

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

**USO DA SIMULAÇÃO DE SISTEMAS DINÂMICOS  
PARA ANÁLISE DE LOGÍSTICA HOSPITALAR:  
GESTÃO INTEGRADA DE ESTOQUE E  
CAPACIDADE**

JANAINA ANTONINO PINTO

CAMPINAS

2007

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

**USO DA SIMULAÇÃO DE SISTEMAS DINÂMICOS  
PARA ANÁLISE DE LOGÍSTICA HOSPITALAR:  
GESTÃO INTEGRADA DE ESTOQUE E  
CAPACIDADE**

Janaina Antonino Pinto

Orientador: Prof. Dr. Orlando Fontes Lima Júnior

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, para obtenção do título de mestre em Engenharia.

Campinas, SP

2007

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

P658u	<p>Pinto, Janaina Antonino</p> <p>Uso da simulação de sistemas dinâmicos para análise de logística hospitalar: gestão integrada de estoque e capacidade / Janaina Antonino Pinto.--Campinas, SP: [s.n.], 2007.</p> <p>Orientador: Orlando Fontes Lima Júnior. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.</p> <p>1. Teoria dos sistemas dinâmicos. 2. Logística. 3. Hospitais – Administração. I. Lima Júnior, Orlando Fontes. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. III. Título.</p>
-------	--

Titulo em Inglês: Systems dynamics simulation in hospital logistics: stock and capacity management integrated vision

Palavras-chave em Inglês: Systems dynamics, Hospital logistics and health, Operations management

Área de concentração: Transportes

Titulação: Mestre em Engenharia Civil

Banca examinadora: Marcos Ricardo Rosa Georges e Maria Lúcia Galves

Data da defesa: 30/01/2007

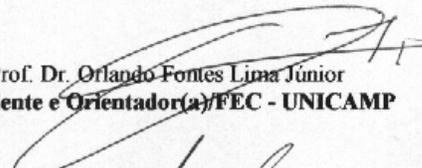
Programa de Pós-Graduação: Engenharia Civil

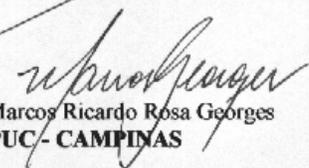
**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E  
URBANISMO**

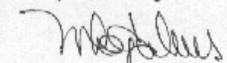
**USO DA SIMULAÇÃO DE SISTEMAS DINÂMICOS PARA ANÁLISE DE  
LOGÍSTICA HOSPITALAR: GESTÃO INTEGRADA DE ESTOQUE E  
CAPACIDADE**

**Janaina Antonino Pinto**

**Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:**

  
Prof. Dr. Orlando Fontes Lima Júnior  
**Presidente e Orientador(a) FEC - UNICAMP**

  
Prof. Dr. Marcos Ricardo Rosa Georges  
**PUC - CAMPINAS**

  
Prof. Dr (a). Maria Lucia Galves  
**FEC - UNICAMP**

Campinas, 30 de Janeiro de 2007

Ao meu pai e à minha mãe

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Orlando Fontes Lima Júnior pela orientação, incentivo e ensinamentos.

À Tânia, pela amizade e pelos sábios conselhos. Muito obrigada!

Ao José Benedito (Jotinha), pela amizade e atenção.

À Thais, pela amizade e por compartilhar a trajetória da graduação e do mestrado.

Ao Rafael, pela amizade e por incentivar a finalização do trabalho

Ao Sérgio, Lars e Paulo Ignácio pelas discussões em sistemas dinâmicos e por me auxiliarem na construção do modelo.

Aos amigos que fiz no LALT, Jú, Lili, FJ, Cláudio, Rogério, Paulo, Ana Clara e Igor.

Ao LALT – Laboratório de Aprendizagem em Logística e Transportes, por criar condições de aprender o que é logística.

Ao Hospital de Clínicas da Unicamp por disponibilizar os dados. Obrigada ao Prof. Dr. Djalma de Carvalho, à Sueli, à Mécia e à Elisa.

À Patrícia, obrigada pelo incentivo, pela amizade e pelas boas conversas. Ao Alexandre, pela amizade.

À Dirce, pela amizade e pelo apoio na entrega dos documentos.

À Helena, pelo apoio na primeira etapa (qualificação) e à Isadora, que apesar de estar longe, sempre me incentivou.

Ao meu irmão Iubatan, pela atenção, e à minha irmã Camila, pelo companheirismo e carinho.

Ao meu pai, Valdemir, por incentivar sempre os estudos e proporcionar a realização de mais esta etapa, e à minha mãe, Maria de Lourdes, pelo amor e carinho nas horas mais difíceis.

A todos os amigos que de alguma maneira contribuíram para a realização deste trabalho.

## **RESUMO**

Este estudo teve como objetivo desenvolver um modelo de simulação, utilizando sistemas dinâmicos, para a análise de diferentes políticas de logística hospitalar. O modelo permite analisar de forma integrada como a gestão de diferentes políticas de estoque e de capacidades influenciam o custo do atendimento no hospital. Na modelagem consideraram-se como principais fatores a gestão de estoque de medicamentos e a capacidade de atendimento, que é definida pela disponibilidade de mão-de-obra especializada (médicos). Dois outros importantes fatores foram considerados como restrições de capacidade: a disponibilidade de macas e de equipamentos. Para demonstrar a aplicabilidade do modelo, um estudo de caso foi desenvolvido no pronto socorro do Hospital de Clínicas da Unicamp (Universidade Estadual de Campinas), onde foi realizada a análise dos diferentes cenários, integrando as políticas de estoque, capacidade e seus custos. Após análise destes cenários, estratégias integradas de políticas de estoque e capacidades que reduzissem o custo de atendimento foram propostas.

Palavras - chaves: Sistemas dinâmicos; Logística Hospitalar e Saúde, Gestão de Operações

## **ABSTRACT**

The main objective of this dissertation is to develop a simulation model, using systems dynamics, to analyze different hospital logistic policies. The model allows an integrated analysis of how the management of different stock and capacities policies impacts the hospital attendance costs. The main factors of this process considered in the modeling are the medicine stock management and attendance capacity, defined as the specialized work source availability (physicians). Other important factors in this process were considered as capacity restrictions: hammock and equipments availability. In order to show the model suitability, the Emergency Room of Unicamp Clínicas Hospital case was studied. Different scenarios analyses were done combining stock policies, capacities and their costs. Using these results, integrated strategies of stock policies and capacities were proposed in order to reduce costs.

Key words: Systems dynamics; Hospital Logistics and Health; Operations Management

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b>	x
<b>LISTA DE TABELAS</b>	xi
<b>RESUMO</b>	vi
<b>ABSTRACT</b>	vii
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	1
1.1 O setor de saúde no Brasil	1
1.2 Objetivo e escopo	3
1.3 Estrutura do trabalho	4
<b>2 LOGÍSTICA HOSPITALAR</b>	5
2.1 Aspectos gerais dos serviços	5
2.2 Aspectos gerais da logística	8
2.3 A logística em serviços hospitalares	9
<b>3 ESTOQUES, CAPACIDADES E CUSTOS</b>	15
3.1 Atendimento em serviços	15
3.2 Estoque e capacidade em serviços	18
3.3 Estoque e capacidade em hospitais	21
3.4 Estoque	23
3.4.1 Classificação e localização dos estoques	24
3.4.2 Políticas de estoque	26
3.4.3 Custos de estoque	34
3.5 Capacidade	37
3.5.1 Planejamento e controle da capacidade	38
3.5.2 Políticas de capacidade	40
3.5.3 Custos de capacidade	43
<b>4 SISTEMAS DINÂMICOS</b>	47
4.1 A origem da teoria dos sistemas dinâmicos	47
4.2 Simulação de sistemas dinâmicos x simulação de eventos discretos	50
4.3 Definição de sistemas dinâmicos	53
4.4 Retroalimentação e causalidade	53
4.5 Modelos fundamentais do comportamento dinâmico	56

4.6 Estoques e Fluxos	58
<b>5 APLICAÇÃO DE SISTEMAS DINÂMICOS NO SETOR DE SAÚDE</b>	60
5.1 Trabalhos publicados pela <i>System Dynamics Society</i>	60
5.2 Grupos de estudo em sistemas dinâmicos	62
5.3 Outros estudos em sistemas dinâmicos	65
<b>6 METODOLOGIA E MODELAGEM</b>	69
6.1 Procedimento adotado	69
6.2 Definições conceituais e relacionamentos entre variáveis	71
6.3 O modelo e suas relações e regras	76
6.4 Testes	80
<b>7 APLICAÇÃO PRÁTICA</b>	84
7.1 O Hospital de Clínicas da Unicamp	84
7.2 Montagem do modelo e calibração	85
7.3 Montagem dos cenários	93
7.4 Análise dos cenários	94
7.4.1 Análise de cada cenário	95
7.4.2 Análise conjunta dos cenários	97
<b>8 CONCLUSÕES</b>	99
<b>9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	102
<b>ANEXO A: Gráficos dos cenários</b>	109

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 - Atividades de interação com cliente	6
FIGURA 2.2 - Exemplo da cadeia de suprimentos de um hospital	9
FIGURA 2.3 - Visão geral da gestão de operações no setor de saúde	13
FIGURA 3.1 - Investimento em estoque para diversos níveis de serviço	16
FIGURA 3.2 - Elementos que compõem o nível de serviço nos serviços hospitalares	17
FIGURA 3.3 - Características do nível de serviço para um hospital	18
FIGURA 3.4 - Modelo de reposição contínua ou lote padrão	28
FIGURA 3.5 - Controle de estoque de ponto de pedido sob incerteza por item	30
FIGURA 3.6 - Controle de estoque por revisão periódica	31
FIGURA 3.7 - Controle de estoque de ponto de pedido sob incerteza por item	32
FIGURA 3.8 - A curva ABC	34
FIGURA 3.9 - Custos totais do sistema de gestão de estoque por ponto de pedido	36
FIGURA 3.10 - Diferentes políticas para aumento da capacidade	41
FIGURA 3.11 - Estratégias de capacidade	42
FIGURA 3.12 - Custos de alterações na capacidade	44
FIGURA 4.1 - Diagrama típico de ciclo causal	55
FIGURA 4.2 - Crescimento Exponencial: estrutura e comportamento	56
FIGURA 4.3 - <i>Goal Seeking</i> : estrutura e comportamento	57
FIGURA 4.4 - Oscilação: estrutura e comportamento	58
FIGURA 6.1 - Relações entre políticas de estoque e capacidade	71
FIGURA 6.2 - Principais estoques e fluxo do modelo	74
FIGURA 6.3 - Ciclo de retroalimentação de reforço: R1	74
FIGURA 6.4 - Ciclo de retroalimentação de balanço: B1	75
FIGURA 6.5 - Gestão dinâmica de estoque	76
FIGURA 6.6 - Relações causais de gestão de estoque quando não existe atraso nas aquisições	77
FIGURA 6.7 - Adaptação da estrutura para gestão de recursos humanos	78
FIGURA 6.8 - Modelo de sistema dinâmico proposto	79

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1.1 - Despesas e Ações em Serviços Públicos de Saúde	1
TABELA 1.2 - Evolução do número de leitos hospitalares no Brasil	2
TABELA 2.1 - Funções da logística de resposta	8
TABELA 2.2 - Atividades da Logística Hospitalar	10
TABELA 2.3 - Equipe do Hospital das Clínicas de São Paulo	12
TABELA 2.4 - Produção Anual do Hospital das Clínicas de São Paulo	12
TABELA 3.1 - Elementos do pacote de serviços oferecido ao cliente	19
TABELA 3.2 - Como as políticas de planejar/reagir e de antecipar/postergar restringem os modelos de gestão de estoque	27
TABELA 3.3 - Influência das políticas de capacidade nos critérios competitivos	41
TABELA 4.1 - Diferenças chave entre Sistemas Dinâmicos e Simulação de Eventos Discretos	50
TABELA 4.2 - Diferenças conceituais entre simulação de eventos discretos e sistemas dinâmicos	51
TABELA 4.3 - Sistemas Dinâmicos e Simulação de eventos discretos aplicados no setor de saúde	52
TABELA 4.4 - Comparativo entre modelagem em sistemas dinâmicos e eventos discretos	52
TABELA 4.5 - Diferentes definições para estoques e fluxos	59
TABELA 4.6 - Distinção entre estoques e fluxos para hospitais	59
TABELA 5.1 - Resumos dos principais trabalhos de sistemas dinâmicos no setor de saúde utilizando o <i>software itthink</i>	67
TABELA 5.2 - Resumos dos principais trabalhos de sistemas dinâmicos no setor de saúde utilizando outros <i>softwares</i>	68
TABELA 6.1 - Etapas de um processo de modelagem de sistemas dinâmicos	69
TABELA 6.2 - Políticas de estoque	72
TABELA 6.3 - Políticas de capacidade	73
TABELA 6.4 - Testes para avaliação de modelos dinâmicos	80
TABELA 7.1 - Variáveis relacionadas com o fluxo de atendimento	86
TABELA 7.2 - Variáveis relacionadas com as restrições	86
TABELA 7.3 - Variáveis relacionadas com os custos	87
TABELA 7.4 - Variáveis relacionadas com os médicos	88
TABELA 7.5 - Variáveis relacionadas com o estoque de medicamentos	91
TABELA 7.6 - Combinação de políticas para formação dos cenários	94
TABELA 7.7 - Análise comparativa entre os quatro cenários	97

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 O setor de saúde no Brasil

O setor de saúde no Brasil passa por mudanças que indicam a crescente necessidade de investimentos em determinadas regiões do país. De acordo com o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), entre 2002 e 2005, houve um acréscimo de 17,8% no número de estabelecimentos de saúde em atividade, passando de 65.343 para 77.004. Estudos realizados anualmente mostram que o emprego de políticas de gestão que minimizem os gastos e, ao mesmo tempo, maximizem os ganhos, são importantes na construção e operação de novos estabelecimentos de saúde, principalmente na qualidade de prestação do serviço.

O total de investimentos no setor de saúde no Brasil corresponde, em média, a 3,34% do PIB (Produto Interno Bruto), conforme mostrada na tabela 1.1. Apesar do investimento no setor de saúde corresponder a uma parcela considerável do orçamento do Governo, muitos problemas ainda são enfrentados, principalmente pela população de baixa renda. O acesso aos serviços ambulatoriais e aos medicamentos são problemas reais devido às grandes deficiências encontradas no SUS (Serviço Único de Saúde).

O SIOPS (Sistema de Informações sobre Orçamentos Públicos em Saúde) tem como principal objetivo a coleta e a sistematização de informações sobre as receitas totais e despesas com ações e serviços públicos de saúde das três esferas de Governo. A tabela 1.1 mostra o total investido neste setor e a evolução destes dados.

**TABELA 1.1 - Despesas e Ações em Serviços Públicos de Saúde**

Anos	Federal			Estadual			Municipal *			Total		
	Despesa (R\$ milhões)	Despesa Por hab (R\$)	% do PIB	Despesa (R\$ milhões)	Despesa Por hab (R\$)	% do PIB	Despesa (R\$ milhões)	Despesa Por hab (R\$)	% do PIB	Despesa (R\$ milhões)	Despesa Por hab (R\$)	% do PIB
<b>2000</b>	20.351	119,86	1,85	6.313	37,18	0,57	7.404	44,14	0,67	34.069	200,64	3,09
<b>2001</b>	22.474	130,37	1,87	8.270	47,97	0,69	9.269	54,43	0,77	40.013	232,11	3,34
<b>2002</b>	24.737	141,65	1,84	10.309	59,03	0,77	11.759	68,17	0,87	46.805	268,02	3,48
<b>2003</b>	27.181	153,67	1,75	12.224	69,11	0,79	14.219	81,39	0,91	53.624	303,17	3,45
<b>Média</b>	23.686	136,39	1,83	9.279	52,32	0,71	10.663	62,03	0,81	43.628	250,99	3,34

\*No cálculo dos valores per capita foi excluída a população do Distrito Federal.

FONTE – Adaptado do Ministério da Saúde/Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos - SCTIE/DES. Sistema de Informações sobre Orçamentos Públicos em Saúde - SIOPS (Gasto Estadual e Municipal); SPO/SE e Fundo Nacional de Saúde - FNS (Gasto Federal).

De acordo com o IBGE, nos anos de 2003 e 2004, foram investidos montantes de R\$ 40 bilhões de capital público e privados nos serviços hospitalares.

O IBGE também mostra a evolução da assistência médico-hospitalar no país, tanto no setor público como no privado. O crescimento do número de leitos hospitalares para internação pode ser acompanhado desde 1926. O número de leitos diminuiu em 4.910, entre os anos de 1926 e 1930. Em 1935 voltou a subir para 73.973. Em 1951, o número de leitos já havia mais do que dobrado em relação à pesquisa anterior, chegando a 170.774 leitos. No período de 1976 a 2002 é possível observar que, apesar do número de estabelecimentos públicos ser maior que o de particulares, são estes que dispõem de um maior número de leitos para internação. Já em 2002, o número de leitos teve uma pequena queda em relação a 1999, baixando para 471.171, sendo 146.319 públicos e 324.852 privados. Estes dados são apresentados na tabela 1.2.

**TABELA 1.2 - Evolução do número de leitos hospitalares no Brasil**

Ano	Leitos Hospitalares	
	Público	Privado
1926*	47.639	
1930*	42.729	
1935*	73.973	
1951*	170.774	
1958*	228.967	
1976	119.062	324.826
1999	143.074	341.871
2002	146.319	342.852

\* Não existe separação entre estabelecimentos públicos e privados

FONTE - IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística)

Para Médici (1994), todas as mudanças que estão ocorrendo no setor de saúde brasileiro apontam para a necessidade de definir prioridades que permitam equacionar os grandes problemas da população. Desta forma, a implantação de sistemas de informação que tornem mais transparentes os resultados obtidos e os gastos necessários para alcançá-los auxiliariam na gestão dos estabelecimentos de saúde. O autor destaca que os hospitais públicos e privados brasileiros, de maneira geral, ainda carecem de sistemas de informação que permitam obter dados financeiros e contábeis sobre custos dos principais procedimentos, fato constatado também nesta pesquisa.

Estes custos, quando mapeados e analisados adequadamente, permitem aos tomadores de decisão definir as melhores alternativas de investimentos, buscando sempre o aumento da qualidade na prestação dos serviços. Percebe-se, portanto, a importância de se conhecer como a implantação integrada de políticas de estoques e capacidades influencia no custo de atendimento de um hospital e como este entendimento pode contribuir para decisões que buscam melhorar a qualidade da prestação de serviços. A definição das relações de causa e efeito entre estas políticas e seus custos contribui para a maximização de ganhos, tanto para o prestador de serviço quanto para o cliente.

Diante da importância do setor de saúde e da necessidade de minimizar custos na prestação de serviços hospitalares, este estudo busca entender as relações existentes entre diferentes políticas de estoques e capacidades e verificar a influência no custo do atendimento hospitalar.

## **1.2 Objetivo e Escopo**

O objetivo deste trabalho é desenvolver um modelo de simulação, em sistemas dinâmicos, para avaliação de políticas de logística hospitalar. Este modelo permite analisar de forma integrada a gestão de diferentes políticas de estoques e de capacidades e avaliar as influências no custo de atendimento do hospital.

A metodologia proposta está baseada na modelagem de sistemas dinâmicos que se caracteriza por descrever as relações de causa e efeito entre diferentes variáveis, possibilitando uma análise do comportamento do sistema e um entendimento de como os eventos mudam através do tempo.

Para demonstrar a aplicabilidade do modelo foi desenvolvido um estudo de caso no Pronto Socorro do Hospital de Clínicas da Unicamp (Universidade Estadual de Campinas). As políticas de estoque e capacidade foram analisadas focando a disponibilidade de medicamentos e a disponibilidade de mão-de-obra especializada (médicos), respectivamente. Estas políticas foram associadas aos seus custos e diferentes cenários foram gerados. Após a análise destes diferentes cenários foram definidas estratégias integradas de políticas de estoque e capacidades que reduzissem o custo de atendimento.

### **1.3 Estrutura do trabalho**

O capítulo um apresenta um panorama do setor de saúde no Brasil, bem como o objetivo e o escopo deste trabalho.

O capítulo dois caracteriza o problema enfatizando o contexto estudado e a sua crescente importância. Em seguida, o capítulo três apresenta parte da revisão bibliográfica, onde são mostrados os principais conceitos e estudos relacionados à gestão de estoques e capacidades em serviços hospitalares, ao quais fundamentam as proposições contidas neste trabalho. O capítulo quatro apresenta a revisão dos conceitos e termos relacionados com a modelagem em sistemas dinâmicos. O capítulo cinco mostra os diferentes estudos existentes na literatura voltados para aplicação de sistemas dinâmicos no setor de saúde.

A metodologia e a modelagem estão no capítulo seis, no qual são descritos o procedimento adotado para modelagem e simulação, as definições conceituais e os relacionamentos entre as políticas de estoque e capacidade, os modelos teóricos, suas relações e regras. Os detalhes do desenvolvimento da estrutura do modelo e as relações de causa e efeito entre as variáveis-chaves também são apresentadas. O procedimento proposto é avaliado em termos de aplicabilidade em um caso prático no Hospital de Clínicas da Unicamp, conforme apresentado no capítulo sete.

Finalmente, o capítulo oito apresenta as conclusões e recomendações do trabalho. Neste capítulo também são identificadas oportunidades de pesquisas futuras no tema.

## **2 LOGÍSTICA HOSPITALAR**

### **2.1 Aspectos gerais dos serviços**

A indústria de serviço é uma das indústrias que mais gera empregos atualmente. A introdução de novas tecnologias, a maior exigência dos consumidores e o aumento da qualidade de vida são alguns fatores que contribuem para o desenvolvimento e aperfeiçoamento do setor de serviços.

A definição do termo serviços é ampla e envolve um grande número de processos e variáveis presentes no âmbito da logística tradicional. De acordo com Johnston e Clark (2002), serviço é a figura mental assumida pelos clientes e envolve a experiência, o resultado, a operação e o valor do serviço. Os autores mostram que o serviço pode ser definido em termos de produto do serviço, incluindo a parte visível.

De acordo com Lovelock e Wrigth (2001), o termo serviços é um ato ou desempenho oferecido por uma parte à outra, podendo estar ligado a um produto físico, com desempenho intangível e normalmente não resultando em propriedade de nenhum dos fatores de produção. As atividades econômicas criam valor e fornecem benefícios para clientes em tempos e lugares específicos, em decorrência de uma mudança desejada no destinatário do serviço.

Para Davis e Manrodt (1994), a era dos serviços possui alguns aspectos básicos que passam pela habilidade de entregar benefícios, com ou sem produtos, pelo foco no processo de entrega e pela existência de processos de linha de frente e retaguarda. As atividades de linha de frente são aquelas em que a interação com o cliente é alta, enquanto que as atividades de retaguarda são atividades em que não ocorre o contato com o cliente. A figura 2.1 mostra as atividades da interação com o cliente.

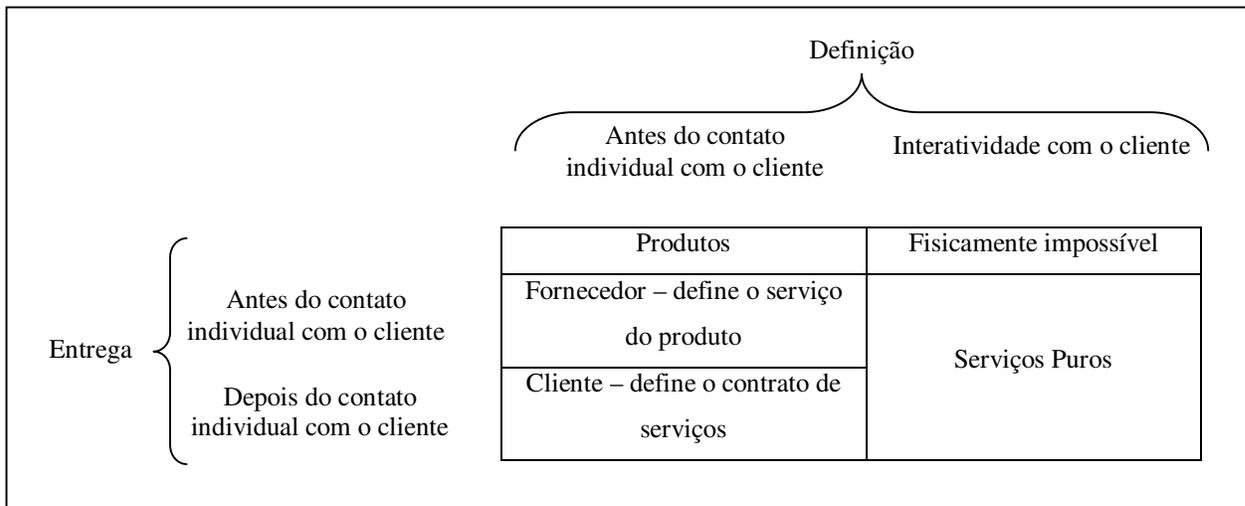


FIGURA 2.1 - Atividades de interação com cliente  
 FONTE - Adaptado de Davis e Manrodt, 1994, p.6.

A divisão em dois tipos de atividades, segundo Corrêa e Caon (2002), colabora para a identificação das variáveis que influenciam tanto em um projeto quanto na gestão de operação de serviços, a saber: o grau de estocagem do pacote de valor oferecido, o grau de intensidade no contato com o cliente e o grau de objetivação na avaliação do desempenho. Os autores mostram que as atividades de linha de frente tendem a ter menor grau de estocagem, maior grau de intensidade, maior grau de extensão de contato e menor grau de objetivação possível. Já as atividades de retaguarda têm características opostas. Para Davis et al (2001), os sistemas de serviço com alto grau de contato com o cliente são, em geral, mais difíceis de gerir do que os sistemas com baixo grau de contato com o cliente. Em sistemas de alto contato, o cliente pode afetar o tempo de demanda, a natureza exata do serviço e a sua qualidade, uma vez que ele está envolvido no processo. É no grau de interação com os clientes que as atividades de linha de frente e retaguarda tornam-se importantes na gestão dos serviços.

Além da divisão em dois tipos de atividades, as operações de serviços apresentam características particulares como, por exemplo: produção e consumo simultâneos, intangibilidade, precibilidade, dificuldades de avaliação dos resultados, entre outras. De acordo com Fitzsimmons e Fitzsimmons (2000), a produção e consumo simultâneos impossibilitam a formação de estoques dos serviços. A impossibilidade de estocar serviços impede a aplicação da estratégia da indústria de manufatura de confiar aos estoques a garantia de absorção da flutuação da demanda. No caso da simultaneidade entre produção e consumo, Giansesi e Corrêa (1994)

relatam que a gestão da qualidade fica prejudicada, pois elimina a oportunidade de controle de qualidade na inspeção ao longo da produção e na entrega final do serviço.

Em relação à perecibilidade, Fitzsimmons e Fitzsimmons (2000) afirmam que como os serviços não podem ser estocados, a utilização total da capacidade de serviços torna-se um desafio, já que as demandas dos clientes exibem variações consideráveis. Para conseguir enfrentar a variação da demanda e a característica perecível dos serviços, existem alternativas como a suavização da demanda, o ajuste da capacidade ao serviço e a permissão da existência de espera por parte dos clientes.

A intangibilidade é outra característica dos serviços. De acordo com Ganesi e Corrêa (1994), os serviços são experiências que o cliente vivencia, enquanto os produtos podem ser possuídos. A intangibilidade dos serviços torna difícil a avaliação dos resultados e da qualidade dos mesmos. Para Corrêa e Caon (2002), uma implicação da intangibilidade maior dos serviços tem relação com a maior ou menor facilidade na avaliação da qualidade do pacote de valor oferecido ao cliente. De acordo com Cook, Goh e Chung (1999), o grau de tangibilidade é uma das primeiras dimensões usadas para classificar os serviços.

De acordo com Kotler and Armstrong (1994) apud Cook, Goh e Chung (1999), a tangibilidade é a extensão de um produto, como este pode ser visto, sentido ou cheirado antes de ser comprado. Um automóvel, por exemplo, é tangível de acordo com uma definição pré-estabelecida. Por outro lado, o produto de uma firma de consultoria pode ser considerado intangível, já que a mesma tem apenas a obrigação de cumprir o serviço comprado por uma organização, não fornecendo nenhum elemento físico neste processo.

As principais características dos serviços, tais como a produção e o consumo simultâneos, intangibilidade e perecibilidade, inviabilizam a aplicação direta de técnicas já consolidadas na logística.

A definição para logística na literatura é ampla. Segundo Bowersox e Closs (2001), logística é um esforço integrado com o objetivo de ajudar na criação de valor para o cliente pelo menor custo possível. Neste sentido, a logística existe para satisfazer as necessidades dos clientes, facilitando as operações relevantes de produção e *marketing*.

## 2.2 Aspectos gerais da logística

De acordo com Ballou (2001), a logística tem o objetivo de dispor a mercadoria ou o serviço certo, no lugar certo, no tempo certo e nas condições desejadas, ao mesmo tempo em que fornece a melhor contribuição à empresa.

O gerenciamento da logística é a parte da gestão da cadeia de suprimentos, que planeja, implementa e controla a eficiência da transferência efetiva de fluxos diretos e reversos, estoques de mercadorias, serviços e informações relacionadas entre o ponto de origem e o ponto de consumo, de acordo com as necessidades dos clientes. (CSCMP – *Council of Supply Chain Management Professionals*, 2007).

Conforme já mencionado, algumas características dos serviços impossibilitam a aplicação dos conceitos e das técnicas já consolidadas pela logística na indústria. O CLM (*Council of Logistics Management*), em um estudo publicado em 1991, propôs uma definição para logística de serviços. De acordo com o trabalho, a logística dos serviços inclui o conceito de cadeia de suprimentos e logística de resposta e pode ser definida como um processo de antecipação das necessidades e vontades dos consumidores. Estas necessidades serão supridas através da aquisição de capital, materiais, pessoas, tecnologias e informações, através da otimização da rede de produção de bens e o cumprimento dos pedidos dos clientes no tempo requerido.

O estudo apresenta uma tabela com as funções desta logística de resposta em paralelo com as atividades desenvolvidas em uma cadeia de suprimentos. A tabela 2.1 mostra alguns exemplos.

**TABELA 2.1 – Funções da logística de resposta**

<b>Atividades da cadeia de suprimentos</b>	<b>Atividades da “logística de resposta”</b>
Planejamento da produção	Seleção do canal de distribuição, programação de equipamentos e mão-de-obra, planejamento da capacidade.
Gestão de inventário	Informações e dados sobre estoques, gerenciamento da base de dados, gerenciamento de relatórios dos clientes.
Serviço ao cliente	Medidas de qualidade e gestão, gastos, relatórios.
Sistemas de distribuição	Traçado e planejamento da rede, planejamento de sistemas e canais.

FONTE - Adaptado de CLM, 1991, p. 12.

Alguns processos da logística das organizações manufatureiras estão presentes nas organizações de serviços. A utilização das variáveis tempo e espaço para que os produtos certos

estejam no local certo, na hora certa e nas condições adequadas se aplicam, devendo ser consideradas não só em termos de materiais, mas também em relação às pessoas e às informações.

Estudos semelhantes estão sendo desenvolvidos no Brasil pelo LALT (Laboratório de Aprendizagem em Logística e Transportes), do DGT (Departamento de Geotecnia e Transportes) da FEC (Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo) da Unicamp. São, respectivamente, LALT (2003) e LALT (2004).

### 2.3 A logística em serviços hospitalares

Nas organizações industriais e comerciais há uma distinção entre suprimentos e distribuição física, segundo Barbieri e Machline (2006). Os responsáveis pela produção dos bens são clientes internos que requerem matérias-primas, componentes e produtos em processo, enquanto os clientes externos demandam as atividades de distribuição física para ter acesso a esses produtos tangíveis. Em um hospital, de acordo com Barbieri e Machline (2006), existem apenas clientes internos (solicitantes e ou usuários dos materiais). No caso de materiais destinados a pacientes e acompanhantes, os autores mostram que a circulação destes está vinculada às intervenções dos funcionários do estabelecimento. A figura 2.2 mostra um exemplo de uma cadeia de suprimentos de um hospital.

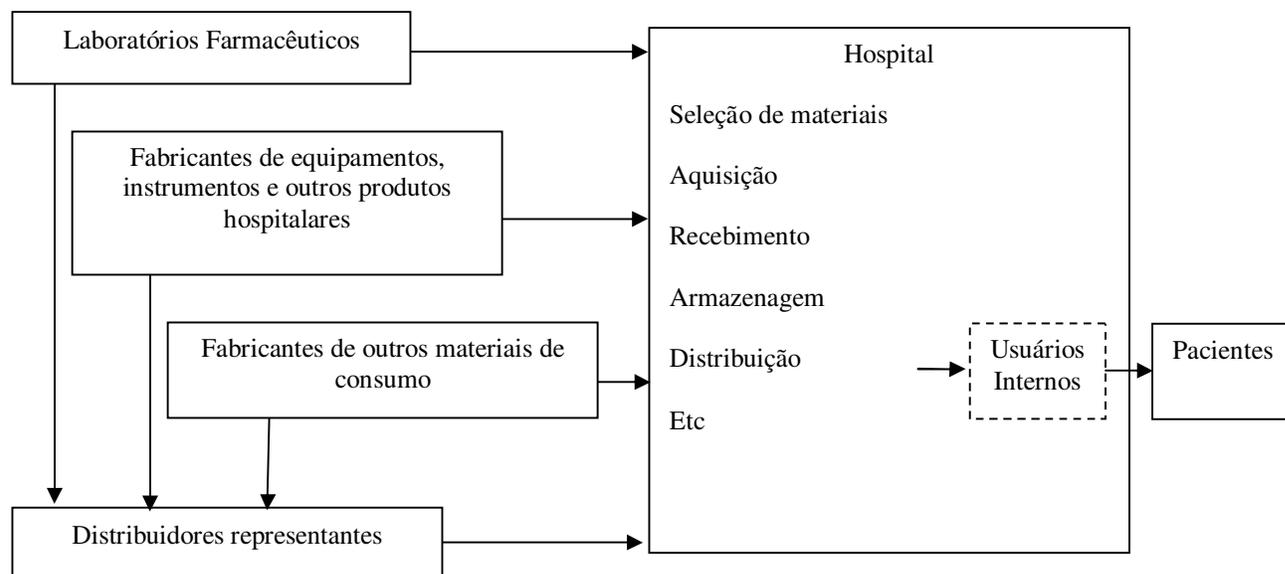


FIGURA 2.2 - Exemplo da cadeia de suprimentos de um hospital  
FONTE - Barbieri e Machline, 2006, p. 6.

Mesmo com essa diferença, algumas atividades ou sub-processos presentes tanto na logística da manufatura como na logística de serviços foram identificados. A tabela 2.2 mostra algumas atividades identificadas e que possuem certa especificidade para o caso dos processos logísticos em hospitais. As características de cada atividade fazem com que o planejamento tenha particularidades específicas para este setor.

**TABELA 2.2 - Atividades da Logística Hospitalar**

<b>ATIVIDADES</b>	<b>LOGÍSTICA HOSPITALAR</b>
<b>Transporte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ambulâncias e Transporte de órgãos</li> </ul>
<b>Serviços de valor agregado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alimentação controlada (dieta)</li> <li>• Coleta domiciliar de material para exames laboratoriais</li> </ul>
<b>Estoques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilidade de medicamentos, equipamentos, materiais de consumo, gases hospitalares, materiais fotográficos e radiológicos, fios cirúrgicos, etc.</li> </ul>
<b>Processamento interno de pedidos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tempo de resposta crítico devido ao risco de vida envolvido</li> </ul>
<b>Compras</b>	=
<b>Embalagem</b>	=
<b>Armazenagem</b>	=
<b>Manuseio de materiais</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procedimentos regulamentados pela ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária)</li> </ul>
<b>Sistema de Informações</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Controle dos lotes utilizados pelos pacientes e Medicamentos controlados (psicotrópicos)</li> </ul>
<b>Logística Reversa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lixo hospitalar</li> </ul>

No caso das atividades de transportes, nota-se que a condução de ambulâncias exige um treinamento diferente daquele ministrado aos motoristas de veículos de carga. As características do veículo são muito particulares. Isto faz com que os investimentos em equipamentos para atendimento médico, durante o transporte, sejam completamente diferentes do realizado em um veículo de mesmo porte para entregas urbanas, resultando em uma equação de custo operacional completamente diferente. O transporte de órgãos para transplante é um exemplo que se destaca na logística hospitalar. Esta atividade exige uma logística completamente diferenciada, pois agrupam vários processos da logística da manufatura e de serviços em um só caso: transporte de produtos perecíveis (percebibilidade), prazo de entrega extremamente controlado e curto, planejamento prévio de rotas e tempos, comunicação permanente, multi-modalidade e necessidade de avaria zero.

