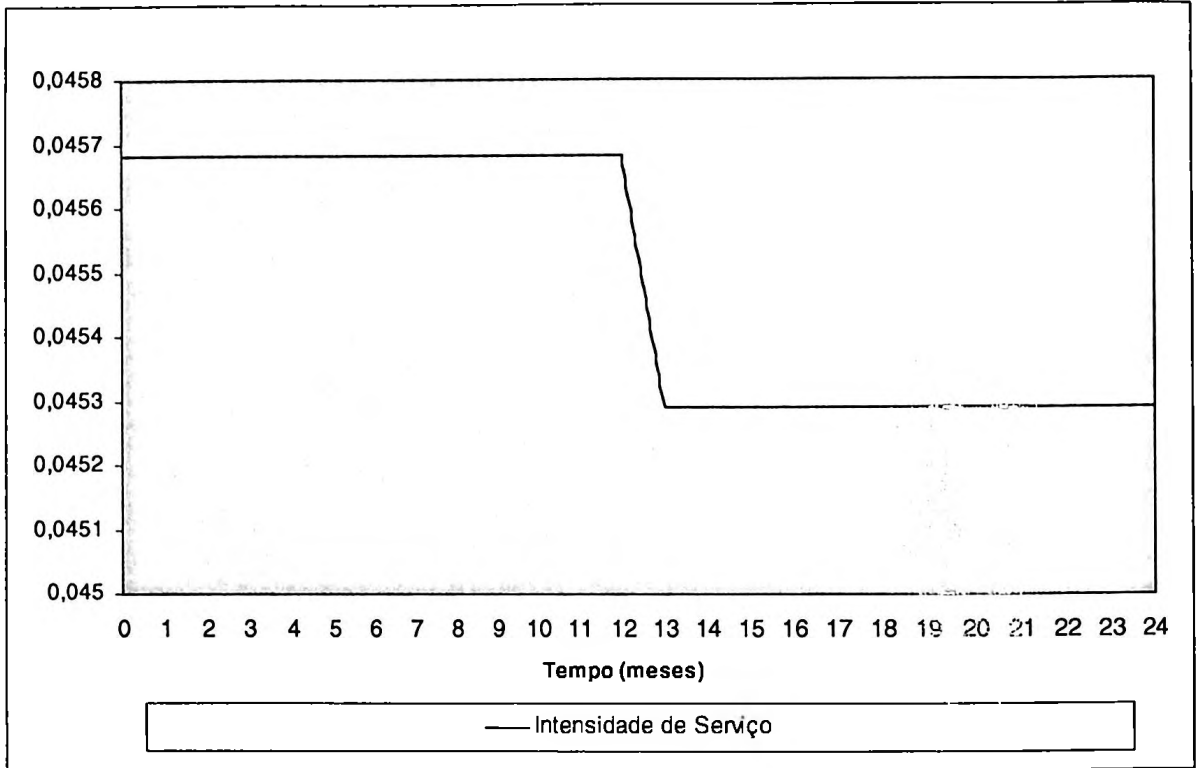
A próxima simulação considera que há apenas investimentos em área de vendas (as quantidades de funcionários e de compras mensais permanecem a mesma).

Durante os 24 meses, considera-se que as compras têm um valor fixo de 1,63 milhões mais investimentos (5% da margem líquida). A adição de mais uma loja no 12º mês provoca uma pequena baixa na margem líquida (gráfico 14) e no desempenho das lojas (gráfico 15). Isto ocorre, pois, apesar da demanda aumentar (maior quantidade de pontos de venda), o mesmo não ocorre com as vendas devido ao efeito principalmente da queda de densidade de mercadoria nas lojas, provocando falta de produtos e perda de vendas. Assim, não há aumento de receita, apenas um aumento de custo causado pelo aumento da área de vendas.



**Gráfico 14 – Gráfico Compradas, Vendas, Margem e Densidade de Mercadorias X Tempo**

O gráfico 14 apresenta a queda da densidade de mercadoria que tem forte influência sobre as vendas, e o gráfico 15 apresenta uma pequena queda da intensidade de serviço que interfere muito pouco nas vendas.



**Gráfico 15 – Gráfico Intensidade de Serviço e Indicadores de Desempenho X Tempo**

A partir do 12º ano os indicadores (NMROF e NMROI) apresentam uma pequena queda. Apenas o NMROL permanece constante (a variação de funcionários é muito pequena, e não afeta significativamente o indicador).

As simulações deste terceiro caso permitem verificar que a abertura de uma nova loja na rede de supermercados exige também investimentos em mercadorias e em novos funcionários para que a rede continue tendo o mesmo desempenho. Além disso, verifica-se que, para este modelo, o investimento em mercadorias é mais importante, pois sua falta provoca uma queda maior no desempenho do que a falta de investimentos em funcionários.

Em resumo, existem alguns pontos que podem ser verificados a partir dos modelos construídos e das simulações realizadas:

1. Investimento em mercadorias: quanto maior o investimento em mercadorias, maior será a variedade e a quantidade exposta na loja, resultando em vendas maiores. Porém, existe um limite deste investimento, que é dado pela demanda (fator que determina o limite das vendas), e pela capacidade física da loja que, no modelo, é medido pela densidade de mercadorias: existe um valor máximo de densidade de mercadoria que pode influenciar positivamente as vendas.
2. Período de defasagem: o período de espera para a chegada de mercadorias pode causar queda nas vendas (se não houver quantidade suficiente de mercadorias no estoque, haverá falta de mercadorias), e, conseqüentemente, queda no lucro do varejista. Pode-se evitar o problema, minimizando este período de espera, e garantindo que o estoque inicial consiga suprir as vendas durante o período de defasagem.
3. Margem sobre o preço de custo: a decisão sobre o preço praticado pelo varejista deve considerar sua influência na demanda, e também a quantidade de mercadorias que serão compradas pela loja (fatores determinantes da receita de vendas e dos custos operacionais), para que a loja possa ter um bom desempenho.
4. Investimento em área de vendas: o investimento em área de vendas deve ser acompanhado por investimento em mercadorias, além de investimento em funcionários. O investimento em mercadorias é mais relevante, devido à maior influência da densidade de mercadorias nas vendas, em relação à intensidade de serviço.



## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

“Todos os modelos são falsos, mas alguns são úteis” (Demming *apud* Ehrlich (2005)). Os modelos apenas retratam uma pequena parte da realidade, sendo úteis apenas nos casos previstos durante a modelagem. Porém, apesar das restrições, são amplamente utilizados como apoio à tomada de decisão e aprendizagem em organizações.

Tanto o modelo original, como o modelo dinâmico proposto, envolve algumas variáveis específicas da gestão de recursos no varejo. Porém, o modelo dinâmico sugere uma nova ótica para a gestão de recursos, pois não apresenta apenas um retrato das variáveis e dos indicadores em um determinado instante, mas também fornece informações de como as variáveis se comportam ao longo do tempo, e permite observar e inferir conclusões a respeito de como uma variável influencia outra. Além disso, a inserção de processos de *feedback* e defasagem modifica a percepção do usuário em relação à realidade (nos casos estudados, os processos transmitem a idéia de como a variação de uma variável pode reforçar o valor de outra, e como a variação de outras pode limitar o seu crescimento).

Em relação ao primeiro objetivo específico do trabalho (apresentar a dinâmica de sistemas como ferramenta de apoio à modelagem e simulação), mostrou-se que a ferramenta permite a construção de modelos a partir de duas técnicas, que podem ser utilizadas separadamente e/ou de maneira complementar:

- Modelagem qualitativa: resulta em um modelo com o objetivo de discutir relacionamentos entre variáveis envolvidas em um problema. A visualização dos inter-relacionamentos entre as variáveis (através de flechas e sinais +/-) auxilia nas conclusões a respeito de causa e efeito entre elas. Além disso, a análise dos relacionamentos e *loops* pode prever o comportamento do sistema em questão.
- Modelagem quantitativa: resulta em um modelo com o objetivo de entender e analisar situações através de simulações. Cada variável tem seu comportamento governado por equações que procuram refletir a realidade durante um certo intervalo de tempo.

Com relação à contribuição do modelo qualitativo na análise da situação estudada (segundo objetivo do trabalho), verifica-se que este contribui no estudo de relacionamento entre as

variáveis, permitindo realizar conclusões a respeito da causa e efeito entre estas variáveis e possibilitando prever seus comportamentos.

O terceiro objetivo refere-se às contribuições da simulação com dinâmica de sistemas. Conforme foi verificado, as simulações podem complementar a análise efetuada pelo modelo qualitativo, como é o caso do que ocorre no *loop* envolvendo densidade de mercadoria e vendas. O modelo de *loop* causal (modelo qualitativo) mostra que quanto maior a densidade, maiores são as vendas; porém, não mostra como é esta variação e que existe um limite em que não há mais relacionamento entre estas duas variáveis, o que é facilmente verificado com as simulações. Além disso, permite o entendimento do modelo dinâmico sem o conhecimento das equações matemáticas referentes a cada variável, tornando possível a percepção de processos de *feedback* e arquétipos de sistemas.

Um item importante na simulação é a escolha do passo de integração, pois o comportamento do modelo depende desta escolha. Dependendo do efeito desejado, escolhe-se um passo maior ou menor.

As diferenças detectadas entre os modelos (dinâmico e não dinâmico) são as seguintes:

- Inclusão da variável tempo no modelo dinâmico;
- Inclusão de equações de comportamento das variáveis;
- Inclusão dos relacionamentos entre variáveis, e de processos de *feedback* no modelo dinâmico.

Estas diferenças no modelo dinâmico são responsáveis pela divulgação da idéia de gestão como processo contínuo (inclusão da variável tempo) e pela possibilidade de captura da dinâmica do negócio (inclusão de equações e relacionamentos), ampliando os objetivos do modelo dinâmico em relação ao modelo original:

- O modelo não dinâmico funciona como uma ferramenta de apoio à decisão, onde são inseridos os valores das variáveis em determinado instante, e calculados os indicadores, permitindo conclusões em relação ao desempenho passado da loja.



Conhecendo este retrato, é possível inferir algumas conclusões a partir dos relacionamentos lineares dados pelo modelo.

- O modelo dinâmico, além de ser uma ferramenta de apoio a decisão, também funciona como uma ferramenta de apoio à aprendizagem. O modelo é construído a partir de relacionamentos entre as variáveis dados pelo modelo original e por regras específicas do negócio e da empresa em questão. Através da definição de equações para cada variável e da técnica de simulação, é possível verificar o comportamento destas variáveis, e a influência de cada uma delas no todo. Assim, é possível experimentar conhecimentos, e analisar seus resultados com o modelo, o que fornece ao modelo um caráter de ferramenta de aprendizagem.

É possível simular modelos dinâmicos em ferramentas como o MS-Excel, programando as suas funções para que elas possam refletir as funções utilizadas em modelos da dinâmica de sistemas. Porém, existem algumas ferramentas específicas disponíveis no mercado com funções e objetos pré-programados para a construção dos modelos dinâmicos, como é o caso do Vensim (utilizado nesta pesquisa), iThink, Powersim e Goldsim.

A utilização destas ferramentas exige estudo e treinamento, pois o método exige que os processos sejam entendidos como processos de *feedback*, além de utilizar funções matemáticas que apresentam complexidade.

### **Limitações**

As limitações deste trabalho referem-se ao processo de modelagem:

- A primeira limitação refere-se ao próprio corte da realidade: o modelo restringe-se apenas a gestão de recursos, não envolve outras partes da empresa.
- O processo de modelagem dinâmica foi realizado para uma situação fictícia, onde foram realizadas considerações sobre esta situação a partir do ponto de vista do autor. Processos para construção de modelos e cenários para tomada de decisão envolvem várias pessoas, cada uma com um ponto de vista diferente, o que dificulta o processo de obtenção do modelo, mas torna-o mais próximo da realidade.

- A situação definida pelo modelo dinâmico construído é uma situação genérica (a gestão de recursos em um supermercado fictício). Para que este modelo seja adequado a uma situação real, é necessário que sejam efetuados testes para verificar o intervalo de valores em que o modelo é válido.

### **Estudos Futuros**

Existem diversos pontos que podem ser investigados a partir do modelo apresentado, dentre eles:

- Adequação do modelo proposto a uma situação real, através da revisão das equações e relacionamentos e da realização de testes e;
- Construção de um simulador de gestão: conforme já foi mencionado neste trabalho, a dinâmica de sistemas é bastante utilizada em processos de aprendizagem, assim, a construção de um simulador de gestão a partir do modelo apresentado é uma oportunidade de estudo.

**REFERÊNCIAS**

Ackoff, R. L.; Sasieni, M. L. **Pesquisa Operacional** 1ª Ed. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda , 1971 523 p.

Andrade, G. A. **Manual para Elaboração de Monografias e Dissertações** 2a Ed. São Paulo Editora Atlas 1994, 116 p.

Bakken, B. et al. **Experimentation in Learning Organizations: A Management Flight Simulator Approach** In Morecroft, J. D. W. e Sterman, J. D. *Modeling for Learning Organizations*. Portland, Oregon: Productivity Press, 2000. Capítulo 10 p. 243-266

Bastos, A. A. P. **A Dinâmica de Sistemas e a compreensão de estruturas de negócio**. 2003. 135 p. *Dissertação de mestrado*, Universidade de São Paulo (FEA), São Paulo, Data da Defesa: 11/09/2003.

Bermans, B.; Evans, J. R. **Retail Management: a strategic approach** 4th Ed. New York Macmillan Publishing Company, 1989, 675 p.

Bertalanfy, L. **Teoria geral dos sistemas** Petrópolis: Vozes, 1973, 351 p.

Bonini, C. P. et al. **Quantitative Analysis for Management** 9th Ed. Chicago: Irwin Mc Graw Hill, 1997 540 p.

Clemen, R. T.; Reilly, T. **Making Hard Decisions with Decision Tools** Duxbury Thomson Learning, 2001

Coyle, R. G. **System Dynamics Modelling: A Practical Approach**. London: Chapman & Hall, 1996 413 p.

Cyrillo, D. C. **O Papel dos Supermercados no Varejo de Alimentos** – Instituto de Pesquisas Econômicas – IPE, 1987 198 p.

Davidson, W. R., et al. **Retailing Management** 6th ed., New York: John Wiley & Sons, 1988, 876 p.

DIEESE - Estudos e Pesquisas (1997, 1999 e 2000). Disponível em <<http://www.dieese.org.br/bol/esp/esp.xml>>. Acesso em 01/06/2005.

Ehrlich, P.J. **Dinâmica de Sistemas na Gestão Empresarial** FGV-EAESP 2005. Disponível em <http://www.fgvsp.br/academico>. Acesso em 20/05/2005

Fernandes, A. C. **Scorecard Dinâmico: Dinâmica de Sistemas e Balanced Scorecard**. 2003. 311 p. Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Defesa em Março de 2003. Disponível em <<http://www.gpi.ufrj.br/pdfs/teses/Fernandes - Scorecard Dinamico - Dinamica de Sistemas e BSC - DSc COPPE-UFRJ - 2003.pdf>>. Acesso em 14/04/04

Flood, R.; Carlson, E. R. - **Dealing with Complexity: An Introduction to the Theory and Application of System Science**, Plenum Press, 1993, p. 1-139

Forrester, J. W. **Policies, Decisions, and Information Sources for Modeling** *In* Morecroft, J. D. W. e Sterman, J. D. **Modeling for Learning Organizations**. Portland, Oregon: Productivity Press, 2000. Capítulo 3 p. 51-84

Gitman, L. J. **Princípios de Administração Financeira** São Paulo, Editora Harbra Ltda, 1997, 7a Ed.

Graham, A. K. et al. **Model-Supported Case Studies for Management Education** *In* Morecroft, J. D. W.; Sterman, J. D. **Modeling for Learning Organizations**. Portland, Oregon: Productivity Press, 2000. Capítulo 9 p. 219-242.

Hernant, M. **Resource Management and Profitability in Retailing: How is Grocery Store Productivity Related to Profitability? An Empirical Study** *In* Workshop of Ekonomi- och Verksamhetsstyrning, IX, 2004, Estocolmo – Disponível em <[hera.his.se/iie/MikaelH\\_KTH\\_Paper.pdf](http://hera.his.se/iie/MikaelH_KTH_Paper.pdf)>. Acesso em 20/06/2004.

Intrapairot, A. **A study of the adoption and diffusion of information and communication technologies in the Banking Industry in Thailand using Multiple-Criteria Decision Making and System Dynamics Approaches** - Tese de Doutorado, Curtin University Technology, Defesa em Agosto de 2000. Disponível em <<http://adt.curtin.edu.au/theses/available/adt-WCU20020606.153708/>>. Acesso em 23/10/2003.

Jackson, M.C. **Systems Approaches to Management** Local: Kluwer Academic/ Plenum Publishers, 2000, 448 p.

Jackson, M. C. **Systems Methodology for the Management Sciences**. New York: Plenum Press, 1991, 298 p.

Kaplan, R. S.; Norton, D. P. **A Estratégia em Ação: Balanced Scorecard**, 12<sup>o</sup> Ed., Editora Campus, 1997, 360p.

Lakatos, E. M.; Marconi, M. A. **Fundamentos da Metodologia Científica** São Paulo Editora Atlas, 1986

Lakatos, E. M.; Marconi, M. A. **Metodologia Científica**, Editora Atlas, 3a ed. São Paulo, 2000

Lusch, R.; Dunne P. **Retail Management**, Cincinnati: South Western Publishing Co., 1990, 881 p.

Maani, K. E.; Cavana, R. Y. **Systems Thinking and Modelling: Understanding change and complexity**. New Zealand: Pearson Education, 2000, 262 p.

Maximiano, A. C. A. **Introdução à Administração** São Paulo Editora Atlas 3a Ed. São Paulo 1995

MIT System Dynamics in Education Project - **Road Maps: A Guide to Learning System Dynamics**. Disponível em <<http://sysdyn.clexchange.org/road-maps/>>. Acesso em 03/02/2004.

Morecroft, J. D. W.; Sterman, J. D. (*Org.*) **Modeling for Learning Organizations**. Portland, Oregon: Productivity Press, 2000. 400p.

Morecroft, J. D. W. **Executive Knowledge, Models and Learning** *In* Morecroft, J. D. W.; Sterman, J. D. **Modeling for Learning Organizations**. Portland, Oregon: Productivity Press, 2000. Capítulo 1 p. 3-28

Moreira, D. A. **Administração da Produção e Operações** São Paulo, Pioneira Thomson Learning, 2001, 619 p.

Nonaka, I. – **A Empresa Criadora de Conhecimento** *In* Harvard Business Review **Gestão do Conhecimento** Rio de Janeiro: Editora Campus, 2000 6a Edição

Parente, J. **Varejo no Brasil: Gestão e Estratégia** São Paulo Editora Atlas 2000 388 p.

Revista Super Hiper, São Paulo, Linear Gráfica Serv. Editoriais, n. 340, 02/2004a

Revista Super Hiper, São Paulo, Linear Gráfica Serv. Editoriais, n. 347, 09/2004b

Ring, L. F. et al. **The Strategic Resource Management (SRM) model revisited** - *International Journal of Retail and Distribution Management* vol. 30, n. 11, p. 544, 2002

Rogers, D. S et al. **Retail Management: new perspectives** 2nd Ed. Dryden Press, 1992, 535 p.

Saunders, J. H. **Information Technology Organization Management Flight Simulator (ITOFS)**. Disponível em <http://users.erols.com/jsaunders/umuc641/Itfsmain.htm>. Acesso em 14/02/2004.

Saunders, J. H. **The Management Flight Simulator**. Disponível em <http://users.erols.com/jsaunders/umuc641/mfs.htm>. Acesso em 14/02/2004

Senge, P. M. **A Quinta Disciplina: Arte e Prática da organização de aprendizagem**. 13a edição. São Paulo: Best Seller, 2002, 441 p.

Sterman, J. D. **Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World**. Boston: Mc Graw Hill, 2000, 982 p.

Rojo, F. J. G. **Supermercados no Brasil** São Paulo, Editora Atlas, 1998, 175 p.