No caso dos serviços agregados, destaca-se a alimentação com dieta controlada em hospitais. É necessário um sistema de informações bastante preciso para fazer com que cada

pedido seja encaminhado ao respectivo paciente. O controle interno para a correta utilização dos condimentos, sem misturas inadequadas, também merece ser enfatizado.

Outros processos como disponibilidade de estoques, tempo de resposta crítico no processamento dos pedidos internos em função do risco de vida envolvido, manuseio de materiais que precisam ser definidos de acordo com as normas da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), sistemas de informações com características especiais (necessidade do controle dos lotes de fabricação) e a logística reversa do lixo hospitalar complementam as observações. Processos como compras, embalagens e armazenagem não apresentam diferenças em relação à logística da manufatura, uma vez que estes são processos característicos das atividades de retaguarda.

Segundo Fitzsimmons e Fitzsimmons (2000), a administração de serviços hospitalares tem vários desafios como decisões de capital, investimentos em avanços tecnológicos, gerenciamento de demanda para evitar picos e para estimular a ocupação em períodos de baixa (realização de *check ups*, por exemplo), programação dos atendimentos (clínicas), administração e controle de custos, busca pela qualidade, reação a intervenções do cliente no processo, prosperidade dos empregados e gerenciamento do progresso dos funcionários que prestam os serviços.

Hames (1991), alerta que nos hospitais as habilidades e a formação da força de trabalho, a estrutura organizacional complexa e a natureza delicada do serviço prestado, os tornam efetivamente de difícil gerenciamento. Outros fatores externos, como as contenções de custos daqueles que financiam o sistema, a demanda dos consumidores por atendimento de alta qualidade e a proliferação de sistemas alternativos de prestação de serviços não simplificam os problemas. Entender os relacionamentos entre as variáveis de decisão e agir de forma integrada é um grande desafio para o gestor.

Apesar dos problemas enfrentados pelo setor, existem exemplos bem sucedidos, como o Hospital das Clínicas de São Paulo, centro de excelência e referência no campo de ensino, pesquisa e assistência. Segundo Sallun et al (2003), o Hospital das Clínicas recebe por ano 10 milhões de pessoas (quase o mesmo número de habitantes da capital). Dados como o consumo de água que equivalem ao consumo mensal de 3.000 residências e o consumo de energia elétrica que daria para alimentar 23.000 casas, mostram como é importante o conhecimento dos sistemas que fazem parte do funcionamento do hospital. Em 2003, um orçamento anual de 796 milhões de reais foi repassado diretamente do Governo Estadual, sendo o restante repassado através do SUS.

Apenas uma pequena porcentagem, cerca de 88 milhões de reais, chega por meio de convênios. Para exemplificar, só de material gastam-se, por ano, 5,6 milhões de agulhas e 15 milhões de pares de luvas cirúrgicas. Os problemas relacionados à gestão de estoques neste caso são numerosos.

As tabelas 2.3 e 2.4 mostram alguns números do Hospital das Clínicas de São Paulo evidenciando a existência de uma complexidade dos processos deste sistema.

**TABELA 2.3 – Equipe do Hospital das Clínicas de São Paulo**

<b>Equipe</b>
10.000 funcionários
1.400 médicos
366 professores
888 residentes
400 enfermeiros
2.380 auxiliares de enfermagem

FONTE - Sallun, Érika et al, 2003, p. 21

**TABELA 2.4 – Produção Anual do Hospital das Clínicas de São Paulo**

<b>Produção Anual</b>
45.000 cirurgias
1,50 milhão de atendimentos ambulatoriais
60.000 internações
2.500 partos de alto risco
2.500 trabalhos científicos
9 milhões de refeições

FONTE - Sallun, Érika et al, 2003, p. 21

Os serviços hospitalares são desenvolvidos de acordo com a necessidade dos clientes, ou seja, pacientes. Os hospitais especializam-se em determinados tratamentos, mas todos eles devem prover serviços básicos de saúde. Mesmo os serviços básicos são acompanhados de serviços de apoio que auxiliam o atendimento dos pacientes. De acordo com Okoroh et al (2001), as principais instalações presentes nos serviços de saúde auxiliam e qualificam a prestação do

serviço de assistência médica aos pacientes. A figura 2.3 ilustra a divisão das instalações presentes no setor de saúde.

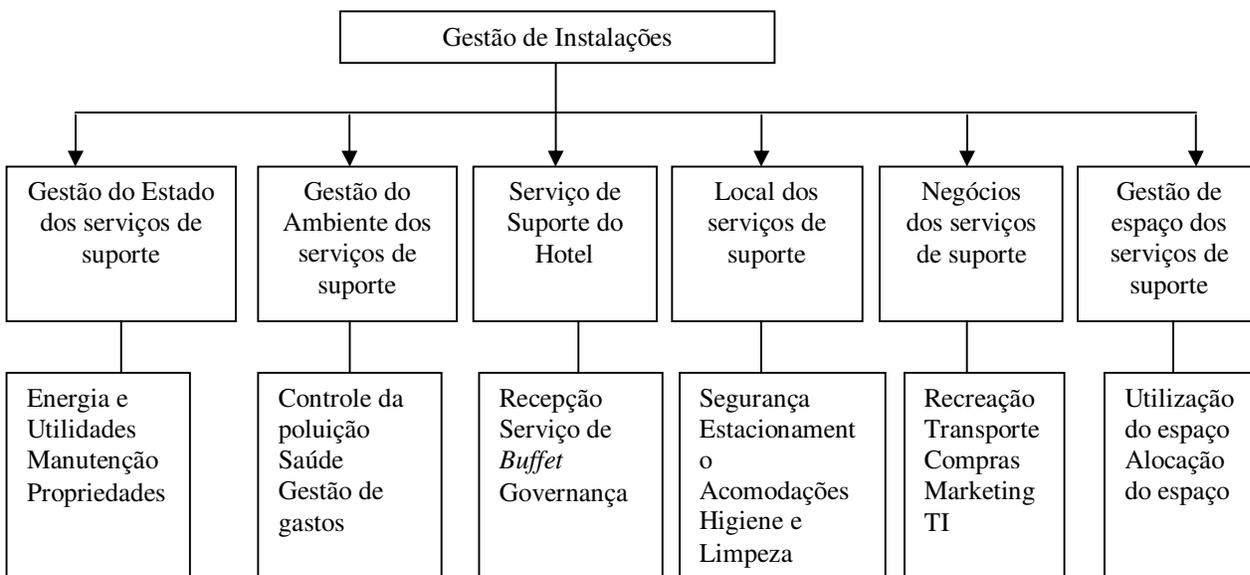


FIGURA 2.3 - Visão geral da gestão de operações no setor de saúde  
 FONTE - Adaptado de Okoroh et al, 2001, p.160.

No Brasil, os complexos hospitalares estão se especializando cada vez mais em serviços diferenciados. O Hospital Israelita Albert Einstein ([www.einstein.br](http://www.einstein.br)) implantou diversos tipos de serviços diferenciados, que proporcionam maiores cuidados junto aos pacientes. O hospital possui características de um grande hospital geral (Clínico, Cirúrgico, Pediatria e Maternidade) com medicina de alta complexidade e programas como o “Einstein Acolhendo Você”, que busca tornar mais cordial o relacionamento com os clientes e seus acompanhantes. Tem também a criação da figura do “Enfermeiro de Referência”, integrante da equipe de enfermagem, que centraliza as orientações dos médicos e acompanha passo a passo a evolução do paciente.

Já o Hospital Beneficência Portuguesa de São Paulo ([www.beneficencia.org.br](http://www.beneficencia.org.br)), considerado o maior complexo hospitalar privado da América Latina, destaca-se nas áreas de cirurgia cardíaca, neurológica e de transplantes.

O Hospital Sírio Libanês ([www.hospitalsiriolibanes.org.br](http://www.hospitalsiriolibanes.org.br)), localizado em São Paulo, lançou em 2004, o programa de medicina preventiva desenvolvido para ações de prevenção e promoção da saúde. Este programa abrange outras áreas do complexo como o núcleo de diagnósticos de distúrbios da memória, a unidade de *check-up* executivo, o núcleo de mastologia, a unidade de medicina do esporte e a unidade de prevenção do câncer.

O Hospital de Clínicas ([www.hc.unicamp.br](http://www.hc.unicamp.br)) da Unicamp é considerado um dos maiores hospitais gerais do interior do Estado de São Paulo. Está focado principalmente em procedimentos de alta complexidade como transplantes de fígado, rim, coração, córnea, medula óssea, pâncreas e implante celular.

O Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo – HCMFUSP – ([www.hcnet.usp.br](http://www.hcnet.usp.br)), também é um complexo hospitalar importante. De acordo com o relatório do Hospital das Clínicas publicado em 2003, algumas ações foram implementadas de acordo com as necessidades dos clientes, como por exemplo: a substituição dos sistemas de informática das áreas de suprimento, a prescrição eletrônica, a implantação de gerência de risco sanitário hospitalar, a implantação da área de avaliação tecnológica, a implantação da CEH - Comissão de Especificação e Homologação, entre outros.

Outro exemplo de hospital que diferenciou seus serviços para melhor atender seus pacientes foi o *Northwick Park*, que pertence ao serviço britânico de saúde (*NHS –National Healthcare Service*, similar ao brasileiro INSS – Instituto Nacional de Seguro Social). O hospital trabalhava apenas com as compras centralizadas, sendo que todas as entregas dos fornecedores eram feitas diretamente nas docas do hospital. Com isto, o hospital recebia algo em torno de 50 veículos por dia, somente para materiais. Isto causava congestionamento de tráfego nos arredores e dentro do próprio hospital, prejudicando sua operação. Além disso, o hospital possuía diversos tipos de almoxarifados espalhados pelas várias alas do prédio. Ao assumir a operação, um operador logístico redefiniu todo o conceito utilizado para armazenar e distribuir os materiais no hospital, centralizando a entrega das compras em um centro de distribuição. Desta forma, o setor de compras do hospital deixou de ter contato direto com os outros setores e passou a gerenciar um único estoque, o que permitiu otimizar seus fluxos, seus processos e melhorar as negociações, baseadas no novo volume de compra. Dentro do hospital, o operador redefiniu a localização, a quantidade e o escopo de cada almoxarifado, fazendo com que sua quantidade fosse reduzida ao mínimo necessário para assegurar o nível de serviço, sem comprometer os níveis de inventários exigidos. A visão sistêmica dos serviços hospitalares é importante a partir do momento em que o tomador de decisão consegue medir o grau de interdependência entre a necessidade de prestação de serviços básicos e diferenciados e os ganhos, tanto para o estabelecimento, quanto para o cliente.

### 3 ESTOQUES, CAPACIDADES E CUSTOS

O capítulo três apresenta os principais conceitos e estudos relacionados à gestão de estoques e capacidades em serviços hospitalares, fundamentando as proposições do trabalho. Um dos tópicos abordados é o atendimento e suas características, onde define-se o conceito de nível de serviço e as principais características de um serviço desta natureza. Em seguida são abordados os conceitos de estoque e capacidades em serviços e em hospitais, bem como as principais classificações, políticas e os custos envolvidos. As formas de planejamento, as políticas e os custos relacionados à capacidade também são apresentadas.

#### 3.1 Atendimento em serviços

O atendimento em serviços e suas características estão diretamente relacionados com a definição do conceito de nível de serviço. Esta definição é ampla e depende dos elementos-chave que determinam o serviço, das necessidades dos clientes e de como podem ser mensuradas. O estabelecimento destes critérios possibilita que sejam fixados quais os níveis de serviço pretende-se atingir e qual a melhor forma de se obter a satisfação plena do cliente. Para Ballou (1993), nível de serviço logístico ou nível de atendimento consiste na qualidade de gerenciamento do fluxo de bens e serviços.

A associação de nível de serviço como sendo a disponibilidade em estoque é comum. Para Heskett (1971), nível de serviço pode ser definido de diferentes maneiras, como por exemplo: porcentagem de itens em falta no depósito do fornecedor a qualquer instante, tempo entre a colocação e a entrega do pedido, facilidade e flexibilidade na geração de pedidos.

Para Harrison e van Hoek (2003), o nível de atendimento está associado à disponibilidade do produto e depende de fatores como o tempo de ciclo do pedido (entrada e processamento) e tempo de resposta (rastreamento, antecipação, confirmação, falta de produtos e fluxo de informações). Para Martins e Alt (2000), nível de atendimento é o indicador de quão eficaz foi o estoque para atender às situações dos usuários, sendo que:

$$\text{Nível de Serviço} = (\text{Número de Requisições Atendidas})/(\text{Número de requisições efetuadas})$$

Para Dias (1993), o nível de atendimento é um percentual do número de produtos entregues e atendidos pelo estoque disponível dentro de um período de tempo e está diretamente ligado aos níveis de estoque. Para o autor, pode ser traduzido em três fatores principais: tempo de atendimento de um pedido, uniformidade do tempo de atendimento e o índice de atendimento do cliente.

A definição do objetivo do nível de serviço complementa o entendimento da variável. Para Pozo (2001), o objetivo do nível de serviço é atender às necessidades do cliente em relação às datas e à presteza de entrega dos pedidos sendo que, na maioria das vezes, quanto maior o grau de atendimento, maior o custo de manutenção em estoque, conforme mostrado na figura 3.1.

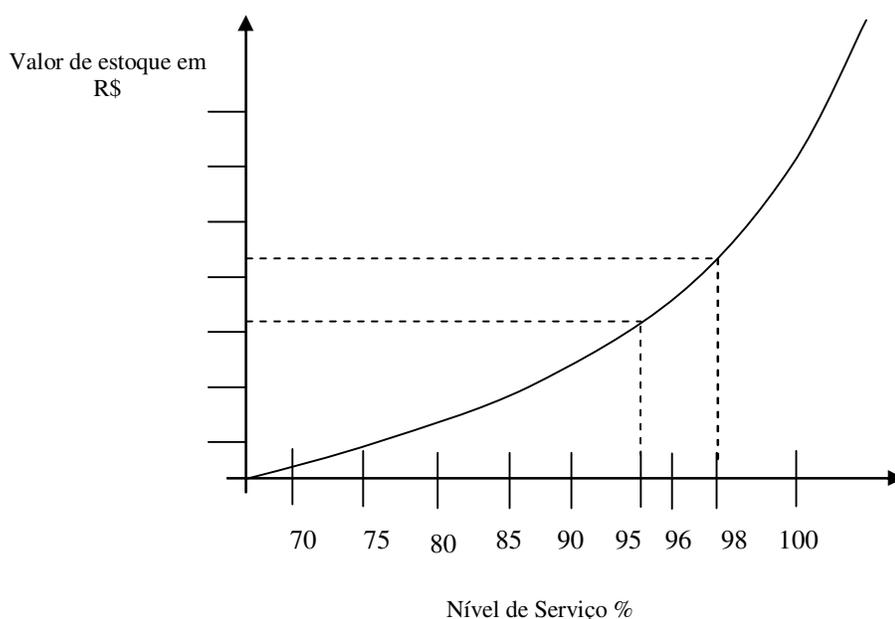


FIGURA 3.1 - Investimento em estoque para diversos níveis de serviço  
FONTE - Adaptado de Pozo, 2001, p. 40.

Para as empresas prestadoras de serviço o fato de o serviço possuir características como produção e consumo simultâneo, percibibilidade e intangibilidade faz com que os elementos chave intangíveis sejam levados em consideração para medir o nível de serviço.

Nos serviços hospitalares, a manutenção do nível de serviço oferecido ao cliente abrangendo todas as variáveis envolvidas no processo de prestação de serviço, a custos baixos e com alta qualidade, torna-se complexa. A necessidade de se conhecer todos os processos envolvidos na prestação é fundamental para conseguir manter um nível de serviço aceitável. A

figura 3.2 mostra alguns elementos que estão envolvidos com o nível de serviço em um sistema complexo, como o hospital, e que devem ser considerados quando é necessário defini-lo.

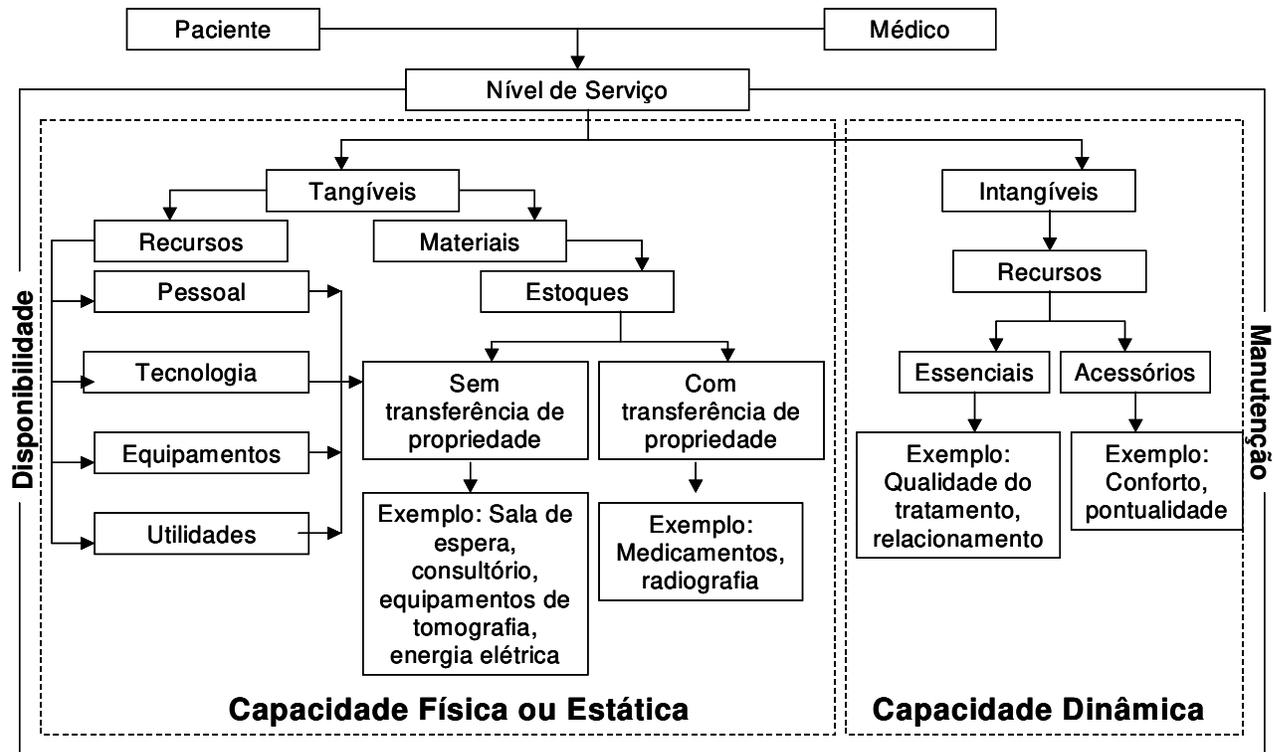


FIGURA 3.2 - Elementos que compõem o nível de serviço nos serviços hospitalares  
 FONTE - Adaptado de Corrêa e Caon, 2002.

Elementos tangíveis e intangíveis estão relacionados com a capacidade estática e dinâmica da prestação de serviço. Além disso, a disponibilidade e a manutenção de todos estes elementos mantêm o nível de serviço exigido pelo cliente e aquele em que a empresa se compromete a proporcionar.

Além da importância do conceito de nível de serviço, é preciso ressaltar a ligação entre o nível de serviço e a capacidade de prestação do serviço. A figura 3.3 mostra as características identificadas e relacionadas com esta capacidade de prestação.

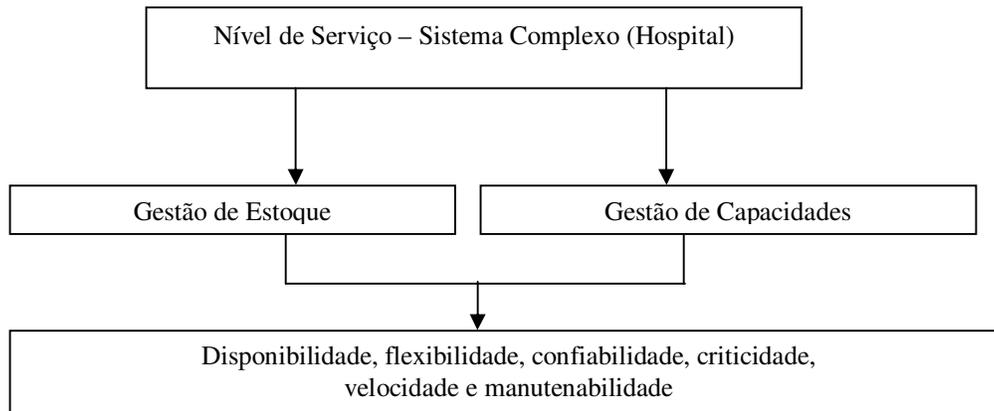


FIGURA 3.3 - Características do nível de serviço para um hospital

Em um hospital, os gestores precisam manter um nível de serviço aceitável e que atenda as expectativas dos pacientes. Gaither e Frazier (2002) mostram algumas destas expectativas: se os pacientes são tratados educadamente por todo o pessoal do hospital; se todos os pacientes recebem os tratamentos corretos nas horas certas; se todos os tratamentos são administrados com precisão; se o ambiente hospitalar apóia a recuperação do paciente.

### 3.2 Estoque e capacidade em serviços

Os estoques podem ser definidos como a “acumulação armazenada de recursos materiais em um sistema de transformação” (SLACK et al, 2002). Esta definição permite uma interpretação para a indústria manufatureira e para a indústria de serviços. Na manufatura, de um modo geral, a matéria-prima entra no processo de produção e, ao final, transforma-se em um produto tangível que será consumido. Na indústria de serviços também ocorre um processo de transformação que gera um pacote de valor para o cliente, incluindo parcelas de serviços e de bens físicos. Os estoques são insumos, componentes, produtos acabados que se encontram armazenados ao longo dos canais logísticos e das operações de uma empresa. Eles representam um dos principais usos de capitais do canal de suprimentos e gerenciá-los significa mantê-los no menor nível possível, buscando-se um equilíbrio entre os custos diretos e indiretos, além da disponibilidade desejada do produto.

Para situar o problema é necessário definir, dentro da indústria de serviços, o que são elementos estocáveis e elementos não estocáveis. Segundo Corrêa e Caon (2002), entre os elementos estocáveis estão os bens facilitadores. Dentro dos elementos estocáveis existem aqueles em que há a transferência de propriedade e aqueles em que não existe esta transferência. Os elementos estocáveis sem a transferência de propriedade são chamados de equipamentos e instalações de apoio. São espaços onde os clientes irão usufruir da experiência dos serviços.

Seguindo a definição de Corrêa e Caon (2002), os elementos não estocáveis podem ser divididos em essenciais e acessórios. Estes elementos são intangíveis e muitas vezes são fundamentais para que o pacote de valor oferecido ao cliente atenda às expectativas criadas. Os elementos não estocáveis acessórios podem ser tão importantes quanto os essenciais, pois fazem parte de uma estratégia competitiva de mercado. A tabela 3.1 mostra alguns exemplos de produtos estocáveis com transferência e sem transferência de propriedade e os não estocáveis essenciais e acessórios.

**TABELA 3.1 – Elementos do pacote de serviços oferecido ao cliente**

Não estocáveis essenciais	Não estocáveis acessórios
<b>Linha aérea:</b> pontualidade, segurança, frequência. <b>Médico:</b> qualidade do tratamento, relacionamento. <b>Hotel:</b> limpeza, conforto, segurança. <b>Telefonia:</b> disponibilidade, confiabilidade. <b>Livraria Virtual:</b> disponibilidade, velocidade, confiabilidade.	<b>Linha aérea:</b> ambiente, entretenimento, Internet. <b>Médico:</b> conforto, pontualidade, entretenimento. <b>Hotel:</b> <i>city tour</i> , massagem, lojas de conveniência. <b>Telefonia:</b> chamada de despertar, correio de voz. <b>Livraria Virtual:</b> rastreabilidade, embalagem para presente.
Estocáveis com transferência de propriedade	Estocáveis sem transferência de propriedade
<b>Linha aérea:</b> refeições, revistas, jogos infantis. <b>Médico:</b> amostras grátis <b>Hotel:</b> refeições, caneta, papel de carta. <b>Telefonia:</b> conta-extrato, cartão (telefone público). <b>Livraria Virtual:</b> livro, embalagem, lista de sugestões.	<b>Linha aérea:</b> cabine, sala de espera, telefone. <b>Médico:</b> sala de espera, consultório, revistas. <b>Hotel:</b> quartos, instalações, aparelhos de ginástica. <b>Telefonia:</b> aparelho telefônico (em alguns casos). <b>Livraria Virtual:</b> páginas da <i>Web</i> .

FONTE - Corrêa e Caon, 2002, p. 81.

A diferenciação dos elementos estocáveis e não estocáveis na indústria de serviços afeta de forma direta a percepção do cliente sobre o serviço prestado. Manter estoque é necessário, havendo vantagens e desvantagens em tê-lo como elemento facilitador. Dentre as vantagens destaca-se a melhoria do serviço ao cliente. Em geral, os sistemas operacionais não são projetados para atender todas as exigências dos clientes imediatamente e o bom gerenciamento dos estoques pode melhorar a disponibilidade de produtos e serviços, garantindo as vendas ou até mesmo aumentando-as.

Outra vantagem é a possibilidade de redução de custos de compra e de transporte. De acordo com Ballou (2001), comprar mercadorias em quantidades maiores pode proporcionar descontos, equilibrando o custo de manter estocadas as quantidades de mercadorias em excesso. Os custos de transporte podem ser reduzidos através do envio de mercadorias em lotes maiores, diminuindo o manuseio. Há também o efeito da variabilidade entre o tempo de produção da mercadoria e o seu transporte pelo canal logístico, causando incertezas que afetam os custos operacionais e os níveis de serviço. Os estoques suavizam os efeitos dessa variabilidade. Têm-se, ainda os eventos não planejados que, de acordo com Ching (2001), consistem em desastres naturais, greves, oscilações bruscas da demanda e atrasos de fornecimento.

As desvantagens também existem. Uma delas é a absorção de capital que poderia ser investido para melhorar a produção e aumentar a competitividade. Outra desvantagem é a possibilidade dos estoques esconderem problemas de qualidade. Por fim, os estoques podem gerar o desacoplamento das atividades que integram a cadeia de suprimentos, dificultando o planejamento e a coordenação das mesmas. Portanto, a administração adequada das vantagens e desvantagens pode tornar o estoque um elemento facilitador.

Segundo Fitzsimmons e Fitzsimmons (2000), outro desafio da indústria de serviços é a busca do equilíbrio entre a prestação de serviços com as demandas diárias dos clientes em um ambiente dinâmico. Esta capacidade está relacionada com os recursos físicos disponíveis, a oferta de bens facilitadores e o uso de tecnologias da informação. O dimensionamento da capacidade operacional envolve custos ligados à manutenção da capacidade em excesso (ou custo da ociosidade) e custos da falta de capacidade. As demandas caracterizam-se pela intenção de consumo e existem, segundo Viana (2000), muitas incertezas que afetam a sua previsão. A aplicação de estratégias que buscam reduzir estas incertezas caracteriza um bom gerenciamento.

Como os serviços não são estocáveis, a gestão da capacidade e da demanda torna-se muito relevante. Corrêa e Caon (2002), mostram duas opções genéricas e extremas para gerenciar a conciliação entre capacidade e demanda:

- **Seguimento da demanda com a capacidade:** como vantagem evita-se a formação de estoques de produtos físicos. Como desvantagem, existe a necessidade da unidade produtiva ser capaz de suportar altas taxas de produção no pico da demanda, o que pode representar altos custos de ociosidade no período de baixa demanda.

- **Ações sobre a demanda:** busca agir sobre a demanda na tentativa de nivelar a mesma ao longo do ano, através de promoções e produtos diferenciados.

Segundo Fitzsimmons e Fitzsimmons (2000), quando a demanda por um serviço é menor do que a capacidade disponível, têm-se instalações e mão-de-obra ociosas. Estudos em hospitais indicam baixa utilização nos períodos de verão e outono. Estas variações criam períodos de ociosidade e de clientes em filas de espera em determinados momentos. O planejamento da capacidade em um serviço depende do critério de desempenho utilizado, além de implicar em uma relação de equilíbrio entre o custo do serviço e o custo associado à espera do cliente.

Para *Council of Logistics Management* – CLM (1991), capacidade é uma importante função tanto para organizações de serviço quanto de manufatura. Em serviços, as instalações físicas, a mão-de-obra e capacidade de processamento são limitadas. Os autores mostram que existem algumas diferenças fundamentais entre a capacidade em serviços e na manufatura. Uma diferença é que nas indústrias de manufatura os estoques funcionam como um “pulmão”, permitindo o atendimento nos períodos de pico de demanda sem grandes esforços. Nas organizações de serviços, se não houver capacidade no local durante os períodos de pico, a empresa pode perder o cliente ou ter que despender grandes esforços e dinheiro. Outra diferença é que, geralmente, nas organizações de serviço a capacidade é alterada em quantidades fixas e na manufatura o aumento de produção pode acontecer sem grandes aumentos nas despesas.

### **3.3 Estoque e capacidade em hospitais**

Os serviços hospitalares apresentam características diferenciadas como: oferta de elementos tangíveis e intangíveis de forma simultânea e flutuações em sua demanda que dificultam o planejamento do número de equipamentos, instalações e pessoas. Para manter o nível de serviço oferecido ao cliente, a custos baixos e com boa qualidade, abrangendo todas as variáveis envolvidas no processo de prestação do serviço, é necessário o conhecimento dos processos do sistema.

No caso dos serviços hospitalares, a percepção do cliente é fundamental, pois afeta diretamente os resultados do processo. Segundo Gonçalves apud Martins e Alt (2000), processo é qualquer atividade ou conjunto de atividades que toma *input*, adiciona valor a ele e fornece um *output* a um cliente específico. No processo hospitalar, as várias atividades são consumidas para

gerar um serviço, que pode ser um diagnóstico ou um tratamento da enfermidade. Nesse processo, tem-se a entrada de pessoas enfermas (*inputs*), que submetidas a tratamentos são transformadas em pessoas “curadas” (*output*), utilizando-se de vários recursos.

Para Harrington (1993) apud Martins e Alt (2000), os processos hospitalares utilizam recursos da organização para gerar resultados concretos, empregando desde serviços de apoio e assistência indireta ao paciente, tais como lavanderia, hotelaria, nutrição, manutenção, até o tratamento propriamente dito. Portanto, a prestação de serviços hospitalares deve atender todas as necessidades do cliente e a gestão integrada de estoque e de capacidade é umas das maneiras de viabilizar esse atendimento.

Um estudo realizado por Ferreira (1985) analisa a importância da administração de estoques de medicamentos em hospitais e apresenta vários sistemas de controle, que visam atender a demanda dos clientes de acordo com a estrutura hospitalar. O mesmo estudo aconselha, para hospitais de grande porte, a utilização de tecnologia da informação para o controle de medicamentos, a fim de agilizar a administração hospitalar nos serviços de farmácia.

Outro estudo desenvolvido por Paterno (1990) oferece aos hospitais instrumentos para planejamento, organização e administração de seus estoques e apresenta princípios básicos e técnicas adequadas da administração de materiais aplicada ao hospital. O autor desenvolve conceitos e normas de organização para a administração dos serviços de compras, almoxarifado e farmácia, apresentando os resultados e análises dos dados da pesquisa, realizada em um grupo selecionado de hospitais do Estado de São Paulo.

Segundo CLM (1991), os hospitais geralmente possuem um ou mais controles de estoque. Além disso, materiais como suprimentos com alto valor, itens de implante, ferramentas cirúrgicas e próteses são armazenadas em estoques separados, dificultando ainda mais o controle.

Um exemplo de melhoria em gestão de estoque foi realizado no Hospital de Clínicas da Unicamp. Segundo o Jornal Semanal da Unicamp (2001), o almoxarifado geral do HC e Farmácia, intensificou, a partir de 1995, a busca de soluções internas para a redução do desperdício no hospital. Há três anos as perdas de materiais por conta da validade não existem mais, tornando o HC uma referência na área. Há seis anos, o almoxarifado geral tinha em estoque cerca de 1.300 itens e, atualmente, este número foi reduzido para 859, atestando a eficácia do controle dentro de uma estrutura hospitalar como esta. Hoje, se realiza um controle efetivo de tudo e os pedidos são estudados a fim de apurar as reais necessidades de serem incorporados ao

cadastro para gerar as aquisições. Este é um bom exemplo da importância de um controle dos produtos em estoque de grandes instituições hospitalares.

Já a capacidade em hospitais pode ser entendida como sendo a oferta de determinado serviço e está diretamente ligada aos recursos físicos disponíveis, à oferta de bens facilitadores e à aplicação de tecnologias da informação. De acordo com Slack et al (2002), as políticas de capacidade afetam diversos aspectos de desempenho. Os custos e as receitas podem ser afetados ao tentar-se equilibrar a capacidade e a demanda, capital de giro e qualidade dos bens e serviços, através da contratação de mão-de-obra, incluindo grandes flutuações nos níveis de capacidade. A velocidade de resposta à demanda do cliente, a confiabilidade do fornecimento dos bens e serviços, a flexibilidade do sistema de responder a qualquer aumento inesperado de demanda também são aspectos de desempenho que devem ser considerados.

O Hospital das Clínicas de São Paulo implantou uma medida que minimizou o problema da utilização da capacidade nos períodos de pico de atendimento do hospital. Segundo Sallun et al (2003), após as quinze horas, o complexo esvazia-se, enquanto no período da manhã as filas são enormes. Para sanar tal problema, o hospital optou pelo atendimento de pacientes de convênio e particulares no mesmo local, já que esses representam 20% do total no período da tarde.

### **3.4 Estoque**

Dentro da cadeia de suprimento os estoques são essenciais, pois garantem o fornecimento de materiais e suprimentos para o processo de produção e para o consumo. Segundo Arnold (1999), no Balanço Patrimonial os estoques representam de 20% a 60% dos ativos totais.

Definir estoques é um meio de perceber qual a sua importância dentro da cadeia de suprimentos. Segundo Davis et al (2001), estoque é a quantificação de qualquer item ou recurso usado em uma organização. Para Ballou (2001), são matérias-primas, insumos, componentes, produtos em processo e produtos acabados, que aparecem em numerosos pontos por todos os canais logísticos e de produção da empresa. Os estoques existem por diferentes motivos. De acordo com Ballou (1996) apud Martins e Alt (2000), os estoques são mantidos para melhorar o serviço ao cliente, ganhar economia de escala, proteger contra mudanças de preços, proteger contra incertezas na demanda e no tempo de entrega, além de proteger contra contingências.

Para Martins e Alt (2000), os estoques atuam também como elemento regulador, quer do fluxo de produção, no caso de processo manufatureiro, quer no fluxo de vendas, no processo comercial. É importante ressaltar que atender aos clientes na hora certa e com a quantidade solicitada tem sido um dos principais objetivos das empresas atualmente. A necessidade de manter os estoques surge, portanto, a partir dos variados motivos acima mencionados.

De acordo com Faria e Costa (2005), estoques são ativos tangíveis, adquiridos ou produzidos por uma empresa, visando a sua comercialização ou utilização própria em suas operações.

### 3.4.1 Classificação e localização dos estoques

A classificação dos estoques torna-se relevante ao longo da cadeia de suprimentos, pois possibilita uma diferenciação entre os tipos de materiais estocados e sua importância em cada nível da cadeia.

Segundo Martins e Alt (2000), os estoques podem ser classificados em:

- **Estoque de matérias-primas:** são todos os itens utilizados nos processos de transformação em produtos acabados, podendo ser materiais diretos (incorporados ao produto final) ou indiretos (não incorporados ao produto final).
- **Estoque de produtos em processo:** são itens que já entraram no processo produtivo, mas ainda não são produtos acabados.
- **Estoque de produtos acabados:** são itens prontos para serem entregues aos consumidores finais.
- **Estoque em trânsito:** são itens despachados de uma unidade fabril para outra, mas que não chegaram ao destino final.
- **Estoque em consignação:** são os materiais que continuam sendo propriedade do fornecedor, até que sejam vendidos.

Para Arnold (1999), os estoques são classificados de acordo com as funções que desempenham, sendo qualificados como:

- **Estoque de antecipação:** são criados antecipando-se à demanda futura.
- **Estoque de flutuação (estoque de segurança):** são feitos para cobrir flutuações aleatórias e imprevisíveis do suprimento, da demanda ou do *lead time*, prevenindo perturbações na produção ou no atendimento aos clientes.
- **Estoque de tamanho do lote:** são itens comprados ou fabricados em quantidades maiores que o necessário, podendo ser vantajoso caso existam descontos sobre a quantidade.
- **Estoque de transporte ou estoque em trânsito:** são formados devido à diferença entre transporte e entrega do material.