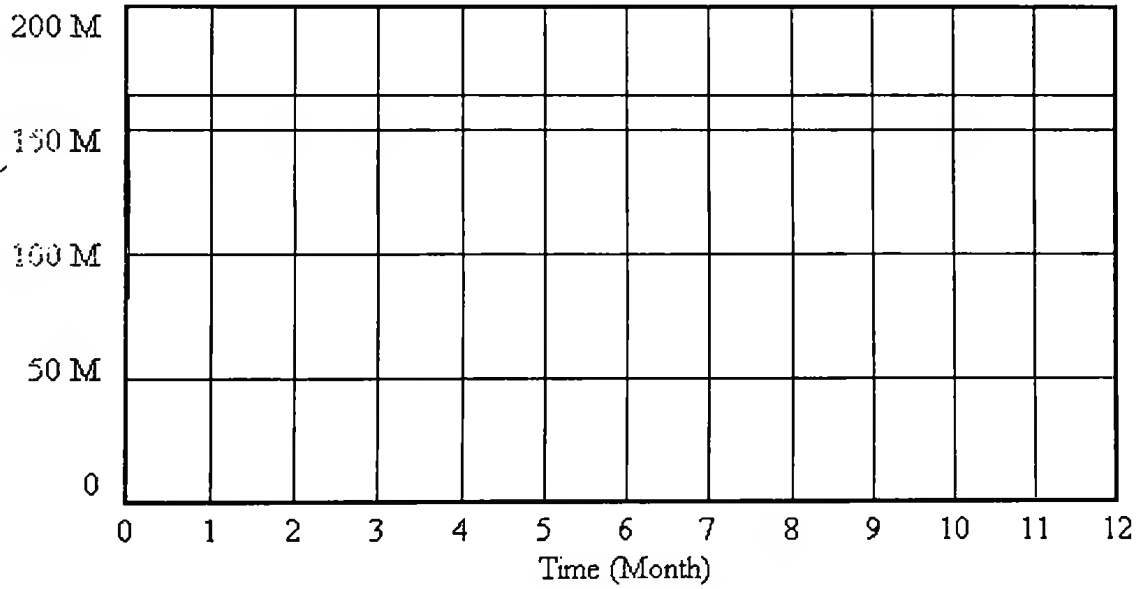
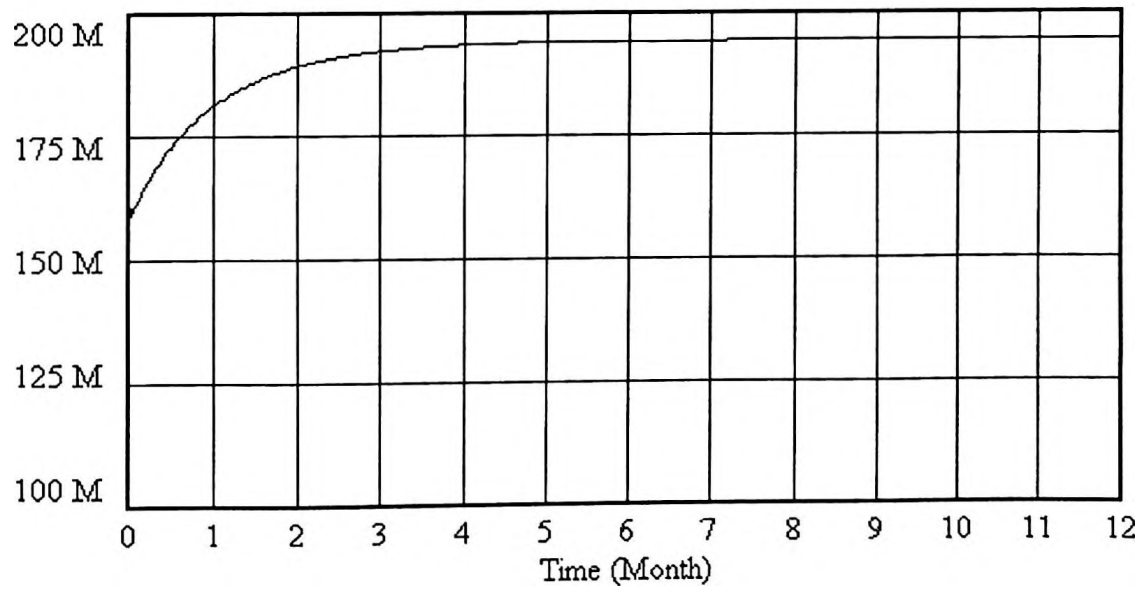
Shannon, R. E. **Systems simulation: the art and science**, Englewood Cliffs, N.J. Prentice Hall, 1975

**ANEXOS**

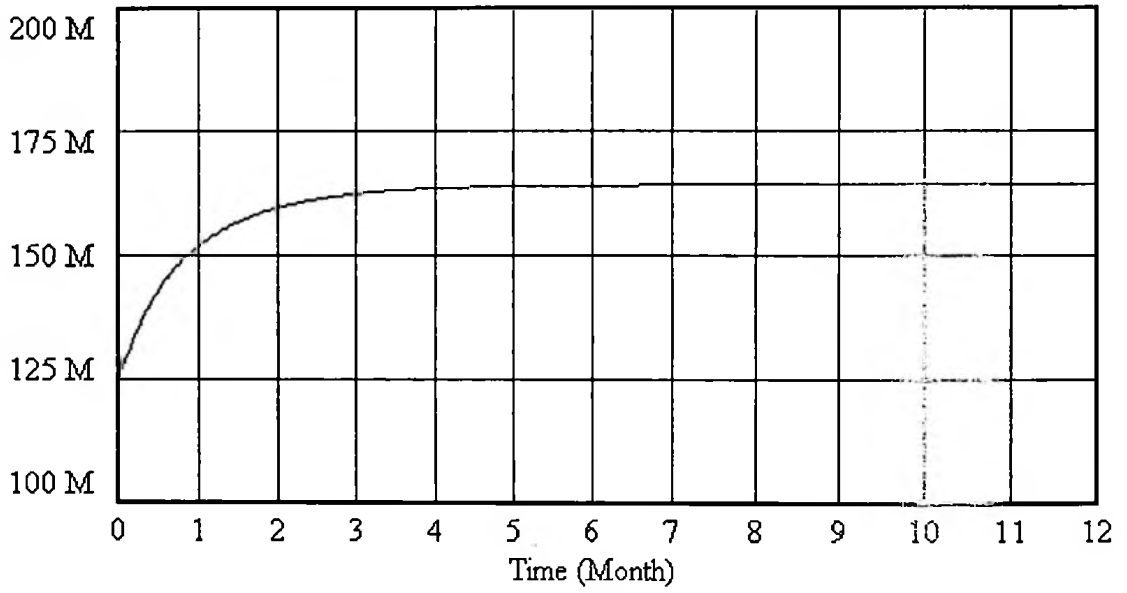
ANEXO A – Resultados das Simulações do Primeiro Caso .....	127
ANEXO B – Resultados das Simulações do Segundo Caso .....	143
ANEXO C – Resultados das Simulações do Terceiro Caso .....	148
ANEXO D – Resultados das Simulações do Quarto Caso .....	157



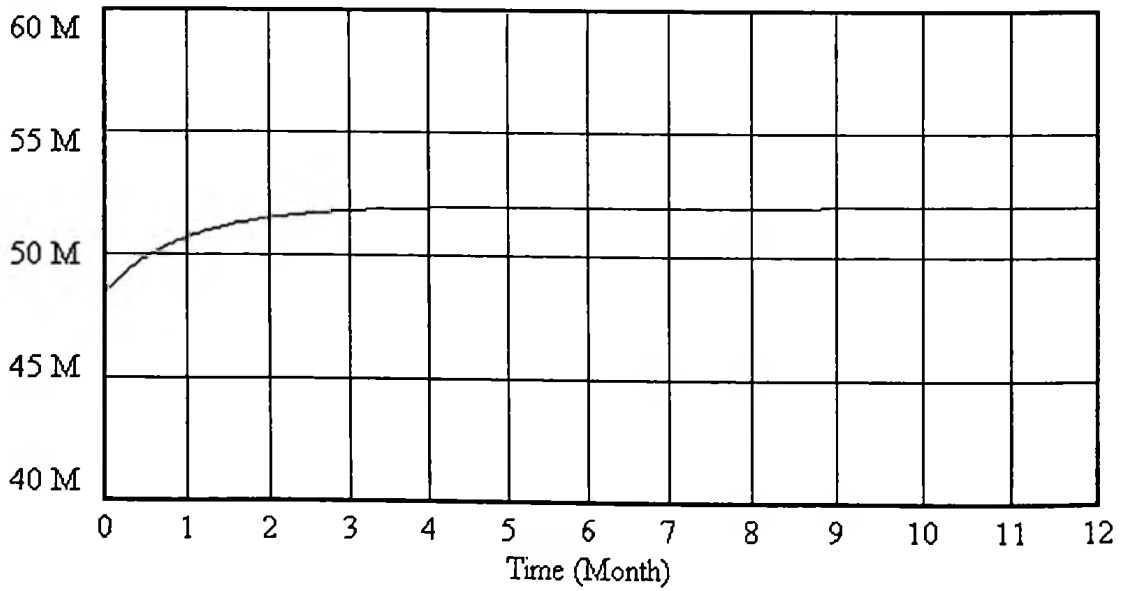


**ANEXO A - Resultados das Simulações do Primeiro Caso****Resultados das Simulações com Investimentos = 0% da Margem Líquida****Compras****Mercadorias**

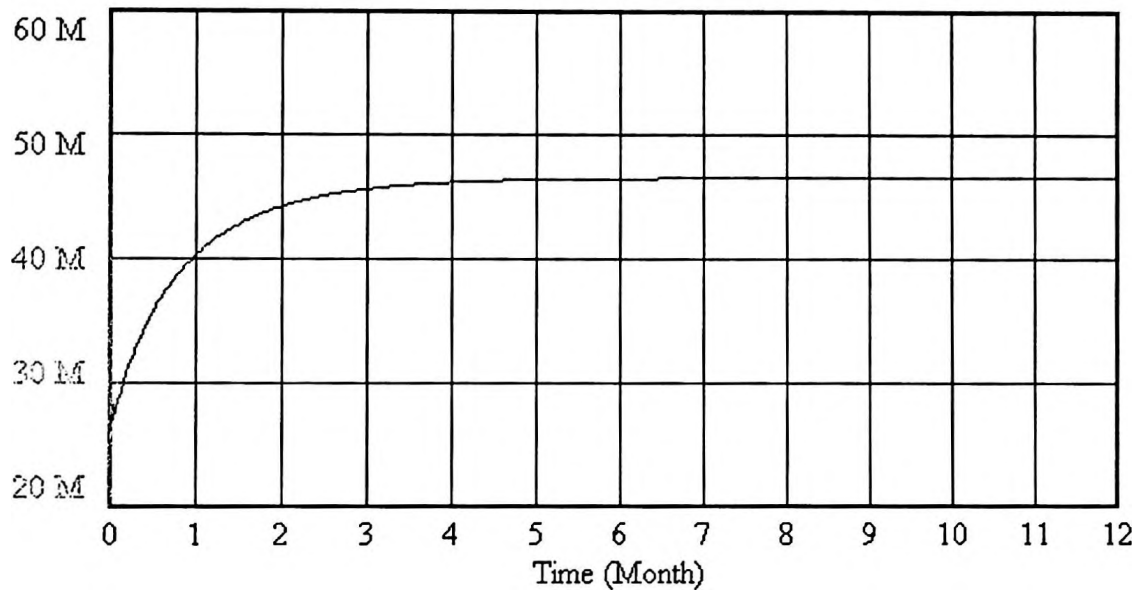
### Vendas



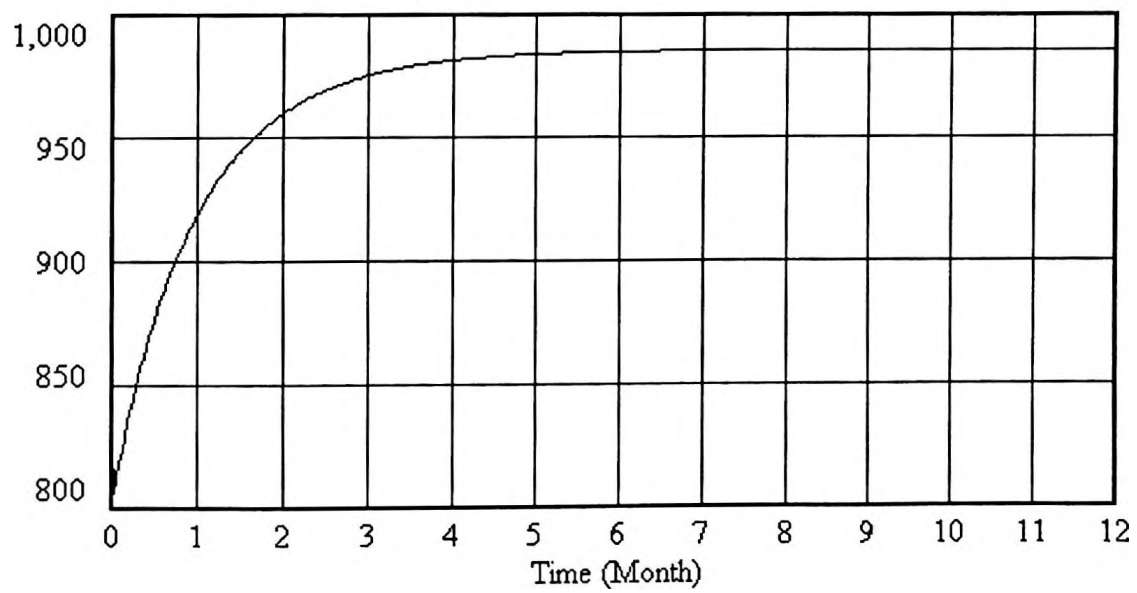
### Custos Operacionais



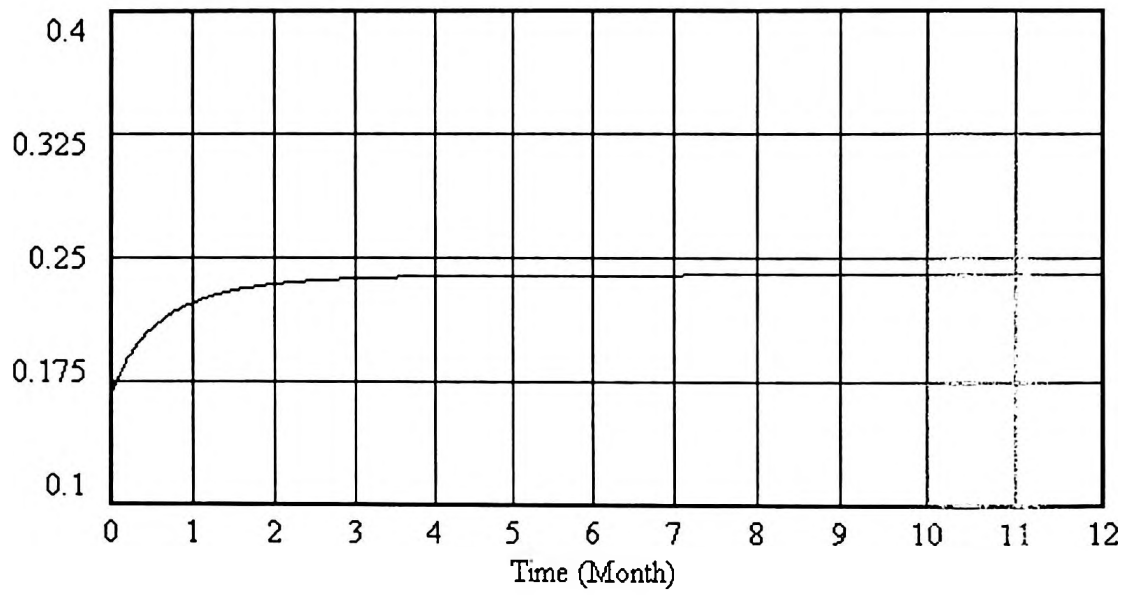
Margem Liquida



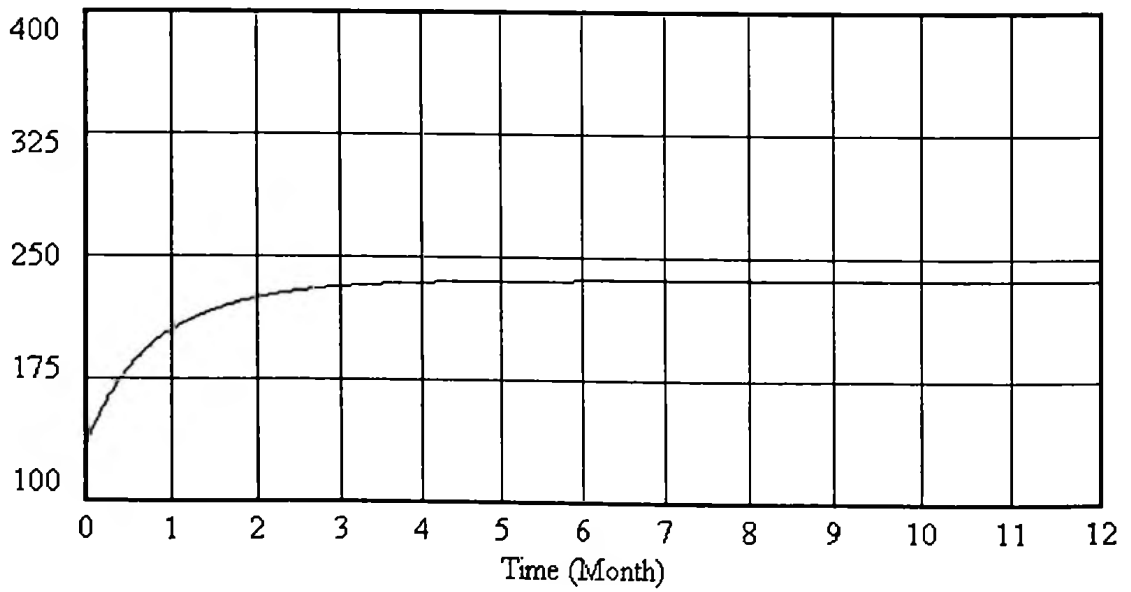
Densidade de Mercadoria

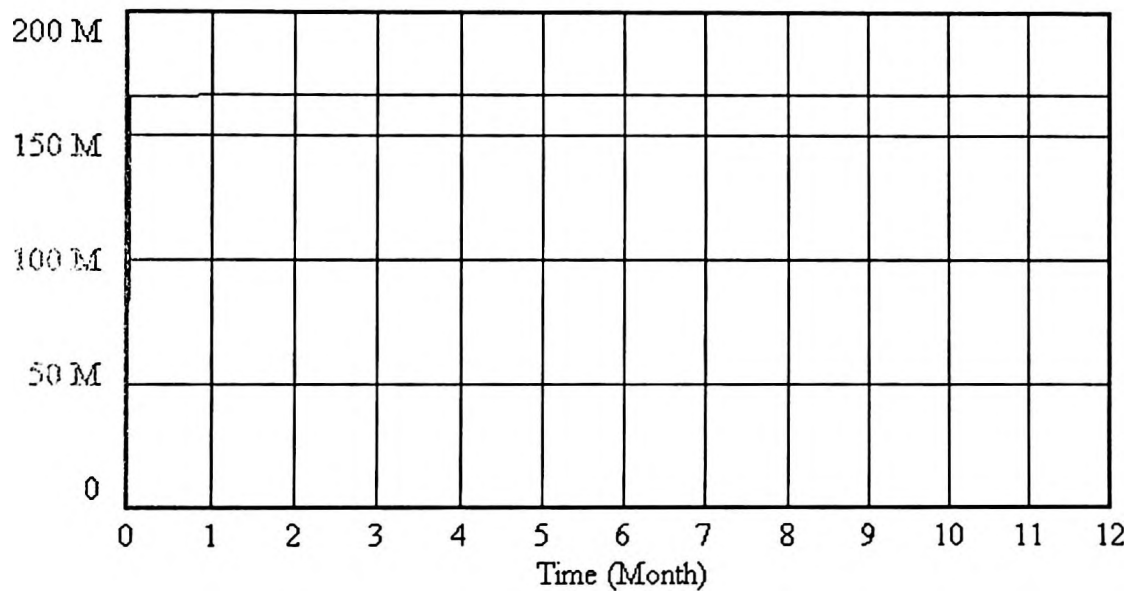
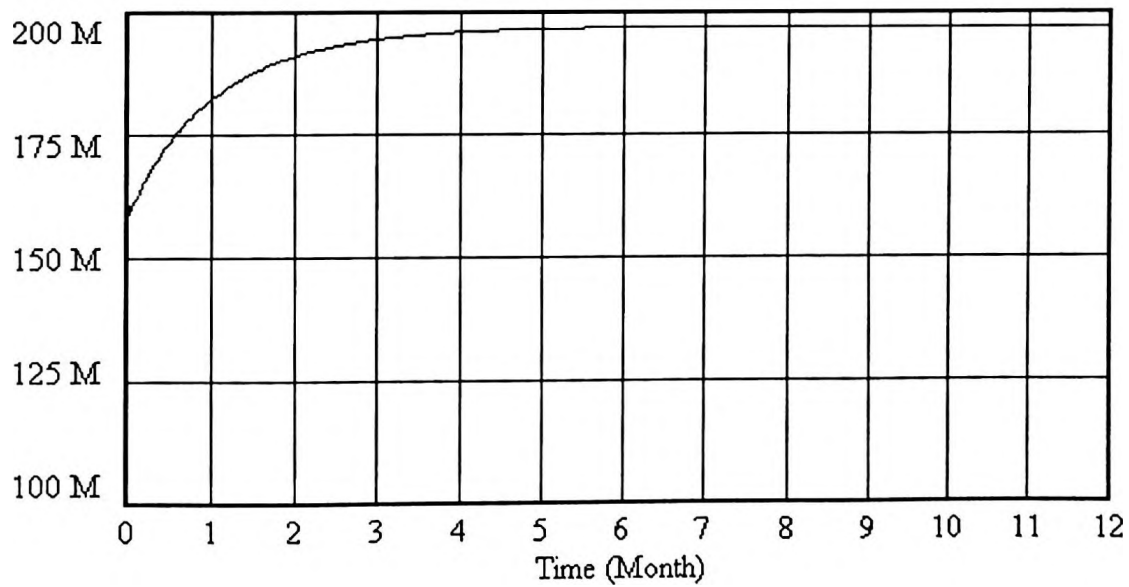