Para Slack et al (2002), os estoques podem ser divididos em quatro tipos: isolador, de ciclo, de antecipação e de canal. O estoque isolador ou estoque de segurança tem a função de compensar as incertezas inerentes ao fornecimento e demanda. O estoque de ciclo ocorre devido à existência de um ou mais estágios da produção não poderem fornecer os itens simultaneamente. O estoque de antecipação é usado para compensar diferenças de ritmos de fornecimento e de demanda. O estoque de canal ou de distribuição existe porque o material não pode ser transportado instantaneamente entre o ponto de fornecimento e o ponto de demanda.

Os estoques existem em qualquer operação produtiva e em cada etapa os diferentes tipos de materiais armazenados possuem importâncias distintas. Segundo Fleury et al (2000), os estoques podem estar em posições diversas na cadeia de suprimentos e, dependendo do valor agregado e do tempo de resposta ao cliente, podem estar centralizados ou descentralizados. A centralização ou não dos estoques depende de quatro dimensões:

- **Giro do material:** quanto maior, maior a tendência à descentralização, pois menores são os riscos associados à perecibilidade e à obsolescência do material.
- **Tempo de resposta:** quanto maior o tempo de resposta, desde a colocação do pedido até o atendimento do cliente final, maior é a tendência à descentralização dos estoques.
- **Nível de disponibilidade exigida pelos mercados:** quanto maior o nível de serviço, maior é a tendência à descentralização.
- **Valor agregado:** quanto maior, maior é a tendência à centralização, já que mais elevados são os custos de oportunidades de estoque.

Os estoques descentralizados são característicos de materiais de alto giro, maior tempo de resposta e maior nível de disponibilidade exigida pelo mercado, tendendo a posicionar os produtos próximos aos clientes. A centralização dos estoques, segundo Harrison e Hoek (2003), possibilita a redução de custos. A partir da centralização dos estoques podem ser realizadas economias maiores, em especial por meio da diminuição dos estoques especulativos gerais, muitas vezes associados à capacidade de equilibrar picos de demanda entre mercados regionais, a partir de um estoque central.

### **3.4.2 Políticas de estoques**

A organização de processos e procedimentos leva a uma sistematização das operações que facilitam o funcionamento das diversas atividades envolvidas no gerenciamento de estoques e de capacidades. As diretrizes que orientam a gestão dos processos são chamadas de políticas. De acordo com Gasnier (2002), políticas são determinações formais e abrangentes que orientam o processo de tomadas de decisões, induzindo um propósito constante que orientada aos objetivos da organização, como por exemplo, atendimento e produtividade. Na gestão de estoques, as políticas de reposição de materiais levam em consideração a agilidade em responder às solicitações recebidas com qualidade e rapidez.

Uma pesquisa realizada em 117 hospitais do Estado da Geórgia, Alabama e da Flórida, é esclarecedora sobre o estágio atual da gestão de estoque em organizações de saúde. Wanke (2004) mostra que a pesquisa revela que a gestão de estoque é a função com maior carência de informatização no âmbito das organizações de saúde. O trabalho aponta quais as principais técnicas empregadas em hospitais norte-americanos, sendo que o ponto de pedido (PP) é adotado em 92,9% dos casos, a classificação ABC é seguida em 61,9% e o lote econômico de compra é utilizado em 54,8% dos hospitais. O autor destaca que pela natureza complexa dos serviços de saúde, os resultados apontam não apenas que diferentes técnicas de gestão de estoques podem ser aplicadas simultaneamente nesse setor (segmentação por tipo de medicamentos ou item), mas também que existe uma enorme oportunidade para a adoção de técnicas mais sofisticadas. De acordo com Alvim (2004), a gestão de estoques é fundamental no gerenciamento da cadeia de suprimentos e requer integração com o processo logístico e a política e estratégia adotada pela organização.

Existem muitas maneiras e métodos de planejar e controlar estoques. Os estoques caracterizam-se por serem puxados ou empurrados. Os estoques puxados resultam em níveis reduzidos de estoques nos pontos de armazenagem, devido à sua reação às condições de demanda e custos específicos. Ballou (2001) mostra que os estoques empurrados são apropriados quando as quantidades da produção ou da compra excedem as necessidades de estoque a curto prazo. Para Wanke (2003), o termo “puxar” é freqüentemente utilizado para descrever políticas de gestão de estoques nos quais se reage à demanda, enquanto que o termo “empurrar” é utilizado para descrever políticas planejadas com base em previsões de venda, conforme tabela 3.2.

**TABELA 3.2 - Como as políticas de planejar/reagir e de antecipar/postergar restringem os modelos de gestão de estoque.**

	<b>Antecipar</b>	<b>Postergar</b>
<b>Reagir (Puxar)</b>	Produção e Distribuição: tamanho de lote econômico e ponto de pedido/Nível de reposição e intervalo de revisão	Produção: <i>Just in time</i> Distribuição: Centralização dos estoques
<b>Planejar (Empurrar)</b>	Produção: MRP Distribuição: DRP	Caso inviável

FONTE - Wanke, 2003, p. 20.

Cada política deve ser analisada verificando-se qual é a que melhor se aplica ao sistema a ser controlado. A política mais apropriada irá depender do tipo de empresa e do seu sistema, considerando os custos envolvidos.

As políticas de reposição contínua ou lote padrão, revisão periódica e ponto de pedido com incerteza do item, citadas neste documento, são mostradas por diferentes autores em seus trabalhos, sendo que muitas delas caracterizam-se por utilizar hipóteses simplificadas em relação à demanda, tempo de atendimento, lote de compra e intervalos entre pedidos. Estas políticas de reposição de materiais caracterizam-se por determinar quais produtos devem estar dispostos para consumo, quanto se deve manter em estoque e onde localizá-los, assim como quando acionar a reposição e quando solicitar.

Uma das políticas mais conhecidas é a de reposição contínua. Segundo Martins e Alt (2000), a política de reposição contínua, também conhecida como lote padrão, modelo de estoque mínimo ou modelo de ponto de reposição, consiste em emitir o pedido de compras, com quantidade igual ao lote econômico, sempre que o nível de estoque atingir o ponto de pedido. A figura 3.4 mostra o modelo de reposição contínua.

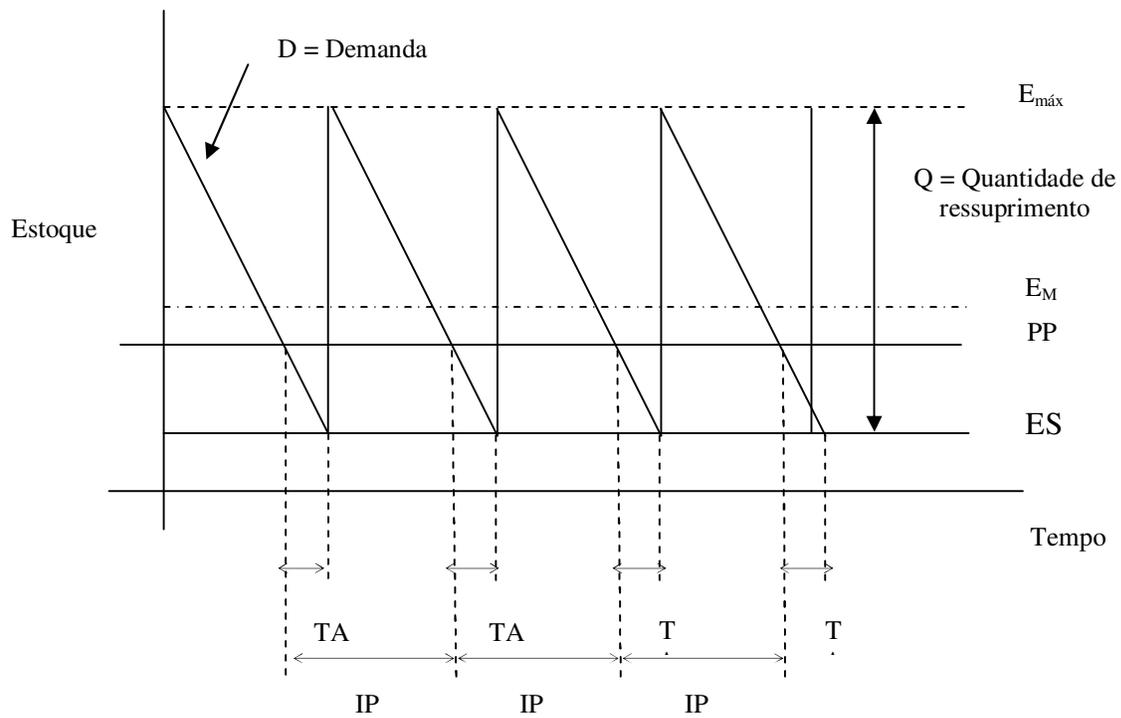


FIGURA 3.4 - Modelo de reposição contínua ou lote padrão  
 FONTE - Adaptado de Martins e Alt, 2000, p.187.

Dentro do modelo de reposição contínua, as variáveis são definidas de acordo com as funções:

$$EMAX = ES + Q$$

$$EM = ES + \frac{Q}{2}$$

$$PP = (TA * D) + ES$$

$$ES = k * \sigma_{\bar{D}}$$

$$IP = \frac{1}{N}$$

$$N = \frac{D}{Q}$$

Onde:

Q = Quantidade de ressuprimento

D = Demanda,  $\bar{D}$  = Demanda Média e k = fator de segurança

$E_{\text{máx}}$  = Estoque máximo

$E_M$  = Estoque médio

PP = ponto de pedido ou reposição

ES = estoque de segurança e  $\sigma$  = desvio padrão da demanda média

TA = Tempo de Atendimento ou tempo de ressuprimento ou *lead time*

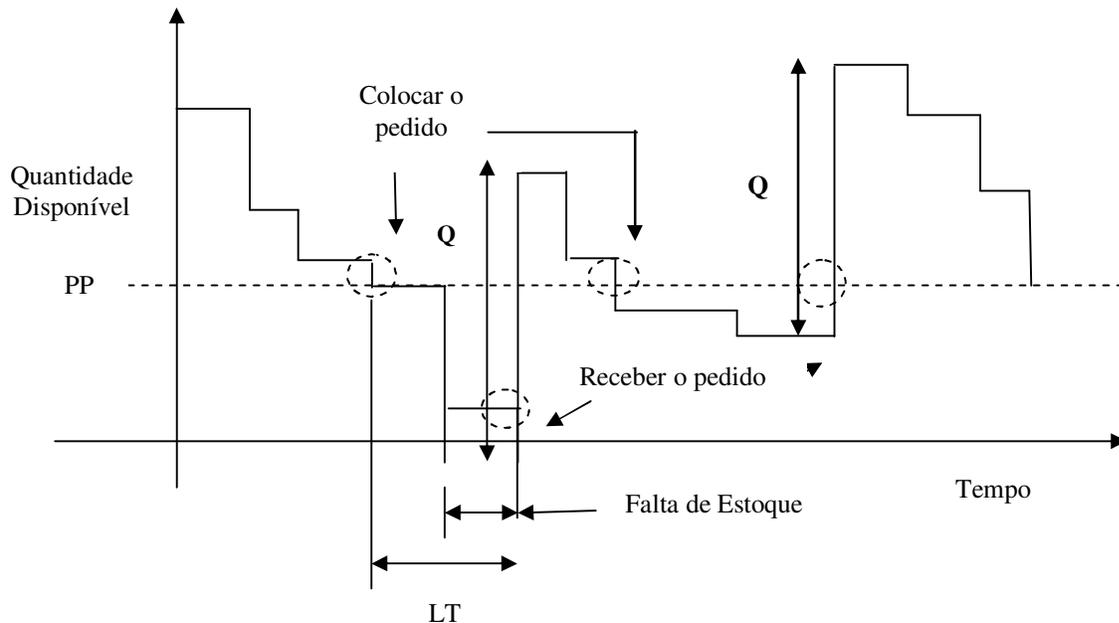
IP = Intervalo entre pedidos

N = número de pedidos emitidos por intervalo de tempo

FONTE - Martins e Alt, 2000, p.187.

De acordo com Tubino (2000), o modelo de gestão por ponto de pedido trabalha no eixo das quantidades, propondo a reposição de estoques quando o seu nível ultrapassa determinada quantidade. De acordo com Ballou (2006), a política de ponto de pedido possui variações como, por exemplo, ponto de pedido com demanda incerta, com custos conhecidos de falta de estoque e com incerteza da demanda e do prazo de entrega, mostrando que as condições para a determinação da política mais adequada devem estar pré-estabelecidas.

Ballou (2006) mostra que a política de ponto de reposição com demanda incerta presume que a demanda é contínua e age sobre o estoque para reduzir o seu nível. A quantidade pedida chega a um ponto no tempo equilibrado pelo tempo de reabastecimento. Entre o tempo de colocação do pedido de reabastecimento no ponto de pedido e o de sua chegada no estoque, existe o risco de que a demanda exceda a quantidade restante de estoque. A figura 3.5 mostra o sistema de ponto de pedido para um único item.



Onde: PP = Ponto de Pedido  
 Q = Quantidade  
 LT = Prazo médio de Entrega

FIGURA 3.5 - Controle de estoque de ponto de pedido sob incerteza por item.  
 FONTE - Adaptado de Ballou, 2006, p.287.

Para o controle de estoque de ponto de pedido, a quantidade a ser solicitada pode ser calculada de acordo a fórmula de lote econômico de compra, através do qual se busca um equilíbrio nos custos de obtenção, falta e manutenção dos estoques. A função para o cálculo da quantidade econômica é mostrada a seguir:

$$Q = \sqrt{\frac{2 * D * S}{IC}}$$

Onde:

Q = tamanho de cada pedido de reabastecimento de estoque, em unidades

D = demanda anual por item em estoque, em unidades

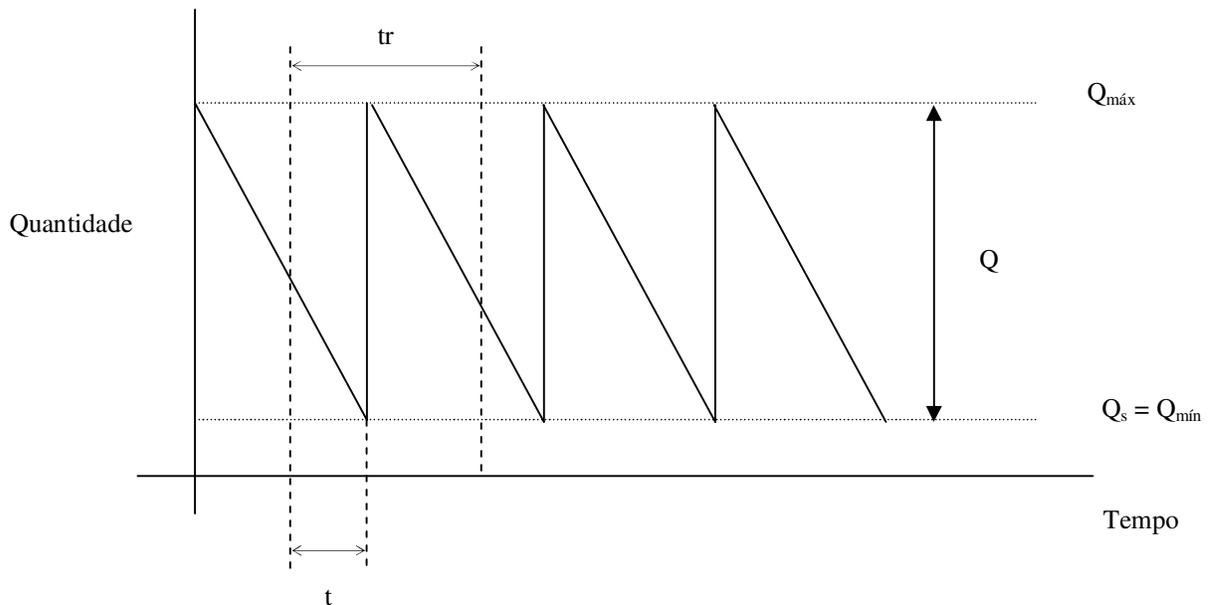
S = Custo de obtenção (por pedido)

C = valor do item mantido em estoque (por unidade)

I = custo de manutenção como uma % do valor do item

FONTE - Ballou, 2006, p.284.

Outra política importante é a de revisão periódica que, de acordo com Tubino (2000), trabalha no eixo dos tempos, estabelecendo datas nas quais serão analisadas a demanda e as demais condições de estoque para decidir pela reposição ou não dos itens. A figura 3.6 mostra o funcionamento da política de revisões periódicas.



Onde:

$Q_{máx}$  = Quantidade máxima;

$Q_s = Q_{mín}$  = Quantidade mínima;

$tr$  = tempo entre cada revisão;

$t$  = número de dias

FIGURA 3.6 - Controle de estoque por revisão periódica

FONTE - Adaptado de Tubino, 2000, p.127.

Nesse caso, o tempo é a variável principal e pode ser calculada com a seguinte função:

$$tr = \frac{Tano}{N} = \frac{Q * Tano}{D}$$

Onde:

$tr$  = tempo ótimo entre revisões

$Tano$  = número de dias do ano

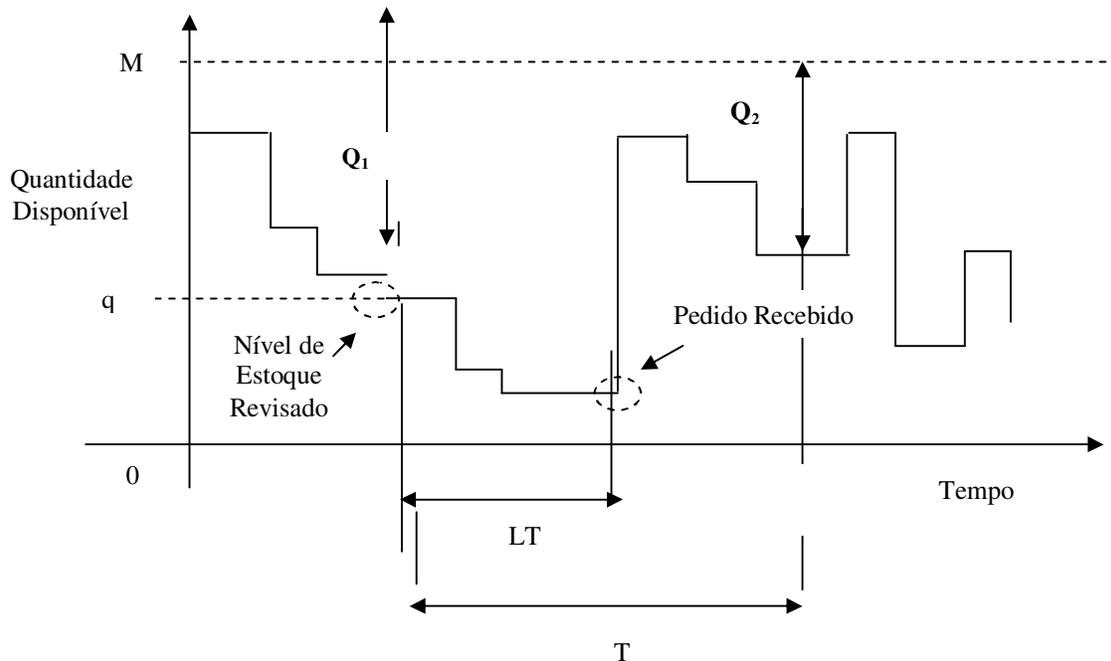
$N$  = número de pedidos

$Q$  = quantidade a ser reposta

FONTE - Tubino, 2000, p.45.

A quantidade a ser reposta poderá aproximar-se do valor do lote econômico, porém esta quantidade dependerá do desempenho da demanda e dos níveis de estoque durante o período de cada revisão.

O modelo por revisões periódicas também pode ser chamado de modelo de intervalo padrão ou modelo de estoque máximo. De acordo com Ballou (2006), a política de revisão periódica também possui suas variações, como por exemplo, revisão periódica com demanda incerta, como mostrado na figura 3.7. Nesse caso, o intervalo de revisão é equivalente ao definido anteriormente.



Onde:

- M = Nível máximo;
- $M - q$  = quantidade de reabastecimento;
- LT = Tempo de reabastecimento;
- T = Intervalo de revisão;
- Q = quantidade disponível;
- $Q_1$  e  $Q_2$  = quantidade do pedido

FIGURA 3.7 - Controle de estoque de ponto de pedido sob incerteza por item  
 FONTE - Adaptado de Ballou, 2006, p.293.

Existe uma diferença entre as duas políticas de estoque descritas, mostrando que a variável custo é importante na escolha da mesma. Na política de ponto de pedido, os itens em estoque são encomendados em momentos diferentes, deixando de obter os benefícios de economias como produção, transporte ou aquisição de conjuntos, além de exigir constante monitoramento dos níveis de estoque. Já na política de revisão periódica, os níveis de estoque podem ser revisados para múltiplos itens, sendo encomendados de uma única vez, obtendo-se economias. A desvantagem desse método é que a quantidade de itens em estoque deve ser maior para garantir o atendimento, aumentando os custos de manutenção. Existem ainda políticas combinadas, como por exemplo, lote econômico com descontos, lote econômico com entrega parcelada, entre outros.

Além das políticas de estoque, as classificações de materiais também auxiliam na escolha da melhor política. Um dos métodos mais conhecidos é a curva ABC que se caracteriza por um sistema de classificação de itens de estoque. Também conhecido como a *lei de Pareto*, essa pode ser entendida como a proporção de itens em estoque e o quanto esta proporção representa em valor monetário. As porcentagens da curva de *pareto* são valores aproximados que podem variar dependendo do tipo de empresa, dos produtos estocados e de como é feita a gestão de estoques. A figura 3.8 mostra o formato da curva ABC, onde os itens classe A representam 20% dos itens de alto valor agregado e 80% do valor total do estoque; os itens classe B correspondem a 30% dos itens e cerca de 10% do valor total do estoque e os itens C representam 50% dos itens estocados e cerca de 10% do valor total do estoque de valor médio, segundo Slack et al (2002).

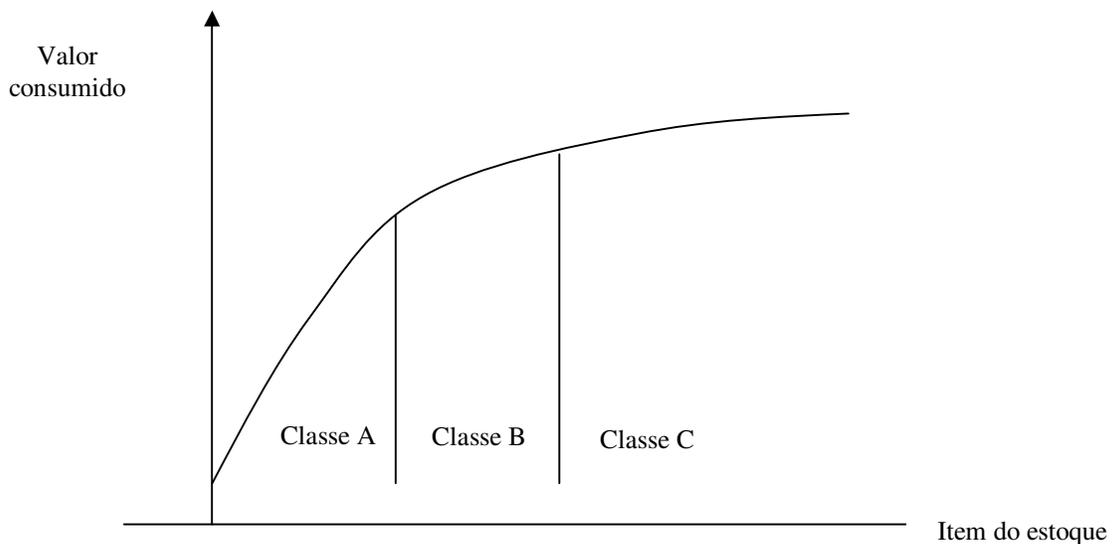


FIGURA 3.8 - A curva ABC

FONTE - Adaptado de Martins e Alt, 2000, p. 165.

Para Arnold (1999), os itens A têm alta prioridade, devendo ter um bom controle através de registros completos e revisões regulares. Os itens B têm prioridade média e necessitam de controles normais e processamento normal. Já os itens C têm uma prioridade menor e devem ter um controle mais simples, embora devam ser mantidos em estoques de segurança, já que a falta pode ocasionar, por exemplo, a parada de uma linha de produção.

Outro método de classificação de materiais é a classificação de criticidade XYZ. Os itens de estoque são segmentados em função do impacto resultante da falta. Os itens classe X possuem baixa criticidade e grande facilidade de obtenção e os itens classe Y possuem uma criticidade média e as faltas podem provocar paradas na linha de produção. Já os itens Z são os mais críticos e não podem ser substituídos por materiais equivalentes.

### 3.4.3 Custos do estoque

Para Faria e Costa (2005), os custos logísticos são os custos de planejar, implementar e controlar todo o inventário de entrada (*inbound*), em processo e de saída (*outbound*), desde o ponto de origem até o ponto de consumo, sendo que os custos de estoque são partes importantes dos custos logísticos.

O nível de inventário a ser mantido depende do nível de serviço objetivado e da política a ser adotada pela empresa, sendo que essa decisão está relacionada à incerteza na demanda ou no fornecimento. Para obter-se o custo total para manter o estoque é feita a somatória de todos os

custos inerentes ao mesmo: custos de capital sobre investimentos em estoque (custo de oportunidades), custos de serviços de inventários, custos de espaço de armazenagem (variável) e custos de riscos de estoques. A existência de estoques significa basicamente o bloqueio considerável de alguma quantidade de capital.

Segundo Davis et al (2001), os custos que devem ser levados em consideração são:

- **Custos de manuseio e manutenção:** pode ser dividido em três segmentos, os quais seriam custos de armazenagem, custos de capital e custos de obsolescência/redução. Os custos de armazenagem incluem os custos da instalação de armazenagem, seguro, taxas, utilidades, segurança e pessoal de apoio. Os custos de obsolescência representam a depreciação do valor com o passar do tempo. Os custos de redução referem-se a furtos e quebras.
- **Custos de preparação ou de pedido:** são custos fixos associados à produção interna ou à liberação de um pedido. Estes custos independem das quantidades que são requisitadas. Os custos de preparação correspondem ao tempo necessário para ajustes de equipamentos.
- **Custos de escassez (ou falta de estoque):** custos decorrentes da falta do material requisitado pelo cliente.
- **Custo de compra:** são custos diretos referentes ao material comprado.

Segundo Ballou (1993), os custos da falta de estoques podem ser subdivididos em dois tipos:

- **Custos de vendas perdidas:** pode ser estimado como o lucro perdido na venda agregado de qualquer perda de lucro futuro, devido ao efeito negativo que essa falta provoca no cliente. É de difícil mensuração, pois exige a capacidade de prever as intenções futuras dos clientes quanto às novas compras do produto.
- **Custos de atraso:** são mais fáceis de serem mensurados, pois resultam em gastos diretos da empresa.

Martins e Alt (2000) classificam os custos para a manutenção de estoque em três categorias: custos diretamente proporcionais ao estoques, inversamente proporcionais e independentes da quantidade estocada. Os custos diretamente proporcionais são aqueles que crescem com o aumento da quantidade média estocada, como os custos de armazenagem, manuseio, perdas, obsolescência, furtos e roubos, podendo ser divididos em custos de capital e custos de armazenagem. Os custos inversamente proporcionais são aqueles que diminuem com o

aumento do estoque médio, sendo denominados como custos de obtenção e custos de preparação. Os custos independentes são aqueles que independem do estoque médio mantido pela empresa.

Wanke (2004) mostra que o primeiro passo para o planejamento e o controle dos custos relacionados à gestão de estoque é a sua identificação e quantificação. O custo total associado à gestão de estoques em organizações de saúde resulta de alguns componentes, tais como: gastos com a compra, gastos com o ressuprimento, custos de oportunidade do capital, custos de armazenagem, custos das falta de medicamentos e perdas por perecibilidade.

De acordo com Faria e Costa (2005), devem-se considerar os *trade-off*, entre outros elementos de custo como o transporte e armazenagem. A figura 3.9 mostra como os custos de transporte e de estocagem podem se relacionar.

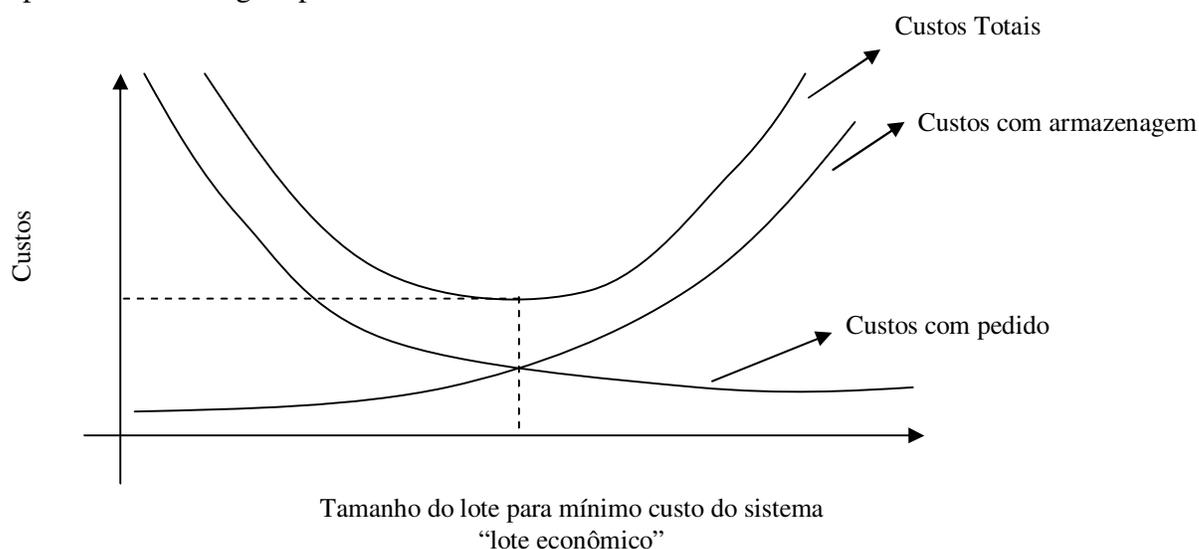


FIGURA 3.9 - Custos totais do sistema de gestão de estoque por ponto de pedido  
FONTE - Adaptado de Corrêa et al, 2001, p. 61.

Corrêa et al (2001) mostram que os custos de armazenagem são calculados multiplicando-se o estoque médio mantido pelo sistema (metade do tamanho do lote) pelo custo unitário anual de estocagem. O custo do pedido é calculado multiplicando-se os custos fixos de um pedido pelo número total de pedidos feito ao longo do ano. O tamanho do lote que gera os custos totais mínimos é aquele em que os custos de armazenagem se igualam aos custos de fazer pedidos.

Martins e Alt (2000), além de considerarem os custos de armazenagem como manuseio e obsolescência e os custos de obtenção, consideram também os custos independentes, caso existam. Caso a opção de compra seja pelo lote econômico, Martins e Alt (2000) mostram a definição dos custos totais conforme equação abaixo:

$$CT = (Ca + i * P) * \left(\frac{Q}{2}\right) + Cp * \left(\frac{D}{Q}\right) + Ci$$

Onde:

CT = custo total

$C_A$  = custo de armazenagem, como manuseio e obsolescência

$i$  = taxa de juros corrente

$P$  = preço de compra do item em estoque

$i * P$  = custo de capital

$Q$  = tamanho do lote de compras

$Q/2$  = estoque médio

$C_p$  = custo de obtenção ou preparação

$D$  = demanda por unidade de tempo e  $D/Q$  = número de pedidos

$C_i$  = custos independentes, como por exemplo, aluguel de um galpão

FONTE - Martins e Alt, 2000, p. 147.

Ao definir a aplicação de políticas puxadas ou empurradas, é preciso levar em consideração variáveis como demanda, nível de estoque e quantidade de pedidos realizados. Para as políticas puxadas o ponto de ressuprimento pode ser definido pelo cliente, o que proporciona níveis mais baixos de estoque e número elevados de pedidos. Para as políticas empurradas, o ressuprimento é feito mediante previsão e pode ser repostado pelo fornecedor, gerando elevados níveis de estoque, os quais podem ser compensados pela diminuição do número de pedidos ao longo do ano.

### 3.5 Capacidade

A capacidade de uma operação pode ser descrita, segundo Slack et al (2002), como o máximo nível de atividade em determinado período de tempo, onde o processo é realizado sob condições normais de operação. Como já foi dito anteriormente, Arnolds (1999) define capacidade como sendo o volume de trabalho que pode ser feito num período específico de tempo. Ele divide as capacidades em disponível e exigida.

Segundo Ching (2001), capacidade é a medida da disponibilidade total de uso em termos de máquinas e horas do processo de fabricação. A capacidade pode ser dividida em quatro tipos:

- **Ativa:** é o equivalente às horas de trabalho usadas para produzir produtos.
- **Reservada:** é o equivalente às horas designadas para atender à demanda variável.

- **Aprisionada:** Horas de perda de confiabilidade, *start up*, horas gastas com *changeover* necessárias para suportar as horas de trabalho.
- **Ociosa:** Horas não necessárias ou não utilizadas.

A capacidade do sistema de produção define os limites competitivos de uma empresa e especificamente, determina a taxa de resposta da empresa ao mercado, sua estrutura de custo, composição de sua força de trabalho, seu nível de tecnologia, suas exigências de gestão e de apoio ao quadro funcional, além de sua estratégia geral de estoques, como define Davis et al (2001). Segundo esse autor, a capacidade pode ser afetada tanto por fatores internos, como por fatores externos. Projeto de produto e serviço, pessoal e empregos, *layout* da planta e fluxo de processos, capacidades e manutenção de equipamentos e administração de materiais são exemplos de fatores internos. Legislações governamentais e capacidades do fornecedor exemplificam os fatores externos.

### 3.5.1 Planejamento e controle da capacidade

Planejar a capacidade significa adequar a produção à demanda. Para Arnolds (1999), o processo de planejamento da capacidade, considerado como um processo de determinação dos recursos necessários à realização do plano de prioridade ocorre da seguinte maneira:

- Determina-se a capacidade disponível em cada centro de trabalho para cada período de tempo
- Determina-se a carga em cada centro de trabalho para cada período de tempo;
- Resolvem-se as diferenças entre capacidade disponível e a capacidade exigida. Se possível, a capacidade disponível deve ser ajustada e, caso contrário, os planos de prioridade devem ser alterados para que correspondam à capacidade disponível.

O planejamento da capacidade deve ser feito de forma eficaz, já que, de acordo com Slack et al (2002), as políticas de capacidade afetam diversos aspectos de desempenho, como:

- **Custos:** serão afetados pelo equilíbrio entre capacidade e demanda. Níveis de capacidade excedentes à demanda podem significar subutilização da capacidade e, portanto, alto custo unitário.
- **Receitas:** serão afetadas pelo equilíbrio entre capacidade e demanda, mas de forma oposta. Níveis de capacidade igual ou superior à demanda em qualquer momento assegurarão que toda a demanda seja atendida e não haja perdas de receitas.

- **Capital de giro:** o capital de giro será afetado se uma operação decidir produzir estoque de bens acabados, antecipando-se à demanda.
- **Qualidade:** a qualidade dos bens ou serviços pode ser afetada por um planejamento de capacidade que inclui grandes flutuações nos níveis da mesma, através da contratação de mão-de-obra, por exemplo.
- **Velocidade:** a velocidade de resposta à demanda do cliente pode ser melhorada, seja pelo aumento de estoques, seja pela provisão deliberada de capacidade excedente para evitar filas.
- **Confiabilidade:** a confiabilidade do fornecimento também será afetada pela proximidade dos níveis de demanda e de capacidade. Quanto mais próxima a demanda estiver da capacidade máxima de operação, menos capacidade esta terá para lidar com interrupções inesperadas e menos confiáveis seriam seus fornecimentos de bens e serviços.
- **Flexibilidade:** a flexibilidade de volume será melhorada por capacidade excedente. Se a demanda e a capacidade estiverem em equilíbrio, a operação não será capaz de responder a qualquer aumento inesperado de demanda.

A influência do planejamento da capacidade nestes aspectos de desempenho pode ser decisiva na produção de um bem ou serviço e no atendimento pleno do cliente. Mas ter capacidade produtiva suficiente para atender à demanda não significa que a quantidade de produtos gerados corresponde ao número total. Existem duas medidas que indicam se isso realmente está ocorrendo ou não. Essas medidas são a utilização e a eficiência. Segundo Corrêa e Caon (2002), a utilização dá uma idéia de quanto da capacidade teórica está disponível para uso e quanto está sendo usada. A capacidade efetivamente disponível difere da capacidade total teórica pelas chamadas “indisponibilidades”, como por exemplo, paradas do processo por quebras ou falta de energia.

A utilização pode ser definida através da fórmula:

$$Utilização = \frac{Capacidade\ efetivamente\ disponível}{Capacidade\ total\ teórica}$$

A eficiência, conforme sugerido por Corrêa e Caon (2002), procura refletir quão bem o período de disponibilidade do processo está sendo usado, ou seja, quanta saída de fato está sendo gerada em comparação com a saída dita padrão. A eficiência pode ser descrita pela fórmula:

$$\text{Eficiência} = \frac{\text{Saídas demonstradas em capacidade efetivamente disponível}}{\text{Saídas padrão em capacidade efetivamente disponível}}$$

Para Slack et al (2002), as proporções do volume de produção realmente conseguido por uma operação para a capacidade de projeto e para a capacidade efetiva são respectivamente chamadas de utilização e eficiência da planta.

### **3.5.2 Políticas de capacidade**

As políticas de capacidade são alternativas que auxiliam a controlar as alterações das demandas. Para Wallace e Stahl (2003), processos efetivos de planejamento da capacidade são necessários para assegurar que a oferta esteja em equilíbrio com a demanda. Slack et al (2002) definem três opções disponíveis para lidar com as variações de demanda, sendo elas:

1. Manter os níveis de atividades constantes, desconsiderando as flutuações (políticas de capacidade constante);
2. Ajustar a capacidade para refletir as flutuações da demanda (política de acompanhamento da demanda);
3. Mudar a demanda para ajustá-la à disponibilidade da capacidade (gestão da demanda).

A política de capacidade constante estabelece que a capacidade de processamento seja a mesma durante todo o período de planejamento, sem considerar as flutuações na demanda. Para Slack et al (2002), esta política tende a proporcionar padrões de empregos estáveis, alta utilização do processo e estoques consideráveis. Já a política de acompanhamento da demanda está apta para ajustar capacidade a um número diferente de pessoas, sendo necessário estabelecer diferentes horas de trabalho e diferentes quantidades de equipamentos. Slack et al (2002) mostram alguns métodos para se ajustar a capacidade, como por exemplo: horas extras, variação do tamanho da força de trabalho em períodos de tempo estabelecidos e subcontratação. Wallace e Stahl (2003) listam mais algumas alternativas para ajuste da capacidade, como por exemplo a substituição de produtos existentes, a produção antecipada de alguns produtos e um maior número de mão-de-obra e equipamentos.

A gestão da demanda é outra forma de tentar ajustar a demanda à capacidade existente. Essa política consiste em criar meios, como produtos e serviços, para preencher a capacidade em períodos de baixa ocupação. De acordo com Slack et al (2002), a variação do preço é a forma mais rápida de realizar esse ajuste.

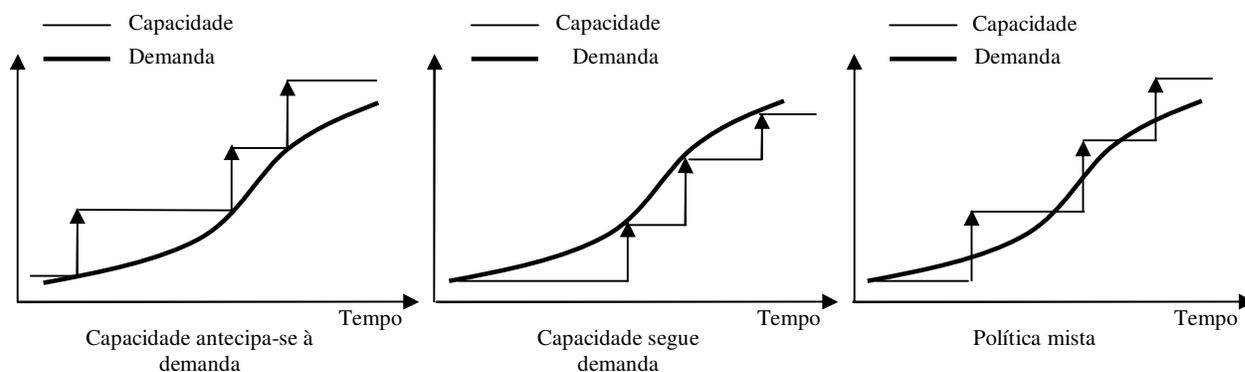
Corrêa e Corrêa (2005) mostram as expansões/reduções da unidade de operações, apontando que a expansão por aquisições e reduções por venda de ativos também são alternativas para modificar a capacidade de médio e longo prazo. A tabela 3.3 apresenta as influências das políticas em relação ao instante de incrementar capacidade.

**TABELA 3.3 - Influência das políticas de capacidade nos critérios competitivos**

Política Critério	Capacidade antecipa-se à demanda	Política Mista	Capacidade segue a demanda
Ocupação de recursos	Baixa	Média	Alta
Instante do desembolso	Antecipado	Médio	Postergado
Risco ao desempenho em velocidade	Baixo	Moderado	Alto
Risco ao nível de serviço	Baixo	Moderado	Alto
Flexibilidade de volumes	Alta	Média	Baixa
Custo unitário decorrente de utilização da capacidade	Alto	Médio	Baixo

FONTE - Corrêa e Corrêa, 2005, p. 292.

A figura 3.10 mostra graficamente o instante em que ocorre o incremento da capacidade, sendo que este pode antecipar-se ao aumento da demanda ou seguir o aumento da mesma.



**FIGURA 3.10 - Diferentes políticas para aumento da capacidade**

FONTE - Corrêa e Corrêa (2005), p. 292.

Nas empresas de serviço, a política de capacidade constante normalmente resulta em desperdício de recursos de pessoal, refletidos em baixa produtividade. Como os serviços não podem ser estocados, esta política envolve ainda o funcionamento da operação em um nível alto de disponibilidade de capacidade. Dias et al (2002) desenvolveram um modelo que permite determinar o mínimo de pessoas necessárias para a formação de uma equipe. Esta quantidade é calculada mediante dados históricos. O modelo foi aplicado em dois casos reais, ou seja, no setor de enfermagem e no setor de serviço de suporte (restaurante).

Ng, Wirtz e Lee (1998) desenvolveram um estudo que demonstra a utilização da capacidade como um recurso para conseguir uma série dos objetivos estratégicos, que melhoram o desempenho da empresa de serviço, conforme mostrado na figura 3.11.

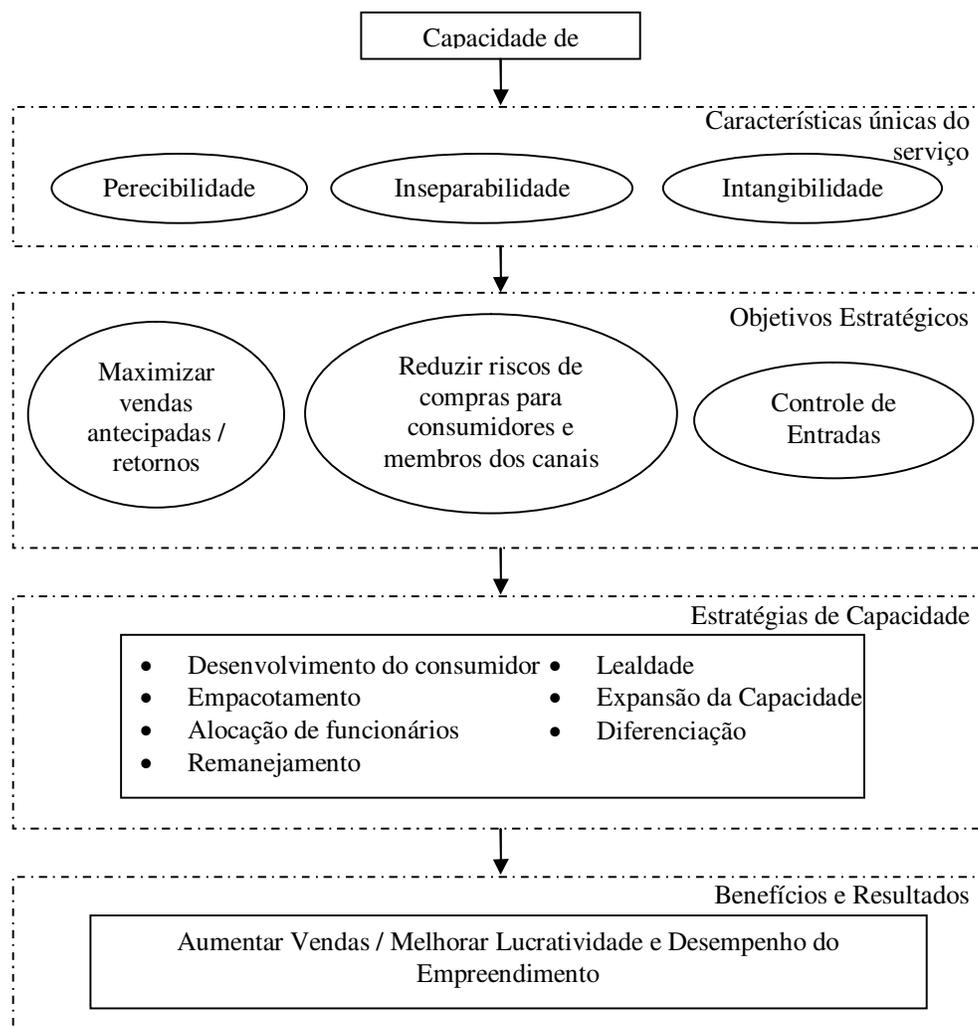


FIGURA 3.11 – Estratégias de capacidade  
 FONTE - Adaptado de Ng, Wirtz e Lee (1998), p.234.

Os autores propõem que as três características exclusivas dos serviços (perecibilidade, inseparabilidade e intangibilidade) conduzem as empresas na busca por objetivos estratégicos que maximizem vendas futuras e reduzam riscos de compra. Com base nestes objetivos, empresas de serviços consideram o emprego de estratégias de capacidade como um meio para alcançar benefícios que levem ao aumento de vendas e de lucro, resultando em melhores desempenhos do negócio. Eles também sugerem que, às vezes, algumas políticas de operação e práticas de gerenciamento de produção impedem o emprego de estratégias de capacidade. Muitos departamentos de operação de empresas de serviço aplicaram estratégias de capacidade de negociação, reduzindo vendas e inibindo práticas de gerenciamento de produção. Com isso, os grupos de *marketing* e vendas constantemente confrontam-se com os grupos de operações e produção. Os departamentos de *marketing* e vendas consideram necessária a prática de estratégias de capacidade, mesmo durante as estações de pico, no sentido de garantir receita de longo-prazo. E, em um sentido mais amplo, estas estratégias podem auxiliar no preenchimento da capacidade durante as estações de baixa demanda. Já o departamento de operação preocupa-se com produções de curto prazo e tenta, constantemente, preencher a capacidade com altas taxas. Existe, portanto, um conflito entre produção de curto prazo e rendimentos de longo prazo nas empresas de serviços.

A gestão da capacidade em serviços afeta diversos aspectos do desempenho da empresa, tais como os custos, as receitas, a qualidade dos bens e serviços e a velocidade de resposta à demanda. De acordo com Slack et al (2002), o planejamento e controle da capacidade contemplam três etapas importantes, que partem da medida agregada da demanda e da capacidade, passam pela identificação das políticas e chegam até a escolha das políticas de capacidade mais adequadas. A escolha das melhores políticas deve minimizar a ociosidade e atender às necessidades dos clientes, com o mínimo custo.

### **3.5.3 Custos de capacidade**

As alterações nas capacidades implicam em aumento de custos e estes variam de acordo com a política adotada. Slack et al (2002) enfatiza que o custo de alterações na capacidade depende do ponto a partir do qual a alteração é feita, do grau de mudança e de sua direção. Os autores mostram que se um fabricante deseja aumentar a capacidade em 5%, isso pode ser

conseguido com horas extras, opção relativamente barata. Se a mudança for de 15%, as horas extras não fornecerão capacidade suficiente e será necessário empregar pessoas temporariamente. Tal solução é mais cara e mais demorada para ser implementada. O autor enfatiza que é menos dispendioso mudar a capacidade em direção ao que é considerado como nível normal do que para níveis superiores. A figura 3.12 mostra que pequenas alterações na capacidade não alteram significativamente os custos.

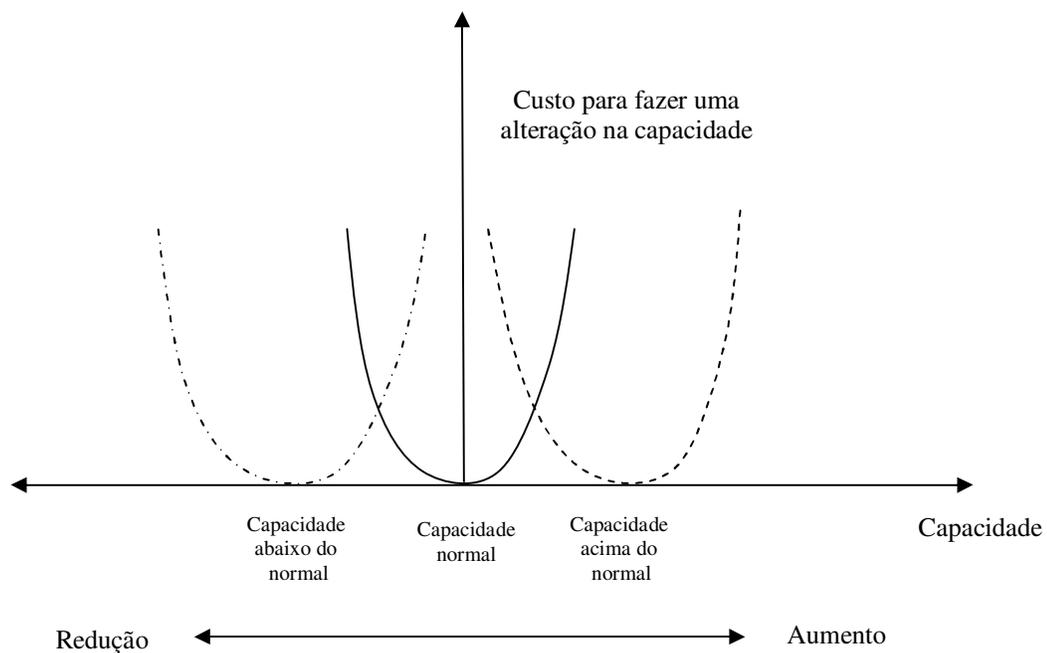


FIGURA 3.12 - Custos de alterações na capacidade  
FONTE - Adaptado de Slack et al (2002), p. 366.

Para Arnold (1999), os custos associados à capacidade estão relacionados com a alteração dos níveis de produção, podendo haver um aumento de custos devido às horas-extras, contratações, treinamento, turnos-extras e demissões. Slack et al (2002) definem que os custos associados à política de horas-extras são o pagamento extra, normalmente utilizado para assegurar o trabalho além do horário normal. Vale ressaltar, que existe um limite para a quantidade de horas-extras, já que a força de trabalho deve manter uma produtividade adequada.

A adoção de horas-extras é uma das maneiras de ajustar a capacidade à demanda, caracterizando uma política de capacidade de acompanhamento da demanda, como dito anteriormente. Os custos envolvidos nesta política, segundo Abbas (2001), são, além do salário e das horas-extras, as gratificações, insalubridade, periculosidade, adicional noturno, serviço extraordinário. Para a mão-de-obra indireta, os custos englobam salários, gratificações e outras vantagens.

De acordo com Martins (2003), a mão-de-obra direta é aquela relativa ao pessoal que trabalha diretamente com o produto em elaboração, desde que seja possível medir o tempo despendido e a identificação de quem executou o trabalho. Para que o número máximo de horas que um trabalhador pode oferecer à empresa possa ser definido é necessário descontar os repousos semanais remunerados, as férias e feriados. Martins (2003) ainda ressalta que o pagamento de horas-extras, adicionais e outros itens podem ou não ser incorporados nos custos de mão-de-obra direta.

De acordo com Marras (2001), o salário não é o único componente remuneratório do trabalho. Outros benefícios como horas-extras, bônus e comissões são somados para a composição da remuneração. O autor define a equação da formação da remuneração como:

$$R = S_t + B$$

Onde:

R = remuneração

S<sub>t</sub> = salário total (nominal + todas as verbas de crédito)

B = benefícios

FONTE - Marras, 2001.p.68.

Brunstein (2005) apresenta uma fórmula em que os custos totais correspondem à soma dos custos fixos e dos custos variáveis. Adaptando esta fórmula para a mão-de-obra, tem-se:

$$CMO = CF + CV$$

$$CF = \text{Salário mensal} + \text{Encargos}$$

$$CV = (\text{Custo da hora extra} + \text{Encargos da hora extra}) * N^{\circ} \text{ de horas extras}$$

Onde:

CMO = custo da mão - de - obra

CF = custo fixo

CV = custo variável

FONTE- Brunstein, 2005, p.27.

Martins (2003) enfatiza que o aumento do custo da mão-de-obra pode ser resultado de fatores como ineficiência, uso de mão-de-obra não adequada para a tarefa, falta de treinamento, falta de qualificação, entre outros.

## 4 SISTEMAS DINÂMICOS

O capítulo quatro contém conceitos e termos relacionados com a modelagem em sistemas dinâmicos. Os principais tópicos abordados são a origem e a definição da teoria dos sistemas dinâmicos, suas características, seus modos fundamentais de comportamento e as diferenças entre simulação de sistemas dinâmicos e de eventos discretos.

### 4.1 A origem da teoria dos sistemas dinâmicos

Jay W. Forrester, responsável pela formação do *System Dynamics Group* no MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), iniciou, na década de 1960, estudos voltados para o comportamento de sistemas dinâmicos complexos, através do uso de fluxos de retroalimentação. Esse autor descreve em uma autobiografia publicada por Bedeian (1992), que no ano de 1956 teve o desafio e a oportunidade de encontrar e desenvolver uma nova área dos sistemas dinâmicos. De acordo com o autor, os sistemas dinâmicos mostram como as estruturas e os fluxos de informação determinam o comportamento e o controle do crescimento, da estabilidade, decadência, sucesso e fracasso do sistema. As relações internas de retroalimentação do sistema provocam trocas através do tempo, sendo que somente por meio do entendimento do comportamento dos sistemas é possível replanejar a estrutura e as políticas em busca de um melhor comportamento. As idéias e o método de sistemas dinâmicos são aplicáveis para sistemas naturais, humanos e técnicos, combinando a teoria e a simulação computacional com a aplicação prática em problemas reais.

Jay W. Forrester iniciou o desenvolvimento da teoria dos sistemas com o curso de engenharia elétrica que, segundo o próprio autor, é o centro da teoria dinâmica. A pesquisa iniciou-se com o desenvolvimento de sistemas de controle de retroalimentação para equipamentos militares através de projetos que envolviam a teoria matemática de controle e a estabilidade no campo de operação militar como, por exemplo, a construção de controles hidráulicos. Em seguida, foi desenvolvido um simulador de vôo com o objetivo de mostrar o comportamento de uma aeronave antes da construção da mesma. Em 1956, Forrester foi convocado pelo presidente do instituto para fazer parte da Escola de Administração do MIT. Neste momento, iniciou seu trabalho nas áreas de manufaturas das empresas, através de investigações relacionadas com procedimentos para contratação de serviços e previsão de

estoques. As análises iniciais baseavam-se em retroalimentações. A simulação iniciava-se com estoques, empregados, taxa de produção, pedidos e ordens, resultando em condições iniciais que se seguiam durante as semanas. A produção não se ajustava diretamente à demanda devido aos tempos de atraso e as previsões de tendência. A resposta oscilatória deveria seguir uma pequena variação na demanda e as posições e estruturas internas definiam o sistema de manufatura que tendia em direção a um comportamento instável. O primeiro sistema de controle de inventário através da simulação foi o início dos sistemas dinâmicos. Esta teoria mostra como as estruturas e ações que estão em operação podem produzir experiências de sucesso e de fracassos.

O livro *Industrial Dynamics*, lançado em 1961, apresenta a filosofia e a metodologia dos sistemas dinâmicos. Um exemplo de aplicação da teoria foi a análise e compreensão do crescimento das empresas de alta tecnologia. O modelo elaborado mostra o porquê das empresas de alta tecnologia, geralmente, crescerem até determinado nível e depois estagnarem ou fracassarem. Este modelo de crescimento corporativo foi construído com variáveis do tipo: estrutura de gestão, qualidade dos líderes, características dos fundadores, criação dos objetivos da companhia e tradições da organização. O modelo também possuía variáveis como: capacidade, preço, qualidade e atrasos na entrega dos produtos. Diversas entrevistas foram realizadas para auxiliar na montagem do mesmo e questões como tipos de crises enfrentadas, interesses individuais, influência dos concorrentes e tipos de ações tomadas para solucionar problemas da empresa também foram levantadas. O resultado da simulação mostrou que as ações sugeridas nas entrevistas para solucionar os problemas eram justamente as causas dos mesmos. Mostrou-se que a situação gerava uma série de problemas, os quais geralmente pioravam. Se as ações continuassem a serem seguidas, acreditava-se que suavizariam os problemas e na realidade, ocorriam mais.

Além do uso de sistemas dinâmicos em empresas de manufaturas, a teoria foi estendida para análises de comportamentos sociais e econômicos. *Urban Dynamics*, publicado em 1970, foi o primeiro trabalho do autor nesta área e provocou fortes reações. Neste caso, o modelo apresentado sugeria que as maiores ações do governo dos Estados Unidos para administração das cidades levavam grandes prejuízos para as mesmas, para as instituições e para a população desempregada.

Outro trabalho desenvolvido por Forrest foi *World Dynamics*, publicado em 1971. O estudo mostra a aplicação de sistemas dinâmicos para análise do crescimento populacional e seu

impacto na terra. Considerou-se fatores como: a influência do crescimento da população, industrialização, fontes de depreciação, agricultura e poluição. Nove meses depois, *Limits of Growth*, foi publicado contendo as mesmas idéias do trabalho anterior, ampliando as pesquisas e as verificações.

Em seguida, foi desenvolvido o modelo nacional de sistemas dinâmicos direcionado pelo já publicado *Urban Dynamics*. O modelo foi aplicado no comportamento dos sistemas econômicos, sendo muito diferente dos modelos convencionais econométricos. Nestes modelos, as estruturas são baseadas na teoria macroeconômica com parâmetros extraídos de análises estatísticas de dados históricos, com grande dependência de séries temporais exógenas. Do ponto de vista dos sistemas dinâmicos, os modelos econométricos não contêm a estrutura de retroalimentação, responsáveis pela criação das trocas dinâmicas presentes nas economias reais.

Trabalhos relacionando os sistemas dinâmicos e a educação também foram desenvolvidos. Forrester (1989) afirma que existe o planejamento do negócio para obtenção de resultados na educação e a construção de um modelo pode organizar as informações descritivas, reter a riqueza dos processos reais e construir conhecimento dos gestores do negócio. O modelo de simulação revela a variedade dos comportamentos dinâmicos que se encaminham para diferentes escolhas e ações.

Mesmo sabendo da aplicação da teoria de sistemas dinâmicos em diferentes tipos de ambiente, Forrester apud Bedeian (1992) afirma que entender o comportamento dinâmico é um processo lento. Processos de aprendizagem simples não satisfazem. Podem ser encontradas dinâmicas de retroalimentação em equações matemáticas diferenciais, em simulações computacionais, em experimentos laboratoriais e em observações informais de ambientes naturais e processos sociais. Isto pode não ser suficiente e a combinação destes pode não produzir resultados imediatamente.

Em sistemas dinâmicos, entender como as mudanças acontecem através do tempo é facilitado pelo uso de processos de integração ou acumulação. O comportamento dinâmico da ciência e da tecnologia é feito em termos de equações diferenciais, sendo a derivação um conceito mais complexo. Os sistemas dinâmicos podem fornecer uma estrutura dinâmica que mostra o significado dos fatos em detalhe, as fontes de informação e as respostas humanas.

## 4.2 Simulação de sistemas dinâmicos X simulação de eventos discretos

Existem diferenças entre a simulação de problemas utilizando modelos desenvolvidos em sistemas dinâmicos e a simulação de problemas de eventos discretos. A tabela 4.1 mostra as principais conclusões de Morecroft e Robinson (2004) descritas no trabalho “*Explaining Puzzling Dynamics: Compare the use of System Dynamics and Discrete Event Simulation*”.

**TABELA 4.1 - Diferenças chave entre Sistemas Dinâmicos e Simulação de Eventos Discretos**

SISTEMAS DINÂMICOS (SD)	SIMULAÇÃO - EVENTOS DISCRETOS (DES)
<b>REPRESENTAÇÕES</b>	
Sistema representado como estoques e fluxos	Sistema representado como filas e atividades (processos)
Ciclo de <i>retroalimentação</i> explícito	Ciclo de <i>retroalimentação</i> implícito
Muitas relações são não-lineares	Muitas relações são lineares
Não randômico (incluído nos atrasos)	Randômico claramente modelado
Crescimento/Decadência modelado como exponencial ou <i>s - shaped</i> (curva S)	Crescimento/Decadência representado como randômico, geralmente com etapas discretas, isto é, como pontos isolados
Existem estruturas de modelagem padrão que se repetem, isto é, processos de ajustes de estoques (taxas)	Geralmente, não existem estruturas de modelagem padrão
Formatos de diagramas padrão	Não existem formatos de diagramas padrão
<b>INTERPRETAÇÕES</b>	
Ciclos de <i>retroalimentações</i> e atrasos são vitais para o desempenho do sistema	Ciclos de <i>retroalimentações</i> e atrasos não são enfatizados
Processo randômico não é, geralmente, importante para o desempenho do sistema	Processo randômico é um elemento vital para o desempenho do sistema
Estrutura conduz o comportamento do sistema	Processo randômico conduz o comportamento do sistema
<b>PRINCIPAL DIFERENÇA</b>	
Os eventos são contínuos e o estado do sistema muda continuamente	Os eventos ocorrem em momentos esparsos de tempo e o estado do sistema muda discretamente

FONTE - Adaptado de Morecroft e Robinson, 2004, p.28.

De acordo com Morecroft e Robinson (2004), a simulação de eventos discretos (DES) foca, primeiramente, o desempenho ao longo do tempo para um sistema interconectado sujeito a variações randômicas internas e externas. Estruturas de retroalimentação estão incluídas nesses modelos, mas não estão explícitas. Os modelos de DES são sempre estruturas de processos abertos e caracterizam-se por adotar relações na forma linear, embora não exclusivamente.

Em relação ao comportamento do sistema, em sistemas dinâmicos (SD) as estruturas de retroalimentação são as principais fontes do comportamento do sistema, mostrando complexidade determinística, enquanto para o DES, os eventos randômicos são considerados como principais.

Coyle (1985) destaca duas diferenças chave: existe uma tendência em incluir o processo randômico nos modelos de DES, sendo que a estrutura adotada é aberta. Em SD, um ruído estocástico pode ser incluído através de um atraso apropriado e a estrutura de ciclo fechado é usada, sendo a retroalimentação explicitamente identificada. Para Lane (2000), a complexidade do DES está na rede de atividades e filas, formando um nível de função operacional. Em SD esta complexidade está nos ciclos de retroalimentação fechados, que ligam estoques e fluxos e integram um nível de função estratégica. Para Mak (1992), os modelos de SD tendem a estudar a interação de políticas de controle, eventos exógenos e estruturas de retroalimentação. Já os modelos de DES tendem a usar experimentações de “e se...”, nas quais o efeito de várias opções são investigadas. A tabela 4.2 mostra, de forma simplificada, as principais diferenças conceituais entre os dois métodos.

**TABELA 4.2 - Diferenças conceituais entre simulação de eventos discretos e sistemas dinâmicos**

	<b>DES – Simulação de Eventos Discretos</b>	<b>SD – Sistemas Dinâmicos</b>
Perspectiva	Analítica: ênfase na complexidade detalhada	Holística: ênfase na complexidade dinâmica
Resolução dos modelos	<i>Entities</i> individuais, atributos, decisões e eventos	<i>Entities</i> homogêneas, pressões por políticas homogêneas e comportamentos emergentes
Fonte de Dados	Primeiramente numéricos com alguns elementos críticos	Descrito de um modo geral
<b>Problemas estudados</b>	<b>Operacional</b>	<b>Estratégico</b>
Elementos do modelo	Físicos, tangíveis e alguns informativos	Físicos, tangíveis, críticos e ligações de informação
Agentes humanos são representados no modelo como	Tomadores de decisão	Implementadores de políticas racionais limitadas
Cientes acham o modelo	Opaco/Escuro, “caixas cinzas”, no entanto, convincentes	Transparente/macio, “caixas de vidro”, no entanto forçados
Resultados do modelo	Pontos definidos e indicadores de desempenho medidos através de uma faixa de parâmetros, regras de decisão e cenários	Entendimentos dos modos de comportamentos das estruturas de origem, localização de indicadores de desempenho chave e níveis eficientes de políticas

FONTE - Morecroft e Robinson, 2004, p.4.

Este tipo de comparação entre os dois métodos foi desenvolvido por Brailsford e Hilton (2000) para os casos do setor de saúde. A tabela 4.3 mostra um resumo dos dois estudos e qual método foi escolhido para cada um deles.

**TABELA 4.3 - Sistemas Dinâmicos e Simulação de eventos discretos aplicados no setor de saúde**

<b>Simulação - Eventos Discretos</b>	<b>Sistemas Dinâmicos</b>
Transmissão da AIDS para uma população localizada	Lista de espera do NHS para cirurgia cardíaca
Sistemas (como a saúde) podem ser vistos como redes de filas e atividades	Sistemas (como a saúde) podem ser vistos como uma série de estoques e fluxos
Objetos no sistema são distintos individualmente (com os pacientes no hospital), cada característica determina o que acontece para o indivíduo.	<i>Entities</i> (entidades) são tratados como uma quantidade contínua, um fluido, seguido por reservatórios ou tanques conectados por canos (taxas)
A duração das atividades é mostrada por cada indivíduo através de distribuições de probabilidades e o modelador tem uma flexibilidade quase ilimitada na escolha dessas funções e podem facilmente especificar tempos de permanência não exponenciais	O tempo gasto em cada reservatório é modelado como um atraso com flexibilidade limitada para especificar o tempo de permanência além do exponencial
Mudanças de estado ocorrem em pontos discretos de tempo	Estados de mudanças são contínuos
<b>Modelos são, por definição, estocásticos</b>	<b>Modelos são determinísticos</b>
Modelos são simulados em espaços de tempo desiguais, quando “algo acontece”	Modelos são simulados em espaços de tempo de igual duração e são finamente definidos

FONTE - Adaptado de Morecroft e Robinson, 2004, p.3.

Os trabalhos apresentam dois métodos complementares, mas cada um deles deve ser usado em diferentes circunstâncias. A tabela 4.4 mostra os critérios de seleção para a modelagem de cada problema.

**TABELA 4.4 - Comparativo entre modelagem em sistemas dinâmicos e eventos discretos**

	<b>DES</b>	<b>SD</b>
Escopo	Operacional, tático	Estratégico
Importância da variabilidade	Alta	Baixo
Importância das ações individuais	Alta	Baixa
Número de <i>variáveis</i>	Baixo	Alto
Controle	Ações (filas)	Taxas (fluxos)
Escala de tempo	Curto	Longo
Propósito	Decisões: otimização, predição e comparação	Políticas: “entender o sistema”

FONTE - Adaptado de Brailsford e Hilton, 2000, p. 13.

Quando o problema do mundo real não está claro (esta é a principal motivação para a modelagem), aconselha-se a construção de ambos os modelos.

### **4.3 Definição de sistemas dinâmicos**

Forrester (1998) sugere que os sistemas dinâmicos combinam teoria, métodos e filosofias para analisar o comportamento dos sistemas e possibilitam um melhor entendimento de como os eventos mudam através do tempo. O *System Dynamics Group* do *MIT* estuda diferentes sistemas complexos utilizando esta teoria, bem como os controles de retroalimentação. De acordo com a filosofia do grupo, os estoques e fluxos ajudam a descrever as conexões de retroalimentação entre os sistemas, os quais criam entradas não-lineares, freqüentes nos problemas diários.

Segundo Sterman (2000), sistemas dinâmicos é um método para aperfeiçoar o aprendizado em sistemas complexos e fundamenta-se em teorias de controle e dinâmica de sistemas não-lineares. Para Senge (1990), o raciocínio sistêmico é uma estrutura conceitual, um conjunto de conhecimentos e instrumentos desenvolvidos nos últimos 50 anos que tem como objetivo tornar mais claro todo o conjunto e mostrar as modificações a serem feitas, a fim de melhorá-lo.

Um projeto de sistemas dinâmicos, de acordo com Forrester (1998), inicia-se com um problema a ser resolvido, onde algum comportamento não está correto ou está desenvolvendo-se de forma indesejada. O primeiro passo para começar a solucionar este problema é coletar informações das pessoas. Durante a intervenção no processo, os estudos seguem a aplicação de estudos de caso. Após a descrição dos níveis de informação e o estabelecimento das relações entre elas, o próximo passo é a descrição de um modelo computacional. Os sistemas dinâmicos utilizam o controle de retroalimentação para organizar as informações dentro do modelo de simulação. O resultado da simulação revela as implicações comportamentais do sistema. *Softwares* computacionais são utilizados para simular sistemas de modelos dinâmicos de situações planejadas.

### **4.4 Retroalimentação e causalidade**

A teoria de sistemas dinâmicos foi desenvolvida para simular sistemas complexos e não-lineares. De acordo com Corbett (2003), as decisões são derivadas de informações sobre o sistema e diante das informações geradas pelo mesmo, ações podem e devem ser tomadas com o objetivo de solucionar o problema, ou até mesmo modificar o próprio sistema. Estas mudanças

podem gerar outras decisões e ações que podem produzir mais mudanças. A seqüência de causa e efeito que se forma pode ser chamada de retroalimentação.

De acordo com Senge (1990), no raciocínio sistêmico, o ciclo de retroalimentação é um conceito mais amplo, significando qualquer fluxo de influência recíproca, uma vez que toda e qualquer influência é, ao mesmo tempo, causa e efeito, não tendo nunca apenas um sentido. A estrutura de retroalimentação estabelece as inter-relações características dos sistemas, e mostra como o mesmo comporta-se na realidade. Nos modelos de simulação, onde os sistemas são lineares, este tipo de estrutura não se modifica, implicando na análise dos comportamentos individuais das variáveis e gerando soluções analíticas.

Nos sistemas dinâmicos os ciclos de retroalimentação mostram as relações não-lineares existentes, a parte do sistema dominante e as partes dominadas. Estas relações não-lineares podem ser vistas e analisadas através de ciclos de retroalimentação positivos e negativos.

Senge (1990) define como ciclo de retroalimentação positivo o reforço ou a amplificação, os quais são considerados propulsores do crescimento. Para Corbett (2003), o ciclo de retroalimentação positivo ocorre quando uma variável alimenta a si mesma e reforça seu próprio crescimento ou declínio. Isto gera um círculo vicioso ou virtuoso e tende a amplificar qualquer distúrbio em um sistema. Já o ciclo de retroalimentação negativo é definido por Senge (1990) como balanceamento ou estabilização e atua quando o comportamento busca alcançar um objetivo. Para Corbett (2003), este ciclo negativo é uma estrutura auto-reguladora, que também busca alcançar um objetivo, tentando manter o sistema sempre em equilíbrio.

A estruturação dos ciclos de retroalimentação e, conseqüentemente, a definição do comportamento dos sistemas dinâmicos surgem a partir de uma estrutura causal. A estrutura de causa e efeito, segundo Senge (1990), não está necessariamente próxima no tempo e no espaço. Uma mudança ocorrida hoje pode causar mudanças imediatas ou até mesmo conseqüências em longo prazo. Para Corbett (2003), o aumento em uma variável de causa não quer dizer, necessariamente, que a variável efeito irá aumentar.

Segundo Sterman (1986) apud Richardson (1986), os diagramas de ciclo causal tornam-se importantes ferramentas para a comunicação entre os ciclos de retroalimentação. Mas Richardson (1986) levantou a questão de que a definição tradicional das ligações positivas e negativas falha em uma variedade de casos. O autor relata que a fonte do problema aparece quando cada uma das ligações representa, na realidade, uma “conexão de fluxo para nível” (*rate-to-level connection*). A

figura 4.1 mostra um diagrama típico de ciclo causal utilizado para definir ligações causais positivas e negativas.