NMROI

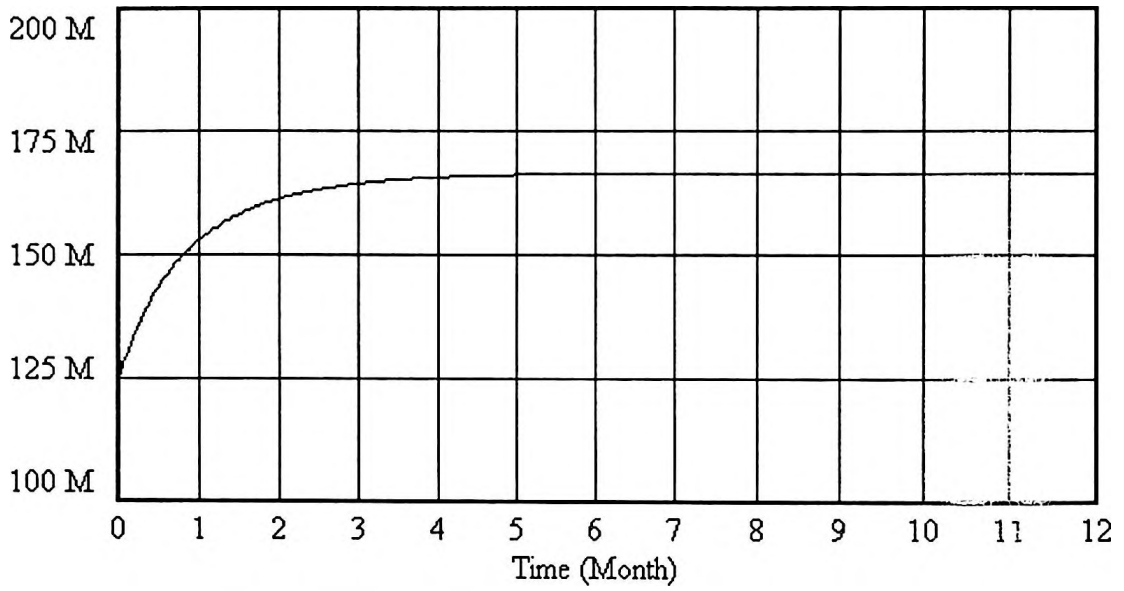


NMROF

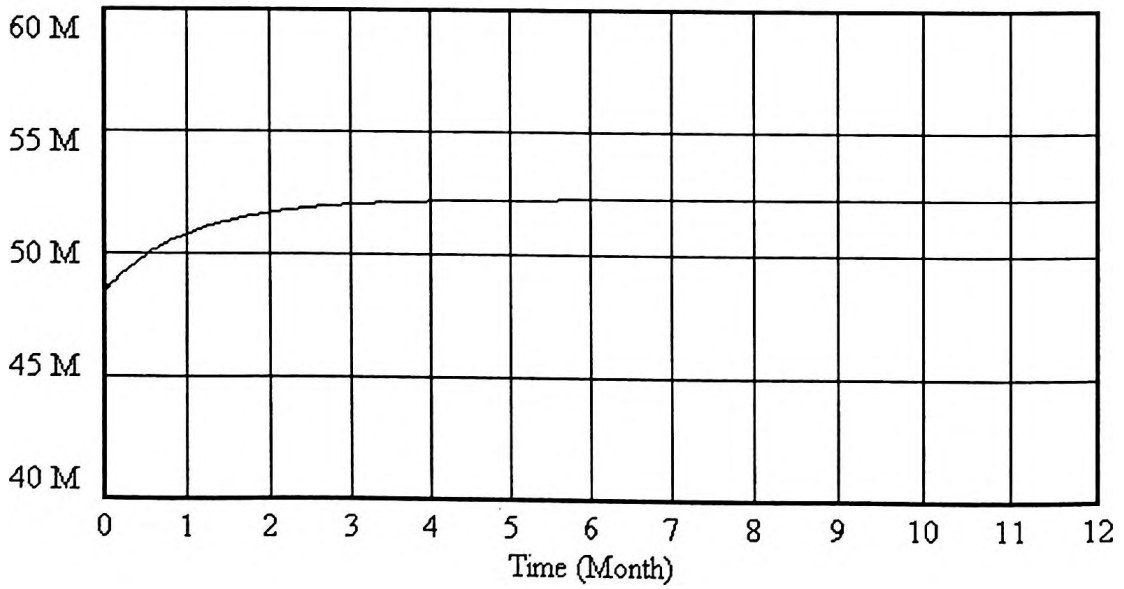


**Resultados das Simulações com Investimentos = 5% da Margem Líquida****Compras****Mercadorias**

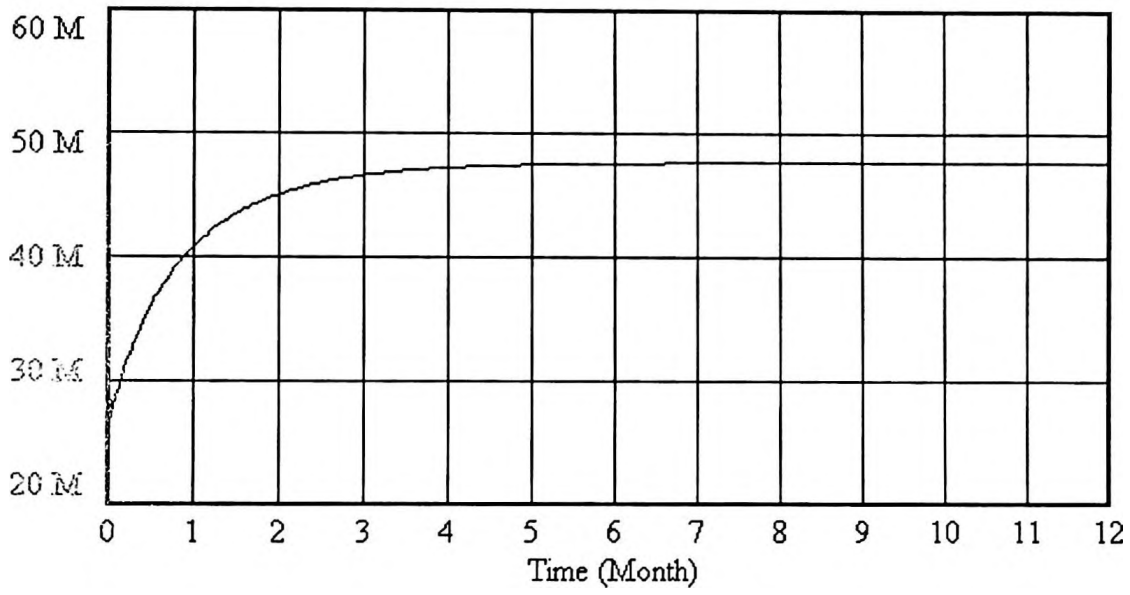
## Vendas



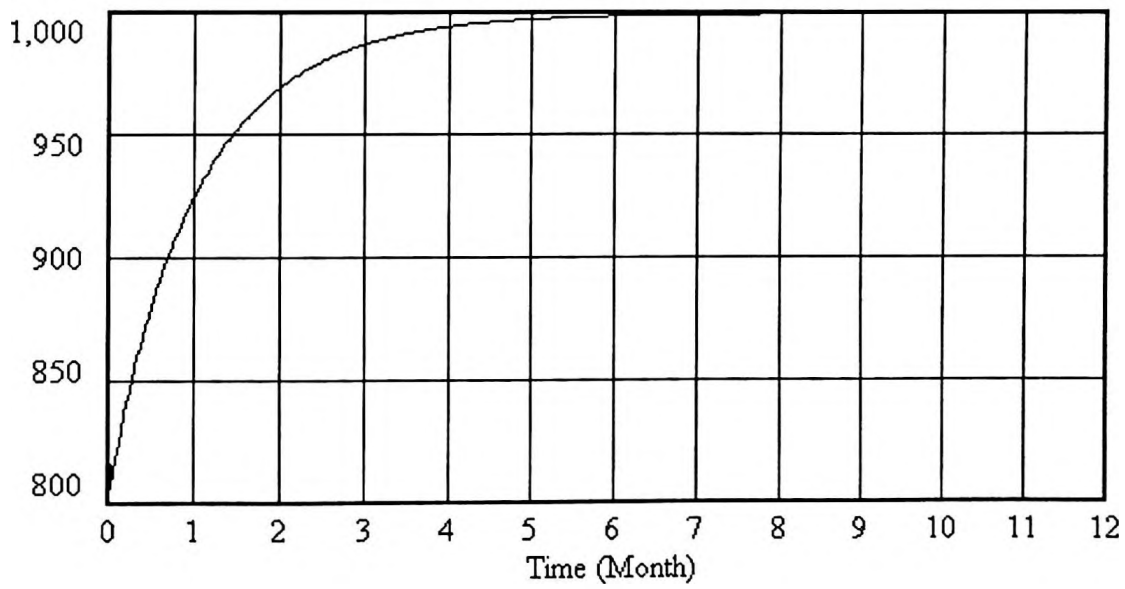
## Custos Operacionais



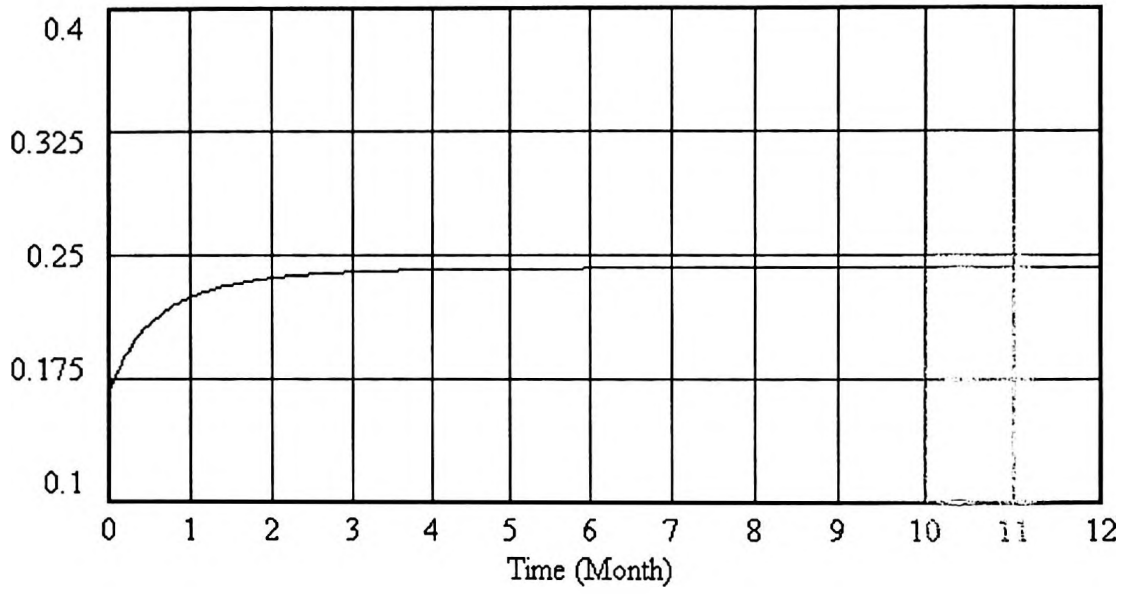
### Margem Liquida



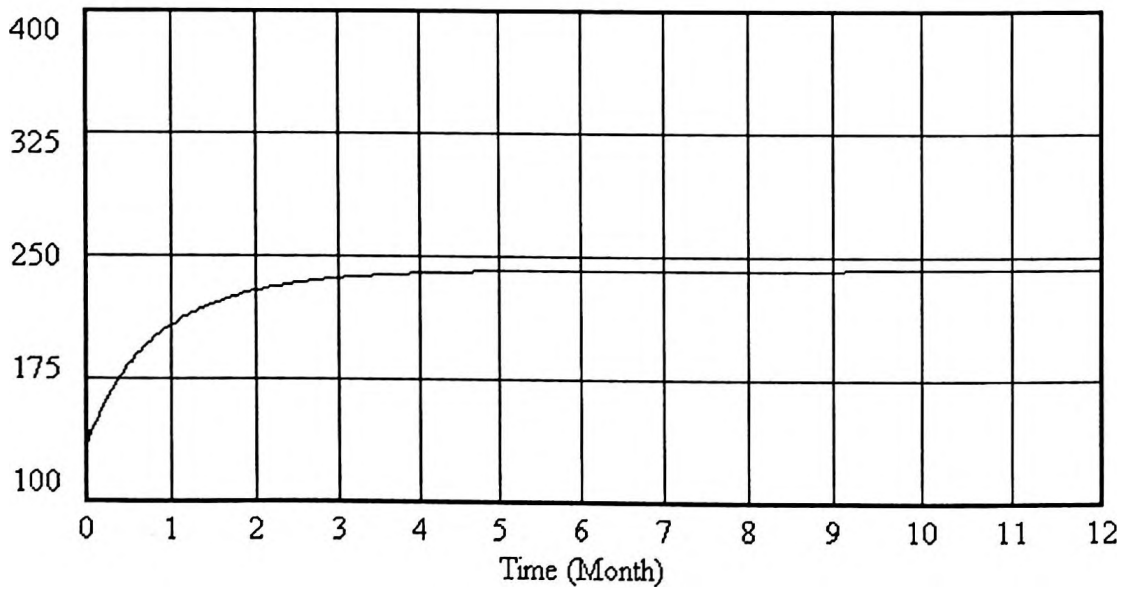
### Densidade de Mercadoria



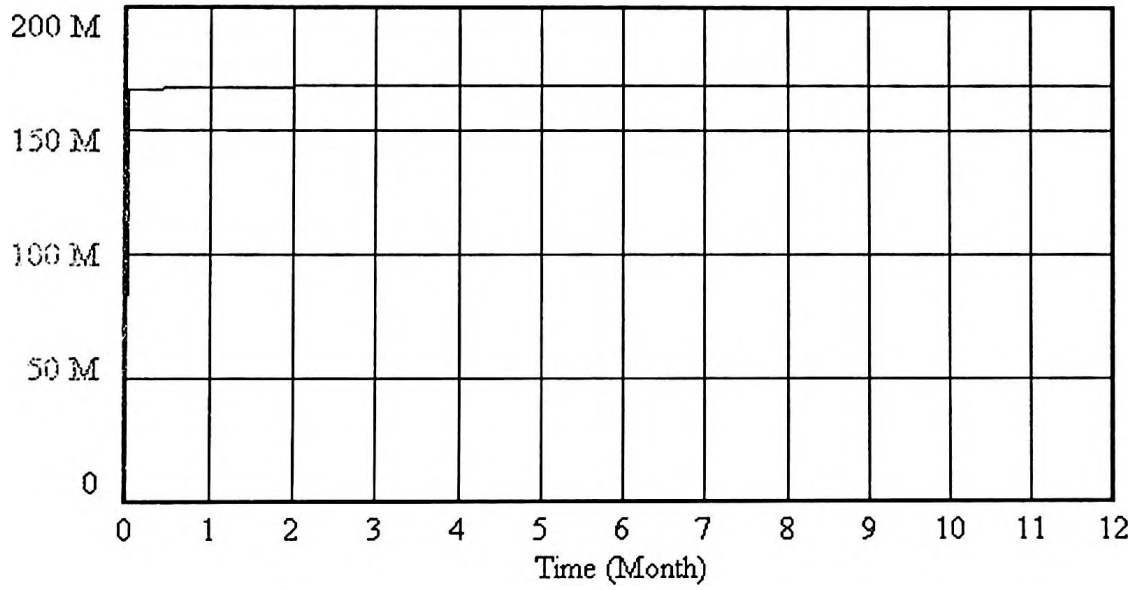
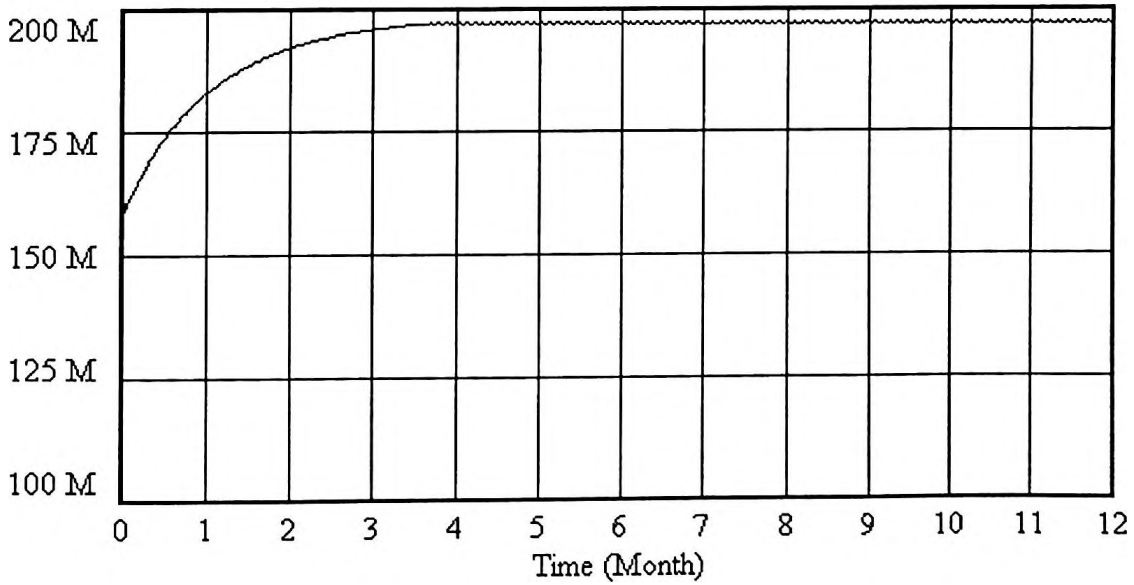
NMROI