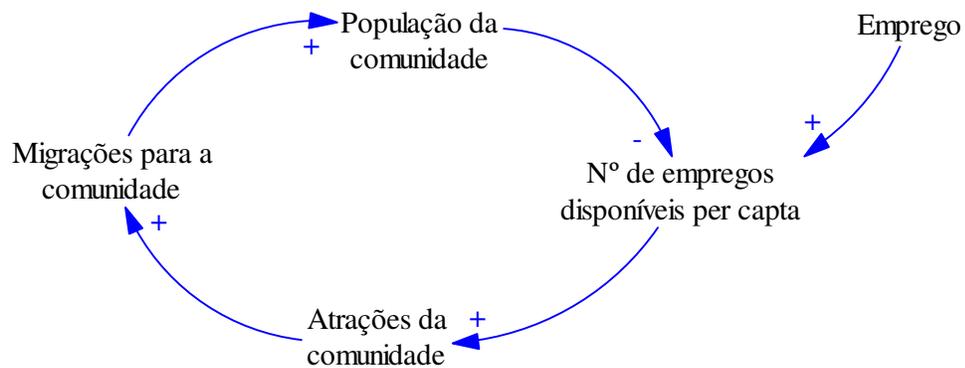


FIGURA 4.1 - Diagrama típico de ciclo causal  
FONTE - Adaptado de Richardson, 1986, p.159.

Richardson (1986) define que a variável no final da seta é a taxa de troca (a derivada) da variável do início da seta. Esta é uma noção básica do cálculo do aumento ou decréscimo natural da derivada que determina a curva do gráfico. As definições tradicionais traduzem as ligações que representam a proporção das relações, mas falham em casos em que representam fluxos de acumulação.

Por isso, o autor sugere uma definição para a influência positiva no diagrama de ciclo causal dizendo que A tem uma influência positiva em B se o aumento ou diminuição em A resulta em um valor de B maior ou menor. Uma definição similar pode ser feita para a influência negativa. Resumindo a colocação de Richardson (1986), tem-se a seguinte definição para as influências positivas e negativas nos diagramas de ciclo causal:

- Para ciclo de retroalimentação positivo: A tem uma influência positiva sobre B se A soma-se a B ou provoca uma mudança em A, que resulta em uma mudança em B na mesma direção;
- Para ciclo de retroalimentação negativo: A tem um efeito negativo em B se A subtrai de B ou se provoca uma mudança em A, que resulta em uma mudança de B na direção oposta.

De acordo com o autor, para a modelagem de sistemas complexos é preciso utilizar os ciclos causais significativos com muito cuidado. Segundo Sterman (2000), estoques e fluxos podem ser representados junto a diagramas de causalidade ou separadamente. É preciso estabelecer as ligações de fluxo e nível ou, simplesmente, mostrar uma estrutura dos estoques e fluxos que compõem o modelo.

#### 4.5 Modelos fundamentais do comportamento dinâmico

De acordo com Senge (1990), as estruturas influenciam o comportamento e significam inter-relações básicas de controle. Nos sistemas dinâmicos, um dos objetivos é mapear as tendências dinâmicas e buscar compreender se o sistema é estável ou instável, se tende a oscilar, a crescer, declinar ou ao equilíbrio.

As inter-relações mostradas nas estruturas de retroalimentação geram diferentes tipos de comportamento do sistema. Nos sistemas dinâmicos, três comportamentos fundamentais podem ser destacados. Um deles é o crescimento exponencial, que de acordo com Sterman (2000), é gerado a partir de um ciclo de retroalimentação positivo. Quanto maior a quantidade, maior o crescimento, conforme mostrado pela figura 4.2.

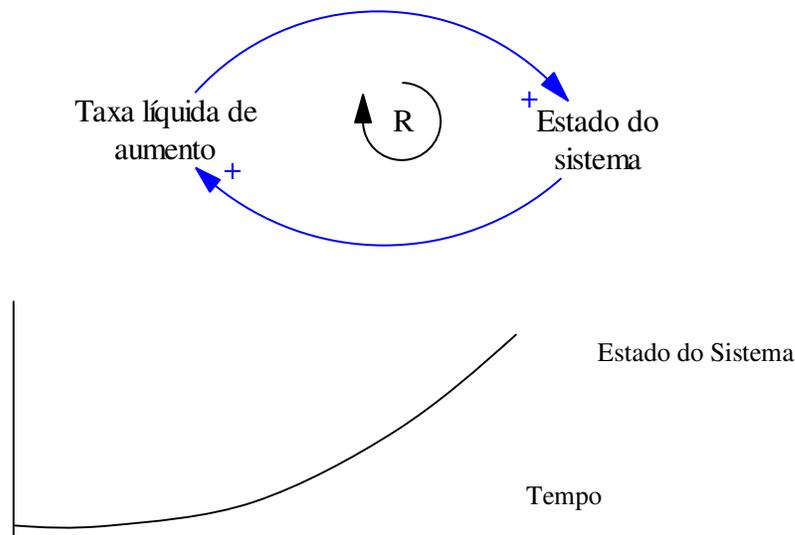


FIGURA 4.2 - Crescimento Exponencial: estrutura e comportamento  
FONTE - Adaptado de Sterman, 2000, p.109.

Outro tipo de comportamento é a busca pelo objetivo (*goal seeking*) característico do ciclo de retroalimentação negativo. De acordo com Sterman (2000), a taxa na qual o estado do sistema atinge o objetivo diminui à medida que diminui a discrepância, como mostra a figura 4.3. Isso ocorre porque grandes discrepâncias entre o estado desejado e o atual geram grandes ações corretivas, enquanto discrepâncias menores geram respostas menores. Quando a discrepância diminui, a taxa de ajuste também diminui.

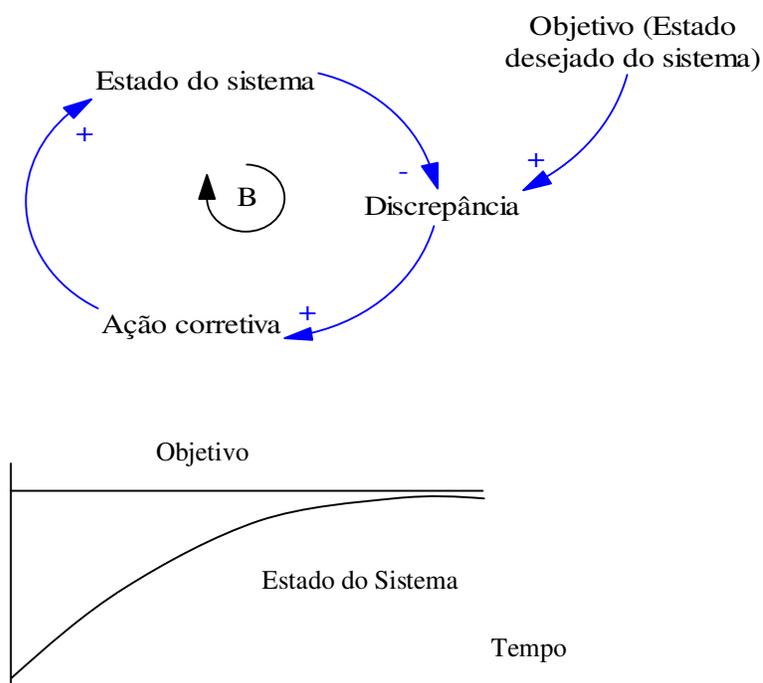


FIGURA 4.3 - *Goal Seeking*: estrutura e comportamento  
 FONTE - Adaptado de Sterman, 2000, p.111.

O movimento oscilatório é um dos comportamentos mais comuns presentes nos sistemas dinâmicos. Este tipo de movimento também é causado por retroalimentação negativa. A diferença para o comportamento anterior é que, neste caso, existem os atrasos envolvidos na inter-relação causal. Isto quer dizer que as ações corretivas podem demandar um tempo para trazer algum efeito para o sistema. Estes atrasos, quando não considerados e entendidos corretamente, fazem com que os ajustes, através de ações corretivas, sejam feitos em excesso. O movimento oscilatório mostra que o sistema oscila em torno do objetivo.

Segundo Corbett (2003), as oscilações em sistemas complexos com muitas interações não são regulares. Eles sofrem perturbações que causam uma irregularidade em seu movimento. Esta irregularidade é resultado de uma combinação, muitas vezes não-linear, da sua dinâmica endógena e de fatores exógenos. A estrutura e o comportamento oscilatório são mostrados na figura 4.4.

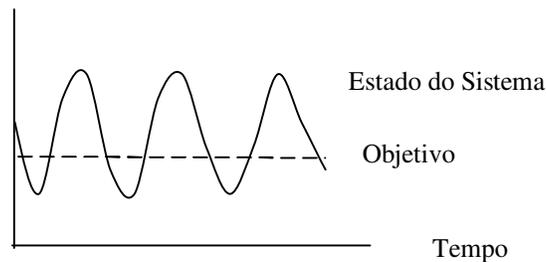
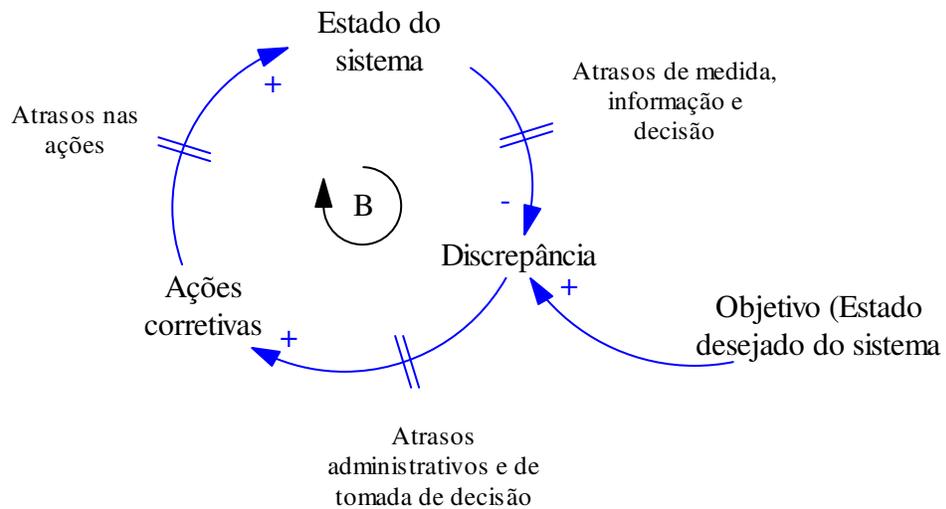


FIGURA 4.4 - Oscilação: estrutura e comportamento  
 FONTE - Adaptado de Sterman, 2000, p.114.

#### 4.6 Estoques e fluxos

A estrutura de estoques e fluxos, em conjunto com os ciclos de retroalimentação, representam os conceitos centrais de sistemas dinâmicos. Sterman (2000) define algumas características dos estoques e fluxos, ressaltando que os diagramas de causa possuem uma limitação, pois não capturam a estrutura dos estoques e fluxos. De acordo com Mass (1980),

estoques são, geralmente, críticos para os sistemas dinâmicos. O autor define que os estoques são acumulações que caracterizam o estado do sistema, gerando informações baseadas em decisões e ações. São fontes que criam atraso, gerando um desequilíbrio dinâmico nos mesmos. Os estoques nos sistemas dinâmicos podem ser tangíveis como bens, ou intangíveis como percepções e expectativas. Já os fluxos são as taxas nas quais o estado do sistema modifica-se. A tabela 4.5 mostra a terminologia usada para distinguir estoque e fluxos em diferentes áreas.

**TABELA 4.5 – Diferentes definições para estoques e fluxos**

Área	Estoque	Fluxos
Matemática, física e engenharia	Integrais, estados, variáveis de estado	Derivadas, taxas de mudança, fluxos
Química	Reagentes e produtos da reação	Taxa de reação
Manufatura	Áreas para armazenagem, inventários	Rendimento
Economia	Níveis	Taxas
Contabilidade	Estoques, itens da folha de pagamento	Fluxos, itens de fluxos de caixa e dinheiro
Biologia, psicologia	Comportamento	Taxas de propagação, fluxos
Medicina, epidemias	Prevalência, reservatórios	Incidentes, infecções, taxas de natalidade e mortalidade

FONTE - Adaptado de Sterman, 2000, p. 198.

No caso dos hospitais, pode-se fazer a divisão entre estoques e fluxos conforme mostrado na tabela 4.6:

**TABELA 4.6 - Distinção entre estoques e fluxos para hospitais**

Área	Estoque	Fluxos
Hospitais	Medicamentos; materiais; equipamentos; comportamento dos pacientes, médicos, enfermeiros e funcionários; salas de espera, salas de cirurgias, leitos, etc.	Taxa de entrada de pacientes; transição das equipes de médicos, enfermeiros e funcionários, manutenção de equipamentos, emissão de pedido de compra de medicamentos e materiais, taxa de mortes, atendimentos, etc.

FONTE - Criado a partir de Sterman, 2000, p. 198.

## 5 APLICAÇÃO DE SISTEMAS DINÂMICOS NO SETOR DE SAÚDE

Existem diversos institutos e grupos de estudos no âmbito nacional e internacional que desenvolvem trabalhos utilizando a teoria de sistemas dinâmicos em diferentes segmentos. O mais importante deles é a *System Dynamics Society*, uma sociedade sem fins lucrativos criada para estimular o desenvolvimento de trabalhos utilizando o pensamento sistêmico e sistemas dinâmicos. Esta sociedade possui membros em mais de cinquenta e cinco países e promove congressos e encontros para debater os temas.

### 5.1 Trabalhos publicados pela *System Dynamics Society*

Os trabalhos mais recentes desenvolvidos e publicados nas conferências realizadas pela *System Dynamics Society* que tratam da aplicação da teoria dos sistemas nos serviços de saúde são mostrados neste trabalho.

Estudos como o desenvolvido por Hirsch (2004) descrevem um modelo que pode ser usado para simular os efeitos da maioria dos incidentes nos sistemas de saúde. O autor relata que o modelo pode simular uma variedade de eventos provenientes de tornados e explosões, que ocorrem em um curto espaço de tempo, até epidemias, que envolvem um período de tempo maior. Estes eventos podem ser simulados com ou sem danos previstos para as instalações de saúde e danos ao profissional do setor. O estudo também possibilita a previsão de investimentos futuros, como um aumento da capacidade e do estoque de medicamentos, reduzindo a vulnerabilidade dos sistemas de saúde quando ocorrem estes incidentes. O modelo pode ser usado como um simulador independente ou conectado a outros modelos que possuem diferentes estruturas críticas.

Outro estudo desenvolvido por Heffernan, Martin e MacDonnell (2004), é um trabalho feito junto à Aliança Nacional de Saúde da Austrália e refere-se à modelagem de sistemas dinâmicos, que possibilitam ter uma ampla visão do futuro do uso da medicina. O modelo contempla, com detalhes, as diretrizes do uso de novas drogas, o retorno dos benefícios do uso da medicina na macroeconomia e mudanças estruturais internas nas próximas quatro décadas. O principal objetivo desta modelagem em sistemas dinâmicos é formar a base para o orçamento da área de saúde. O modelo permite a quantificação do impacto econômico do uso da medicina em

segmentos informais, a exploração dos limites dos gastos governamentais e a capacidade da população em pagar as despesas com saúde. Os autores fizeram a calibração do modelo com dados estatísticos do sistema de saúde da Austrália, considerando um horizonte de tempo equivalente a 40 anos e as tendências para os próximos 40 anos. Os autores exploram a teoria e a prática, além de discutirem situações futuras na área de saúde. Os destaques baseiam-se na influência do estudo para debates públicos na área de saúde, a comparação dos dados obtidos em outros países desenvolvidos, a evolução do sistema e as opções globais de políticas de saúde.

Um estudo desenvolvido por Wolstenhome (1999) mostra a aplicação da teoria dos sistemas dinâmicos no desenvolvimento de políticas para o sistema de saúde da Inglaterra. O modelo apresenta o fluxo dos pacientes dentro do serviço de saúde e é usado para testar alternativas de melhoria entre os setores que compõem tal serviço. Os testes incluíram o uso de instrumentos para cuidados intermediários, prevenindo a necessidade de tratamentos mais complexos. A diminuição do tempo de permanência dos pacientes nos hospitais é demonstrada como um grande ganho nos tempos totais de espera, sem que para isso sejam feitas mudanças óbvias, como o aumento da capacidade de leitos (número de leitos).

Dangerfield e Roberts (1999) indicam uma coletânea de trabalhos de diferentes autores, que demonstraram interesse em adotar a modelagem utilizando a teoria dos sistemas dinâmicos no setor da saúde. Os mapas e modelos são desenhados com um alto nível de agregação e mostram decisões relacionadas às alocações de orçamentos e sérios conflitos entre cargos clínicos e de gestão. A coletânea contém sete artigos com temas variados, que refletem e descrevem aplicações dos sistemas dinâmicos em situações reais da área de saúde. A maior parte dos trabalhos envolve dados que informam estimativas de parâmetros reais ou mostram a avaliação de modelos validados. Nos casos em que os dados não estão disponíveis, estudos de casos considerando informações relevantes de processos reais são apresentados.

Os dois primeiros artigos descrevem os problemas com as filas de espera. Gonzalez Busto e Garcia (1999), no artigo “*Waiting lists in Spanish Public Hospitals: a system dynamics approach*”, descrevem um estudo detalhado de filas em hospitais da Espanha. O principal assunto é como os gestores reagem e recorrem às ações para gerenciar o problema que provoca um desempenho inaceitável do sistema. O modelo compara os resultados obtidos com os dados reais. Van Ackere e Smith (1999) no trabalho “*Towards a macro-model of National Health Service waiting lists*” tratam do mesmo assunto, mas no Reino Unido. De acordo com Dangerfield e

Roberts (1999), estes dois trabalhos mostram uma avaliação real de aspectos relativos aos problemas das filas e o que os modelos devem considerar. O trabalho “*Optimisation as a Statistical Estimation Tool: An Example in Estimating the Aids Treatment-Free Incubation Period Distribution*”, desenvolvido por Dangerfield e Roberts (1999), apresentam a otimização de um sistema dinâmico, onde o modelo é empregado para o ajuste de dados de casos de AIDS. Os casos estão crescendo nos Estados Unidos através de transfusões de sangue contaminadas com o vírus. O resultado é estimar a forma e os parâmetros da distribuição estatística para o tempo de incubação do vírus.

O estudo desenvolvido por Royston *et al* (1999), intitulado “*Using system dynamics to help develop and implement policies and programmes in health care in England*” descreve um modelo de sistema dinâmico de redução gradual de ações e decisões. É considerado uma reflexão de muitos anos de trabalho conduzido pelo *UK’s Ministry of Health Operational Research Group*. O artigo traz um modelo criado para compreender os aspectos da emergência do setor de saúde e do setor social, envolvendo comportamentos de curto e longo prazo.

Immediato e Hirsch (1999), no trabalho “*Microworlds and Generic Structures as resources for integrating care and improving health*”, mostram o recente avanço na metodologia dos sistemas dinâmicos nomeada de *microworlds*. Tal conceito tem avançado pela arquitetura de novos *softwares*, que permitem a criação de características semelhantes às aquelas criadas nos *softwares* de sistemas dinâmicos. Finalmente, Cavana *et al* (1999), no trabalho “*Drivers of quality in health services: different world-views of clinicians and policy managers revealed*”, fazem uma grande contribuição com estudos de caso de parâmetros qualitativos utilizados na construção de modelos. O estudo desenvolvido por Wolstenholme (1999), “*A patient flow perspective of U.K. Health Services: exploring the case for new 'intermediate care' initiatives*”, faz parte da coleção já citada neste trabalho.

## **5.2 Grupos de estudo em sistemas dinâmicos**

No Brasil, a Sociedade Brasileira de Sistemas Dinâmicos foi fundada em 2003 e representa o *Brazilian Chapter* das atividades da *Systems Dynamics Society*. Tem como objetivo identificar, aprofundar, difundir e contribuir para a melhor compreensão e unificação do conhecimento da teoria de sistemas dinâmicos, promovendo o livre intercâmbio do aprendizado e

da pesquisa em todos os campos correlatos. Em outubro de 2006 foi realizado o primeiro Congresso Internacional de Dinâmica de Negócios no Brasil e teve como foco principal uma abordagem prática, que auxiliou o entendimento das estruturas de sistemas de negócio, educacionais e do poder público. Este entendimento auxilia em tomadas de decisão mais sistêmicas, aprendizagens mais profundas e processos de comunicação mais efetivos.

No Reino Unido, institutos como o *Centre for Policy Modelling*, localizado na *Manchester Metropolitan University*, o *Centre for Research on Simulation in the Social Sciences* da *University of Surrey* e universidades como a *London Business School* e a *University of Plymouth* são alguns exemplos de institutos que possuem estudos e aplicação da teoria de sistemas dinâmicos em diferentes áreas.

O estudo voltado para a área de saúde, desenvolvido por Lane, Monfeldt e Rosenhead (2000), membros da *The London School of Economics and Political Science*, da *University of London* teve como foco as unidades de emergência. A chegada de pacientes na emergência requer atendimento imediato, pois longos tempos de espera podem ser fatais. O longo tempo de espera foi o principal motivo para o desenvolvimento do estudo, cujo objetivo foi identificar os principais fatores que contribuem para aumentar este tempo. O trabalho discute a formulação de um modelo baseado em sistemas dinâmicos e envolve variáveis de distribuição da demanda, recursos da emergência, processos e número de leitos. Os resultados apresentados indicam que deve haver flexibilidade na utilização dos recursos no setor de emergências para o atendimento imediato do paciente. O trabalho mostra também que a redução do número de leitos não aumenta o tempo de espera dos pacientes na emergência.

Outro importante instituto de pesquisa dedicado ao estudo de sistemas complexos é o NECSI – *New England Complex Systems Institute*. Alguns trabalhos desenvolvidos analisam sistemas complexos, incluindo o setor de saúde. Um dos trabalhos escrito por Smith e Feied (1999) descreve uma organização de saúde como um sistema complexo. Este estudo utiliza o vocabulário e o conceito da teoria da complexidade, busca mudanças na organização e utiliza conceitos e princípios dos sistemas complexos para a construção de novos procedimentos. O estudo foi feito no Departamento de Emergência e mostrou como a teoria dos sistemas dinâmicos pode auxiliar na melhoria dos procedimentos médicos e na resolução de problemas de gerenciamento.

Dierks *et al* (2004) focaram seu trabalho nas salas de cirurgia de um hospital acadêmico. Eles alegam que os estudos em unidades de terapia intensiva, salas de operação e emergência são escassos. O estudo apresenta a relação entre a complexidade do sistema e a segurança do paciente. Uma equipe multidisciplinar de peritos e cirurgiões analisou dez casos gerais de cirurgia, focando o desempenho e a segurança. Esta análise foi realizada através do mapeamento de componentes do sistema como ciclos de equipes dos funcionários, instrumentos utilizados, protocolos, procedimentos, informação, comunicação e programação. Os resultados obtidos indicam que para atingir o bom desempenho e a segurança do paciente é necessário boa comunicação, fluxo de informações, disponibilidade e programação dos recursos, além da coordenação da carga de trabalho, das tarefas simultâneas e da transição das equipes de funcionários. O estudo mostra que, em alguns momentos, mudanças programadas e estratégias de controle de inventário, por exemplo, eram ineficientes quando variáveis exógenas participavam do processo. Muitas vezes, estratégias adotadas pela própria equipe resultavam em melhor desempenho e segurança para o paciente.

Outro grupo de pesquisa é o CUSA – *System Dynamics Group*, situado na Faculdade de Ciências Políticas da Universidade de Palermo, na Itália. Este grupo trabalha como uma divisão do *Centro Universitario Studi Aziendali*. Os principais objetivos do grupo são estabelecer uma relação mútua junto às empresas, através de congressos e seminários, desenvolver trabalhos que tratem da teoria de sistemas dinâmicos na gestão do crescimento dos negócios e manter uma rede de profissionais que trabalham com o tema. Os trabalhos desenvolvidos por este grupo estão voltados para a gestão do negócio.

Na Alemanha, existe um grupo de pesquisa desde 2001, o *Institute of Data Analysis and Process Design - IDP*, localizado na *Zurich University of Applied Sciences Winterthur (ZHAW)*. Eles desenvolvem trabalhos em diversas áreas como meio ambiente, tráfego, sistemas técnicos, economia, ciências sociais, saúde e em negócios e processos.

Existem outros grupos como a *Sociedad Española de Sistemas Generales*, localizada em Lima, no Peru; o *NCSDG - Canada's National Capital System Dynamics Group*, no Canadá; o *IIASA, The International Institute for Applied Systems Analysis*, localizado em Luxemburgo, na Áustria e o *Institute for Didactics of Physics*, localizado em *Bremen University*, Alemanha, que trabalham com a teoria dos sistemas dinâmicos aplicados ao aprendizado utilizando o *software*

STELLA; e o *New England Ecological Economics Group*, localizado na *University of New England* (UNE), Austrália, entre muitos outros.

### 5.3 Outros estudos em sistemas dinâmicos

Para complementar a pesquisa em relação aos trabalhos publicados por pesquisadores que utilizaram a simulação em sistemas dinâmicos em hospitais, pode-se citar o trabalho de Coyle (1984). No artigo “*A systems approach to the management of a hospital for short – term patients*”, o autor demonstrou que a utilização de algumas idéias simples de estruturas do sistema torna possível o desenho de um diagrama de influências. O diagrama foi desenhado para pacientes psiquiátricos que retornam ao sistema. A análise foi feita considerando propriedades dos sistemas de controle de retroalimentação e mostrou alternativas satisfatórias de práticas gerenciais.

A técnica de sistemas dinâmicos pode ser usada em conjunto a outras técnicas para análise de sistemas complexos. Santos, Belton e Howick (2002), através do trabalho “*Adding value to performance measurement by using system dynamics and multicriteria analysis*”, propõem que o planejamento, a implementação e o uso adequado de medidas de desempenho e o gerenciamento de estruturas podem ter um papel importante para as organizações presentes em um ambiente de complexidade crescente, interdependente e de mudanças. O trabalho mostra o uso dos sistemas dinâmicos e da análise de decisão multicritérios como parte da estrutura de medidas de desempenho, direcionando para resultados. O uso em conjunto das duas metodologias, ou mesmo em separado, possibilita a exploração da complexidade da dinâmica das organizações, fazendo aparecer os *trade-offs* entre medidas de desempenho e o impacto de iniciativas.

O trabalho desenvolvido por Elf e Putilova (2005), “*The care planning process – a case for a system dynamics*”, mostra que os sistemas de saúde são sistemas complexos e apropriados para aplicação da teoria de sistemas dinâmicos. Apontam também para a necessidade de desenvolver modelos focando o processo de cuidados clínicos a partir da visão do paciente, utilizando variáveis como comunicação e planos de prevenção. Os modelos devem envolver variáveis consideradas intangíveis também.

Em “*Using System Dynamics in Modelling Health and Social Care Commissioning in the UK*”, Wolstenholme et al (2004) mostram que a teoria dos sistemas dinâmicos pode ser aplicada

em questões como decisões de investimentos em saúde. Os autores enfatizam as estratégias e os caminhos de cuidados primários, críticos e pós-críticos. O resultado sinaliza como é possível direcionar e economizar recursos ao longo dos caminhos, sem prejudicar o desempenho.

Diante do exposto, percebe-se que a aplicação da teoria de sistemas dinâmicos é extremamente ampla. Os estudos mostram que a teoria pode ser aplicada para a projeção de crescimentos populacionais, gestão de negócios, previsão de investimentos para setores como o da saúde. Neste trabalho, a abordagem foi em um sistema complexo hospitalar.

As tabelas 5.1 e 5.2 mostram um resumo dos principais estudos descritos acima, que serão a base para o presente trabalho.

**TABELA 5.1 – Resumos dos principais trabalhos de sistemas dinâmicos no setor de saúde utilizando o *software ithink***

Resumo	Wolstenholme et al (2004)	DC Lane et al (2000)	Wolstenholme (1999)
<b>Tipo de Hospital</b>	Público ( <i>NHS – National Health Service</i> )	<i>Hospital St. Dane’s (Londom Hospital)</i>	Público ( <i>NHS – National Health Service</i> )
<b>Tipo de serviço de saúde</b>	Cuidados primários, hospital geral e departamento de serviços sociais	Departamento de Acidentes e Emergências	Considera cuidados primários secundários e cuidados para as comunidades.
<b>Tipo de paciente</b>	Não especificado	Pacientes Eletivos e Paciente de Emergência	Não especificou um tipo de paciente
<b>Variáveis Importantes</b>	<p><b>Cuidados primários:</b> três principais tipos de admissão: médica, cirúrgica de emergência e cirúrgica eletiva.</p> <p><b>Número de leitos disponíveis:</b> a capacidade do hospital depende de vários fatores como a disponibilidade de tempo e espaço (apoio e operacional)</p> <p><b>Cuidados Intermediários:</b> alternativas de admissão, serviços e cura.</p> <p><b>Pós – Tratamento:</b> cuidados domiciliares e cuidados contínuos</p>	<p><b>Paciente:</b> Tempo de espera dos pacientes no Departamento de Acidentes e Emergência, taxa de cancelamento de pacientes eletivos, chegada de pacientes, pacientes na Emergência, taxa de admissão de pacientes na Emergência e taxa de cura.</p> <p>Hospital: Capacidade do hospital (<i>facilities</i> e serviços oferecidos) capacidade de leitos, ocupação do hospital, taxa de pacientes curados, taxa de cura dos departamentos, nível de ocupação, tempo de permanência dos pacientes no hospital, taxa de admissão eletiva, taxa de admissão eletiva desejável, programação de admissões eletivas</p>	<p>Primeiro estágio: lista de espera eletiva: espera do paciente pela consulta. Início do tratamento: avaliação (expectativa); espera pela cura. Cuidados com a comunidade: espera do hospital e ocupação de leitos.</p> <p><b>Tempo total de espera:</b> atribuído aos pacientes através do hospital: soma do “tempo na lista de espera eletiva” + “tempo de espera no hospital”</p>
<b>Metodologia</b>	<i>System Dynamics</i>	<i>System Dynamics</i>	<i>System Dynamics</i>
<b>Software</b>	<i>iThink</i>	<i>iThink</i>	<i>iThink</i>
<b>Conclusões</b>	A modelagem em sistemas dinâmicos proporciona um novo caminho para o entendimento de como todo o sistema opera. Ele proporciona um ambiente seguro, apresentado através de ações e funções que podem ser explicitadas com hipóteses próprias. A partir disso, é possível notar que o impacto das iniciativas em todo o sistema desenvolve caminhos que colaboram para complementar os benefícios prestados aos usuários dos serviços.	O trabalho conclui que o tempo de espera antes da admissão é inevitável; a ocupação dos leitos é mostrada com relativa intensidade em relação à disponibilidade total de leitos. A principal conclusão do estudo é que o uso exclusivo da variável “tempo de espera”, para a avaliação da real necessidade de redução ou aumento do número de leitos é muito simplificada.	A modelagem em sistemas dinâmicos é uma importante ferramenta para o entendimento das organizações complexas. O estudo descreve os serviços de saúde da Inglaterra, indicando a existência de atrasos. Indica também um serviço potencial para a identificação de alternativas eficientes para a prestação de padrões de serviços.

**TABELA 5.2 – Resumos dos principais trabalhos de sistemas dinâmicos no setor de saúde utilizando outros *softwares***

Resumo	Elf e Putilova (2005)	Santos, Benton e Howick (2002)	A.G. Coyle (1983)
<b>Tipo de Hospital</b>	Não especificado	Público ( <i>NHS – National Health Service</i> )	Público ( <i>NHS – National Health Service</i> )
<b>Tipo de serviço de saúde</b>	Cuidados clínicos	Não especificado	Setor Psiquiátrico
<b>Tipo de paciente</b>	Não especificado	Não especificado	Pacientes psiquiátricos que retornam ao sistema
<b>Variáveis Importantes</b>	Modelo baseado nas principais iterações das variáveis características do processo de “planejamento de cuidados” ( <i>care planning process</i> ). Variáveis: admissões, curas, condições de saúde do paciente, volume de documentação nos relatórios dos pacientes, comunicação paciente/médico, competências médicas, taxa de erros médicos, qualidade dos diagnósticos, qualidade do local e equipamentos, conhecimentos profissionais, entre outras	A estrutura de desempenho compreende 4 dimensões, que juntas mostram uma visão balanceada do sistema. As dimensões com as respectivas medidas de desempenho são: <b>efetividade clínica</b> (readmissões de emergência, mortes em 30 dias de cirurgia); <b>eficiência</b> (taxa de casos diários, duração do tratamento atual x média, referência de custos); <b>paciente/tempo de experiência</b> (tempo de espera menor que 6 meses, operações canceladas, cura de doenças); <b>capacidade e capacidade</b> (taxa de vagas, taxa de carência de doenças, negligência clínica).	<b>Para mecanismos de fluxo:</b> entrada de novos casos, lista de espera, taxa de admissão, pacientes no hospital, taxa de cura, pacientes que retornam, fração de retorno. <b>Para mecanismos de controle:</b> opiniões médicas, capacidade do hospital, capacidade de utilização.
<b>Metodologia</b>	<i>System Dynamics</i>	<i>System Dynamics</i> e Análise Multicritério	<i>System Dynamics</i>
<b>Software</b>	<i>Vensim</i> e <i>Powersim</i>	<i>Powersim</i>	Não especificado
<b>Conclusões</b>	A discussão mostra como melhorar o processo do “planejamento de cuidados” dos pacientes. Decisões sobre os cuidados com os pacientes e as intervenções são partes complexas do processo, sendo urgente melhorá-los para assegurar e dar continuidade à satisfação do paciente. O modelo mostra a compreensão do problema e gera novas idéias para as melhorias. Além disso, o modelo organiza e cria uma estrutura teórica para estudos futuros nesse “processo de cuidado” específico.	O uso de duas metodologias integradas contribuiu para: o entendimento dos resultados e das medidas de desempenho de suporte e gestão; a natureza das dificuldades práticas e dos desafios que surgem com a aplicação de <i>system dynamics</i> e análise multicritério (independente ou integrada), além da ligação da efetividade da proposta teórica e técnica entre os métodos e o <i>software</i> utilizado no desenvolvimento do modelo.	O trabalho demonstra que a construção de modelos de gestão para um problema complexo pode ser facilmente montado com informações disponíveis através de participantes do sistema. Uma avaliação qualitativa dos diagramas pode sugerir caminhos alternativos para a operação do sistema. Existe uma relação entre as práticas gerais e aquelas praticadas pelos médicos, em que orientações individuais são formalizadas pelos limites do sistema.

## 6 METODOLOGIA E MODELAGEM

A metodologia utilizada nesse estudo baseia-se na modelagem de sistemas dinâmicos proposta por Forrester (1998). Com base em um procedimento proposto por Sterman (2000) foram feitas as definições conceituais, identificados os relacionamentos entre as variáveis chaves e desenvolvido o modelo com suas relações e regras. Este modelo foi testado e aplicado em um caso prático do Hospital de Clínicas da Unicamp.

### 6.1 Procedimento adotado

A tabela 6.1, apresentada por Sterman (2000), detalha as etapas do processo de modelagem.

**TABELA 6.1 - Etapas de um processo de modelagem de sistemas dinâmicos**

---

#### 1 – Caracterização do problema

1. Seleção do Tema: Qual é o problema? Por que isso é um problema?
2. Variáveis Chaves: Quais são as variáveis chaves e quais os conceitos a considerar?
3. Horizonte de tempo: Quanto tempo à frente deve-se considerar? Em que ponto do passado apareceram as raízes do problema?
4. Definição do problema dinâmico: Qual o comportamento histórico das variáveis chaves? O que pode acontecer com esse comportamento no futuro?

#### 2 – Formulação das hipóteses dinâmicas

- Geração das hipóteses iniciais: Quais são as teorias correntes do comportamento do problema?
- Foco endógeno: Formular hipóteses dinâmicas para explicar a dinâmica como consequência endógena da estrutura de realimentação
- Mapear: Desenvolver mapas de estrutura causal baseado nas hipóteses iniciais, nas variáveis chaves, referências e em outros dados disponíveis, usando ferramentas como:
  - Modelos de diagrama limite; Subsistemas de diagramas; Diagramas de ciclo causal
  - Mapas de estoques e fluxos; Diagramas de estruturas da política; Outras ferramentas facilitadoras

#### 3 – Formulação do modelo de simulação

- Especificação da estrutura, regras de decisão
- Estimativa dos parâmetros, comportamento das relações e das condições iniciais e testes de consistência com suposições e limites

#### 4 – Testes

- Comparação com as referências: O modelo reproduz o comportamento do problema adequadamente?
- Robustez das condições extremas: O modelo se comporta realisticamente quando submetido a condições extremas?
- Sensibilidade: Como o modelo se comporta dadas as incertezas dos parâmetros, das condições iniciais, os limites do modelo e da agregação?

#### 5 – Políticas de projeto e avaliação

- Especificação do cenário: Quais condições ambientais podem aparecer?
- Planejamento das políticas: Quais novas regras de decisão, estratégias, estruturas devem ser testadas no mundo real? Como elas podem ser representadas no modelo?
- Análises do “E se.....”: Quais são os efeitos das políticas?
- Análise sensitiva: Quão resistentes são as recomendações das políticas diante dos cenários diferentes e dadas as incertezas?
- Interações das políticas: As políticas interagem? Há sinergia ou reações compensatórias?