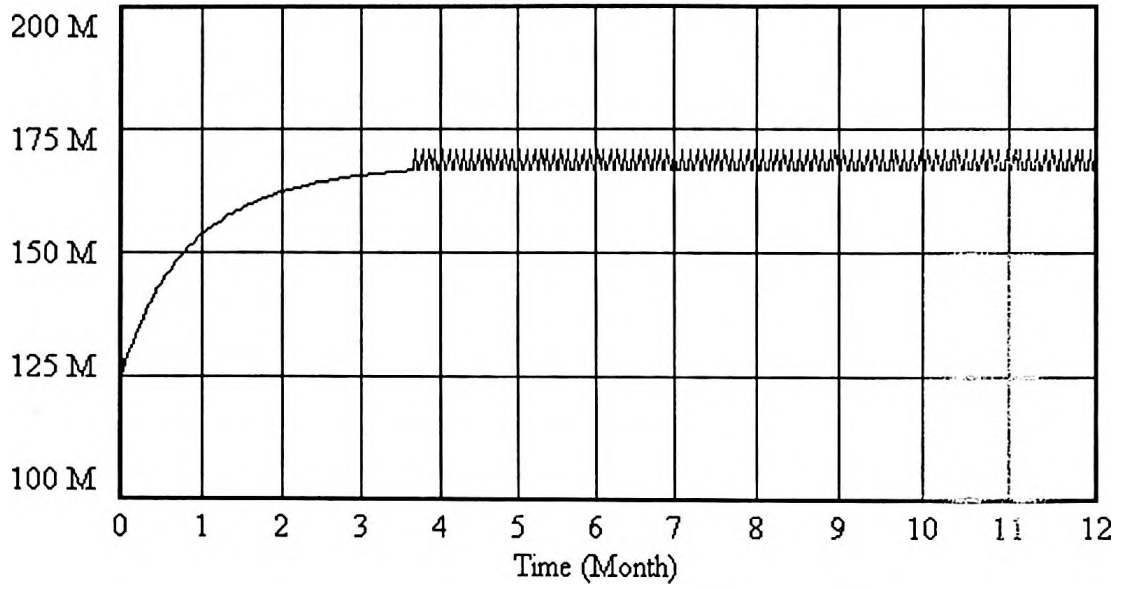
NMROF



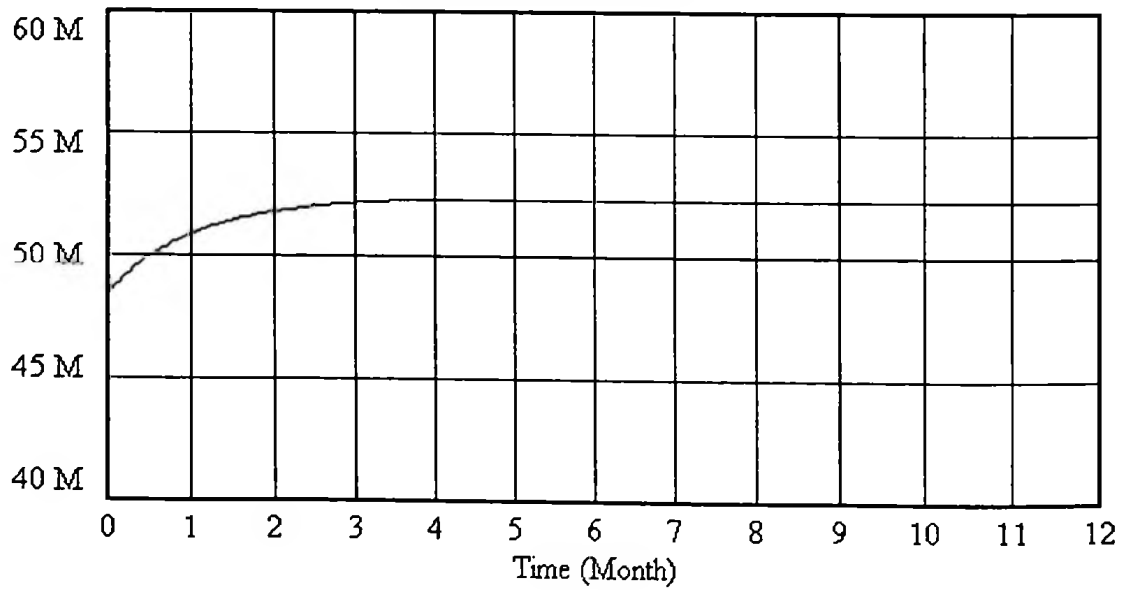


**Resultados das Simulações com Investimentos = 8% da Margem Líquida****Compras****Mercadorias**

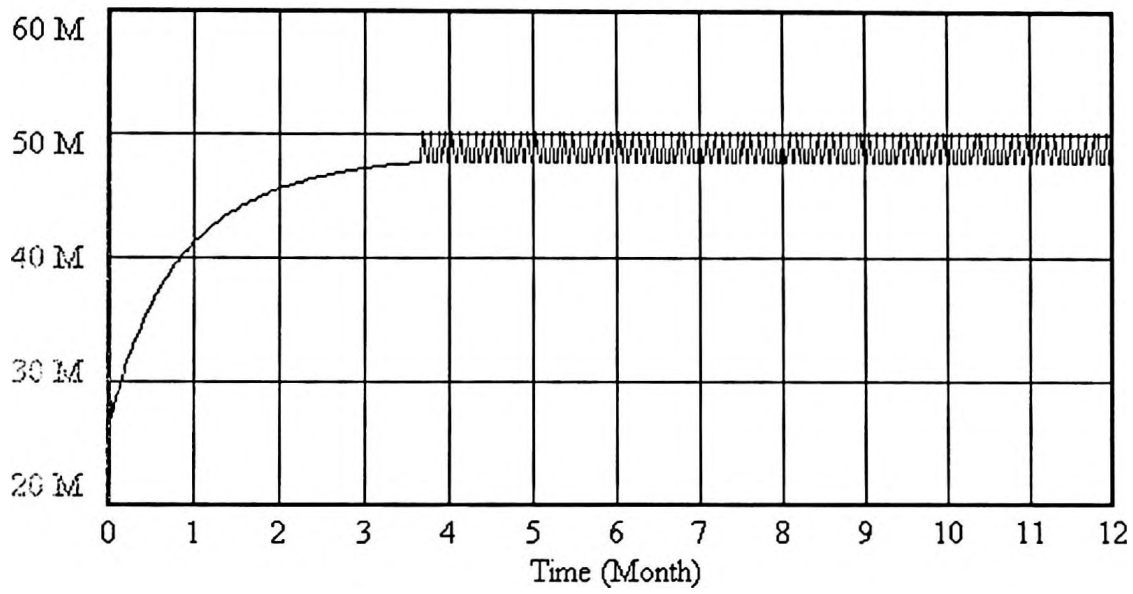
### Vendas



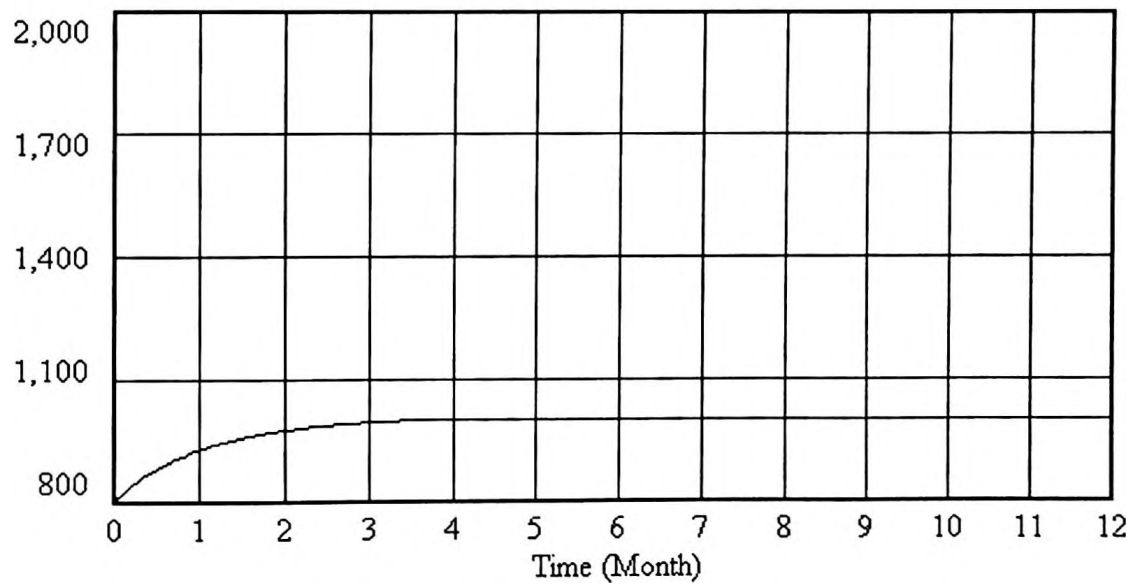
### Custos Operacionais



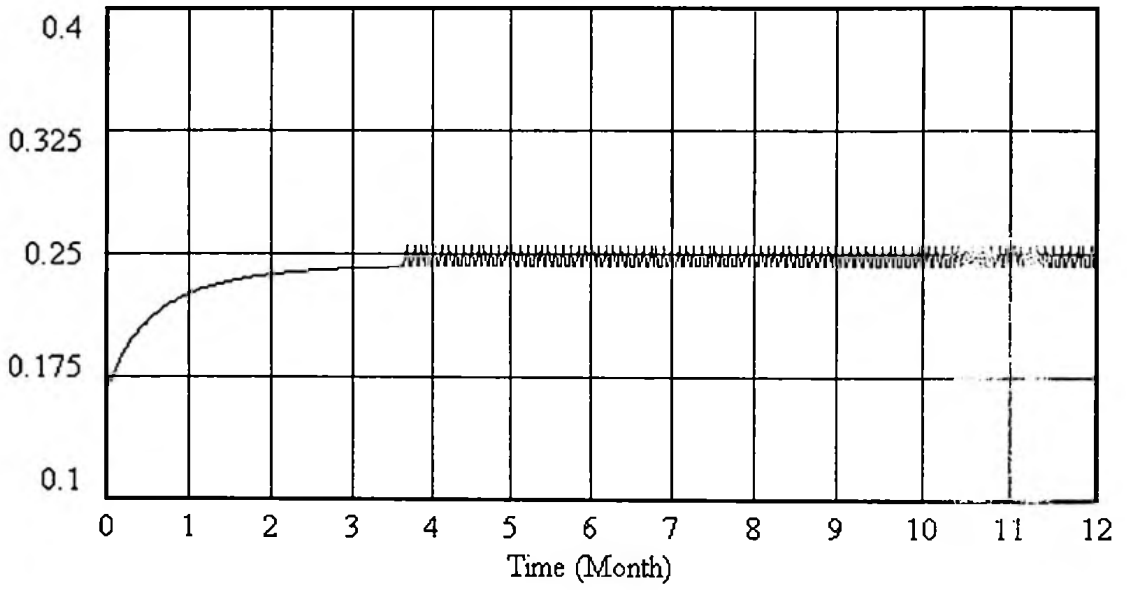
### Margem Liquida



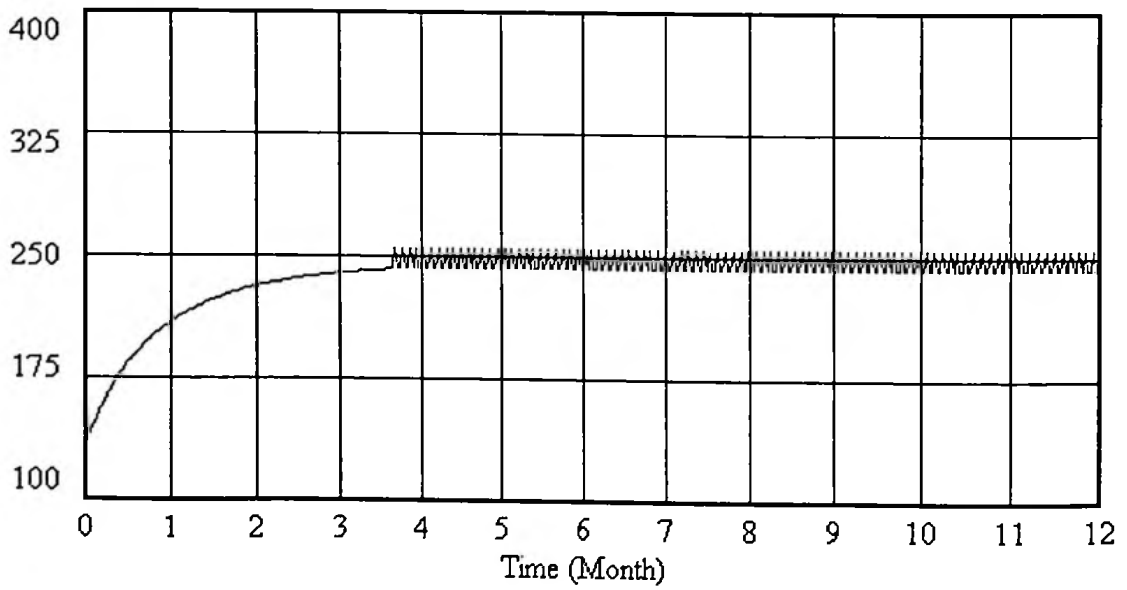
### Densidade de Mercadoria

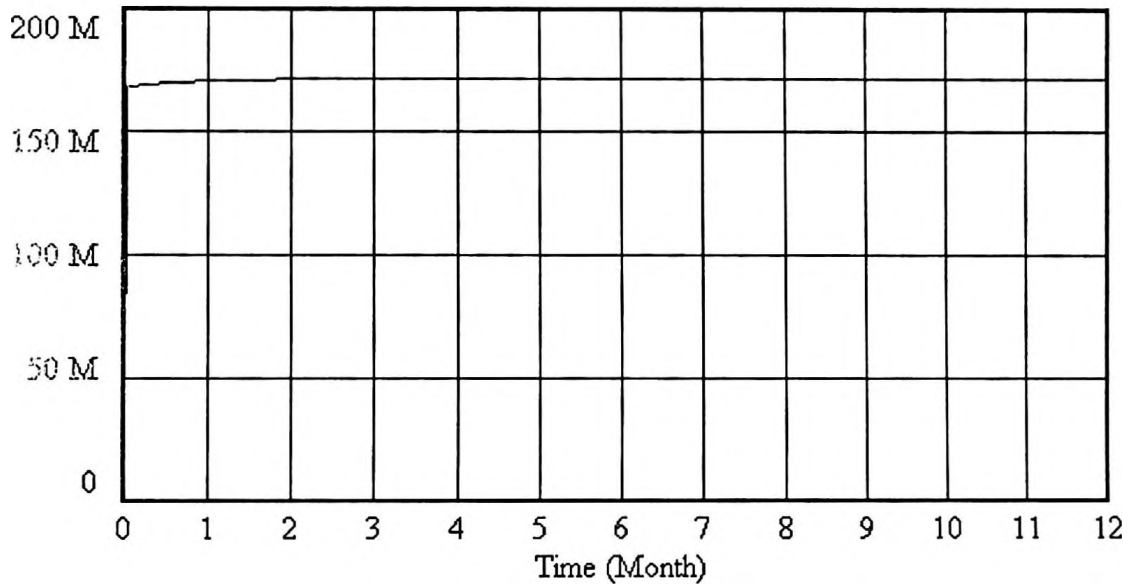
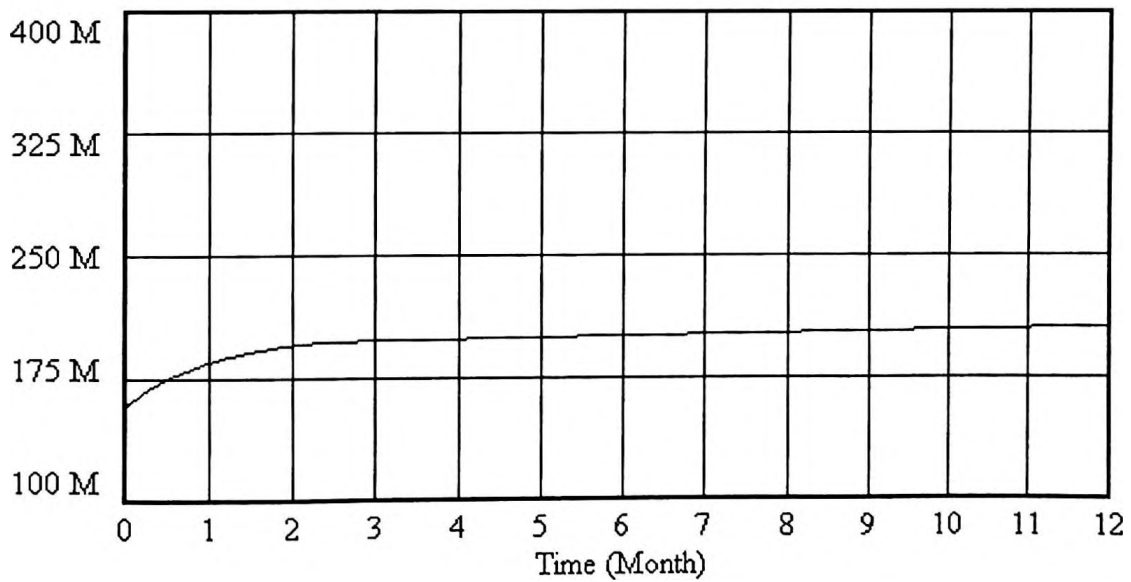


NMROI

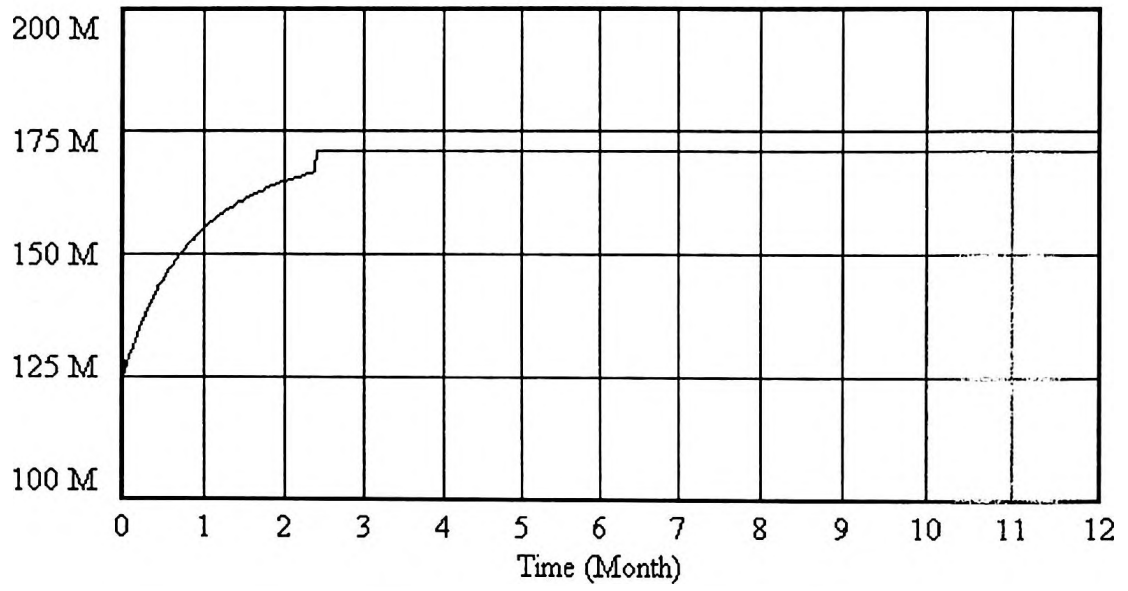


NMROF

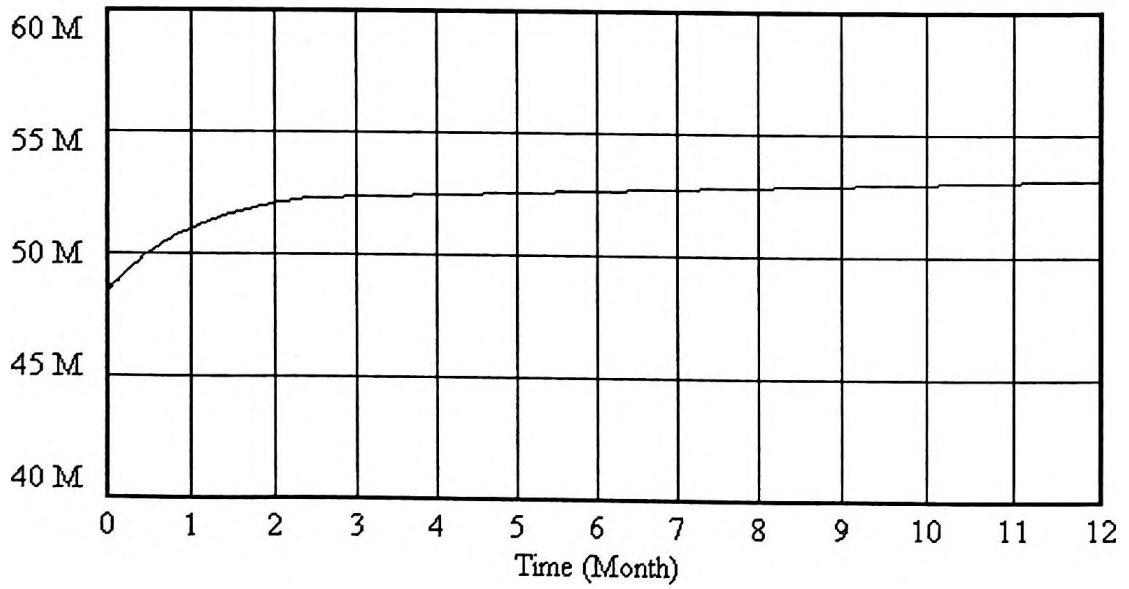


**Resultados das Simulações com Investimentos = 15% da Margem Líquida****Compras****Mercadorias**

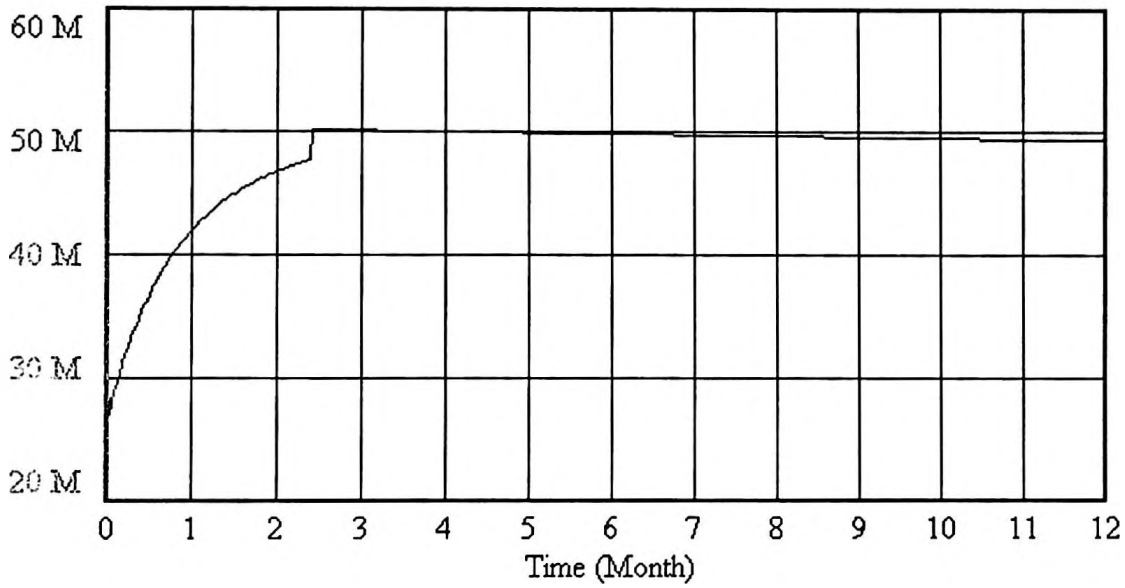
## Vendas



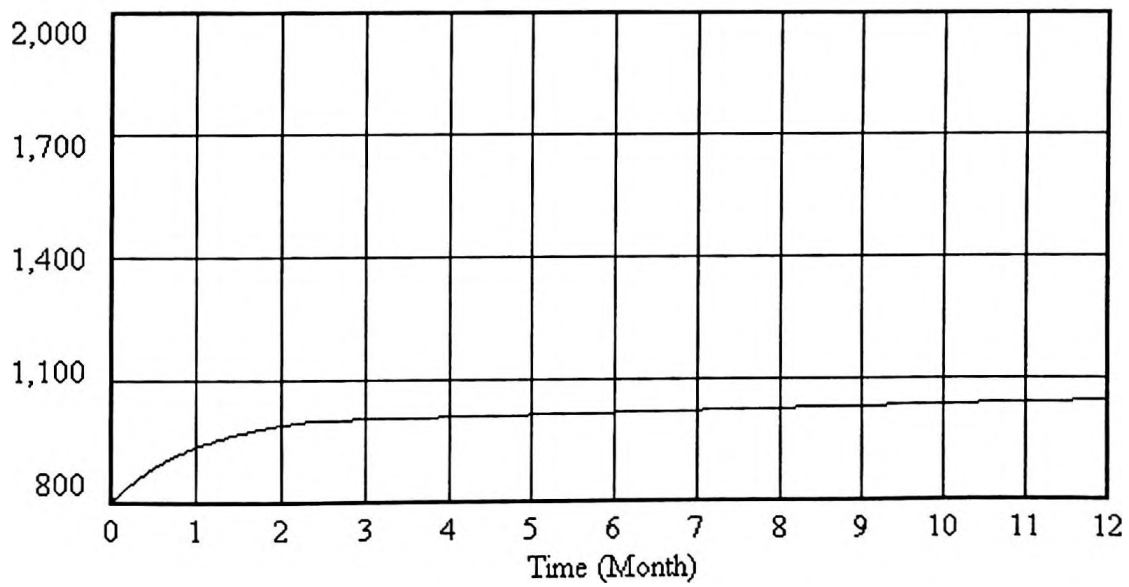
## Custos Operacionais



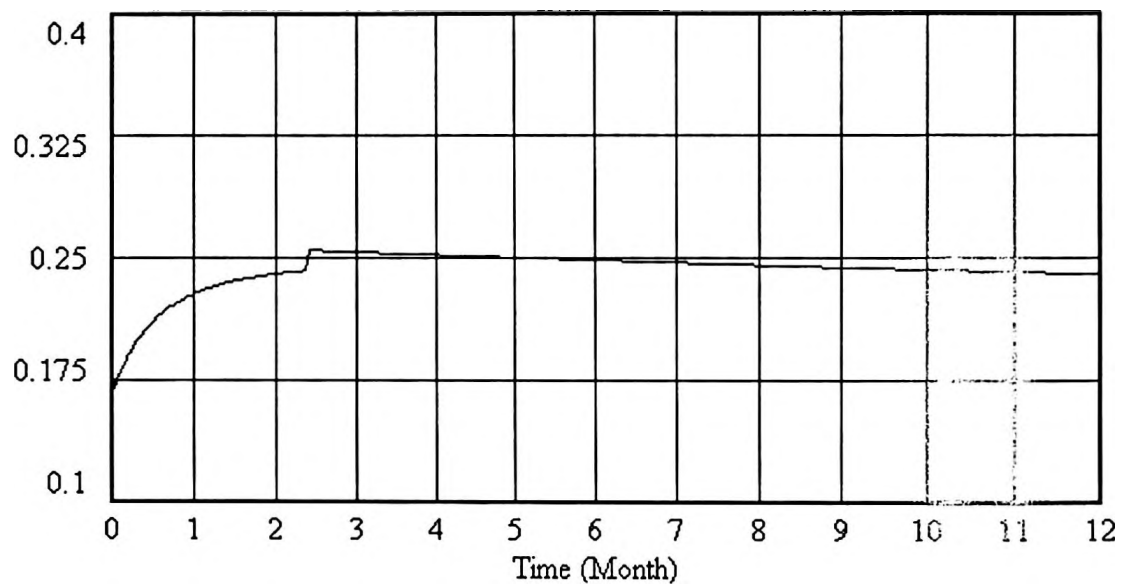
### Margem Liquida



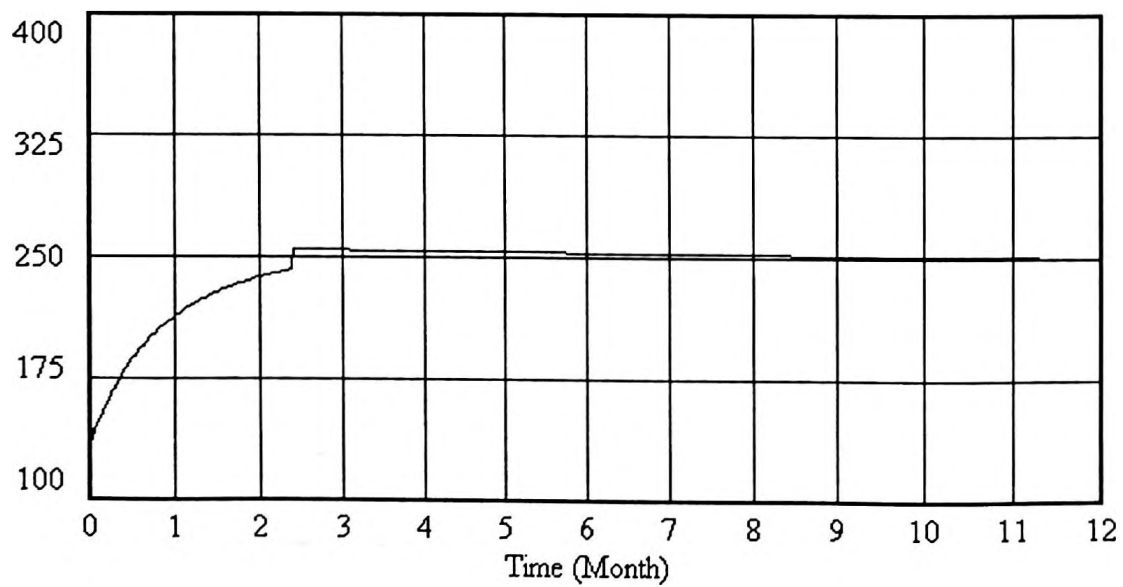
### Densidade de Mercadoria



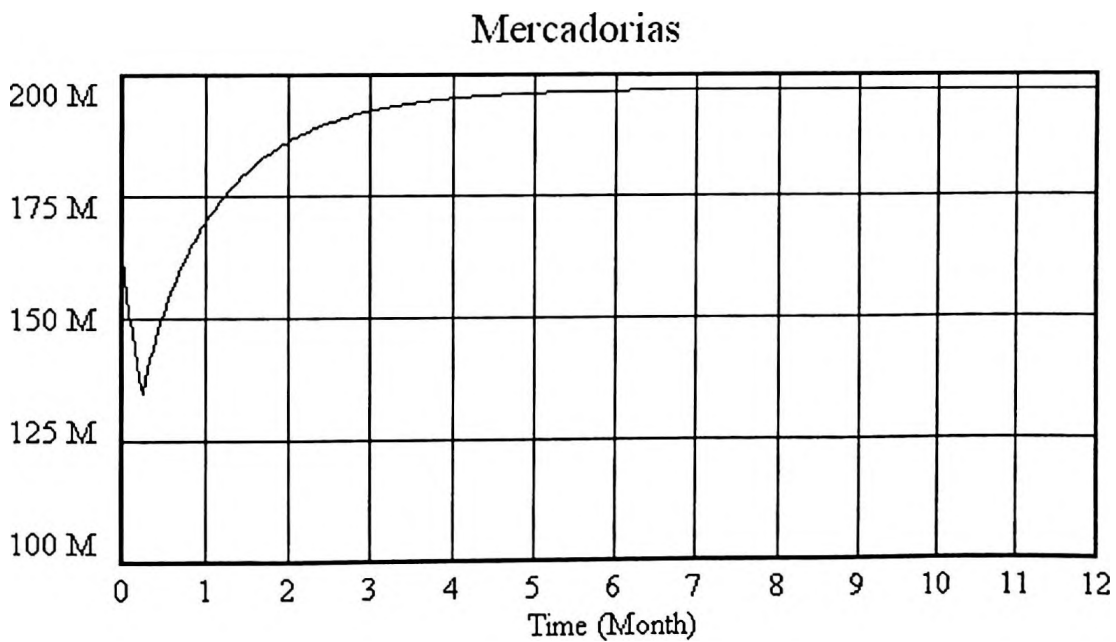
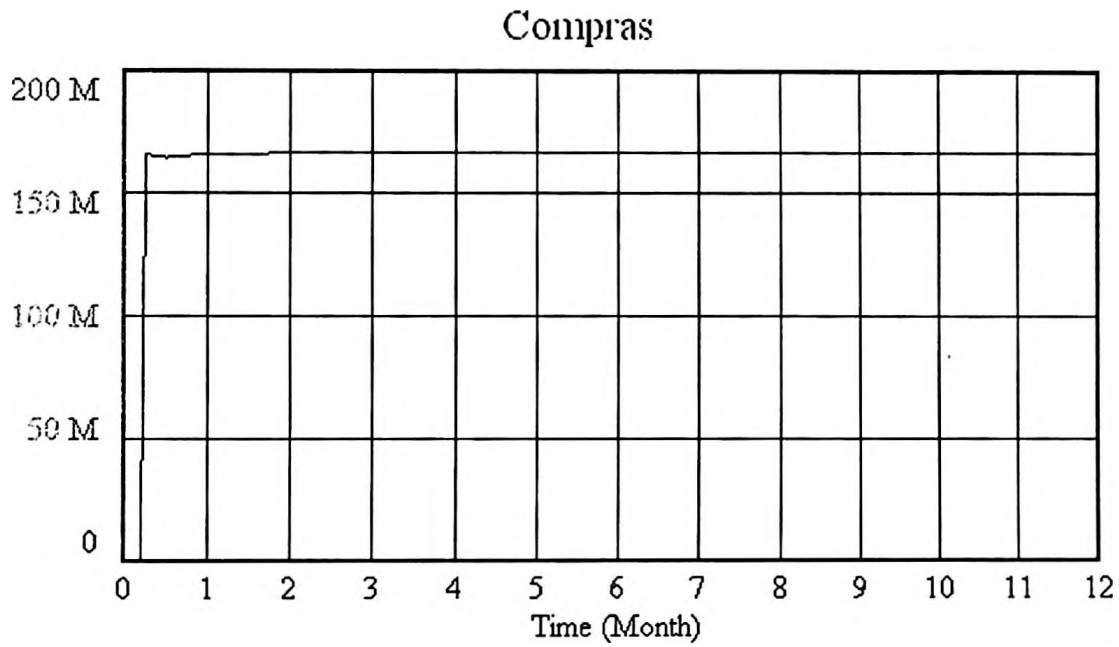
NMROI



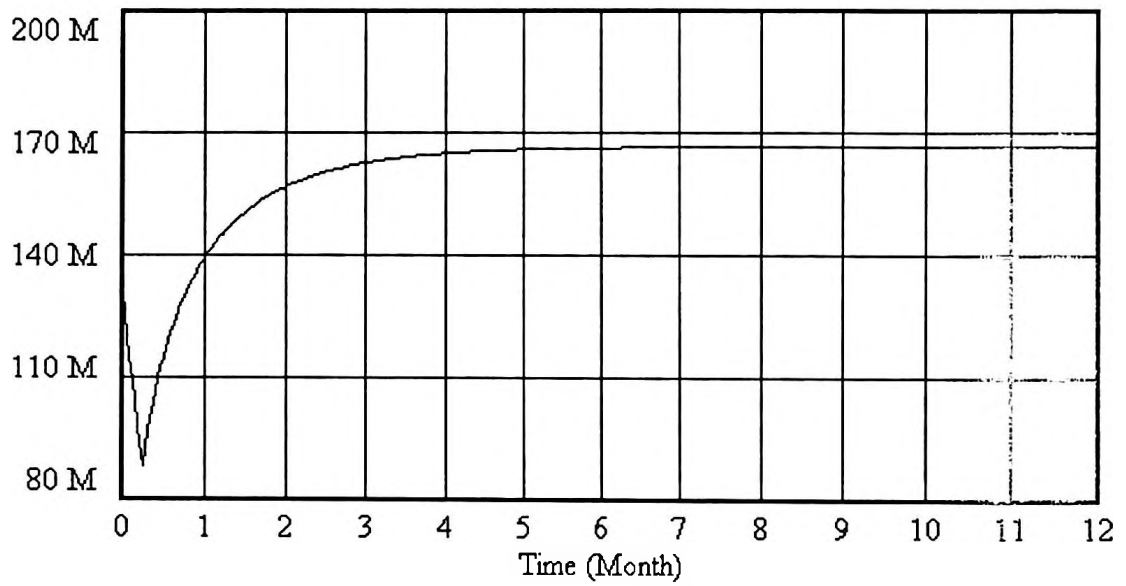
NMROF



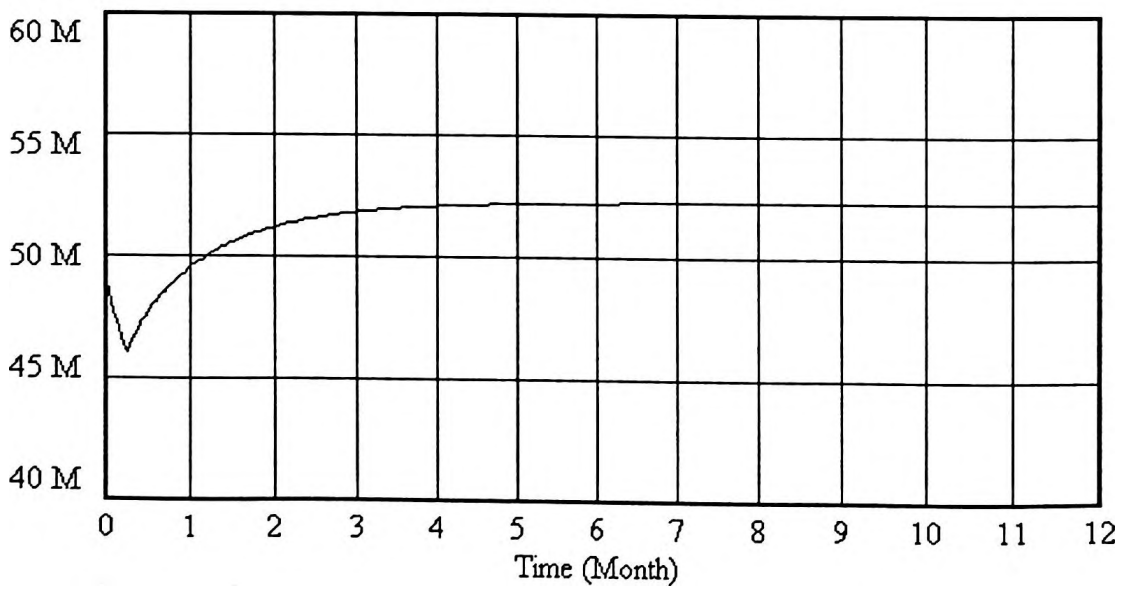


**B - Resultados das Simulações do Segundo Caso****Resultados das Simulações com Defasagem = 0,25 mês (1 semana)**

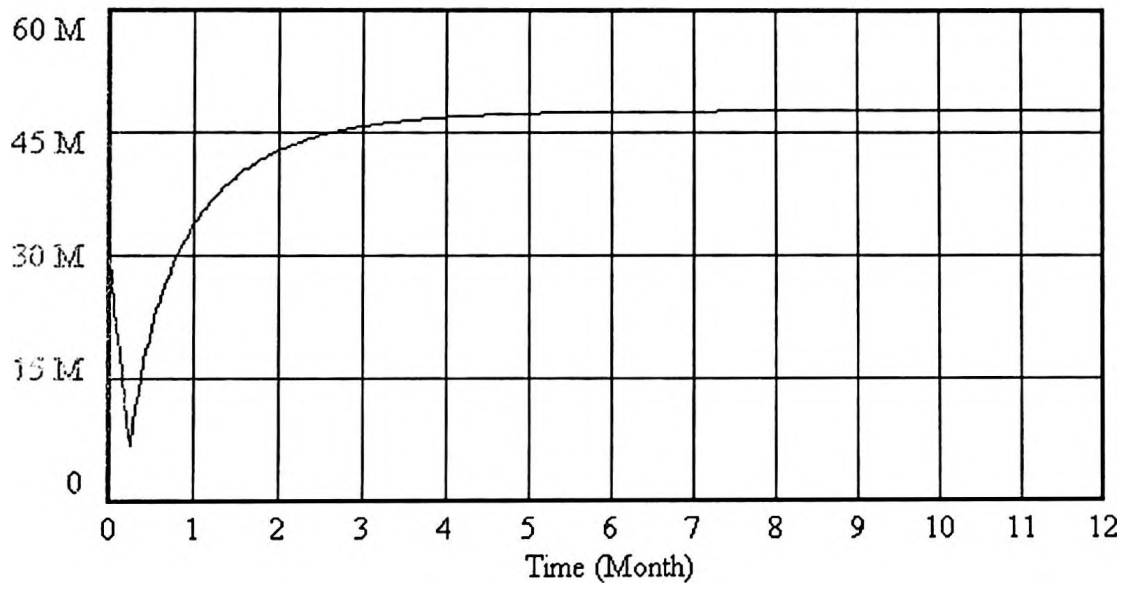
## Vendas



## Custos Operacionais

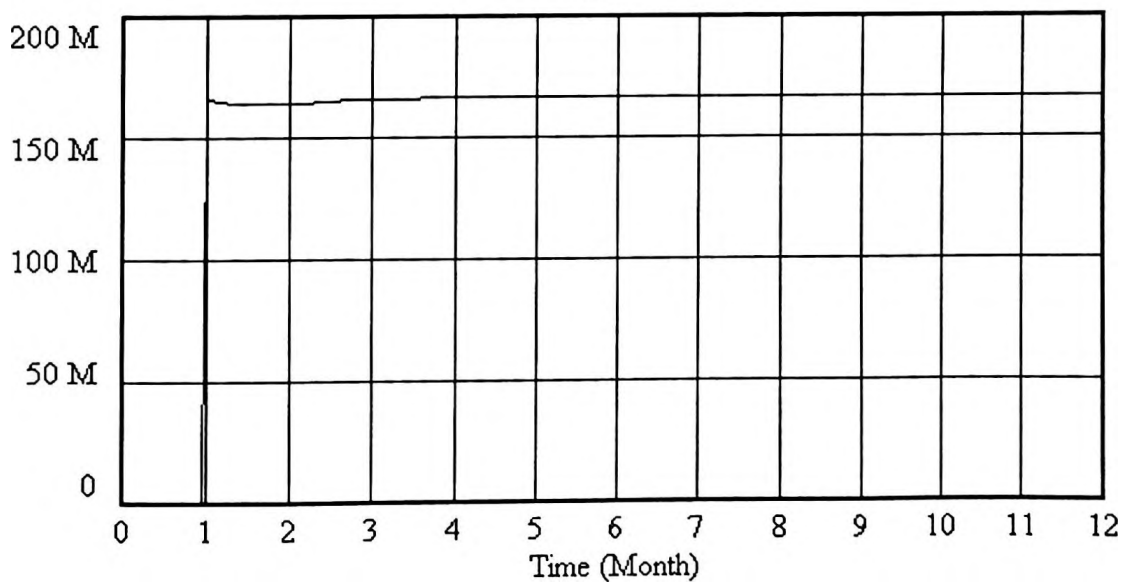


### Margem Liquida

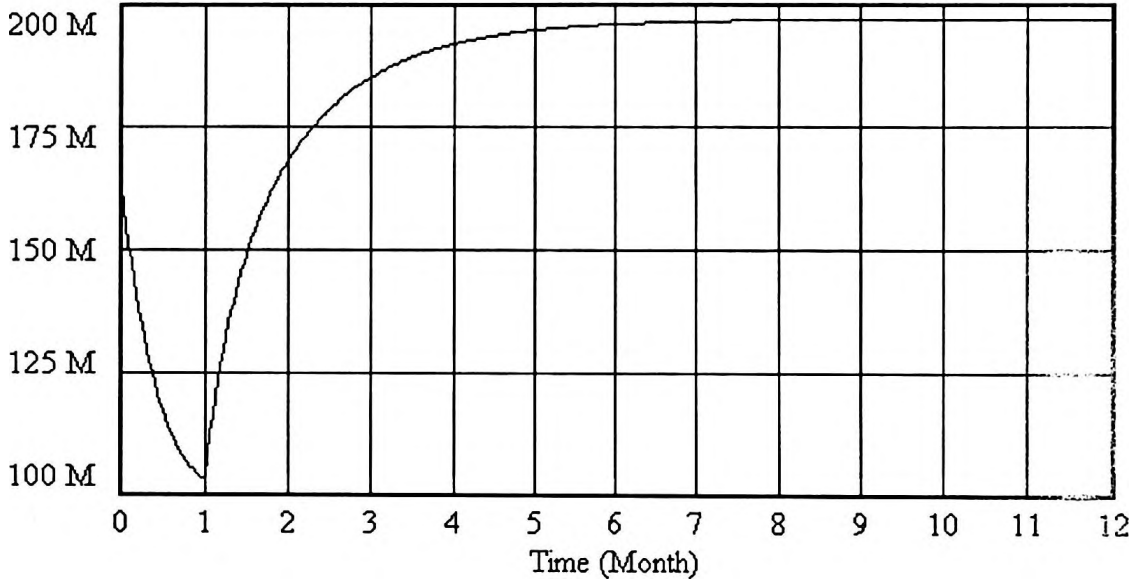


### Resultados das Simulações com Defasagem = 1 mês

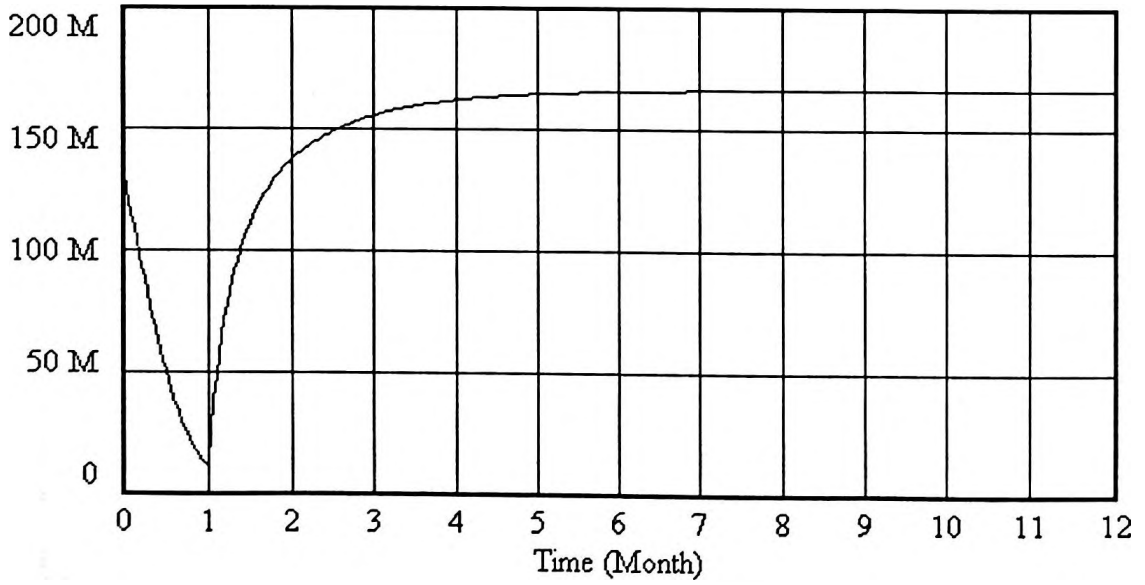
### Compras



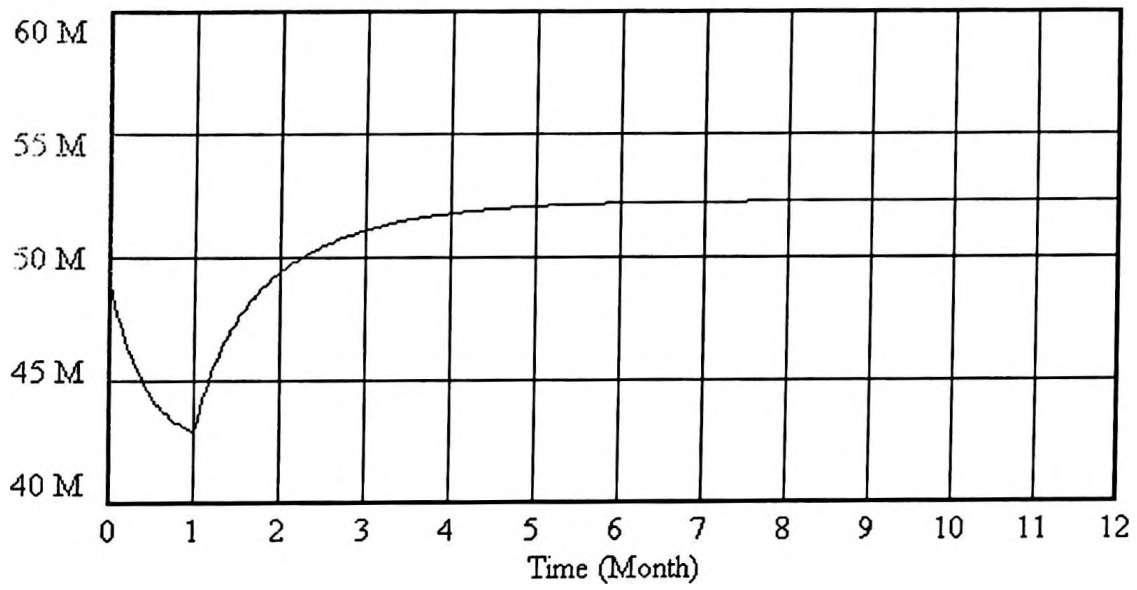
### Mercadorias



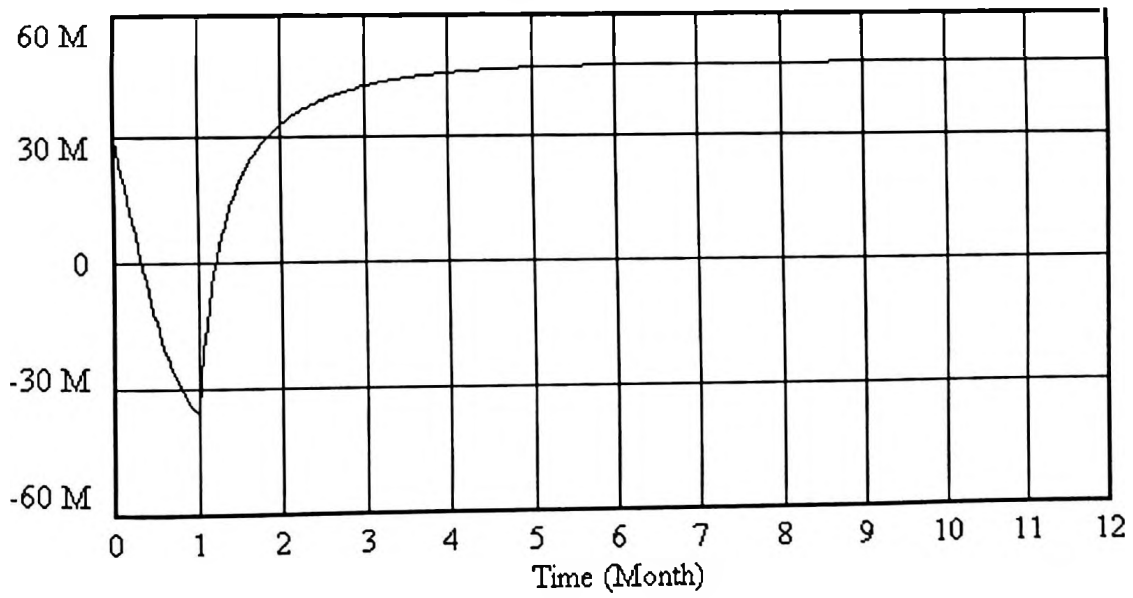
### Vendas



### Custos Operacionais

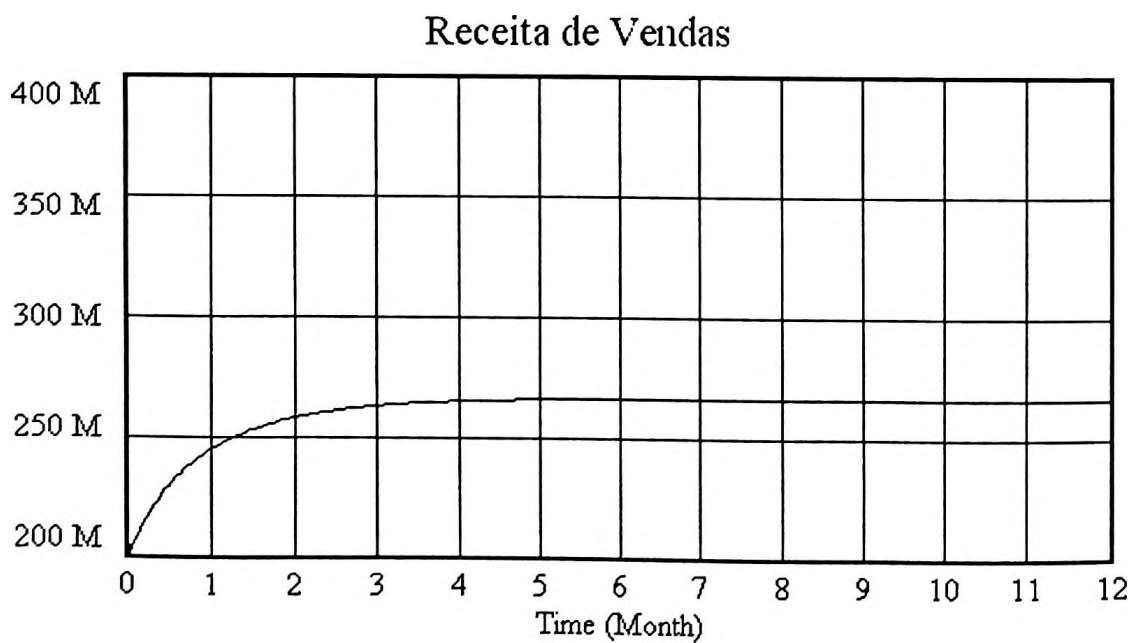
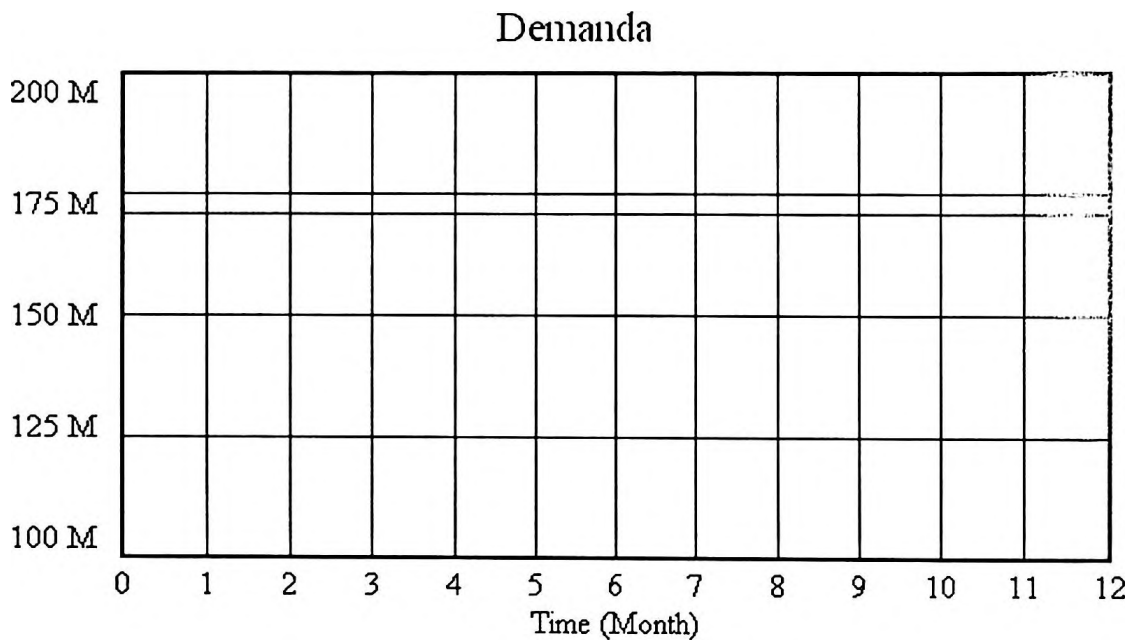