---

FONTE - Adaptado de Sterman, 2000, p. 86.

A primeira etapa do processo de modelagem é a caracterização do problema. Neste trabalho, a seleção do tema mostra que o problema identificado foi: como a implantação de diferentes políticas de estoque e políticas de capacidade comporta-se de forma integrada no atendimento de pacientes e qual o impacto deste conjunto no custo de atendimento do pronto socorro de um hospital. Esta relação torna-se um problema a partir do momento em que os gestores do hospital precisam manter um nível de serviço adequado com o menor custo possível, tendo que ajustar estoques e capacidades de acordo com variações aleatórias de demanda. Em hospitais, a disponibilidade de medicamentos e mão-de-obra especializada (médicos) são essenciais para que o atendimento possa ser efetuado. A falta de um deles inviabiliza o atendimento, reduzindo o nível de serviço do hospital.

A segunda etapa do processo de modelagem corresponde à formulação das hipóteses dinâmicas, através da identificação das variáveis chaves e dos relacionamentos entre elas. A identificação das variáveis foi feita com base nas diferentes políticas e capacidades consideradas. O mapeamento das estruturas causais das variáveis chaves do modelo, utilizando ferramentas como mapas de estoque e fluxos e diagramas de ciclo causal, são apresentadas em detalhes no item 6.2.

A formulação do modelo de simulação corresponde à terceira etapa do processo de modelagem e caracteriza-se pela especificação da estrutura e regras de decisão. A estimativa de parâmetros e o comportamento das relações, bem como os testes de consistência com suposições e limites fazem parte desta etapa. Para auxiliar a análise e implementação de regras de decisão, buscou-se na literatura duas estruturas propostas por Garcia (2006) e Sterman (2000), que serviram de base para a montagem do modelo. Estas estruturas são apresentadas no item 6.3.

A quarta etapa é composta pelos testes, e de acordo com Sterman (2000), devem ser realizados para que falhas possam ser descobertas e melhorias possam ser implementadas. Os testes foram realizados com o objetivo de verificar se o modelo reproduz o comportamento do problema adequadamente e se o mesmo comporta-se realisticamente quando submetido a situações extremas. A análise de sensibilidade mostra o comportamento do modelo quando se produz mudanças nos parâmetros, nas condições iniciais e no limite do mesmo, evidenciando o impacto nas variáveis chaves. Os testes realizados neste trabalho são apresentados no item 6.4.

A quinta e última etapa é composta pelas análises dos efeitos das políticas adotadas e a verificação da interação das mesmas. Neste trabalho, esta etapa foi feita com base no estudo de

caso realizado no Hospital de Clínicas da Unicamp. Quatro cenários foram gerados combinando diferentes políticas de estoques e capacidades. As análises foram desenvolvidas em duas etapas, conforme sugerido Yin (2005). Em uma primeira abordagem cada cenário foi avaliado de forma independente, explorando-se relações entre as variáveis chaves. Em uma segunda abordagem os cenários foram avaliados de forma conjunta explorando o relacionamento entre os mesmos.

## 6.2 Definições conceituais e relacionamento entre variáveis

Associações entre as políticas e seus respectivos custos auxiliam os tomadores de decisão a identificar as melhores oportunidades do mercado e as possibilidades de investimentos, maximizando os resultados da organização.

A figura 6.1 mostra as relações entre as políticas de estoque e as políticas de capacidade analisadas neste trabalho. As quatro relações correspondem aos quatro cenários considerados e tiveram seus custos analisados.

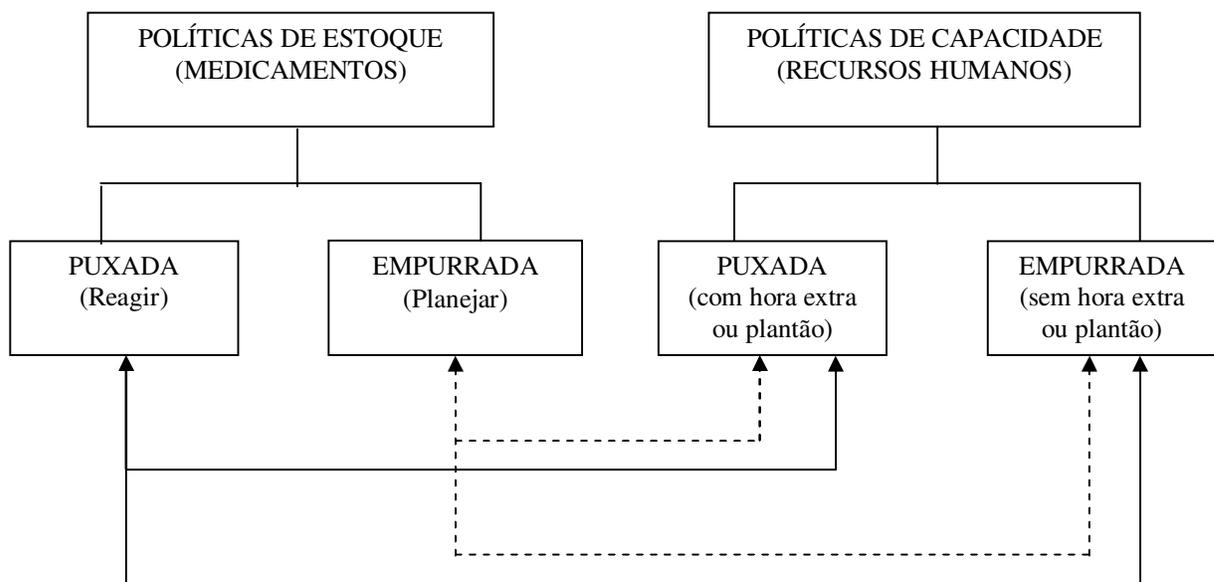


FIGURA 6.1 - Relações entre políticas de estoque e capacidade

Em gestão de estoques, as políticas de reposição de materiais levam em consideração a agilidade em responder às solicitações recebidas com qualidade e rapidez. Para as organizações de saúde, a agilidade e flexibilidade são fundamentais para evitar o excesso e a falta de materiais e medicamentos.

Na gestão da capacidade, as políticas devem auxiliar a absorver as variações da demanda. O planejamento da capacidade envolve questões como: quais serviços devem ser oferecidos, onde eles devem ser prestados e quais as tecnologias e investimentos devem ser feitos para manter a qualidade de prestação dos serviços. Através das previsões de demanda, é possível minimizar erros e otimizar o uso dos recursos disponíveis, diminuindo a ociosidade e melhorando o atendimento aos clientes.

Este estudo considerou duas políticas de estoque denominadas “política puxada” e “política empurrada”. As diferenças entre estas políticas, de acordo com Wanke (2003), baseiam-se em dois aspectos: a visibilidade da demanda e o tempo de resposta das operações. A tabela 6.2 mostra quais foram as políticas analisadas neste trabalho.

**TABELA 6.2 - Políticas de estoque**

<b>Política de Estoque</b>	<b>Características</b>
Puxada	- Reage à demanda
Empurrada	- Planeja a demanda (baseada em previsões de venda ou consumo)

Em relação às políticas de capacidade, o estudo está baseado em duas políticas voltadas para recursos humanos, sendo uma política de acompanhamento da demanda e a outra de antecipação da demanda, que serão denominadas de puxada e empurrada, respectivamente. A política de acompanhamento da demanda pode ser considerada como uma política puxada, já que a realização de horas extras ou plantões ocorre a partir da variação da demanda. A política de antecipação da demanda pode ser considerada como empurrada. Esta caracteriza-se por um quadro de mão-de-obra fixo e não contempla a realização de horas extras ou plantões por parte da mão-de-obra. Existe ainda a política “gestão da demanda”, onde ações são tomadas para a mudança da demanda, ajustando-se à disponibilidade da capacidade. A terceira política não foi analisada neste estudo por estar relacionada a processos de demanda e, como o trabalho tem como foco a oferta, ela está fora do seu escopo. A tabela 6.3 mostra os dois tipos de políticas de capacidade analisadas.

**TABELA 6.3 - Políticas de capacidade**

<b>Política de Capacidade</b>	<b>Características</b>
Puxada	- Acompanha a demanda. Ajusta a capacidade para refletir as flutuações da demanda, realizando horas extras e plantões.
Empurrada	- Antecipa-se à demanda. Mantém os níveis de atividade constantes desconsiderando as flutuações da demanda (não realiza horas extras e plantões).

A associação de cada uma das políticas aos custos permitiu visualizar o impacto das mesmas no custo de atendimento do hospital, avaliar a melhor forma de gerenciamento das políticas adotadas e verificar quais as possíveis possibilidades de ganhos.

É importante ressaltar que neste trabalho não foram incluídas políticas relacionadas às macas e equipamentos. Estas variáveis foram consideradas como restrições, visando a simplificação da modelagem. No caso do pronto socorro, as macas correspondem aos leitos do hospital. Complementando a etapa dois, o mapeamento das estruturas causais das variáveis chaves do modelo foi feito utilizando mapas de estoque e fluxos e diagramas de ciclo causal.

A figura 6.2 apresenta os quatro principais estoques e fluxos que foram montados a partir de variáveis que compõem o fluxo de atendimento, as políticas de estoque, as políticas de capacidade e os custos.

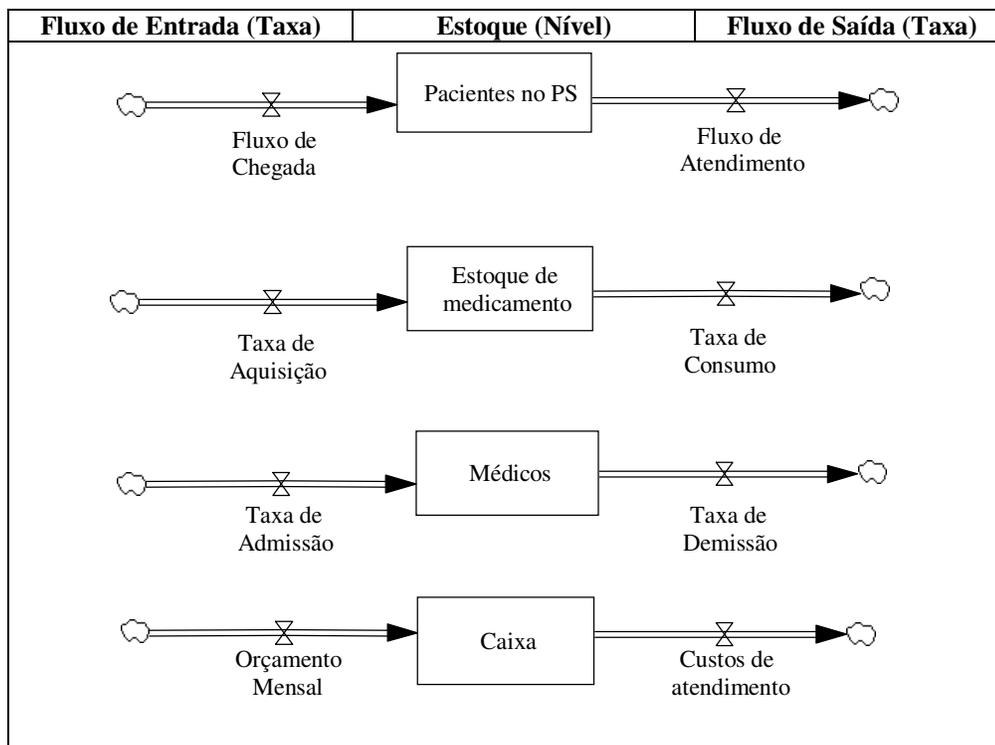


FIGURA 6.2 - Principais estoques e fluxos do modelo

Os principais diagramas de causalidade ou retroalimentação deste trabalho são basicamente dois, sendo um de reforço e um de balanço. A figura 6.3 mostra o ciclo de reforço.

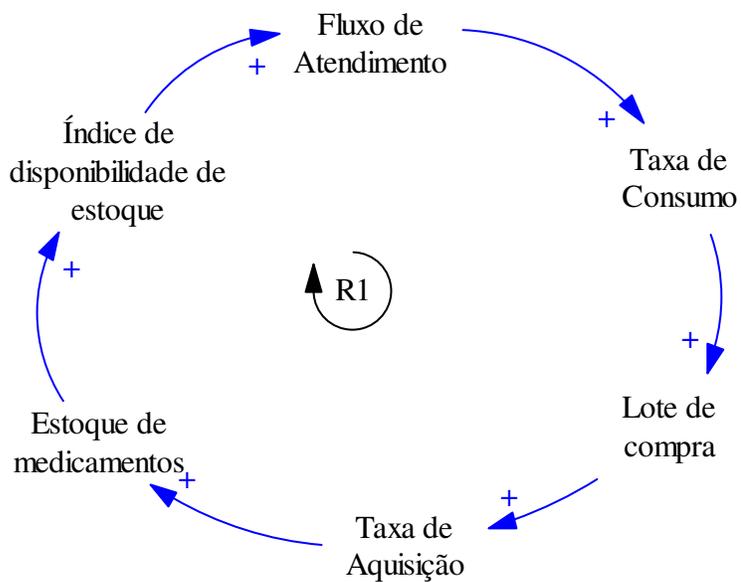


FIGURA 6.3 - Ciclo de retroalimentação de reforço: R1

O ciclo de reforço relaciona o índice de disponibilidade de estoque com o fluxo de atendimento no pronto socorro. O aumento do fluxo de atendimento gera um aumento na taxa de consumo. Este aumento na taxa de consumo faz com que a área de compras do hospital tenha que dimensionar um lote de compra para reposição do estoque, aumentando a taxa de aquisição e o estoque de medicamentos. O estoque de medicamentos está diretamente ligado ao índice de disponibilidade de estoque e esta variável reforça o fluxo de atendimento, tornando-o viável.

O outro diagrama de causalidade relaciona a disponibilidade de mão-de-obra com o atendimento no pronto socorro. A figura 6.4 mostra o ciclo de balanço.

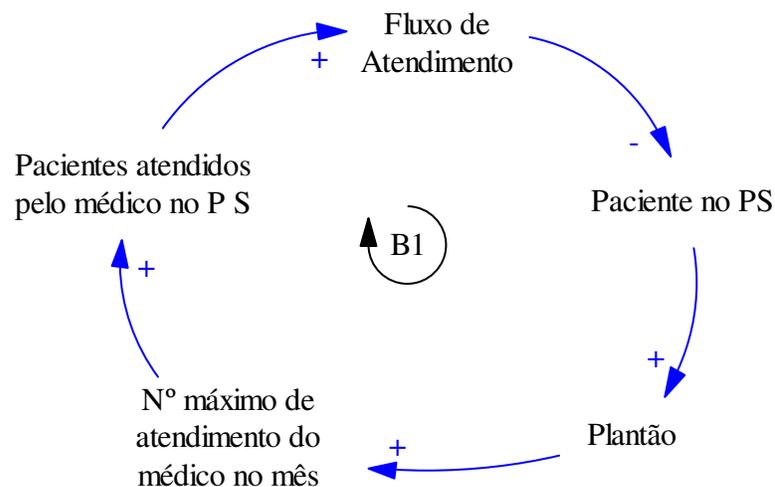


FIGURA 6.4 - Ciclo de retroalimentação de balanço: B1

Neste ciclo de balanço, quanto maior o fluxo de atendimento, menor será o número de pacientes no pronto socorro. Como a demanda por atendimento diminui, a necessidade de plantões também diminui, reduzindo o número máximo de atendimentos do médico. A capacidade de atendimento do médico está diretamente relacionada com a quantidade de horas trabalhadas. A redução da capacidade de atendimento por médico diminui o número de pacientes atendidos, diminuindo o fluxo de atendimento, provocando um aumento de pacientes no pronto socorro.

### 6.3 O modelo e suas relações e regras

A formulação do modelo de simulação consiste na terceira etapa do processo de modelagem e caracteriza-se pela especificação da estrutura e regras de decisão. Para auxiliar a análise e implementação de regras de decisão, buscou-se na literatura duas estruturas, Garcia (2006) e Sterman (2000), que serviram de base para a montagem do modelo.

O modelo desenvolvido por Garcia (2006) é voltado para a gestão dinâmica de estoque, no qual o autor modela o problema da instabilidade na produção e no estoque de produtos acabados. Além disso, Garcia acrescenta variáveis ligadas a uma política de recursos humanos para a análise do comportamento do modelo com a existência ou não de hora extra. A figura 6.5 mostra a estrutura do modelo.

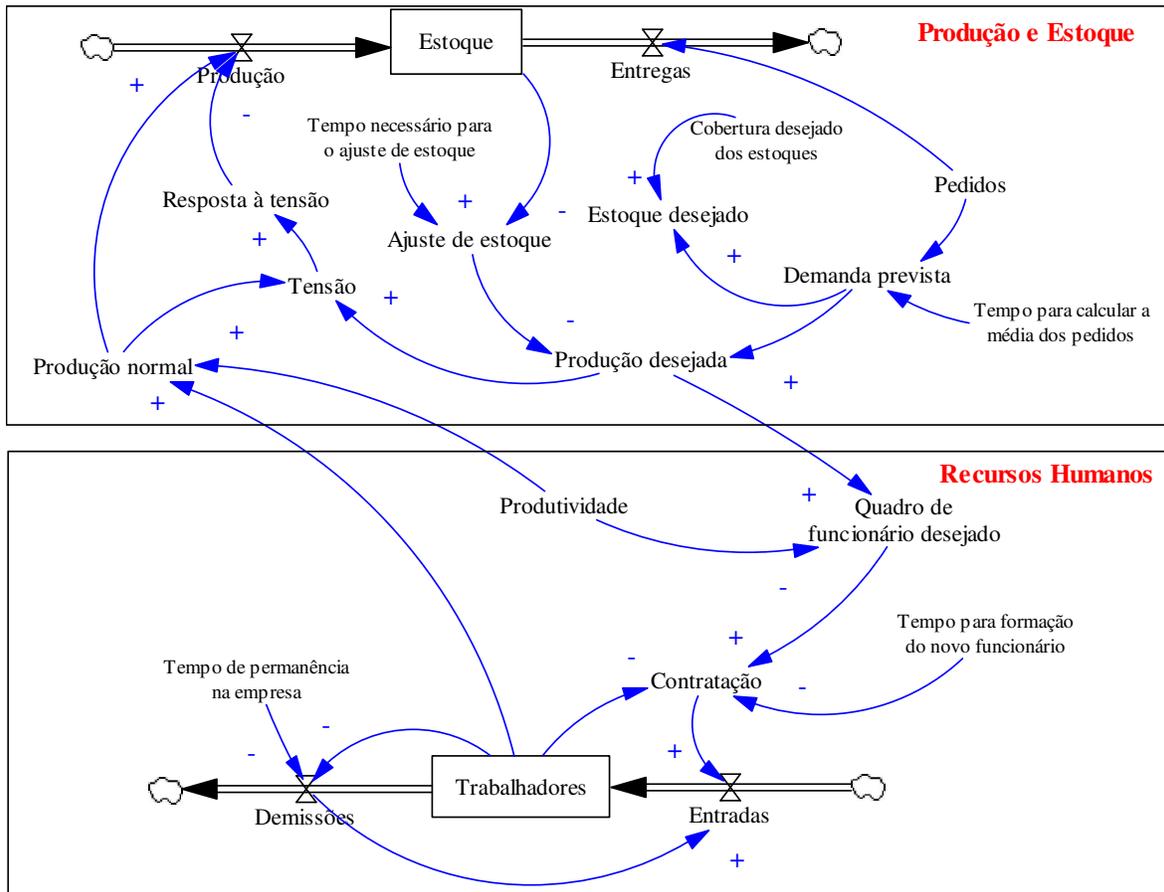


FIGURA 6.5 - Gestão dinâmica de estoque  
FONTE - Adaptado de Garcia (2006), p.155.

A segunda estrutura básica foi retirada de Sterman (2000), onde estão identificadas a estrutura de estoques e fluxos e a regra de decisão para esta estrutura, considerando-se que não existem atrasos nas aquisições. A figura 6.6 mostra a estrutura do modelo e o comportamento do sistema.

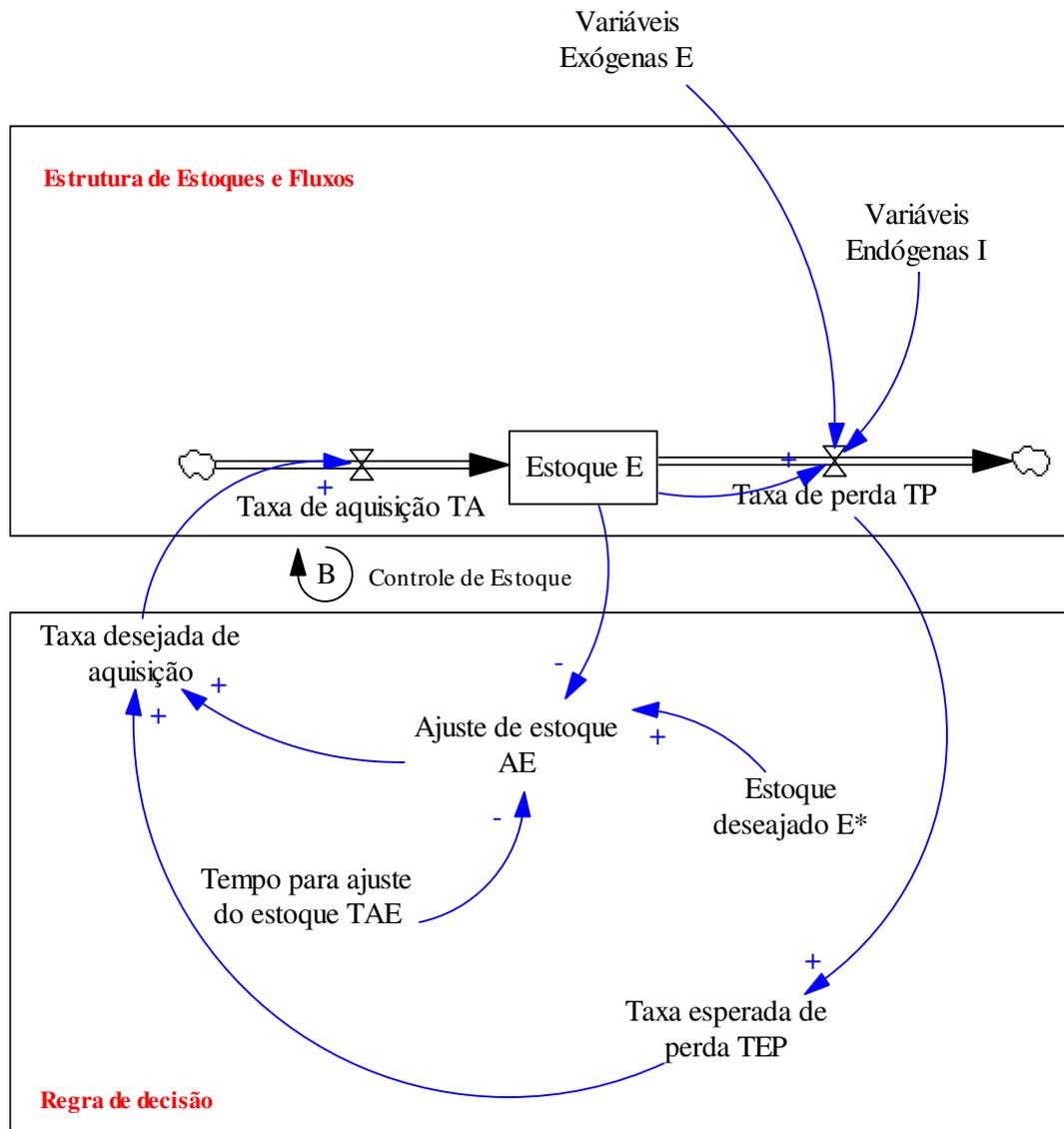


FIGURA 6.6 - Relações causais de gestão de estoque quando não existe atraso nas aquisições  
 FONTE - Adaptado de Sterman (2000), p. 669.

A figura 6.7 é uma adaptação da mesma estrutura de estoques e fluxos e de regra de decisão para a gestão de recursos humanos.

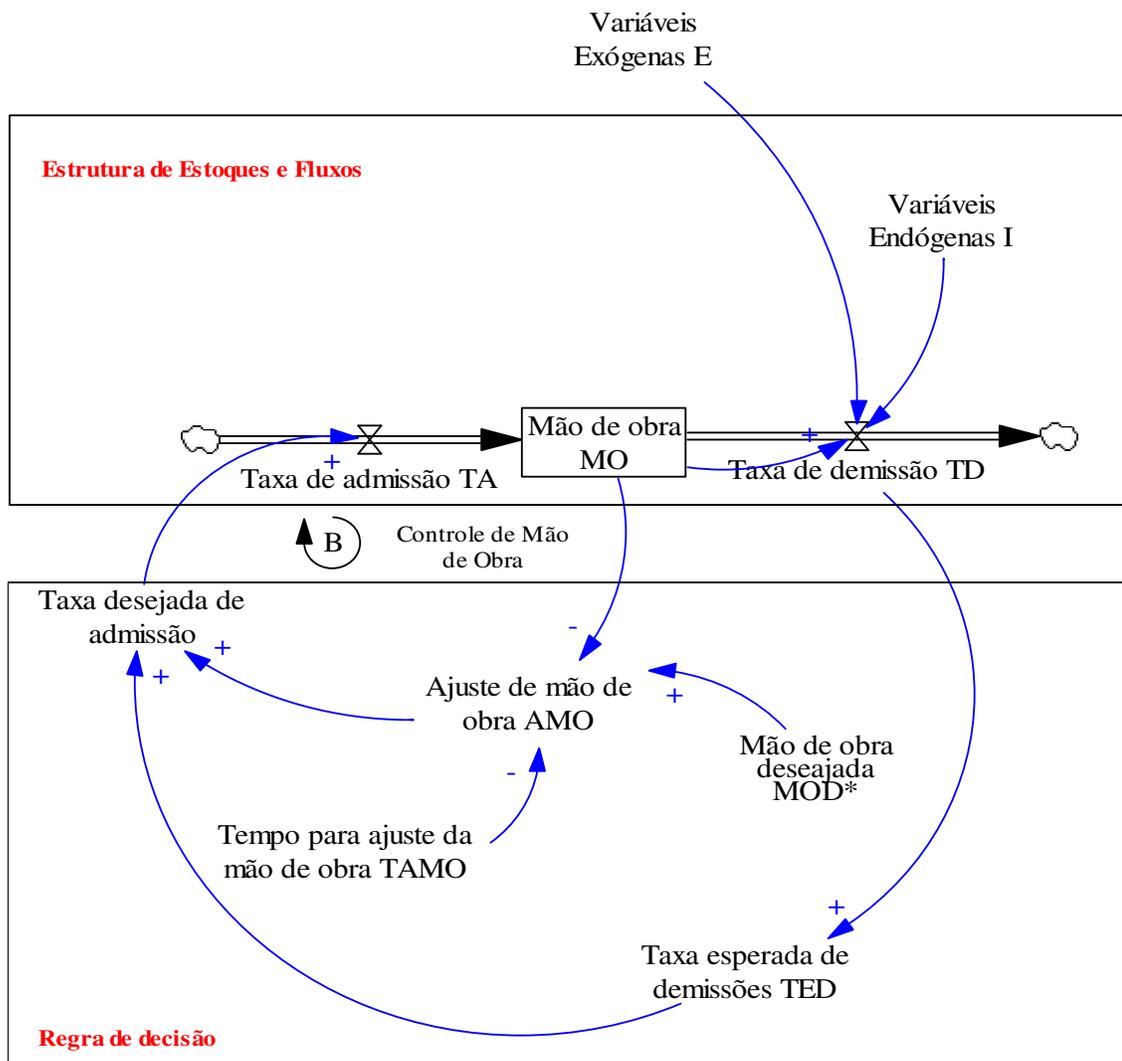


FIGURA 6.7 - Adaptação da estrutura para gestão de recursos humanos  
 FONTE - Adaptado de Sterman (2000), p. 669.

É importante destacar que estas estruturas são genéricas e a seguir apresenta-se o modelo contendo as principais variáveis chaves e suas relações para o caso em análise neste trabalho. O modelo foi desenvolvido no *software VENSIM PLE*. O *Vensim PLE* é um *software* utilizado para a criação de modelos que simulam processos e cenários de negócios, através de modelos dinâmicos, indicando quais seriam os impactos de um novo processo ou de uma nova política. O *software* inclui análises de funções, tratamento de dados com relações de causa e efeito e confecção de gráficos com os comportamentos dos sistemas.

A figura 6.8 mostra o modelo completo com as estruturas de estoques e fluxos e as variáveis auxiliares já implantados no *VENSIM PLE*.

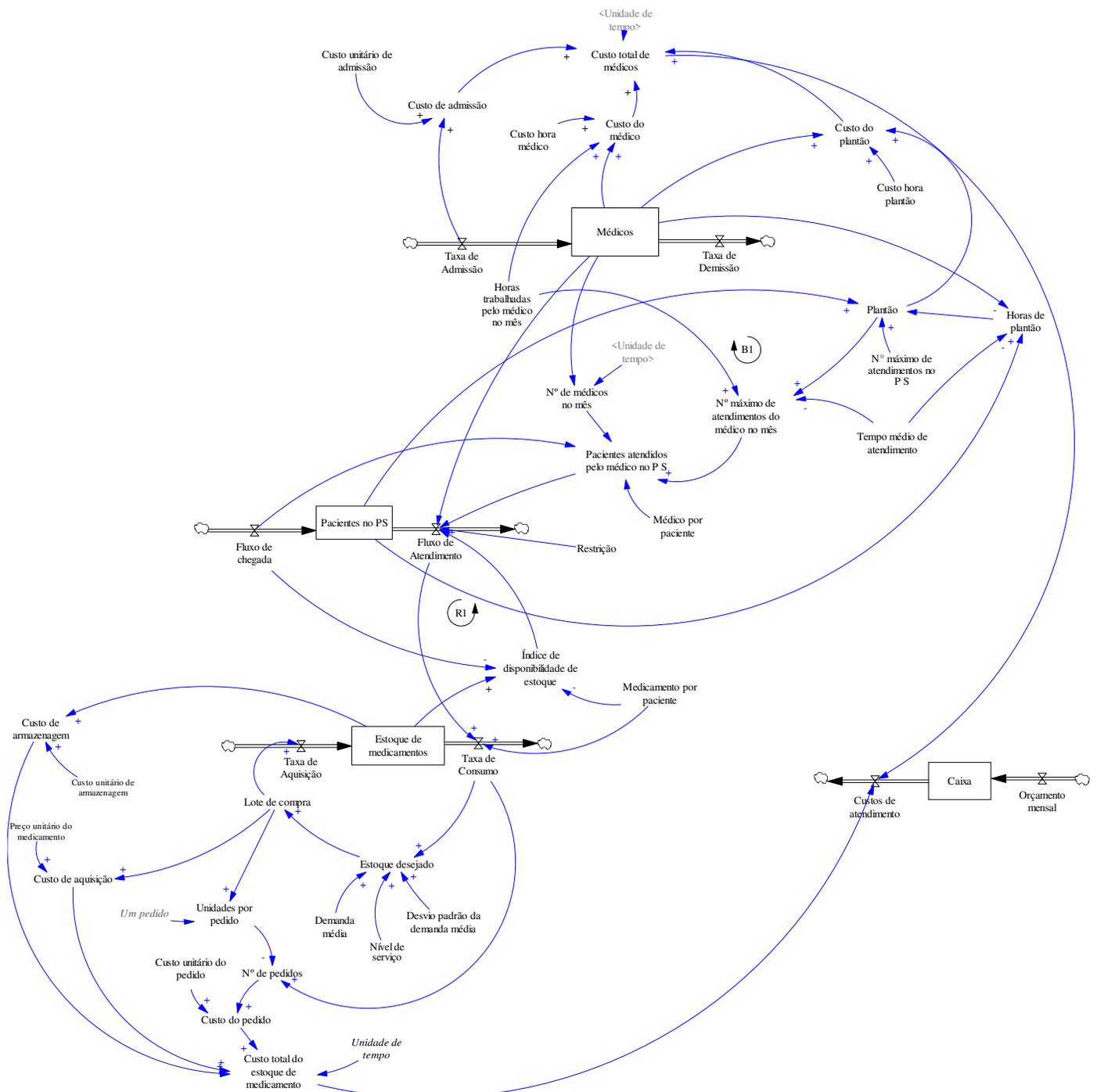


FIGURA 6.8 – Modelo de sistema dinâmico proposto

## 6.4 Testes

Diferentes testes nos modelos de sistemas dinâmicos são sugeridos por Sterman (2000) e devem ser realizados para que falhas possam ser descobertas e melhorias possam ser implementadas. O autor define uma série de 12 testes a serem aplicados no modelo, conforme mostrado na tabela 6.4.

**TABELA 6.4 - Testes para avaliação de modelos dinâmicos**

Teste	Objetivo do teste	Ferramentas e procedimentos
1. Adequação do limite	<ol style="list-style-type: none"> <li>Os conceitos importantes para localizar o problema são endógenos ao modelo?</li> <li>O comportamento do modelo muda significativamente quando as considerações da fronteira são amenizadas?</li> <li>As políticas mudam quando a fronteira do modelo é estendida?</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Utilizar mapas do modelo de fronteira, subsistemas, diagramas, diagramas causais, mapas de estoque e fluxo e inspeção direta das equações do modelo.</li> <li>Utilizar entrevistas, workshops para solicitar opiniões de especialistas, materiais arquivados, revisão da literatura, inspeção direta/participação nos processos do sistema, etc.</li> <li>Modificar modelo para incluir estrutura adicional plausível, transformar constantes e variáveis exógenas em variáveis endógenas e, então, repetir as análises de sensibilidade e política.</li> </ol>
2. Avaliação da estrutura	<ol style="list-style-type: none"> <li>O modelo estrutural é consistente com um conhecimento descritivo relevante do sistema?</li> <li>O nível de agregação/agrupamento é apropriado?</li> <li>O modelo obedece a leis físicas básicas assim como leis de conservação?</li> <li>As regras de decisão capturam o comportamento dos integrantes no sistema?</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Utilizar diagramas de estrutura de política, diagramas causais, mapas de estoque e fluxo e inspeção direta das equações do modelo.</li> <li>Utilizar entrevistas, workshops para solicitar opiniões de especialistas, materiais arquivados, revisão da literatura, inspeção direta/participação nos processos do sistema, etc como citado em (1) acima.</li> <li>Realizar testes em modelos parciais para racionalização da regra de decisão</li> <li>Realizar experimentos de laboratório para extrair modelos mentais e regras de decisão dos participantes do sistema</li> <li>Desenvolver sub-modelos separados e comparar o comportamento para agregar formulações</li> <li>Separar estruturas suspeitas e depois repetir análises de sensibilidade e de política</li> </ol>
3. Consistência Dimensional	<ol style="list-style-type: none"> <li>Cada equação está dimensionalmente consistente sem o uso de parâmetros que não possuem significado real?</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Utilizar <i>softwares</i> de análise dimensional</li> <li>Verificar se não há parâmetros suspeitos nas equações</li> </ol>
4. Avaliação dos parâmetros	<ol style="list-style-type: none"> <li>Os valores dos parâmetros estão consistentes com uma descrição relevante e um conhecimento numérico do sistema?</li> <li>Todos os parâmetros têm correspondentes reais?</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Utilizar métodos estatísticos para estimar parâmetros</li> <li>Utilizar métodos críticos baseados em entrevistas, opiniões de especialistas, grupos focados, materiais de arquivo, experiência direta, etc (como acima)</li> <li>Desenvolver sub-modelos separados para estimar relações para se usar em mais modelos agregados</li> </ol>

**TABELA 6.4 - Testes para avaliação de modelos dinâmicos (continuação 1)**

Teste	Objetivo do teste	Ferramentas e procedimentos
5. Condições extremas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. As equações fazem sentido mesmo quando os valores dos dados de entrada são extremos?</li> <li>2. O modelo responde de forma plausível quando sujeito à políticas extremas?</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verifique cada equação</li> <li>2. Teste a resposta para valores extremos de cada dado de entrada sozinho e combinado</li> <li>3. Sujeitar o modelo a grandes choques e condições extremas</li> </ol>
6. Erros de integração	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Os resultados são sensíveis a escolha do intervalo de tempo ou do método numérico da integração?</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Diminua o intervalo de tempo para a metade e teste a mudança do comportamento. Utilize métodos diferentes de integração e teste as mudanças no comportamento.</li> </ol>
7. Reprodução do comportamento	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O modelo reproduz o comportamento de interesse do sistema (qualitativamente e quantitativamente)?</li> <li>2. Internamente são geradas os sintomas das dificuldades motivando o estudo?</li> <li>3. O modelo gera as várias formas de comportamento observadas no sistema real?</li> <li>4. Os relacionamentos da frequência e da fase entre as variáveis combinam com os dados?</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Calcule medidas estatísticas da correspondência entre o modelo e os dados, métodos de domínio de tempo, (por exemplo, funções de autocorrelação); métodos de domínio da frequência (por exemplo análise espectral); entre outros.</li> <li>2. Compare os dados de saída e os dados, qualitativamente, incluindo modalidades de comportamento, forma das variáveis, assimetria, amplitudes relativas e planejamento em fases e eventos não usuais.</li> <li>3. Examine a resposta do modelo aos testes de entradas, choques e ruídos.</li> </ol>
8. Anomalia do comportamento	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ocorrem comportamentos anômalos quando as suposições do modelo são mudadas ou suprimidas?</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Zere os efeitos das variáveis chaves (análise dos ciclos principais)</li> <li>2. Substitua as suposições do equilíbrio com estruturas em desequilíbrio.</li> </ol>
9. Membros da família	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O modelo pode gerar o comportamento observado em outras situações do mesmo sistema?</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Calibre o modelo para maior escala possível do sistema relacionado</li> </ol>
10. Comportamento surpresa	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O modelo gera comportamento previamente não observado ou não reconhecido?</li> <li>2. O modelo pode antecipar com sucesso a resposta a condições inesperadas do sistema?</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mantenha registros exatos, completos, e dados das simulações do modelo. Use o modelo para simular o provável comportamento futuro do sistema..</li> <li>2. Resolva todas as discrepâncias entre o comportamento do modelo e a sua compreensão do sistema real</li> <li>3. Documente modelos mentais dos clientes participantes antes de começar o esforço de modelagem</li> </ol>

**TABELA 6.4 - Testes para avaliação de modelos dinâmicos (continuação 2)**

Teste	Objetivo do teste	Ferramentas e procedimentos
11. Análise de sensibilidade	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Sensibilidade Numérica</i>: Faça os valores numéricos mudarem significativamente</li> <li>2. <i>Sensibilidade comportamental</i>: Faça as modalidades dos comportamentos mudarem significativamente.</li> <li>3. <i>Sensibilidade das Políticas</i>: Faça as implicações políticas mudarem significativamente</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Execute a análise univariável e multivariável da sensibilidade.</li> <li>2. Use os métodos analíticos (linearização, análise da estabilidade local e global, etc..)</li> <li>3. Conduza os testes de contorno e agregação listados em (1) e (2) acima.</li> <li>4. Use métodos de otimização para encontrar os melhores parâmetros e políticas.</li> <li>5. Use métodos de otimização para encontrar as combinações de parâmetros que geram resultados indesejados ou invertem resultados da política.</li> </ol>
12. Melhoria do sistema	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A modelagem do processo ajuda a mudar o sistema para melhor?</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Projete instrumentos “avançados” para avaliar o impacto do processo de modelagem nos modelos mentais, comportamentos e resultados</li> <li>2. Projete experiências controladas do projeto com grupos do tratamento e de controle, atribuições aleatórias, avaliação de pré-intervenção e pós-intervenção.</li> </ol>

FONTE - Sterman, 2000, p.859.