### Margem Líquida

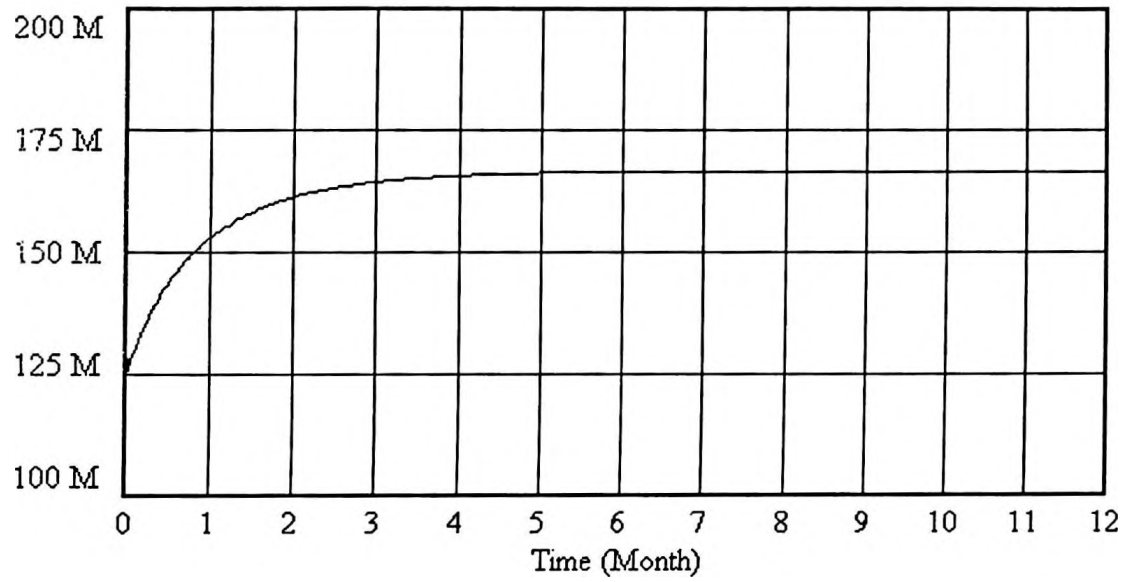


### C - Resultados das Simulações do Terceiro Caso

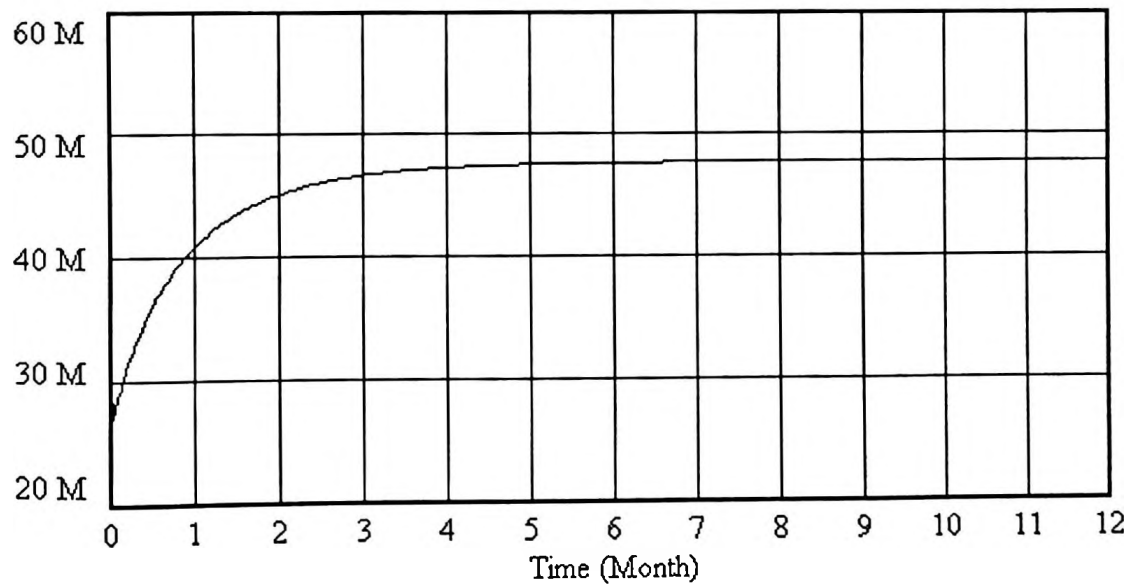
#### Resultados das Simulações com Margem sobre o preço de custo = 1,6



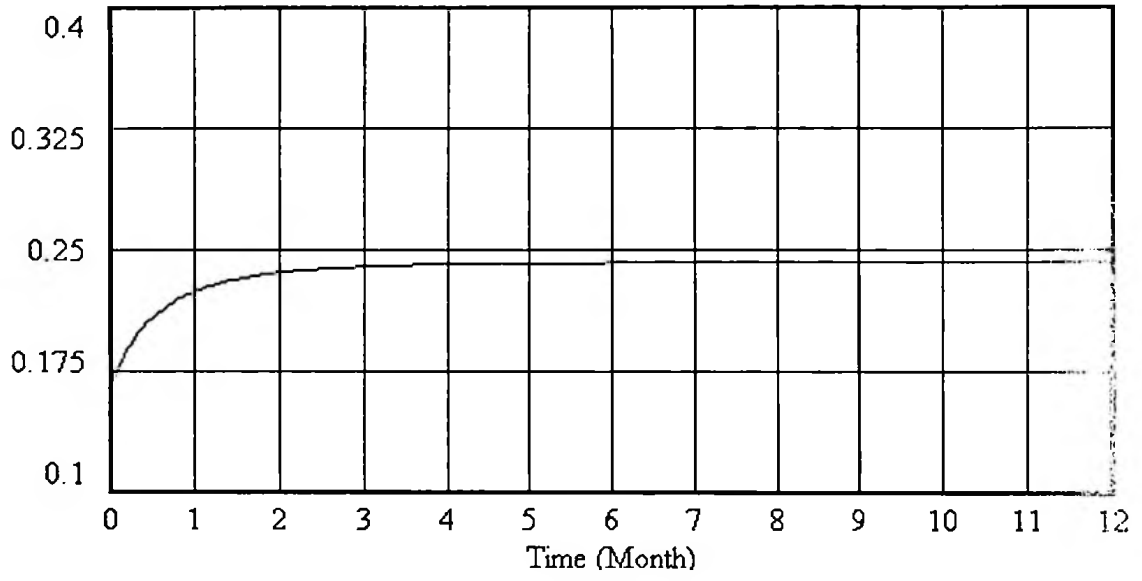
### Vendas



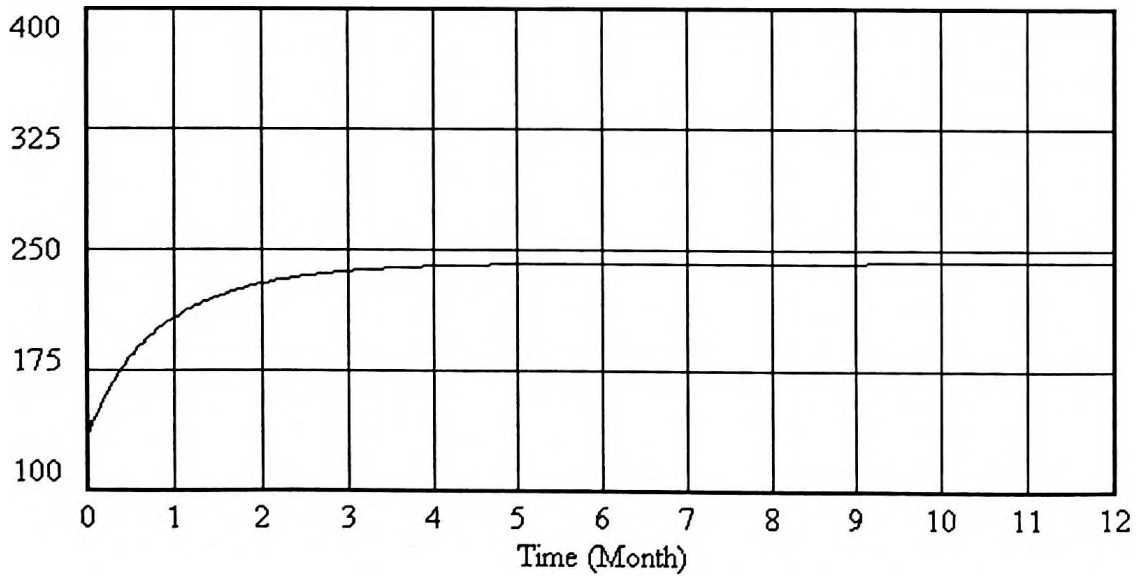
### Margem Liquida



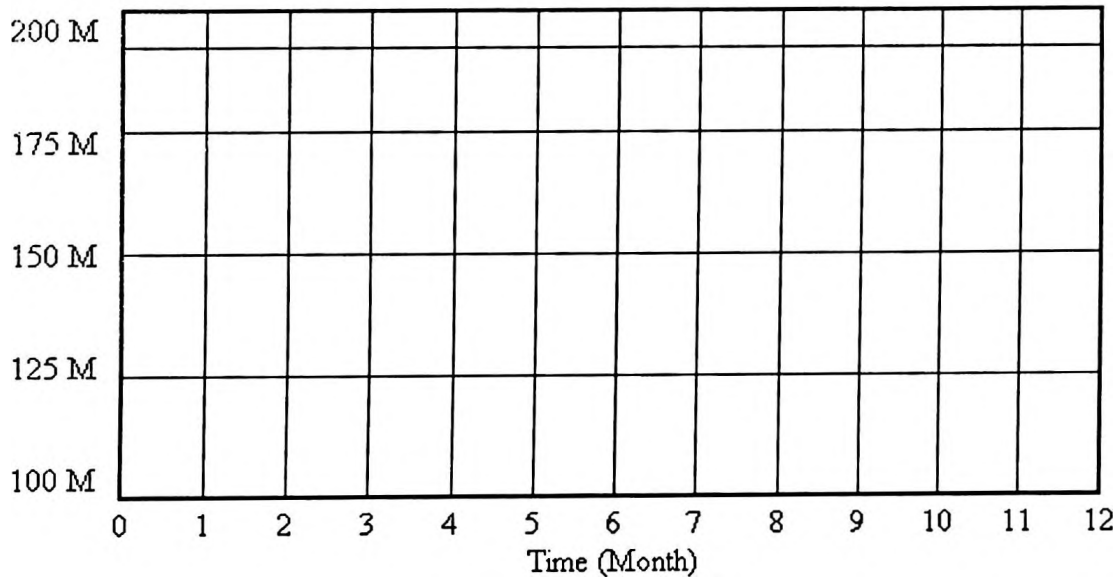
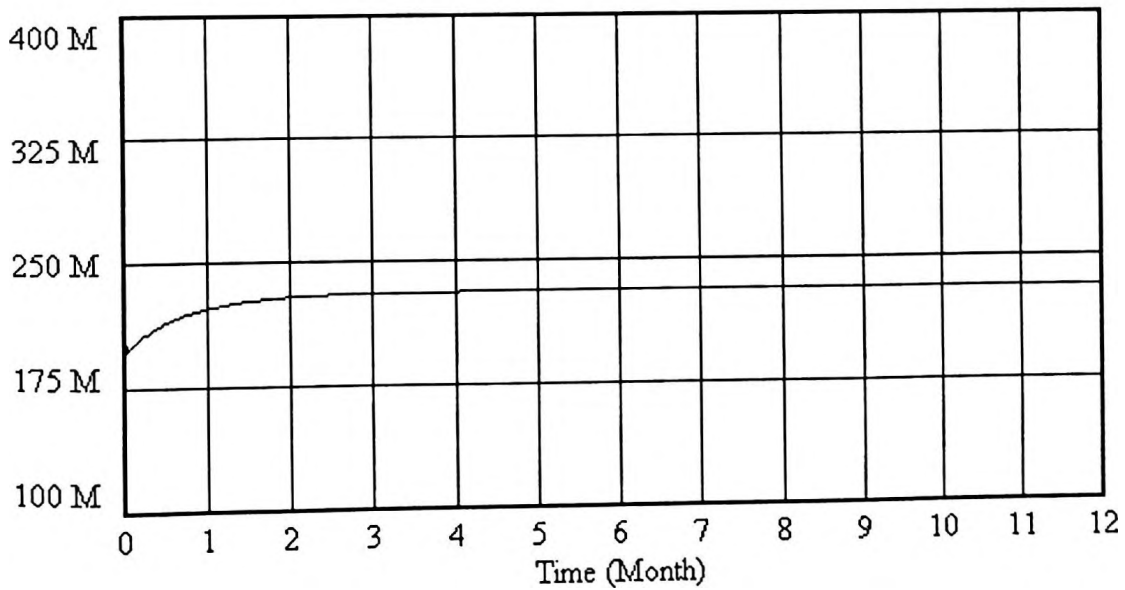
### NMROI