Do conjunto de testes sugeridos por Sterman (2000) foram aplicados no modelo desenvolvido os testes relacionados à adequação do limite do modelo, consistência dimensional, avaliação dos parâmetros, erro de integração e anomalias do comportamento.

Em relação ao primeiro teste, os conceitos importantes para localizar o problema foram estudados e mapeados através de pesquisas e entrevistas com os participantes do processo. Diagramas causais, mapas de estoques e fluxos foram montados no processo de modelagem. Verificou-se que as políticas adotadas podem mudar quando as fronteiras do modelo são expandidas, como por exemplo, a política da capacidade das macas e equipamentos.

O teste de consistência dimensional foi realizado e verificou-se que as equações estão dimensionalmente consistentes e não existem parâmetros sem significado real. A avaliação dos parâmetros mostrou que os mesmos estão consistentes e possuem valores reais correspondentes. Os parâmetros foram estimados com base em dados históricos do Hospital de Clínicas da Unicamp. O teste de anomalias no comportamento foi realizado e o modelo respondeu com comportamentos adequados. Variáveis como a taxa de consumo de medicamentos foram zeradas e o modelo comportou-se adequadamente.

Os testes avaliação da estrutura, reprodução do comportamento, comportamento surpresa e análise de sensibilidade, sugeridos por Sterman (2000), foram realizados parcialmente visto que simplificações foram consideradas para a construção do modelo. Políticas de capacidade relacionadas às macas e equipamentos não foram usadas. Estas variáveis foram consideradas apenas como restrições devido à alta complexidade na apuração das mesmas. A inexistência de uma política de alocação de macas e equipamentos no pronto socorro impossibilitou a realização completa destes testes. O teste com membros da família não foi feito, pois o modelo foi aplicado somente no pronto socorro do hospital. Como recomendação deste trabalho, propõe-se a aplicação do modelo em outras unidades hospitalares, quando então será possível a aplicação deste teste.

O último teste foi realizado após a aplicação e é apresentado com mais detalhes no capítulo sete.

## **7 APLICAÇÃO PRÁTICA**

Para demonstrar a aplicabilidade do modelo, um estudo de caso foi desenvolvido no pronto socorro do Hospital de Clínicas da Unicamp. Este pronto socorro passou recentemente por uma reformulação de atendimento e caracteriza-se hoje por uma unidade de emergência referenciada (UER). O projeto foi implantado em 2004 e distingue-se pelo atendimento de pacientes a partir de uma classificação em quatro níveis: cuidados imediatos e tempo de espera zero (classificação vermelha), primeira prioridade com tempo de espera 30 minutos, no máximo (classificação amarela), prioridade oportuna com tempo de espera oportuna (prioridade verde) e prioridade secundária com tempo de espera indefinido (classificação azul).

Para efeito de simplificação e pelo fato dos dados para cada tipo de atendimento não estarem disponíveis considerou-se neste trabalho, o total de atendimentos realizados no local e a nomenclatura pronto socorro foi mantida. O hospital foi escolhido devido à facilidade de acesso aos dados e por ser referência em termos de atendimento no setor de saúde. O hospital possui características que se adequaram à proposta deste estudo, como controle dos estoques e política de alocação de mão-de-obra consistentes.

### **7.1 O Hospital de Clínicas da Unicamp**

O Hospital de Clínicas da Unicamp é um hospital universitário terciário e quaternário, de alta complexidade, e realiza 100% dos atendimentos via SUS (Serviço Único de Saúde). Possui 44 especialidades que se subdividem em cerca de 580 sub-especialidades (95% das doenças existentes). Por ser referência no setor de saúde, o hospital abrange cerca de 100 municípios e possui uma circulação de mais de dez mil pessoas diariamente.

O hospital possui uma área construída de 65 mil metros quadrados divididos em sete blocos, que correspondem a ambulatórios (Bloco A), unidade de urgência e emergência, centro de imagenologia, centro cirúrgico ambulatorial e procedimentos especializados (Bloco B), enfermaria (Bloco C), caixa d'água e elevadores (Bloco D), unidade de terapia intensiva adulto, de transplantes e serviço de arquivo médico (Bloco D2), áreas de apoio técnico e administrativo, enfermarias, centro cirúrgico, unidade de terapia intensiva pediátrica e central de material (Bloco E) e laboratórios (Bloco F).

O hospital possui cerca de três mil funcionários que atuam 24 horas e estão divididos em: 1.275 profissionais de enfermagem; 364 docentes; 600 médicos assistentes; 476 residentes, além dos alunos de medicina, enfermagem, fonoaudiologia e farmácia. Em relação à capacidade física do hospital, este possui 376 leitos e taxa de ocupação igual a 80%. Possui 39 leitos para UTI – Adulto, dez leitos para UTI - Pediátrica, 18 leitos para UTI - Transplantados, 16 salas no centro cirúrgico geral e oito salas no centro cirúrgico ambulatorial.

O hospital realiza anualmente 370 mil consultas com especialistas médicos, 170 mil atendimentos ambulatoriais e de emergência, 13.500 internações, 15 mil cirurgias ambulatoriais e gerais, 1,80 milhão de exames laboratoriais sendo 300 tipos de exames diferentes e mais 118 mil exames radiológicos. Para a realização de todos estes procedimentos, o hospital contou com um orçamento de 178 milhões de reais em 2005. A título de exemplo, seguem alguns números referentes ao consumo de materiais e medicamentos, refeições, água e oxigênio do hospital de Clínicas da Unicamp: bolsas de sangue - aproximadamente 1.700 por mês; doses de remédio utilizadas - 2.445.500 por ano; frascos/bolsas de soro - 871.500 por ano; pares luvas - 7 mil pares/dia ou 2,5 milhões por ano; uso de lençóis - 2.000 peças por dia; refeições - aproximadamente um milhão por ano; consumo de água - 11 mil metros cúbicos por mês e consumo de oxigênio - 28 mil metros cúbicos por mês.

O hospital possui também equipamentos de referência como cateterismo digital, hemodinâmica, aparelhos de raios-X contrastado e digital, *doppler*, tomografia computadorizada, ressonância magnética, acelerador linear de prótons e elétrons, cirurgia laser, medicina nuclear, entre outros. A geração mensal de resíduos também é alta e chega a 40 toneladas de infectante, 10 toneladas de lixo comum, 4.700 quilos de lixo reciclável sendo 700 quilos de vidro, 600 quilos de metal, 500 quilos de plástico, 1.500 mil quilos de papelão e 1.400 quilos de papel.

## **7.2 Montagem do modelo e calibração**

Nesta etapa, o modelo proposto foi ajustado às características do pronto socorro do estudo de caso. Para isso, uma série de dados foram levantados junto ao Hospital de Clínicas da Unicamp, através de relatórios, entrevistas e *site*. A calibração com variáveis, funções e unidades é apresentada nas tabelas 7.1, 7.2, 7.3, 7.4 e 7.5.

**TABELA 7.1 – Variáveis relacionadas com o fluxo de atendimento**

<b>VARIÁVEL</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b>	<b>VALOR OU FUNÇÃO</b>	<b>UNIDADE</b>
Fluxo de chegada	O fluxo de chegada dos pacientes é dado por uma distribuição randômica normal.	Valor mínimo: 4928 Valor máximo: 6715 Média: 6025 Desvio padrão: 545	paciente/mês
Fluxo de atendimento	O fluxo de atendimento corresponde a taxa com que os pacientes são atendidos no mês. É dado por uma condição onde o número de atendimento está limitado ao menor valor entre o número de macas e equipamentos disponíveis para atendimento. A variável é calculada através do produto entre o índice de disponibilidade de estoque e número de pacientes atendidos pelos médicos no mês e o número de médicos que atendem no pronto socorro.	Pacientes atendidos pelos médicos no mês*Índice de disponibilidade de estoque*Médico	paciente/mês
Pacientes no P S	Corresponde à diferença entre o número de pacientes que chegam no pronto socorro e o número de pacientes que são atendidos.	Fluxo de chegada - Fluxo de atendimento	paciente

**TABELA 7.2 – Variáveis relacionadas com as restrições**

<b>VARIÁVEL</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b>	<b>VALOR OU FUNÇÃO</b>	<b>UNIDADE</b>
Restrição de macas	A quantidade de macas no pronto socorro equivale a 50. Considerando uma rotatividade de 4 pacientes por maca por dia, o número de macas disponíveis para atendimento corresponde à 200 por dia. Em um mês, esse fator limitante se equivale a 6.000 atendimentos.	6.000	pacientes/mês
Restrição de equipamentos	A quantidade de equipamentos disponíveis no pronto socorro equivale a 250 (foram considerados os principais equipamentos). Este número limita a capacidade de atendimento em 7.500 atendimentos por mês.	7.500	pacientes/mês

**TABELA 7.3 – Variáveis relacionadas com os custos**

<b>VARIÁVEL</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b>	<b>VALOR OU FUNÇÃO</b>	<b>UNIDADE</b>
Orçamento mensal	Equivale a 178 milhões de reais por ano (2005). Este orçamento corresponde à verba do ano de 2005, sendo que o orçamento mensal equivale a 14,83 milhões de reais. De acordo com o PROAHSA (Programa de Estudos Avançados em Administração Hospitalar e de Sistemas de Saúde do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo e da Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas), os hospitais possuem um custo médio de 30,40% com consumo de medicamentos e materiais e 49,80% equivale ao custo dos gastos com pessoal, somando 80,20% do orçamento mensal.	11.893.660,00	real/mês
Custos de atendimento	Equivale ao somatório do custo total de médico e custo total do estoque de medicamento.	Custo total dos médicos + Custo total do estoque de medicamento	(real/mês)+(real/mês)= real/mês
Caixa	Equivale à diferença entre o orçamento mensal e os custos de atendimento	Orçamento mensal - Custos de atendimento	real

**TABELA 7.4 – Variáveis relacionadas com os médicos**

VARIÁVEL	JUSTIFICATIVAS	VALOR OU FUNÇÃO	UNIDADE
Taxa de admissão	A taxa de admissão corresponde ao número de médicos admitidos em um mês. De acordo com a área de recursos humanos, a admissão mensal só ocorre com aumento da demanda ou para reposição de demissões. Como a rotatividade é baixa pode ser considerada como zero.	0	médico/mês
Taxa de demissão	A taxa de demissão corresponde ao número de médicos demitidos em um mês. De acordo com a área de recursos humanos, a rotatividade é baixa e a demissão mensal pode ser considerada como zero.	0	médico/mês
Médicos	Número médio de médicos que atendem no pronto socorro em um dia, no período de segunda a segunda, formando o quadro fixo de mão de obra. Este valor representa os médicos docentes, residentes, internos e contratados. É dado pela diferença entre a taxa de admissão e a taxa de demissão e tem como valor inicial 58 médicos.	Taxa de admissão - Taxa de demissão Valor inicial = 58	médico
Número de médicos no mês	Corresponde ao total de médicos que atendem no pronto socorro durante o período de um mês. É calculado pelo produto entre o número de médicos e um mês (30 dias)	1740	médico/mês
Tempo médio de atendimento	Tempo médio, em horas, que um médico precisa para atender um paciente. Este valor foi estimado mediante entrevistas.	0,50	hora/paciente
Horas de plantão	Corresponde à necessidade de horas de plantões para a realização de atendimentos no pronto socorro. O valor é calculado a partir do produto entre o número de pacientes no pronto socorro e o tempo médio de atendimento. Este valor é limitado pelo número máximo de horas de plantão permitida e equivale a 192 horas mensais (8 plantões de 24 horas por mês para cada médico).	MIN ((Pacientes no P S * Tempo médio de atendimento)/Médicos; 192)	(paciente*(hora/paciente))/médico = hora/médico
Horas trabalhadas pelo médico no mês	Valor máximo possível de horas trabalhadas por um médico no mês. Este valor corresponde ao máximo de horas contratadas pela Unicamp. Considerando que o médico trabalha 70% das horas contratadas, já que deve-se considerar intervalos ao longo do dia	140	hora/médico

**TABELA 7.4 – Variáveis relacionadas com os médicos (continuação)**

<b>VARIÁVEL</b>	<b>JUSTIFICATIVAS</b>	<b>VALOR OU FUNÇÃO</b>	<b>UNIDADE</b>
Número máximo de atendimentos no P S	Corresponde ao número máximo de pacientes atendidos no pronto socorro em um mês. O valor considerado corresponde a número máximo de atendimentos ocorrido em um mês durante o ano de 2006.	6230	paciente
Plantão	O plantão foi definido como uma condição. Caso o número de pacientes no pronto socorro seja maior que o número máximo de atendimentos no P S (6230), ocorre o plantão. Caso contrário, o plantão não é necessário.	( Pacientes no P S > Número máximo de atendimentos no P S ; Horas de plantão;0)	hora/médico
Número máximo de atendimentos do médico no mês	O número máximo de atendimentos do médico corresponde à soma das horas trabalhadas pelo médico no mês e as horas de plantão (caso exista) dividida pelo tempo médio de atendimento.	(Horas trabalhadas pelo médico no mês + Horas de plantão)/(Tempo médio de atendimento)	(hora/médico + hora/médico)/(hora/paciente) = paciente/médico
Médico por paciente	Corresponde ao número de médico para um paciente em cada atendimento realizado.	1	médico/paciente
Pacientes atendidos pelos médicos no mês	Esta função representa o número de pacientes que o médico atende em um mês. Equivale ao produto do número de médicos pelo número máximo de atendimentos do médico dividido pelo produto entre a variável médico por paciente e o fluxo de chegada	(Número de médicos no mês*Número máximo de atendimentos do médico)/ (Médico por paciente*Fluxo de chegada)	((médico/mês)* (paciente/médico))/ (médico/paciente* paciente/mês)= paciente/médico

**TABELA 7.4 – Variáveis relacionadas com os médicos (continuação)**

VARIÁVEL	JUSTIFICATIVAS	VALOR OU FUNÇÃO	UNIDADE
Custo unitário de admissão	Equivale ao maior salário pago ao médico (R\$3.527,64/mês) somado aos encargos correspondentes. Os encargos foram considerados iguais a 62,5% do salário (informação fornecida pelo HC)	5732,42	real/médico
Custo de admissão	Corresponde à multiplicação entre o custo unitário de admissão e a taxa de admissão.	Custo unitário de admissão* Taxa de admissão	(real/médico)*(médico/mês) = real/mês
Custo hora médico	Valor calculado a partir da divisão do maior salário pago ao médico mais encargos de 62,5% e o as horas trabalhadas pelo médico no mês.	40,95	real/hora
Custo do médico	É o produto entre o número de médicos, o custo hora médico e as horas trabalhadas pelo médico no mês	Médicos*Custo hora médico*Horas trabalhadas pelo médico no mês	(médico)*(real/hora)* (hora/médico)= real
Custo hora plantão	Corresponde ao valor pago ao médico por uma hora de plantão realizada no pronto socorro.	45,52	real/hora
Custo do plantão	É o produto entre o número de médicos, o custo hora plantão e as horas de plantão realizadas pelo médico no mês	Médicos*Custo hora plantão*Plantão	(médico)*(real/hora)* (hora/médico) = real
Custo total de médicos	Corresponde ao somatório dos custos de admissão, custo do médico e custo do plantão	Custo de admissão+(Custo do médico+Custo do plantão)/unidade de tempo	(real/mês)+((real+real)/mês)= (real/mês)

**TABELA 7.5 – Variáveis relacionadas com o estoque de medicamentos**

VARIÁVEL	JUSTIFICATIVAS	VALOR OU FUNÇÃO	UNIDADE
Taxa de aquisição	A taxa de aquisição equivale ao volume de medicamentos adquiridos no mês. O valor é igual ao lote de compra	Lote de compra	unidade/mês
Taxa de consumo	Equivale ao consumo de medicamentos pelos pacientes atendidos no pronto socorro. É calculada através do produto entre fluxo de atendimento e a variável medicamento por paciente	Fluxo de atendimento*Medicamento por paciente	(paciente/mês)* (unidade/paciente) = unidade/mês
Estoque de medicamento	É calculado pela diferença entre a taxa de aquisição e a taxa de consumo	Taxa de aquisição - Taxa de consumo	unidade
Medicamento por paciente	Corresponde à quantidade de medicamento utilizado em um paciente em cada atendimento realizado.	1	unidade/paciente
Lote de compra	É a quantidade de medicamentos que serão adquiridos no mês para reposição do estoque.	Estoque desejado	unidade/mês
Demanda média	E a média de consumo dos medicamentos correspondentes aos itens A do estoque de medicamentos do pronto socorro nos últimos 6 meses de 2006	7726	unidade/mês
Nível de serviço	Para o nível de serviço equivalente a 95%, a distribuição da demanda, que pode ser considerada como uma distribuição normal padronizada, o valor de k corresponde à 1,645 (Fonte: Barbieri e Machline, 2006, p. 140)	1,645	adimensional
Desvio padrão da demanda média	Esta variável foi calculada através da fórmula de desvio padrão.	$((D - D_{média})^2)/(N - 1)^{0,5} = 622$	unidade/mês
Estoque desejado	O estoque desejado é calculado através da fórmula de demanda máxima (Fonte: Barbieri e Machline, 2006, p.141). A demanda máxima equivale à soma da demanda média de consumo do medicamento e o produto entre um fator de segurança (k) correspondente ao nível de serviço desejado e o desvio padrão da demanda média. Soma-se a taxa de consumo a esta fórmula	$((Demanda\ média + (Nível\ de\ serviço * desvio\ padrão\ da\ demanda\ média)) + Taxa\ de\ consumo$	$((unidade/mês) + (adimensional*unidade/mês)) + unidade/mês = unidade/mês$

**TABELA 7.5 – Variáveis relacionadas com o estoque de medicamentos (continuação)**

VARIÁVEL	JUSTIFICATIVAS	VALOR OU FUNÇÃO	UNIDADE
Índice de disponibilidade de estoque	O índice de disponibilidade de estoque foi definido como uma condição. A divisão entre a variável estoque de medicamento e o produto entre a variável medicamento por paciente e o fluxo de chegada deve ser menor ou igual a 1. Isto indica que deve existir ao menos um medicamento disponível para o paciente para que atendimento possa ocorrer.	$\frac{(\text{Estoque de medicamento})/(\text{Medicamento por paciente}) * (\text{Fluxo de chegada})}{(\text{Estoque de medicamento})/(\text{Medicamento por paciente}) * (\text{Fluxo de chegada})} \leq 1$	$\frac{(\text{unidade})}{((\text{unidade}/\text{paciente}) * (\text{paciente}/\text{mês}))} = \text{mês}$
Custo unitário de armazenagem	Este valor foi estimado e corresponde a 5% do preço médio de aquisição dos itens A mantidos em estoque durante um mês.	4,62	real/unidade*mês
Custo da armazenagem	Equivale ao produto entre o estoque de medicamentos e o custo unitário de armazenagem	Estoque de medicamento*Custo unitário de armazenagem	$\text{unidade} * (\text{real}/\text{unidade} * \text{mês}) = \text{real}/\text{mês}$
Um pedido	Equivale a dizer que um pedido contém a quantidade de medicamentos definida no lote de compra	1	pedido
Unidades por pedido	É a quantidade de medicamentos adquirida em cada pedido realizado pelo pronto socorro em um mês	Lote de compra	$\frac{\text{unidade}}{(\text{mês} * \text{pedido})}$
Nº de pedidos	O número de pedidos realizado no mês corresponde à divisão entre o taxa de consumo e o lote de compra (equivalente ao número de unidades por pedido).	$\frac{(\text{Taxa de consumo})}{(\text{Unidades por pedido})}$	$\frac{(\text{unidade}/\text{mês})}{(\text{unidade}/(\text{mês} * \text{pedido}))} = \text{pedido}$
Custo unitário do pedido	Este valor foi estimado com base na literatura (Fonte: Barbieri e Machline, 2006, p.193)	50	real/pedido
Custo do pedido	Corresponde ao produto entre o número de pedidos realizado no mês e o custo unitário do pedido	Nº de pedidos*Custo unitário do pedido	$\text{pedido} * (\text{real}/\text{pedido}) = \text{real}$
Preço unitário do medicamento	Equivale ao preço médio de aquisição dos itens A mantidos em estoque no pronto socorro do hospital	92,40	real/unidade
Custo de aquisição	Este valor é calculado através da multiplicação entre o preço unitário do medicamento e o lote de compra	Preço unitário do medicamento * Lote de compra	$(\text{real}/\text{unidade}) * (\text{unidade}/\text{mês}) = \text{real}/\text{mês}$
Unidade de tempo	É a unidade de tempo correspondente do modelo	1	mês
Custo total do estoque de medicamento	Corresponde ao somatório dos custos de aquisição, custo do pedido e custo de armazenagem	Custo de aquisição+Custo de armazenagem+ (Custo do pedido/unidade de tempo)	$(\text{real}/\text{mês}) + (\text{real}/\text{mês}) + (\text{real}/\text{mês}) = \text{real}/\text{mês}$

### 7.3 Montagem dos cenários

Este trabalho avaliou quatro cenários diferentes montados através da combinação entre duas políticas de estoque e duas políticas de capacidade. As políticas de estoque utilizadas foram:

- Puxada (reposição periódica): a política puxada caracteriza-se por reagir à demanda. Neste trabalho, a reposição do estoque de medicamentos é mensal e a quantidade repostada é igual à quantidade consumida pelos pacientes atendidos no pronto socorro. Esta política permite considerar um estoque de segurança calculado conforme item 3.4.2.
- Empurrada (previsão de consumo): a política empurrada caracteriza-se por prever a demanda e, geralmente, esta previsão eleva os níveis de estoque. Neste trabalho, o estoque para a política empurrada foi previsto considerando a demanda média dos itens A do estoque de medicamentos do pronto socorro, um fator de segurança ( $k$ ) referente a um nível de serviço de 95% e o desvio padrão da demanda média, conforme apresentado no item 3.4.2.

As políticas de capacidade utilizadas foram:

- Puxada (capacidade acompanha a demanda): a política puxada caracteriza-se por acompanhar a demanda e permite a realização de horas extras ou plantões, aumentando a capacidade de atendimento do médico.
- Empurrada (capacidade antecipa-se à demanda): a política empurrada caracteriza-se pela existência de um quadro fixo de médicos. Neste caso, a capacidade de atendimento do médico é fixa e não pode ser alterada mediante variação do fluxo de chegada de pacientes.

A tabela 7.6 mostra os quatro cenários analisados neste trabalho através da combinação entre as políticas.

**TABELA 7.6 - Combinação de políticas para formação dos cenários**

<b>MATRIZ DE RELAÇÕES</b>	<b>CAPACIDADE</b>	
	<b>PUXADA</b>	<b>EMPURRADA</b>
<b>ESTOQUE</b>		
<b>PUXADO</b>	Cenário 1: EPCP	Cenário 3: EPCE
<b>EMPURRADO</b>	Cenário 2: EECp	Cenário 4: EECE

O cenário um é formado pela política de estoque puxada e pela política de capacidade puxada, sendo um cenário exclusivamente puxado, ou seja, reage à demanda. O cenário dois é formado pela política de estoque empurrada e pela política de capacidade puxada, ou seja, o estoque é previsto e a capacidade reage à demanda. O cenário três é o inverso do cenário dois, sendo formado por uma política de estoque puxada e por uma política de capacidade empurrada, ou seja, o estoque reage à demanda e a capacidade é prevista. Ambos são cenários mistos. O cenário quatro é formado por uma política de estoque empurrada e por uma política de capacidade empurrada, sendo um cenário exclusivamente empurrado, ou seja, é baseado em previsão.

#### **7.4 Análises dos cenários**

As análises foram desenvolvidas em duas etapas conforme sugerido Yin (2005). Em uma primeira abordagem cada cenário foi avaliado de forma independente, explorando-se os aspectos relativos a elementos internos dos mesmos (relações entre as variáveis chaves). Em uma segunda abordagem, os cenários foram avaliados de forma conjunta explorando o relacionamento entre os mesmos.

#### **7.4.1 Análise de cada cenário**

Os cenários foram analisados separadamente e destacaram-se os aspectos relacionados com as variáveis chaves.

##### **Cenário 1: EPCP (Estoque Puxado e Capacidade Puxada)**

No cenário um, o índice de disponibilidade de estoque oscila entre 0,08 e 0,11. Este valor indica que o estoque de medicamentos é insuficiente para o atendimento no pronto socorro (fluxo de atendimento). Neste caso, o estoque de medicamento mantém-se constante e equivale ao estoque inicial de segurança considerado para esta política. Como o estoque de medicamento não aumenta, já que a reposição é feita mediante consumo, os custos totais de estoque de medicamentos variam de acordo com a quantidade adquirida. Em relação aos médicos, o número de pacientes atendidos no pronto socorro é estável e mantém-se em torno de 200 pacientes. O comportamento estável desta variável faz com que o fluxo de atendimento do pronto socorro também se mantenha estável, ficando em torno de 1.000 a 1.500 pacientes. Como o fluxo de chegada é aleatório, verifica-se que mesmo com médicos disponíveis para atendimento, o estoque de medicamentos é insuficiente para atender o fluxo de chegada dos pacientes. Com isto, o número de paciente no pronto socorro tende a aumentar. Em relação aos custos, nota-se que os custos de atendimento estabilizam-se em torno de um milhão de reais, seguindo o mesmo comportamento apresentado pelos custos total de médicos. Neste cenário, o fator limitante é o estoque de medicamentos.

##### **Cenário 2: EECPP (Estoque Empurrado e Capacidade puxada)**

No cenário dois, o índice de disponibilidade de estoque equivale a 1. Este valor indica que não faltam medicamentos para a realização do atendimento (fluxo de atendimento). Por outro lado, o estoque de medicamentos tende a aumentar, elevando os custos totais (custo totais do estoque de medicamentos) e os custos de atendimento. Quanto aos médicos, o número de pacientes atendidos no pronto socorro mantém-se em torno de 100 a 150 pacientes. Neste cenário, a restrição de macas limita o fluxo de atendimento e o mesmo mantém-se praticamente

constante (6.000 pacientes por mês). Portanto, mesmo com estoque de medicamentos e médicos disponíveis, o fluxo de atendimento não aumenta e o número de pacientes no pronto socorro mantém-se em torno de 5.000 a 10.000 pacientes. Em relação aos custos, verifica-se que os custos de atendimento tendem a crescer, seguindo o mesmo comportamento do custo total de estoque de medicamentos. Neste cenário, o fator limitante são as macas.

### **Cenário 3: EPCE (Estoque Puxado e Capacidade Empurrada)**

No cenário três, o índice de disponibilidade de estoque oscila entre 0,08 e 0,11. Este valor indica que o estoque de medicamentos é insuficiente para o atendimento no pronto socorro (fluxo de atendimento). Neste caso, o estoque de medicamentos mantém-se constante e equivale ao estoque inicial de segurança considerado para esta política. Como o estoque de medicamentos não aumenta, visto que a reposição é feita mediante consumo, os custos totais de estoque de medicamentos variam de acordo com a quantidade adquirida. Em relação aos médicos, o número de pacientes atendidos no pronto socorro varia entre 80 e 90 pacientes por médico. Como esta variável mantém-se estável, o fluxo de atendimento do pronto socorro oscila entre 400 e 650 pacientes. Como o fluxo de chegada é aleatório e oscila entre 5.000 e 6.000 pacientes por mês, verifica-se um aumento de pacientes no pronto socorro, visto que a quantidade de médicos e o estoque de medicamentos não são suficientes para aumentar o fluxo de atendimento. Em relação aos custos, nota-se que os custos de atendimento mantém-se estáveis e o custo total de médicos permanece constante. Neste cenário, os fatores limitantes são médicos e estoque de medicamentos.

### **Cenário 4: EECE (Estoque Empurrado e Capacidade Empurrada)**

No cenário quatro, o índice de disponibilidade de estoque equivale a 1. Este valor indica que não faltam medicamentos para a realização do atendimento (fluxo de atendimento). Por outro lado, o estoque de medicamentos tende a aumentar, elevando os custos totais (custo totais do estoque de medicamento) e o custo de atendimento. Quanto aos médicos, o número de pacientes atendidos no pronto socorro varia entre 80 e 90 pacientes por médico. Como esta variável mantém-se estável, o fluxo de atendimento do pronto socorro permanece em torno de

4.500 a 5.500 pacientes. Como o fluxo de chegada é aleatório, verifica-se que mesmo tendo estoque disponível para atendimento, o número de pacientes atendidos pelos médicos é inferior ao número máximo de atendimentos possíveis. Com isto, o número de pacientes no pronto socorro tende a aumentar. Em relação aos custos, observa-se que o custo total do estoque de medicamentos tende a aumentar, fazendo com que o custo total de atendimento tenha o mesmo comportamento. Neste cenário, o fator limitante são os médicos.

#### 7.4.2 Análise conjunta dos cenários

Para complementar a análise dos resultados, os cenários foram avaliados de forma conjunta. A tabela 7.7 mostra uma comparação entre os valores resultantes das principais variáveis chaves do modelo, bem como a tendência do número de pacientes no pronto socorro.

**TABELA 7.7 - Análise comparativa entre os quatro cenários**

<b>Cenários</b> <b>Variáveis Chaves</b>	<b>Cenário 1: EPCP</b>	<b>Cenário 2: EECP</b>	<b>Cenário 3: EPCE</b>	<b>Cenário 4: EECE</b>
Índice de disponibilidade de medicamentos (mês)	0,10	1,0	0,10	1,0
Paciente atendido pelo médico (paciente/médico)	200	125	85	85
Pacientes no pronto socorro (pacientes)	Tendência: Crescimento	Tendência: Estável	Tendência: Crescimento	Tendência: Crescimento
Fluxo de Atendimento (pacientes/mês)	1.250	6.000	525	5.250
Custos de atendimento (real/mês)	1,0 milhão	3,5 milhões	375 mil	5,0 milhões
Fator limitante	Estoque de medicamentos	Macas	Estoque de medicamentos e médicos	Médicos

Nos cenários um e três, onde a política de estoque adotada é a política puxada, o principal fator limitante é o estoque de medicamentos. A política puxada caracteriza-se por possuir um

estoque de medicamentos inicial mínimo e a reposição ocorre mediante o consumo. Nestes dois cenários, o índice de disponibilidade de estoque é baixo. O cenário três possui outro fator limitante, os médicos, visto que a política de capacidade adotada é a empurrada. Esta política, conforme descrito anteriormente, não permite a realização de plantões pelos médicos. Este conjunto de fatores faz com que o fluxo de atendimento seja o menor entre os quatro cenários, diminuindo o nível de atendimento do pronto socorro.

Nos cenários dois e quatro, onde a política de estoque adotada é a empurrada, os fatores limitantes são diferentes. Para estes dois cenários, o índice de disponibilidade de estoque é igual a um, indicando que sempre existem medicamentos em estoque para serem consumidos pelos pacientes durante o atendimento. No cenário quatro, o fator limitante são os médicos. A política empurrada limita o número de atendimentos do médico, pois não permite a realização de plantões. Isso mostra que mesmo com a existência de medicamentos em estoque, a quantidade de atendimentos realizada pelo médico não é suficiente para reduzir o número de pacientes no pronto socorro. No cenário dois, o fator limitante é o número de macas disponíveis para a realização dos atendimentos. Neste cenário, tanto o estoque de medicamentos, quanto a disponibilidade de médicos são elevadas, o que resulta em uma tendência de estabilidade no número de pacientes no pronto socorro.

Em relação aos custos, o cenário três apresenta o menor custo de atendimento e o cenário quatro, o maior.

## 8 CONCLUSÕES

O setor de saúde no Brasil está passando por mudanças que indicam a crescente necessidade de investimentos. O aumento do número de estabelecimentos de saúde e a crescente demanda por leitos hospitalares indicam que o emprego de políticas de gestão que minimizem os gastos e, ao mesmo tempo, maximizem os ganhos, principalmente na qualidade de prestação do serviço, são importantes. A implantação de sistemas que permitam a obtenção de informações mais transparentes como os resultados obtidos e os gastos necessários para alcançá-los também auxiliam na gestão destes serviços.

Diante da importância do setor de saúde e da necessidade de minimizar custos na prestação de serviços hospitalares, este estudo buscou entender as relações existentes entre diferentes políticas de estoques e capacidades e verificar o impacto no custo do atendimento hospitalar. O mapeamento e a análise destes custos permitem aos tomadores de decisão definir as melhores alternativas de investimentos, buscando sempre o aumento da qualidade na prestação dos serviços.

Para isso, este estudo foi desenvolvido em duas fases. A primeira fase contemplou a montagem do modelo de simulação em sistemas dinâmicos para avaliação de políticas de logística hospitalar. Este modelo foi montado de acordo com o processo de modelagem definido por Sterman (2000), formado por cinco etapas principais. O início do processo consiste na caracterização do problema passando pela formulação das hipóteses dinâmicas, formulação do modelo de simulação e testes, terminando com as análises das políticas de projeto e avaliação. A segunda fase consistiu na demonstração da aplicabilidade do modelo, na qual foi desenvolvido um estudo de caso no pronto socorro do Hospital de Clínicas da Unicamp (Universidade Estadual de Campinas). O hospital foi escolhido devido à facilidade de acesso aos dados, por possuir características como controle de estoque e políticas de alocação de mão-de-obra consistentes e também por ser referência no atendimento hospitalar.

Os resultados obtidos indicam que o uso de modelagem em sistemas dinâmicos permitiu analisar de forma integrada políticas de estoques e capacidades, mostrando que esta análise integrada permite reduções de custo e melhorias nos níveis de serviço maiores do que quando estes dois aspectos são tratados individualmente. A maior parte dos hospitais trata de forma

separada a questão dos estoques e das capacidades por não dispor de instrumentos de análises e bases de dados compatíveis. Este trabalho permitiu, através do uso de modelagem de sistemas dinâmicos, um avanço neste sentido.