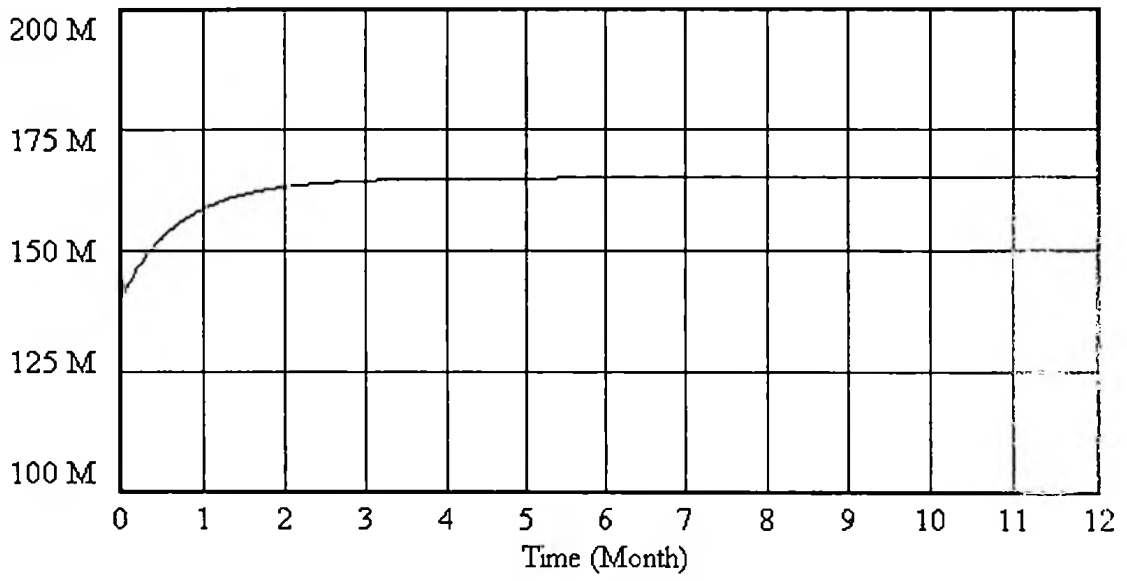
### NMROF



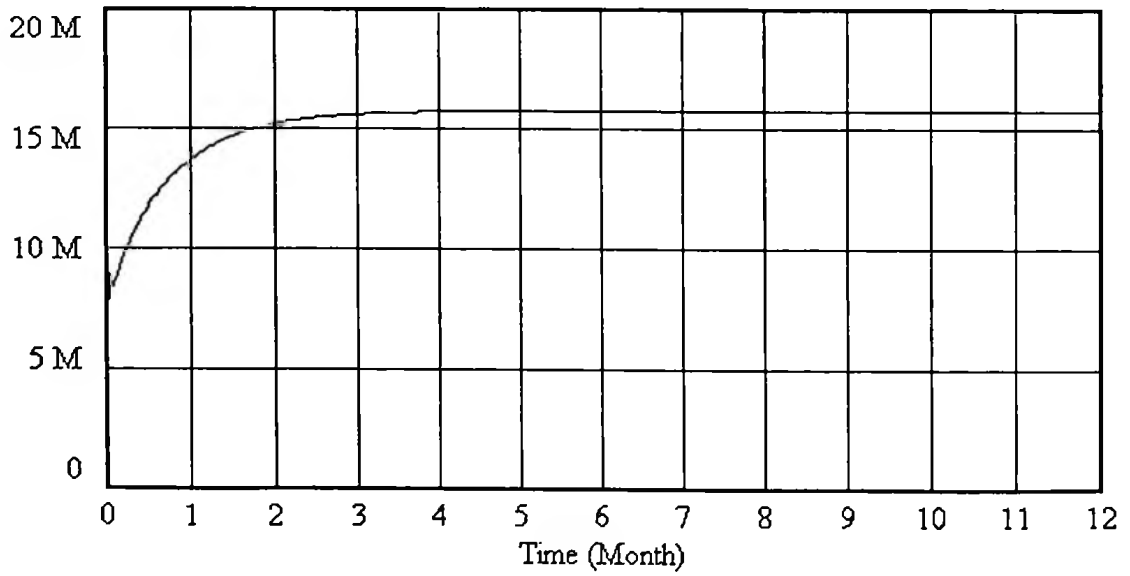


**Resultados das Simulações com Margem sobre o preço de custo = 1,4****Demanda****Receita de Vendas**

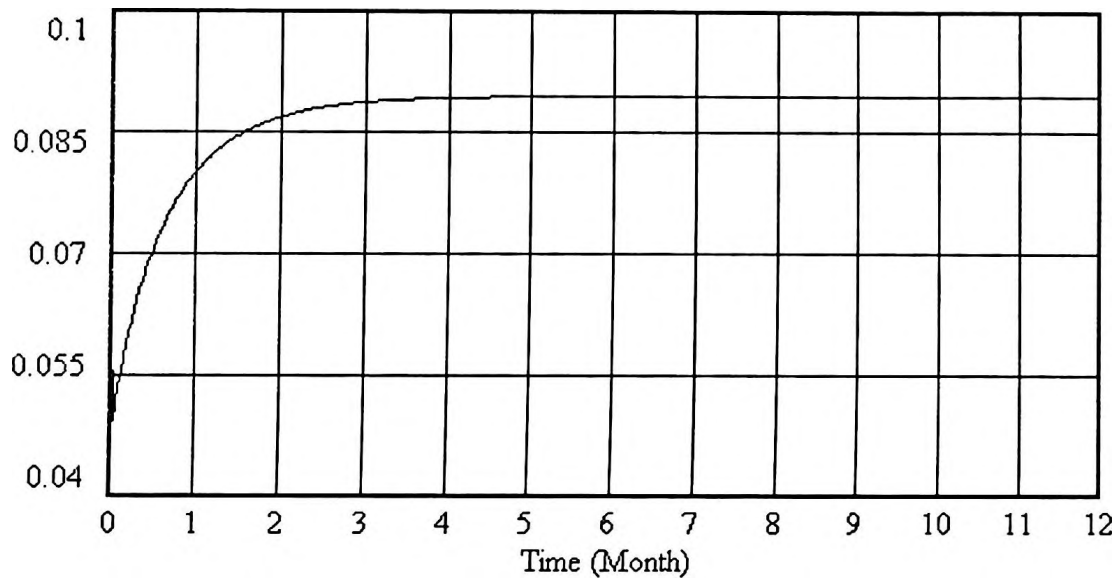
### Vendas



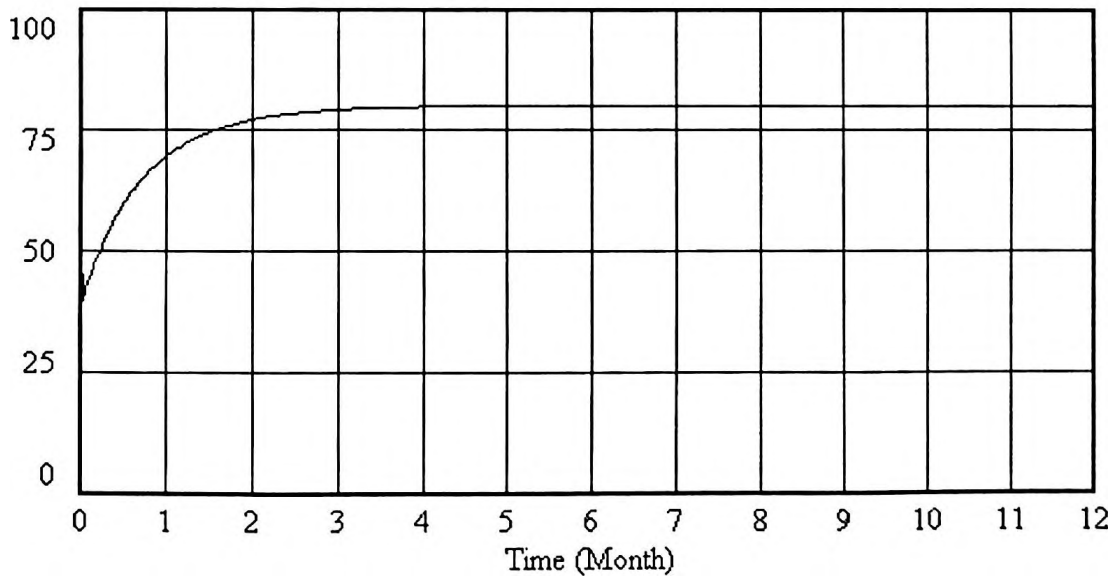
### Margem Líquida



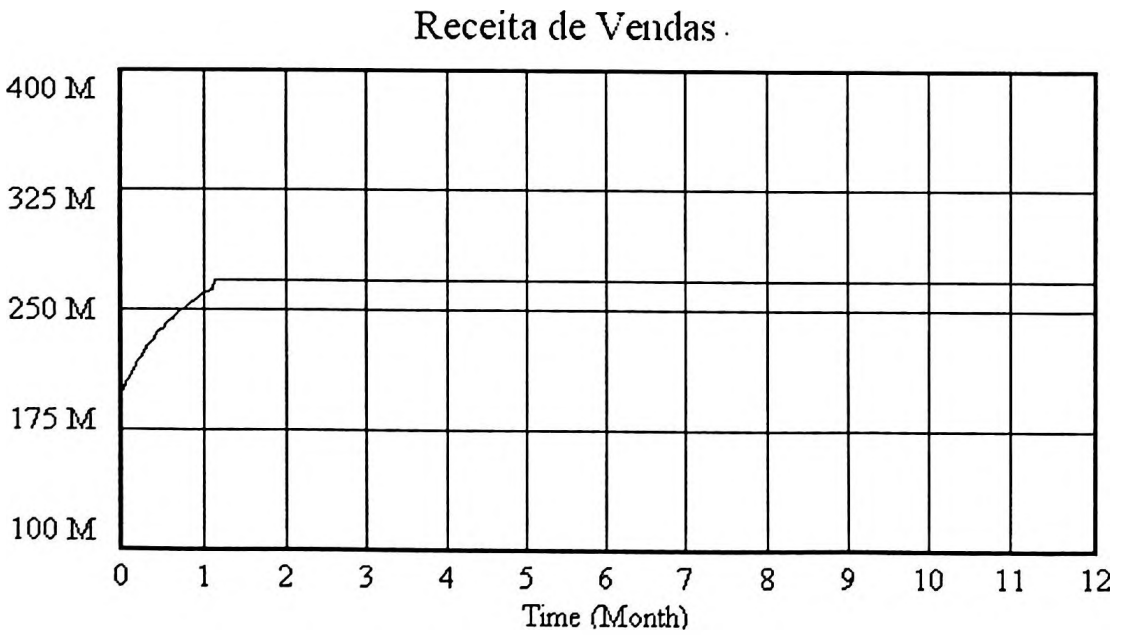
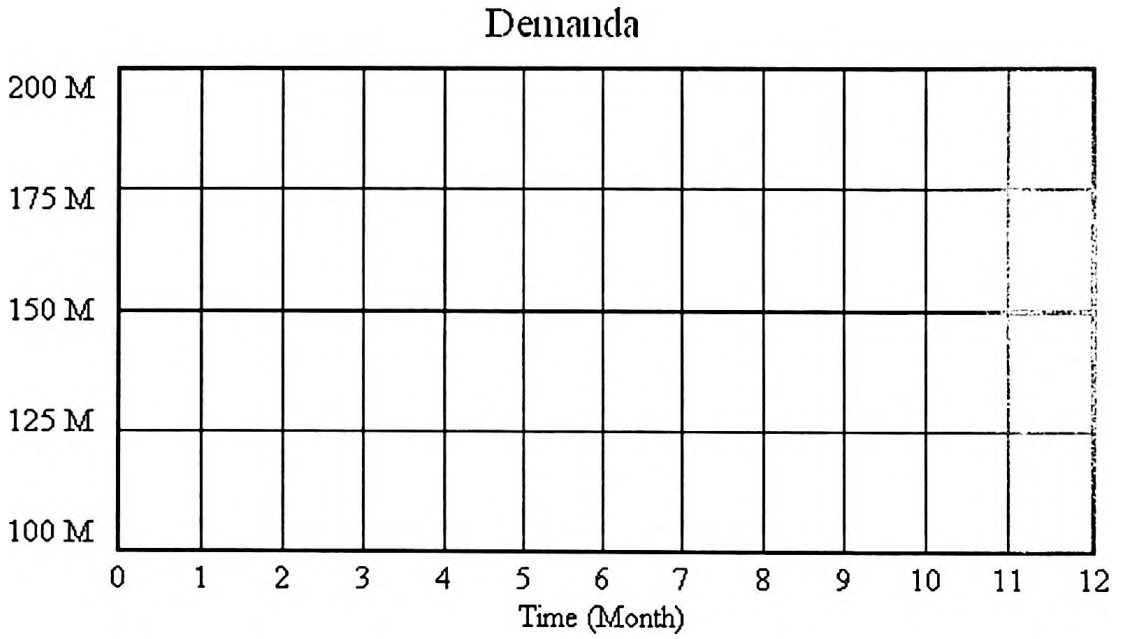
NMROI



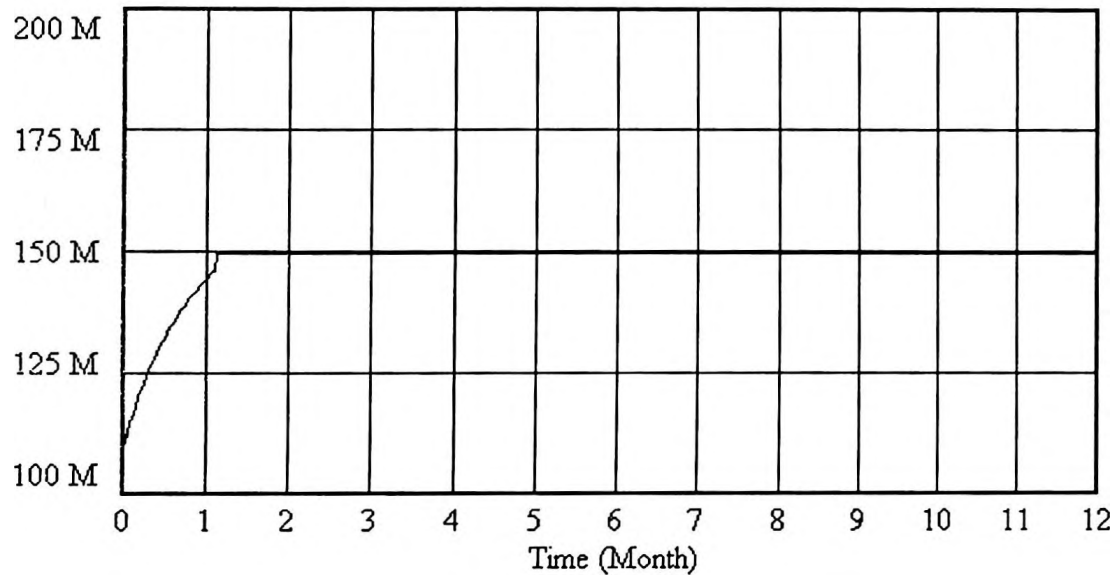
NMROF



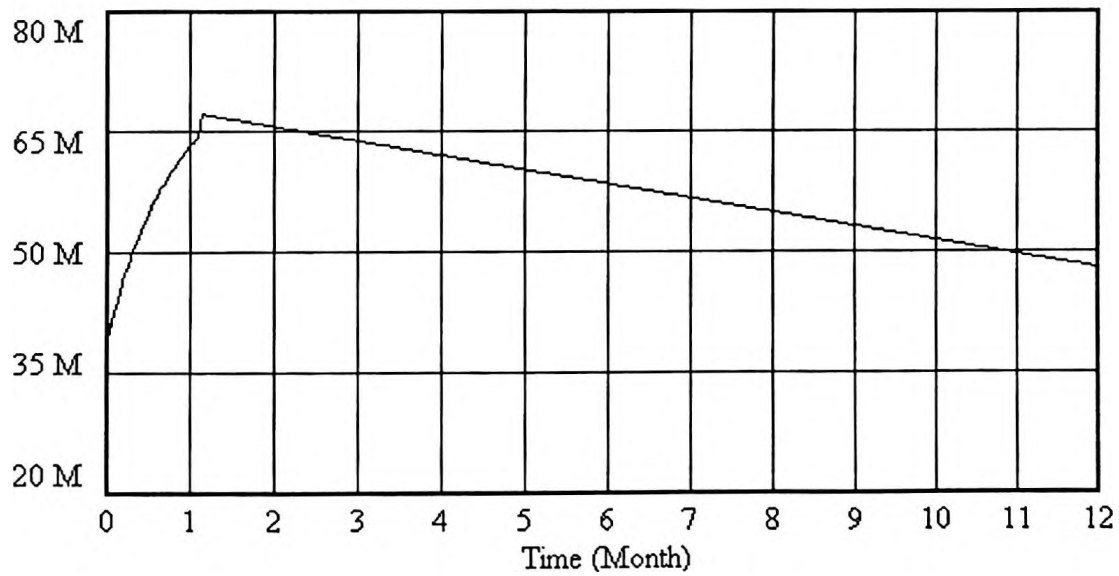
**Resultados das Simulações com Margem sobre o preço de custo = 1,8**



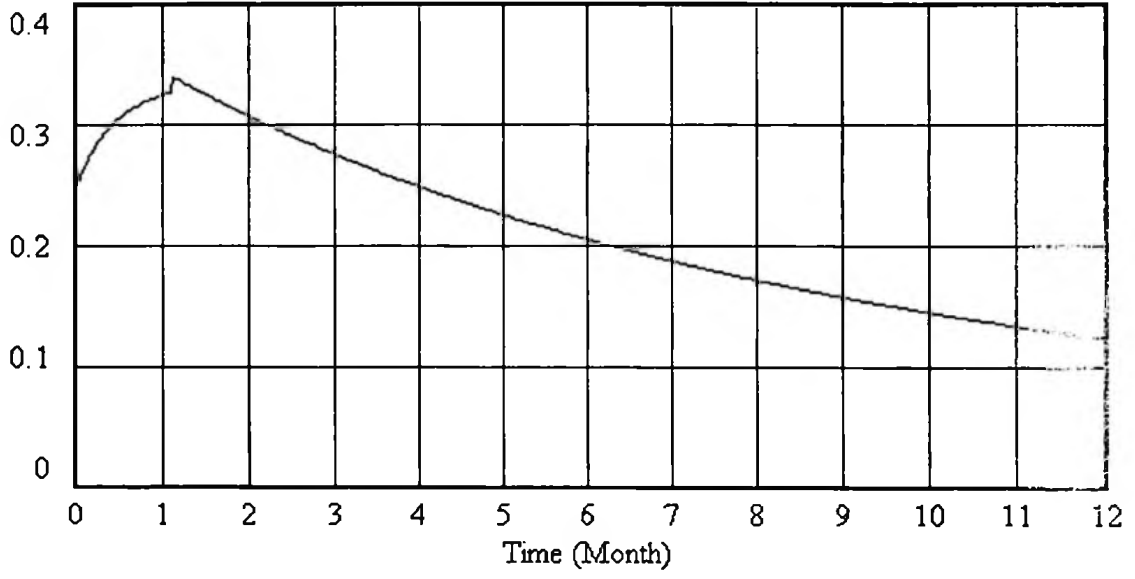
### Vendas



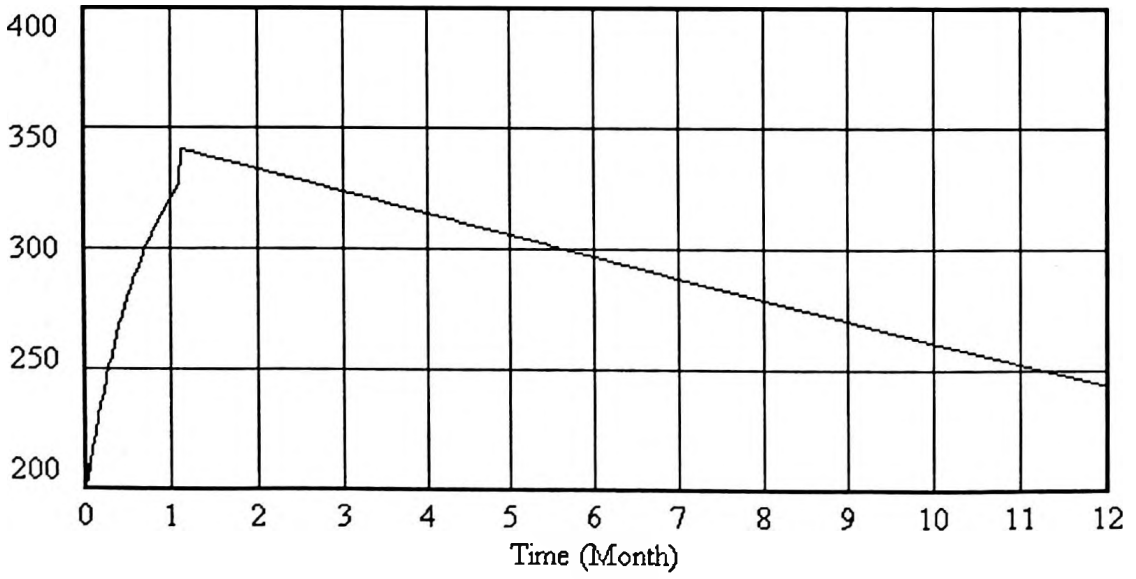
### Margem Líquida

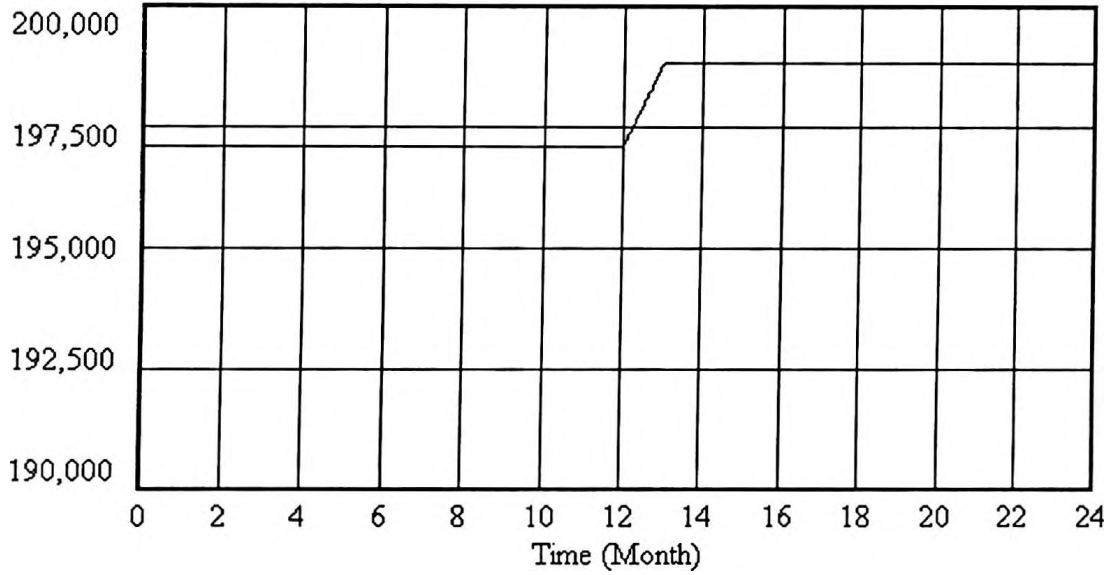
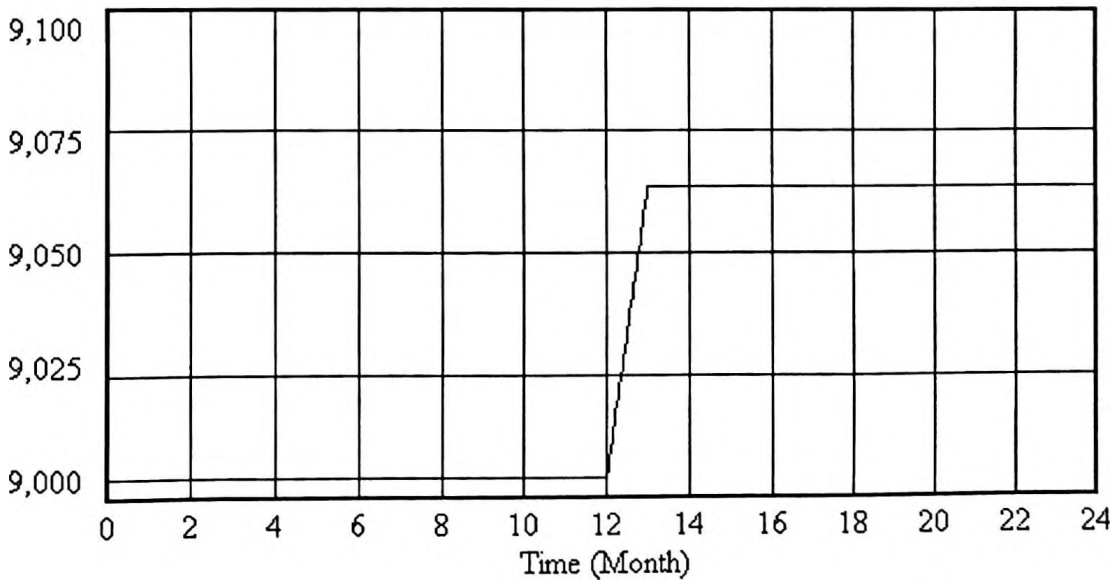


NMROI

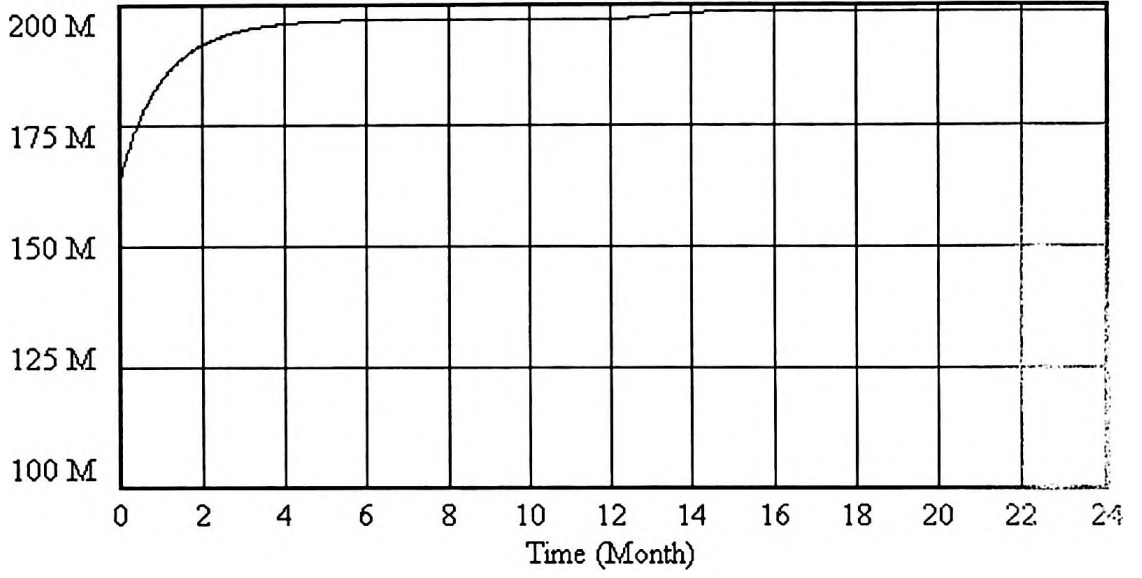


NMROF

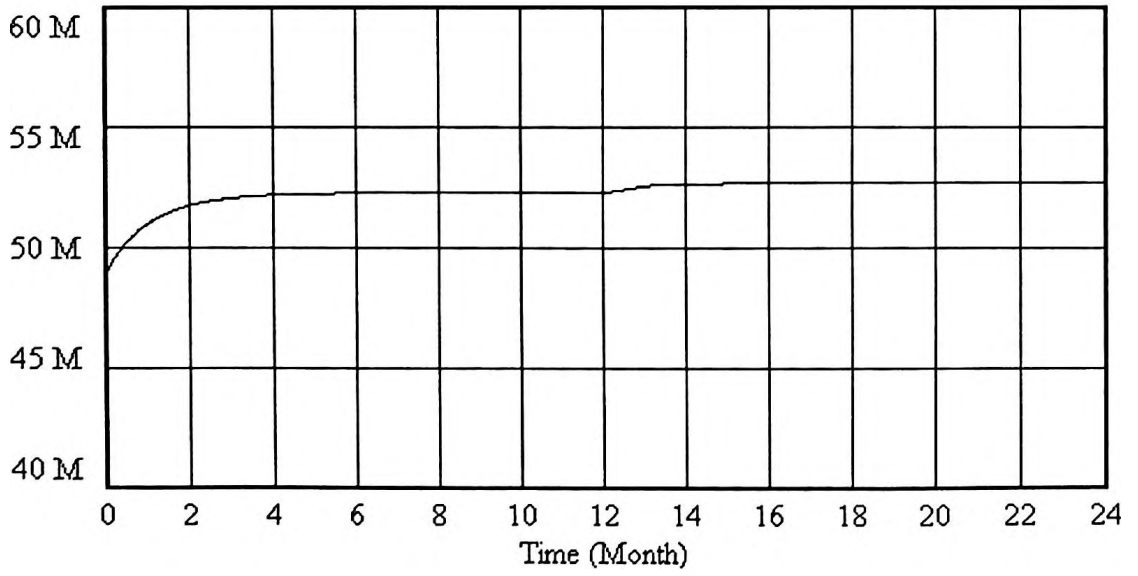


**D - Resultados das Simulações do Quarto Caso****Resultados das Simulações com Investimentos em Área de Vendas e Funcionários****Área de Vendas****Funcionários**

### Mercadorias

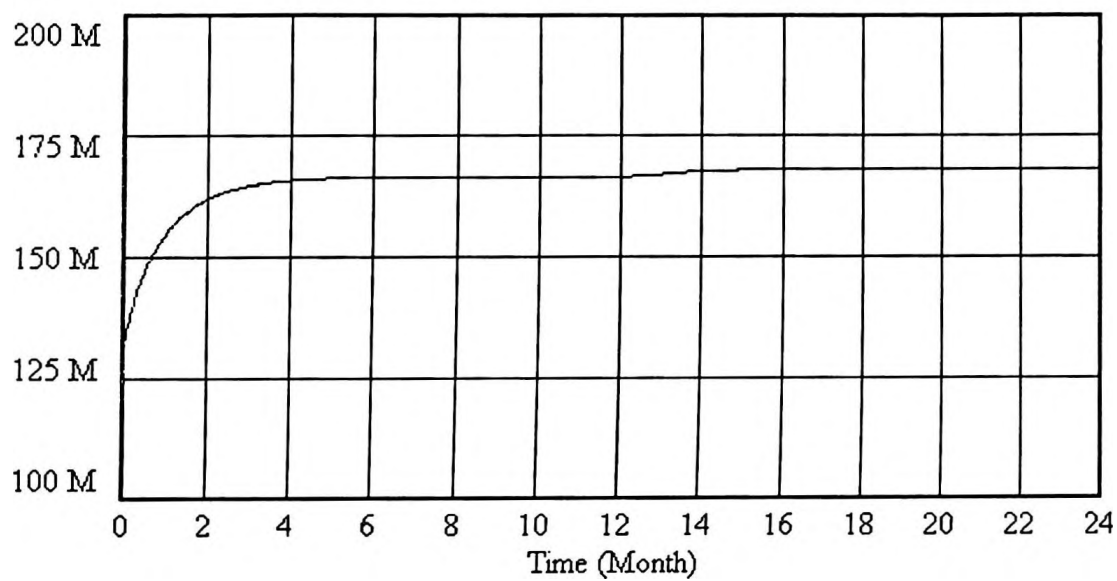


### Custos Operacionais

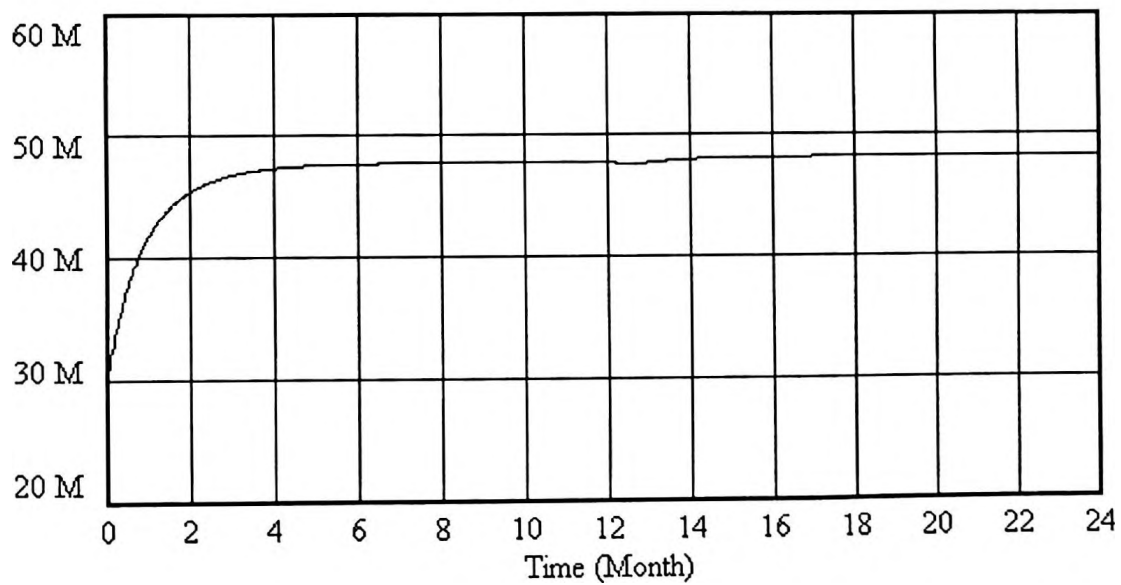




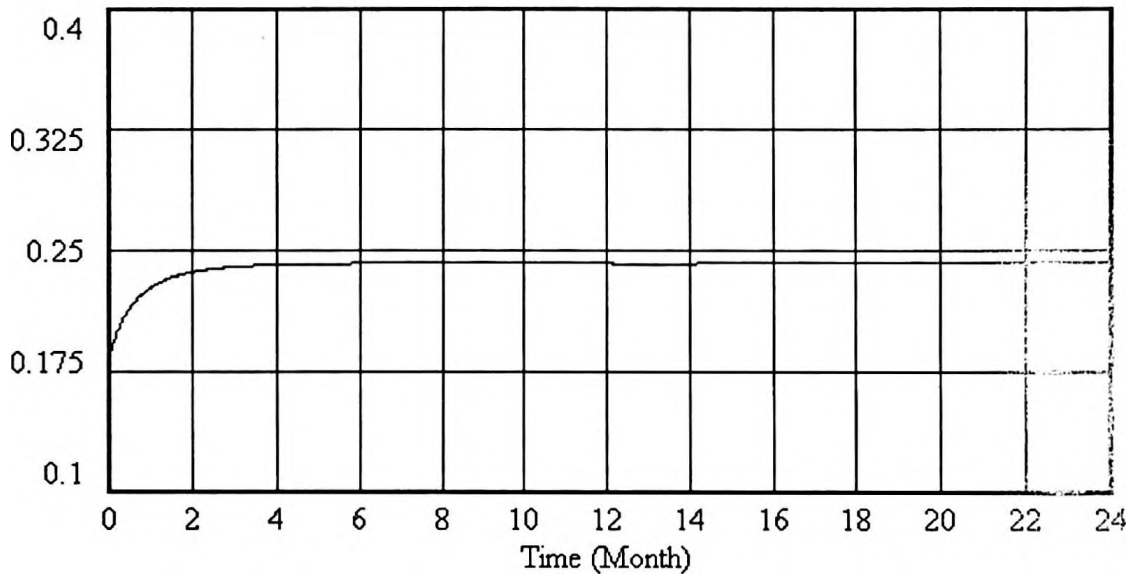
## Vendas



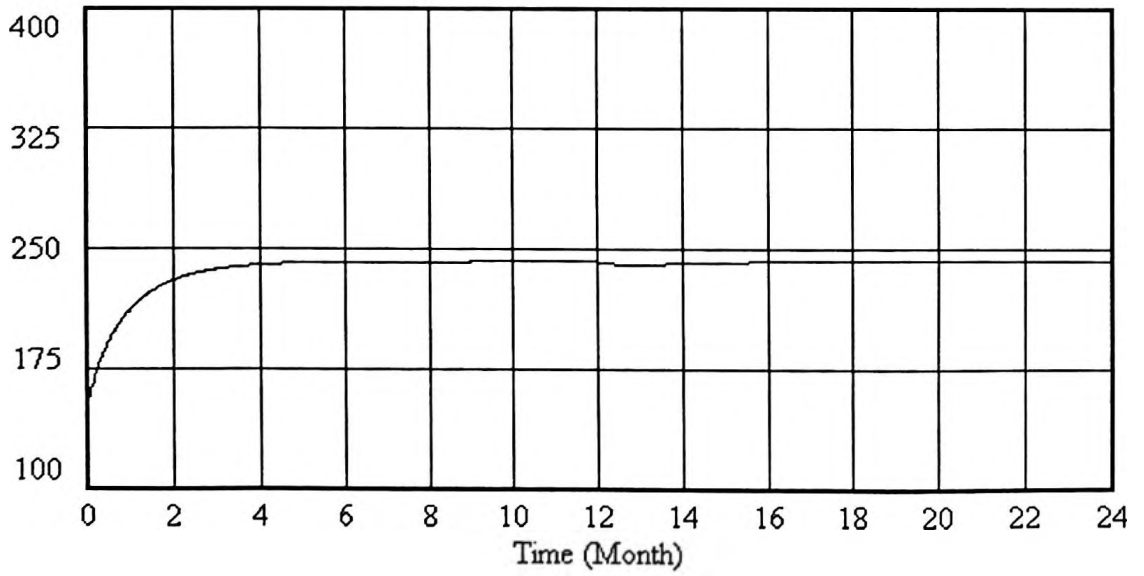
## Margem Líquida



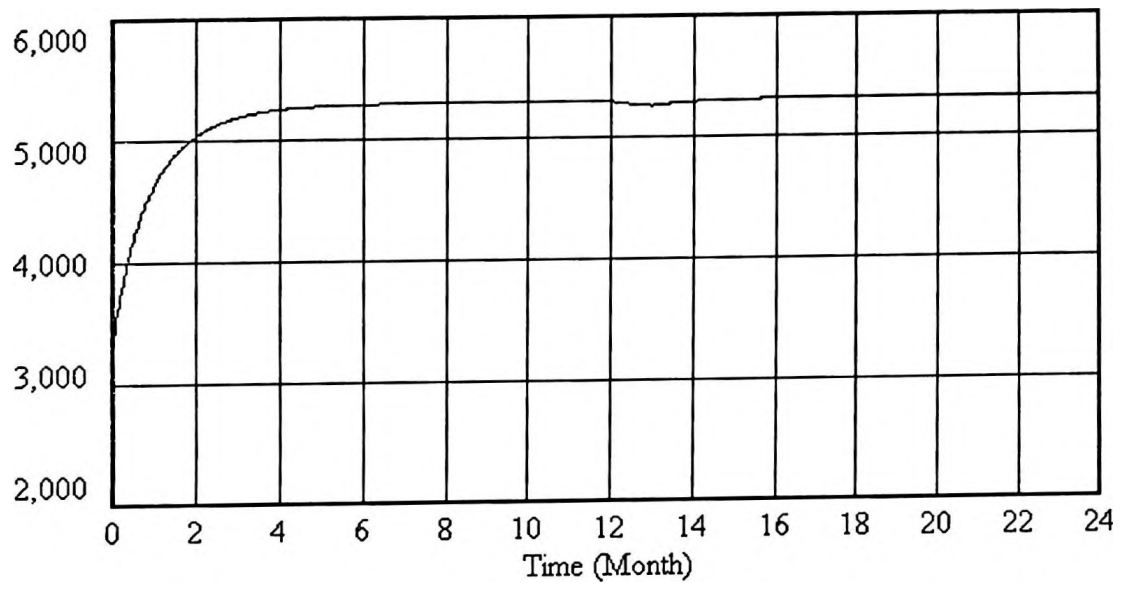
NMROI

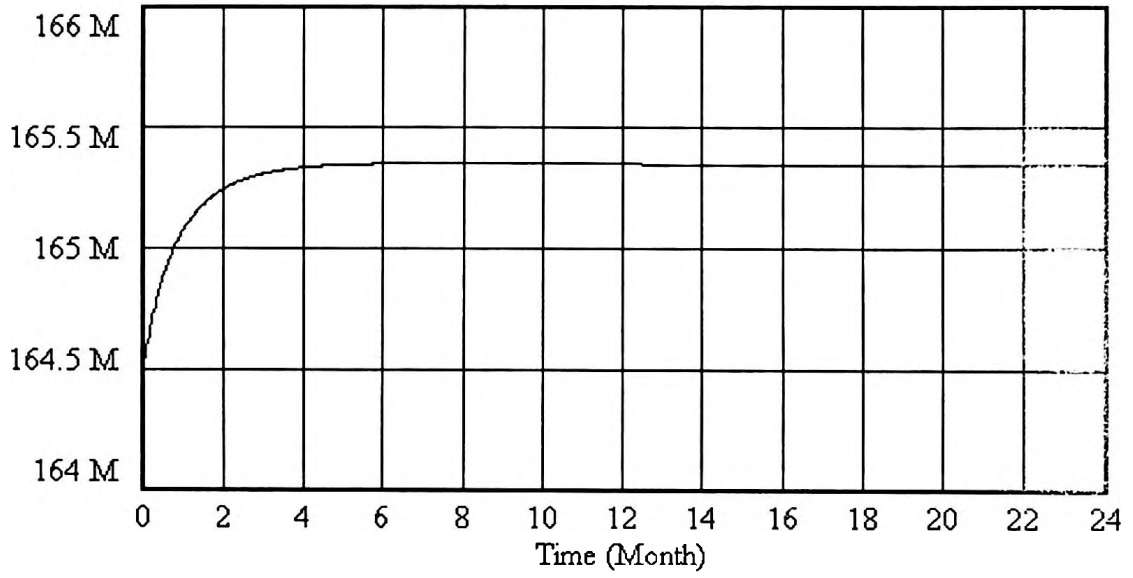
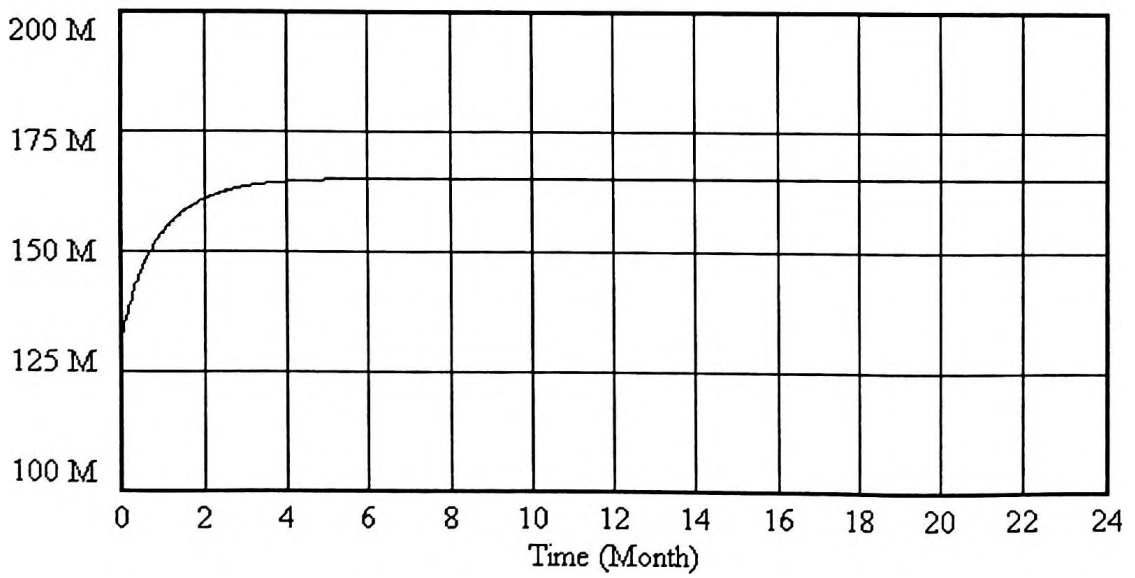


NMROF

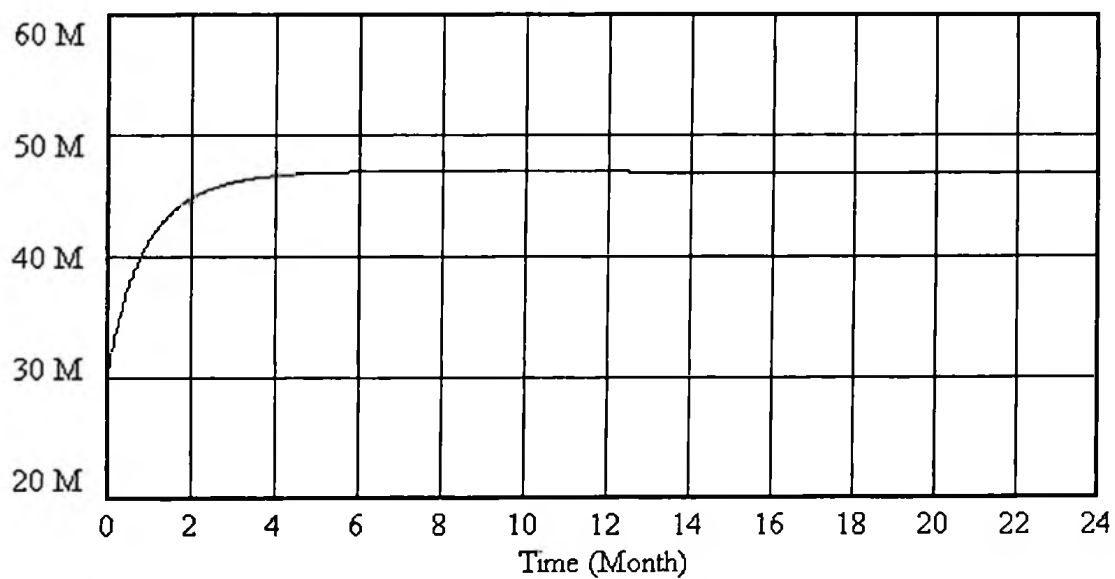


## NMROL

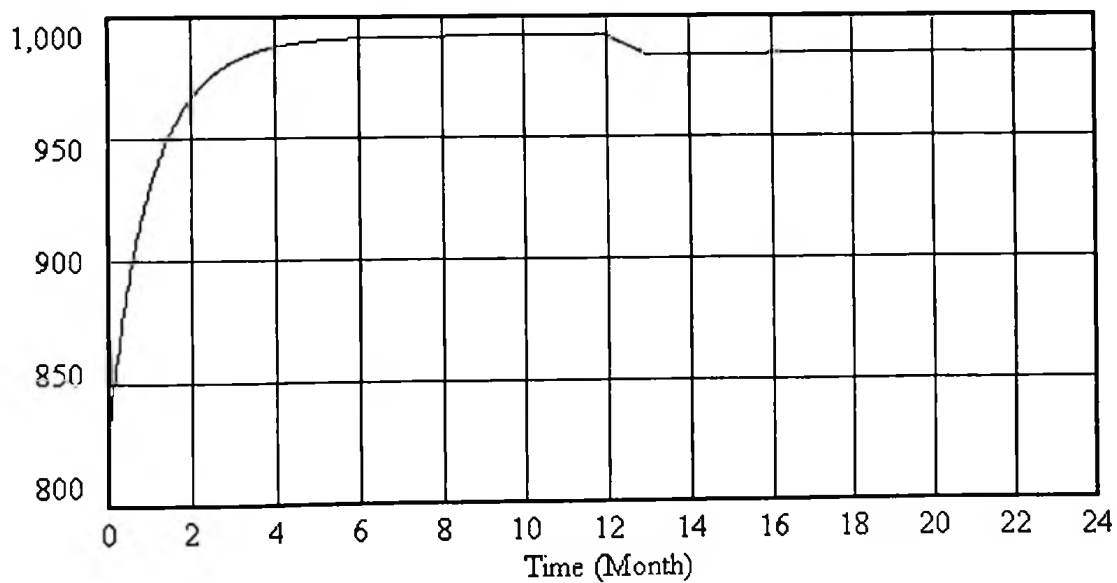


**Resultados das Simulações com Investimentos apenas em Área de Vendas****Compras****Vendas**

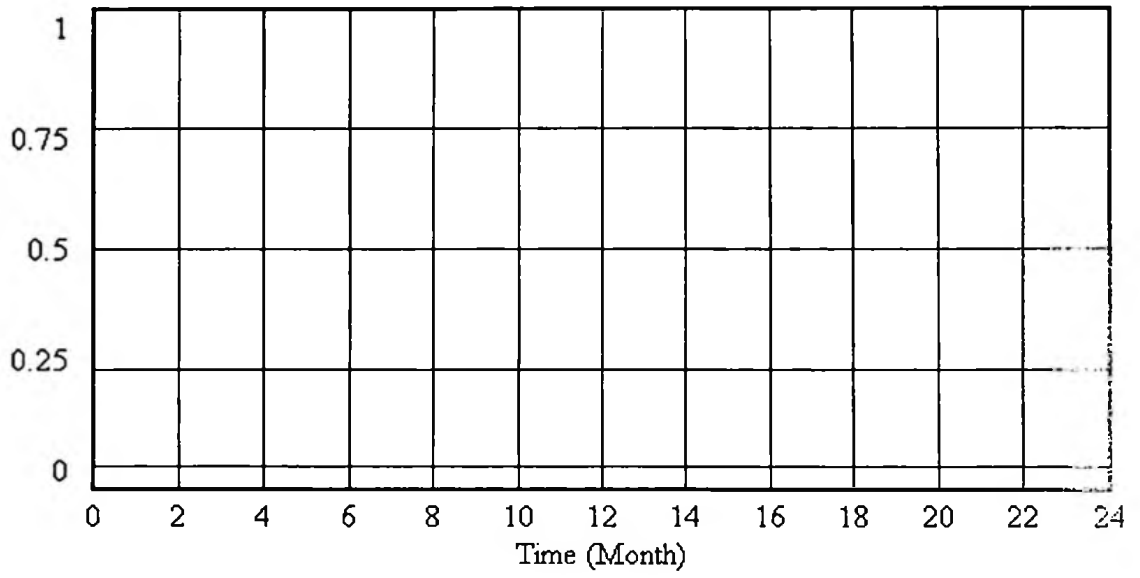
### Margem Líquida



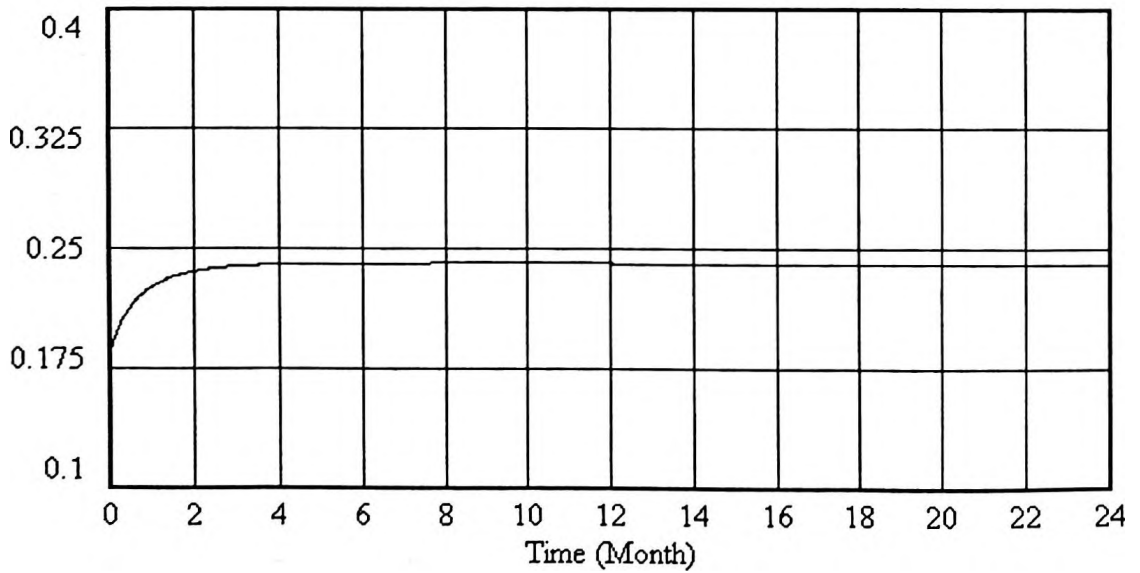
### Densidade de Mercadoria



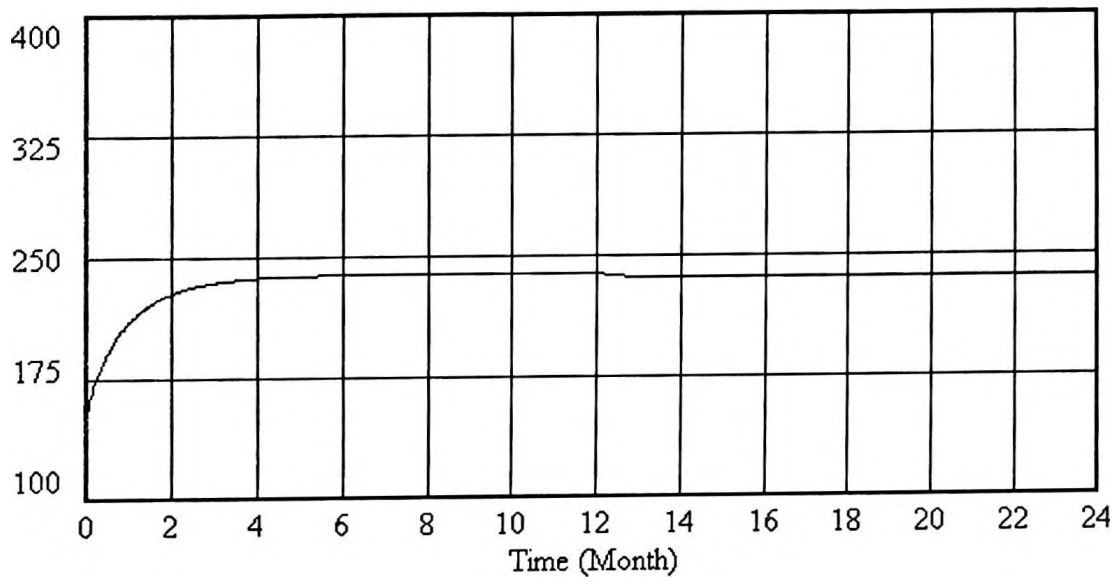
## Intensidade de Serviço



## NMROI



NMROF



NMROL