As políticas de estoque foram analisadas focando a disponibilidade de medicamentos e as políticas de capacidade focaram a disponibilidade de médicos. Verificou-se que cenários onde tanto a política de estoque e de capacidade são puxadas, o impacto da falta de medicamentos em estoque tende a reduzir o fluxo de atendimento no hospital. Os custos de atendimento nestes casos tendem a ser elevados devido à grande disponibilidade de mão-de-obra especializada. Cenários deste tipo mostram claramente que somente a disponibilidade de mão-de-obra especializada não é suficiente para realização de atendimentos no pronto socorro e evidencia a importância da análise integrada das políticas.

Nos cenários caracterizados por políticas empurradas, o impacto da falta de mão-de-obra especializada inviabiliza o atendimento no pronto socorro. Nestes casos, a disponibilidade de estoques eleva os custos de atendimento e não aumenta o fluxo de atendimento no hospital. Este tipo de cenário reforça a necessidade de avaliação integrada entre as políticas, buscando visualizar quais os fatores que mais influenciam no fluxo de atendimento e, conseqüentemente, no nível de serviço do hospital.

Nos cenários onde as configurações entre as políticas são alternadas, observou-se comportamentos distintos. Para cenários onde a política de estoque é puxada e a política de capacidade é empurrada, a limitação de estoque de medicamentos e disponibilidade de mão-de-obra especializada reduz significativamente o fluxo de atendimento. Por caracterizar-se por baixas disponibilidades tanto de estoque quanto de capacidade, os custos de atendimento também são reduzidos. Percebe-se que esta redução não compensa as perdas decorrentes do nível de serviço prestado.

Para os cenários onde a política de estoque é empurrada e a política de capacidade é puxada, nota-se que as disponibilidades tanto de estoque quanto de mão-de-obra especializada são elevadas, estabilizando o número de pacientes no pronto socorro. Estes cenários possuem elevados custos de atendimento, mas em compensação conseguem atender e manter um nível de serviço adequado. Nestes casos, outros fatores limitantes podem reduzir o fluxo de atendimento. Para o estudo de caso realizado, o fator limitante deste cenário foi o número de macas disponíveis para atendimento.

Nesse trabalho, o modelo desenvolvido considerou o número de equipamentos e macas como restrição do processo e não os incorporou de forma detalhada na modelagem. Uma abordagem importante seria considerar o mesmo tratamento dado às outras variáveis, aumentando a complexidade do modelo. Outro fator limitante foram as bases de dados disponíveis que apresentam dados bastante agregados, dificultando o detalhamento.

Esse estudo representa uma contribuição importante para o entendimento das relações entre diferentes políticas de estoque e capacidades dentro de hospitais e permite uma análise integrada de como a implantação de diferentes políticas impactam no custo de atendimento de um pronto socorro. Conclui-se que tanto a disponibilidade de estoque quanto a de mão-de-obra especializada são fundamentais para realização do atendimento hospitalar. Para dar continuidade ao trabalho, sugere-se aplicação do modelo em serviços diferentes, buscando a generalização do mesmo.

## 9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVIM, Silvio Luís dos Santos. **O efeito da propagação de erros da previsão de demanda na cadeia de suprimentos: estudo de caso de uma indústria eletrônica**, 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas.

ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). Disponível em < <http://www.anvisa.gov.br/>. > Acesso em 15 Set. 2006.

ARNOLD, J.R.Tony. **Administração de Materiais**: uma introdução. 1 ed. São Paulo: Editora Atlas, 1999.

BALLOU, Ronald H. **Logística Empresarial**: transporte, administração de materiais, distribuição física. Tradução: Hugo T. Y. Yoshizaki. 1ed. São Paulo: Editora: Atlas, 1993.388p.

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos**: planejamento, organização e logística empresarial. Tradução: Elias Pereira. 4ed. São Paulo: Editora: Bookman, 2001.532p.

BARBIERI, José Carlos e MACHLINE, Claude. **Logística Hospitalar**: teoria e prática. 1ª. ed. São Paulo: Editora: Saraiva, 2006. 325p.

BEDEIAN, Arthur, G. **From the ranch to system dynamics**: an autobiography. Management Laureats: A collection of Autobiographical Essays, Vol 1. Jay Press, 1992.

BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J. **Logística Empresarial**: o processo de integração da cadeia de suprimento. Tradução: Equipe do Centro de Estudos em Logística, Adalberto Ferreira das Neves. São Paulo: Atlas, 2001.

BRAILSFORD S.C. e HILTON N.A. A Comparison of Discrete Event Simulation and System Dynamics for Modelling Healthcare Systems, **Proceedings of ORAHS (Riley, J. ed.)**, Glasgow Caledonian University,2000. pp. 18-39.

BRUNSTEIN, Israel. **Economia de Empresas**: gestão econômica de negócios. São Paulo: Atlas, 2005.

CAVANA, Robert Y; DAVIES, Philip K; ROBSON, Rachel M.; WILSON, Kennet J. Drivers of quality in health services: different world – views of clinicians and policy managers revealed, **System Dynamic Review**,1999, Volume 15, n 3, p. 331 a 340.

CHING, Hong Yuh. **Gestão de Estoques na Cadeia de Logística Integrada – Supply Chain**. 2 ed. São Paulo:Editora Atlas, 2001.194p.

CSCMP (*Council of Supply Chain Management Professionals*). Disponível em < <http://www.cscmp.org/>> Acesso em 25 Abr. 2006 e 18 Mar. 2007.

CLM. Logistics in the service industries. 1 ed. EUA: **Council of Logistics Management**, 1991. 298p.

- COOK, David. P, GOH, Chon Huat , CHUNG, Chen H. Service Typologies: A state of the art survey. **Production and Operations Management**. Vol. 8, No. 3, Fall 1999.
- CORBETT, Thomas Neto. Introdução à Dinâmica de Sistemas. São Paulo, 2003. Disponível em < <http://www.corbett.pro.br/artigos.asp>> Acesso 24 jul. 2005.
- CORRÊA, Henrique L., et al. **Planejamento, programação e controle da produção**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2001.
- CORRÊA, Henrique L.; CAON, Mauro. **Gestão de Serviços**: lucratividade por meio de operações e de satisfação dos clientes. 1ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002.
- CORRÊA, Henrique L.;CORRÊA, Carlos A. **Administração da Produção e Operações - Manufatura e Serviço**: Uma abordagem estratégica. 2 ed. São Paulo: Editora Atlas, 2005.
- COYLE, R.G. Representing discrete events in System Dynamics Models: a theoretical application to modelling coal production. **Journal of the Operational Research Society**, 36 (4), p.307-318, 1985.
- COYLE, R.G. A systems approach to the management of a hospital for short – term patients. **Socio Economic Planning Sciences – An International Journal**, USA, vol 18, nº4, p. 219 – 226, 1984.
- DANGERFIELD, Brian e ROBERTS, Carole. Foreword to the Special Issue on Health and Health Care Dynamics. **System Dynamics Review**, 1999, 15, 3; ABI/INFORM Global. pg. 197 – 199.
- DANGERFIELD, Brian e ROBERTS, Carole. Optimisation as a Statistical Estimation Tool: An Example in Estimating the Aids Treatment-Free Incubation Period Distribution”. **System Dynamics Review**, 1999, 15, 3; ABI/INFORM Global. pg. 273 – 291.
- DAVIS, Frank W.; MANRODT, Karl B. Service Logistics: an introduction. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**.Vol. 24 No. 4, 1994, pp. 59-68.
- DAVIS, Mark M. et al. **Fundamentos da Administração da produção**. 3 ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 2001.
- DIAS, Marco Aurélio. **Administração de Materiais**: uma abordagem logística. 4 ed. São Paulo: Atlas, 1993.
- DIERKS, Meghan *et al.* Patient Safety in Complex Medical Settings: A Prospective Study in the Operating Room. **NECSI – New England Complex Systems Institute**.2004. 1-16p. Disponível em < <http://necsi.org/>> Acesso em 03 Ago. 2005.
- ELF, Marie e PUTILOVA, Mariya. **The care planning process** – a case for a system dynamics. Chalmers University of Tecnology, Swedem, 2005.

FARIA, Ana Cristina de; COSTA, Maria de Fátima Gameiro da. **Gestão de Custos Logísticos**. 1 ed. São Paulo: Atlas, 2005.

FERREIRA, Levy Gomes. **Administração de Estoques de medicamentos no hospital**. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Superior. Seminário sobre farmácia hospitalar. s.l, Brasil. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Superior, 1985. p.106-26, Tab. (MEC. Cadernos de Ciências da Saúde, 8).

FITZSIMMONS, James.; FITZSIMMONS, Mona. **Administração de Serviços - Operações, Estratégias e Tecnologias de Informação**. 2 ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 2000.

FLEURY, Paulo Fernandes et al. **Logística Empresarial: a perspectiva brasileira**.1 ed. Rio de Janeiro: Editora Atlas, 2000.

FLEURY, Paulo Fernando. Gestão Estratégica do Transporte. **COPPEAD - CEL**. Rio de Janeiro: CEL, 2002. Disponível em <http://www.cel.coppead.ufrj.br/fs-busca.htm?fr-estrat-trans.htm>. Acesso em ago/2004.

FORRESTER, Jay W. **From de the ranch to system dynamics: an autobiography**. In: Management Laureates: A collection of Autobiographical Essays. Vol 1. Editado por: Arthur J. Bedeian. JAY Press, 1992.

FORRESTER, Jay W. **The Beginning of System Dynamics by Jay W. Forrester**. Sloan School of Management. Massachusetts Institute of Technology, MIT, Cambridge, 1989.

FORRESTER, Jay W. **Designing the Future**. Universidade de Sevilla, Espanha, 1998. Disponível em [http://tigre.prod.eesc.sc.usp.br/producao/pos\\_graduacao/mestrado/sep5779/sep5779.htm](http://tigre.prod.eesc.sc.usp.br/producao/pos_graduacao/mestrado/sep5779/sep5779.htm) Acesso 10 fev. 2004.

GARCIA, Juan Martins. **Teoria y Ejercicios practicos de dinâmica de sistemas**. 2 ed. Espanha, 2006.

GASNIER, Daniel Georges. **A dinâmica dos estoques**. 1 ed. São Paulo: Editora IMAM, 2002.

GAITHER, Norman; FRAZIER, Greg. **Administração da Produção e Operações**. Tradução: José Carlos Barbosa dos Santos. 1ed. São Paulo: Editora Pioneira, 2002.

GIANESI, Irineu G.N., CORRÊA, Henrique Luiz. **Administração Estratégica de Serviços: operações para a satisfação do cliente**. 1 ed. São Paulo: Editora Atlas, 1994.

GONZÁLEZ-BUSTO, Begoña; GARCÍA, Rafael. Waiting lists in Spanish public hospitals: a system dynamics approach. **System Dynamics Review**. Volume 15, Issue 3 , Pages 201 – 224, 1999.

HAMES, D.S.P. Productivity-enhancing work innovations: remedies for what ails hospital? **Hosp. & Health Serv.Admin.**, 36: 545-8, 1991.

HARRISON, Alan; HOEK, Remko van. **Estratégia e Gerenciamento de Logística**. Tradução: Bazan Tecnologia e Lingüística. 1 ed. São Paulo: Editora Futura, 2003.

HEFFERNAN, Mark; MARTIN, Paul; MCDONNELL, Geoff. National Medicines use Dynamics: Influencing Health Policy with System Dynamics. **International System Dynamics Pty Ltd**, 2004. Centre for Health Informatics, University of New South Wales, Austrália. 13p. Disponível em < <http://www.systemdynamics.org/conf2004/index.htm>>. Acesso em 01 Ago. 2005.

HESKETT, James L. Controlling customer logistics service. **International Journal of Physical Distribution** p.141-145, Jun.1971.

HIRSCH, Gary B. Modeling the consequences of major incidents for Health Care Systems. **Systems Dynamics Conference**, 2004. Wayland, Massachusetts. 24p. Disponível em < <http://www.systemdynamics.org/conf2005/index.htm>>. Acesso em 01 Ago. 2005.

HOSPITAL ANA COSTA. Disponível em < <http://www.anacosta.com.br>> Acesso 15 Fev. 2006.

HOSPITAL BENEFICÊNCIA PORTUGUESA. Disponível em <<http://www.beneficencia.org.br/index.htm>> Acesso em 10 Jan. 2006.

HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FMUSP. Disponível em <<http://www.hcnet.usp.br/publicacoes/index.htm>> . Acesso em 12 Jan. 2006.

HOSPITAL DE CLÍNICAS DA UNICAMP. Disponível em <<http://www.hc.unicamp.br>> Acesso em 10 Jan. 2006.

HOSPITAL ESTADUAL SUMARÉ. Disponível em < <http://www.hes.unicamp.br/>> Acesso em 20 Nov. 2005.

HOSPITAL ISRAELITA ALBERT EINSTEIN (HIAE). Disponível em <<http://www.einstein.br/>> Acesso em 10 Dez. 2005.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/>> Acesso em 12 Jan. 2006.

IMMEDIATO, C. Sherry; HIRSCH, Gary. Microworlds and generic structures as resources for integrating care and improving health. **System Dynamics Review**. Volume 15, Issue 3 , Pages 315 – 330, 1999.

JOHNSTON, Robert e CLARK, Graham. **Administração de Operações de Serviço**. Tradução: Ailton Bonfim Brandão. 1 ed. São Paulo, Editora Atlas, 2002.

KLASSEN Kenneth J.; ROHLER Thomas R. Demand and capacity management decisions in services: How they impact on one another. **International Journal of Operations & Production Management**, Canada, v.22, n.5, p.527-548, 2002.

LALT (Laboratório de Aprendizagem em Logística e Transportes). Redes Logísticas: Projeto Temático. **LALT**. Campinas: FEC/Unicamp, 2004.

LALT (Laboratório de Aprendizagem em Logística e Transportes). Carga em Centros Urbanos: Projeto Temático. **LALT**. Campinas: FEC/Unicamp, 2003.

LALT (Laboratório de Aprendizagem em Logística e Transportes). Logística na Construção Civil: Projeto Temático. **LALT**. Campinas: FEC/Unicamp, 2003.

LALT (Laboratório de Aprendizagem em Logística e Transportes). Logística Reversa e Transporte Sustentável: Projeto Temático. **LALT**. Campinas: FEC/Unicamp, 2003.

LANE, DC. You just don't understand me: modes of failure and success in the discourse between System Dynamics and discrete event simulation, LSE OR Department Working Paper LSEROR 00-34, **London School of Economics and Political Science**, 2000.

LANE, DC; MONEFELDT, C; ROSENHEAD, JV. Looking in the wrong place for healthcare improvements: A system dynamics study of an accident and emergency department. **Journal of Operational Research Society**, 2000. The London School of Economics and Political Science, University of London. 518-531.

LOVELOCK, C. e WRIGHT, L. **Serviços: Marketing e Gestão**. São Paulo: Saraiva, 2001.

MAK, H-Y. System Dynamics and discrete event simulation modelling, PhD Thesis, **London School of Economics and Political Science, University of London**. 1992.

MARRAS, Jean Pierre. **Administração de Recursos Humanos: do operacional ao estratégico**. 3 ed. São Paulo: Futura, 2000.

MARTINS, Eliseu. **Contabilidade de custos**. 9ª ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARTINS, Petrônio Garcia; ALT, Paulo Renato Campos; **Administração de Materiais e Recursos Patrimoniais**. 1 ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2000.

MASS, N. Stock and flow variables and the dynamics of supply and demand, in RANDERS, J. (ed), **Elements of the System Dynamics Method**. Waltham, MA: Pegasus Communications, 1980.

MÉDICI André César. **Economia e financiamento do setor saúde no Brasil: balanços e perspectivas do processo de descentralização**. Faculdade de Saúde Pública da USP, São Paulo.1994.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Disponível em [http://portalweb02.saude.gov.br/saude/visao.cfm?id\\_area=184](http://portalweb02.saude.gov.br/saude/visao.cfm?id_area=184)> Acesso em 10 Dez. 2005.

MORECROFT, John.; ROBINSON, Stewart. Explaining Puzzling Dynamics: Comparing the Use of Systems Dynamics and Discrete Event Simulation. **London Business School**. Reino Unido, 2004.

MCDONNELL, G.; HEFFERNAN, M.; FAULKNER, A. Using System Dynamics to analyse Health System Performance within the WHO Framework. **International System Dynamics Pty Ltd**, University of New South Wales. Australia. 10p. Disponível em < <http://www.systemdynamics.org/conf2004/index.htm>>. Acesso em 01 Ago. 2005.

NG, Irene C.L.; WIRTZ, Jochen; LEE, Khai Sheang. The strategic role of unused service capacity. **International Journal of Service Industry Management**. Volume: 10 Issue: 2 Page: 211 – 244. 1999.

NHS (*National Healthcare Service*). Disponível em < <http://www.nhs.uk/>> Acesso em 20. Mai. 2005.

OKOROH, M.I; GOMBREA, P.P; JOHN, Evison; WAGSTAFF, Martin. **Adding value to the healthcare sector** – a facilities management partnering arrangement case study. *Facilities*. Volume 19. Número 3/4.2001 p.157 – 163.

PATERNI, Dario. **A administração de materiais no hospital**: compras, almoxarifado e farmácia. São Paulo: Centro São Camilo de Desenvolvimento em Administração da Saúde, 1990.

POZO, Hamilton. **Administração de Recursos Materiais e Patrimoniais**: uma abordagem logística. São Paulo: Atlas, 2001.

ROYSTON, Geoff et al. **Using system dynamics to help develop and implement policies and programmes in health care in England**. Department of Health. Economics and Operational Research Division, Department of Health, London, England. *System Dynamics Review*. Volume 15, Issue 3 , Pages 293 – 313, 1999.

RICHARDSON, George P. **Problems with causal-loop diagrams**. In: *System Dynamics Review* 2, nº 2. 1986. System Dynamics Society, 158-170.

SALLUN, Érika et al. Reportagem: “Eles dão a vida ao HC”. São Paulo: Revista Veja São Paulo, 2003. Disponível em < <http://veja.abril.com.br/vejasp/280503/sumario.html>> Acesso 26 Mar. 2004.

SANTOS, Sérgio P; BELTON, Valerie; HOWICK, Susan. Adding value to performance measurement by using system dynamics and multicriteria analysis. **International Journal of Operations e Production Management**, UK, v. 22, nº 11, p. 1246 – 1272, 2002.

SIOPS (SISTEMA DE INFORMAÇÕES SOBRE ORÇAMENTOS PÚBLICOS DE SAÚDE) . Disponível em <[http://siops.datasus.gov.br/Documentacao/Despesa Total Correntes PIB 00 03.PDF](http://siops.datasus.gov.br/Documentacao/Despesa%20Total%20Correntes%20PIB%2000%2003.PDF)>. Acesso em 20 Jan. 2006.

SENGE, Peter M. **A quinta disciplina**: arte, teoria e prática da organização de aprendizagem. Tradução: Regina Amarante. Editora Best Seller. São Paulo. 4ª Edição, 1990.

SLACK, Nigel et al. **Administração da Produção**. Tradução: Maria Teresa Corrêa de Oliveira e Fábio Alher. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SMITH, Mark; FEIED, Craig. The Emergency Department as a Complex System. **The George Washington University School of Medicine and Health Sciences**. Washington, 1999. 1-12p. Disponível em < <http://necsi.org/>> Acesso em 03 Ago. 2005.

STERMAN, John D. **Business Dynamics: systems thinking and modeling for a complex world**. 1a. ed. Boston: Irwin/ McGraw – Hill, 2000.

SOFTWARE VENSIM. Disponível em <<http://www.vensim.com/>>. Acesso em 26 Mai.2006.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Manual de Planejamento e Controle da Produção**. 2a. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

VAN ACKERE, Ann; SMITH, Peter C. Towards a macro model of National Health Service waiting lists. **System Dynamics Review**. Volume 15, Issue 3 , Pages 225 – 252, 1999.

VIANA, João José. **A Administração de Materiais – Um enfoque prático**.1 ed. São Paulo: Editora Atlas, 2000.

WALLACE, Thomas F. e STAHL, Robert A. **Planejamento Moderno da Produção**. Tradução: Edgar Toporcov. 1 ed. São Paulo: IMAM, 2003.

WANKE, Peter. **Gestão de Estoque na Cadeia de Suprimentos: decisões e modelos quantitativos**. São Paulo: Atlas, 2003.

WANKE, Peter. Tendências da gestão de estoques em organizações de saúde. **Revista Tecnológica**, Novembro, 2004.

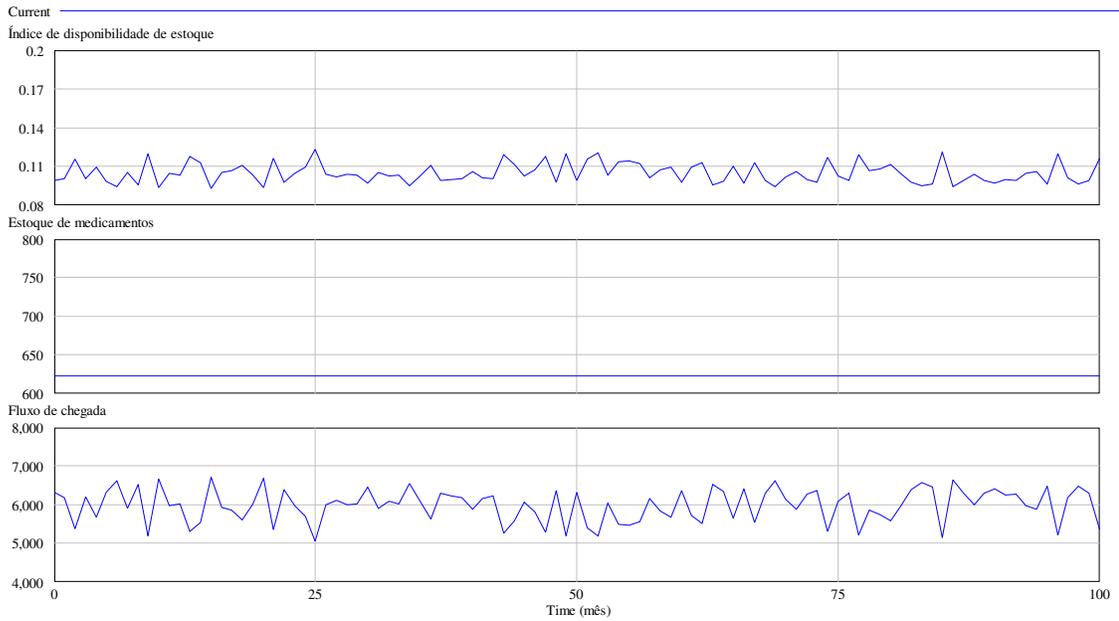
WOLSTENHOLME, Eric. A patient flow perspective of U.K. health services: exploring the case for new “intermediate care” initiatives. **System Dynamics Review**; 1999; 15, 3; ABI/INFORM Global.

WOLSTENHOLME, Eric et al. Using System Dynamics in Modeling Health and Social Care Commissioning in the UK. **OLM Consulting**, 2004.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso: planejamento e métodos**. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

**ANEXO A: Gráficos dos cenários**

## Cenário 1: Gráfico 1.1: Estoque de medicamentos



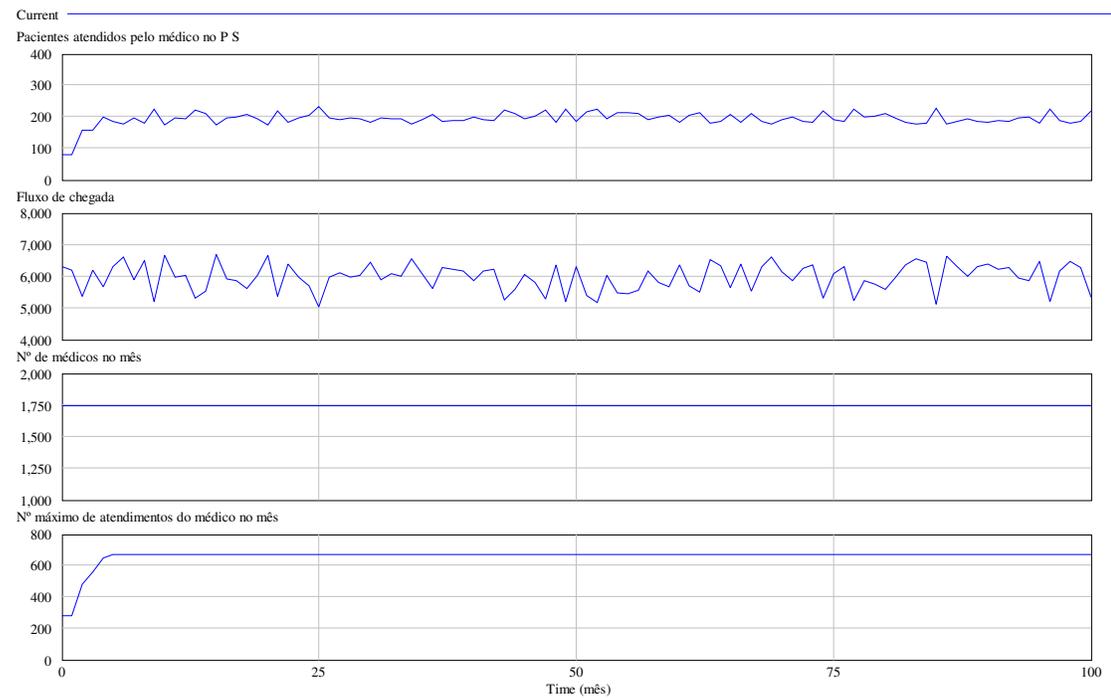
Medicamento por paciente

Current: 1

Unidade de tempo

Current: 1

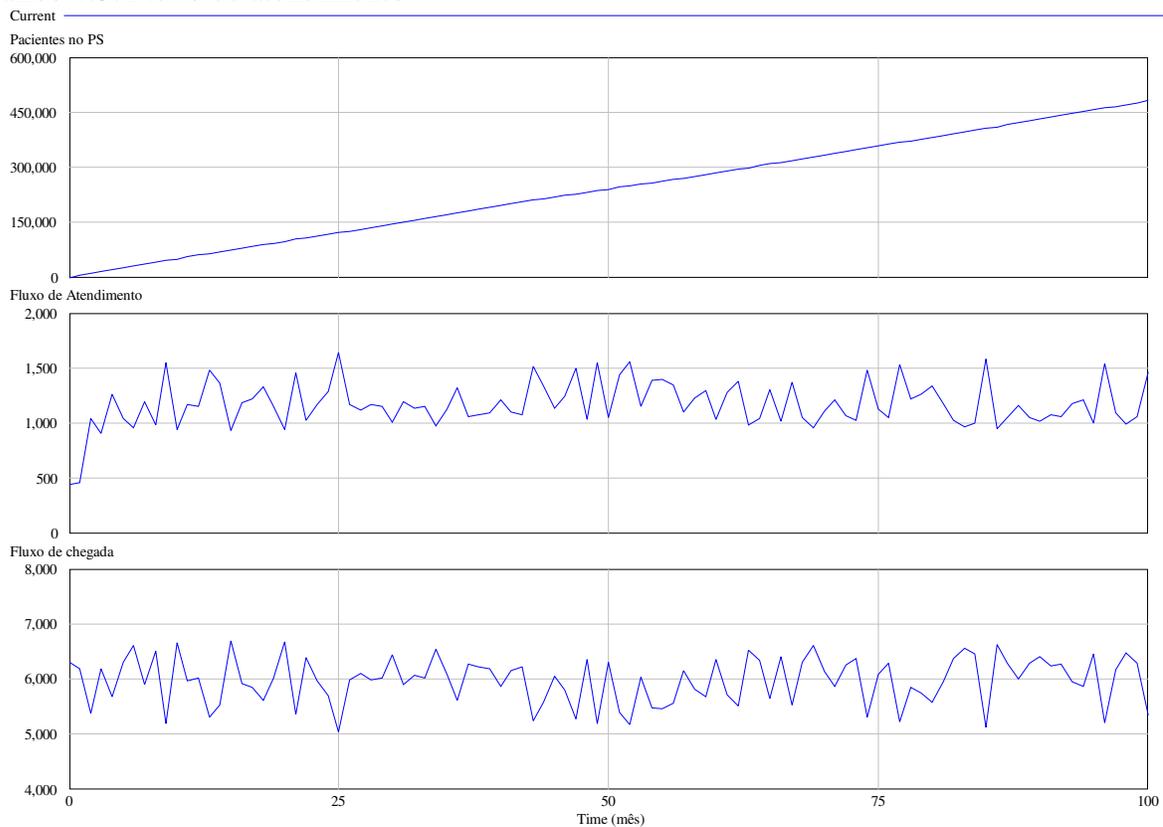
## Gráfico 1.2: Médicos



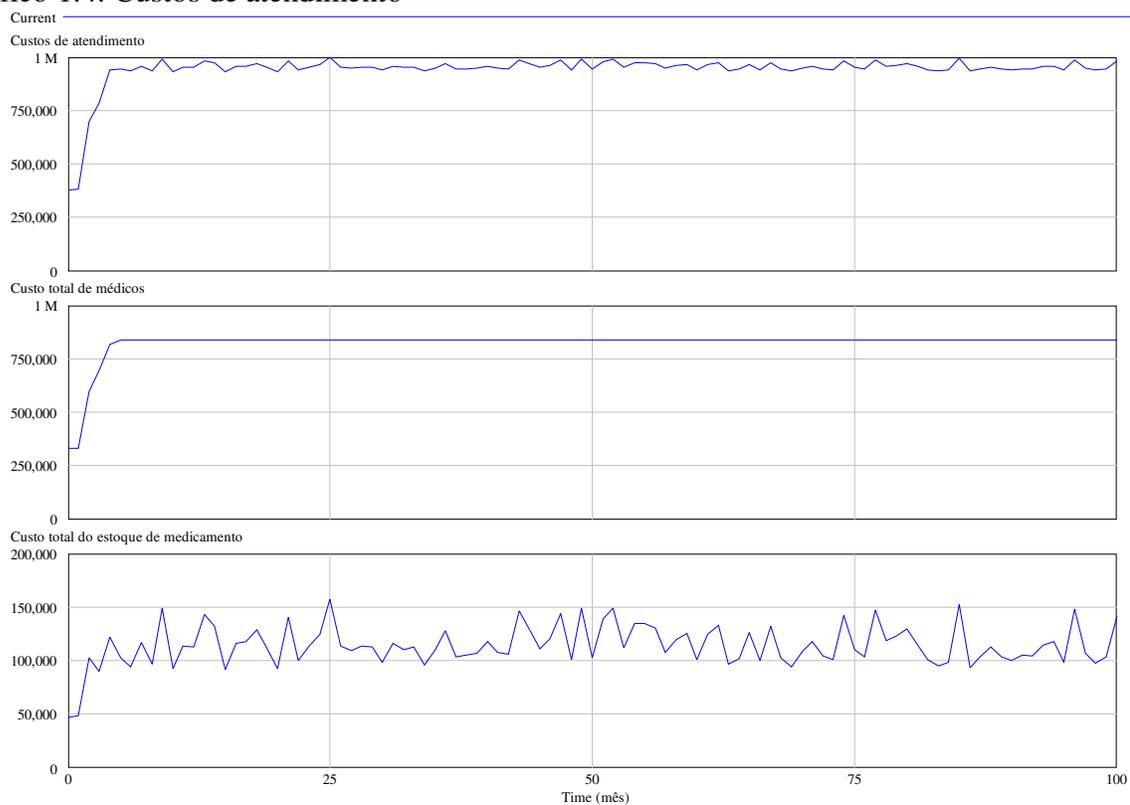
Médico por paciente

Current: 1

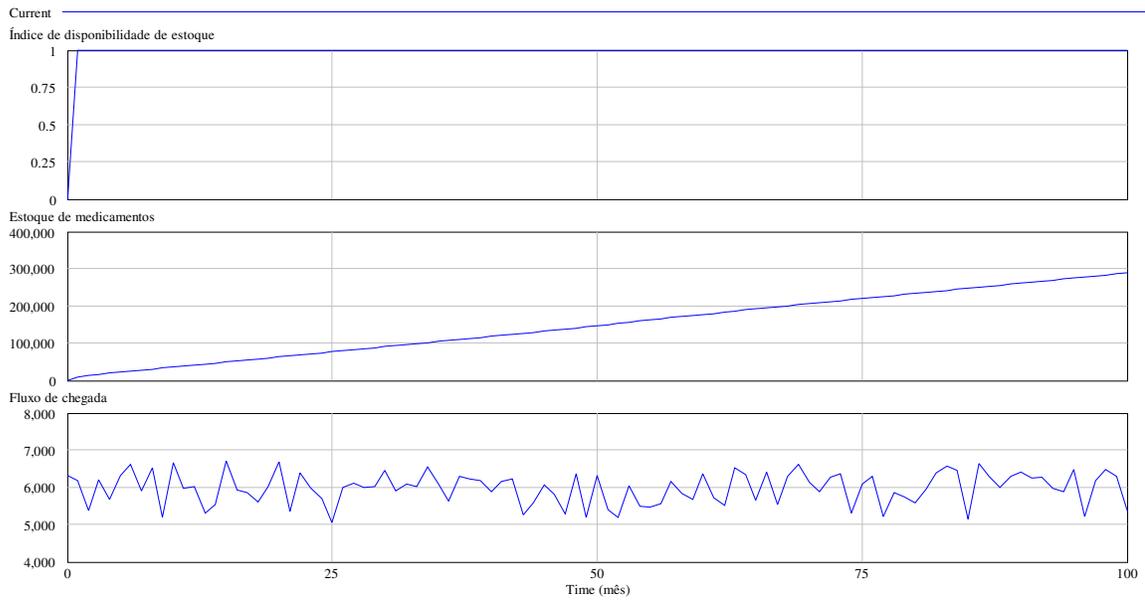
### Gráfico 1.3: Fluxo de atendimento



### Gráfico 1.4: Custos de atendimento



## Cenário 2: Gráfico 2.1: Estoque de medicamentos



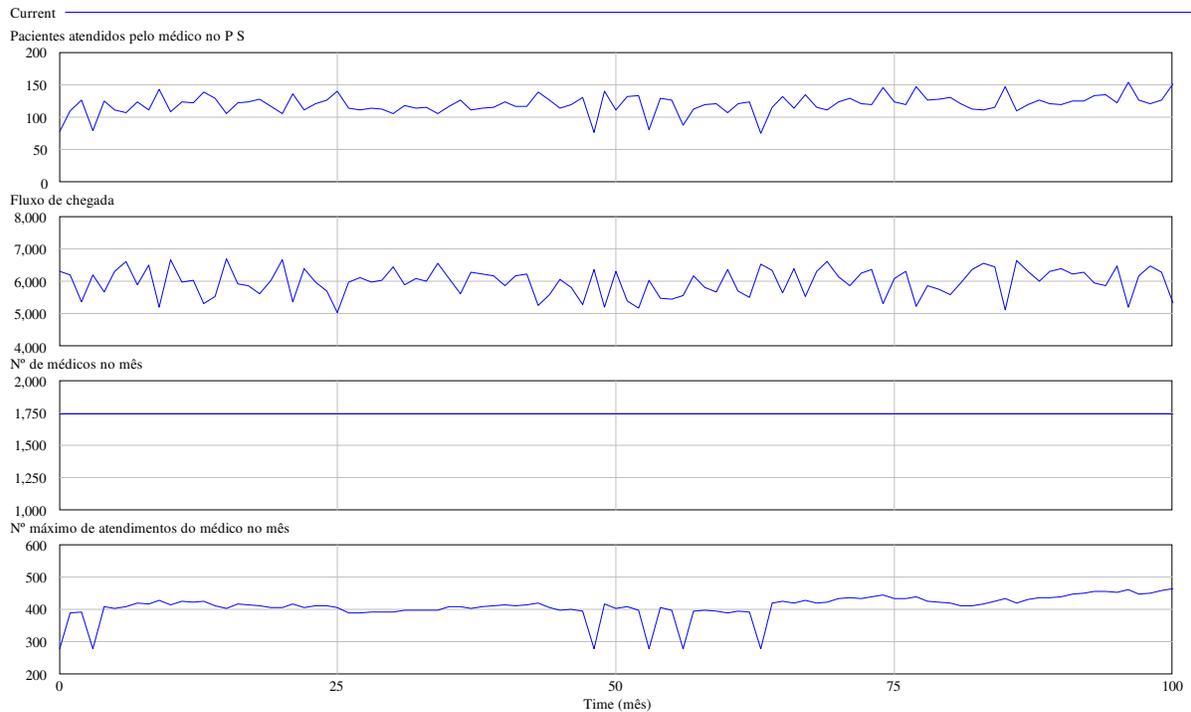
Medicamento por paciente

Current: 1

Unidade de tempo

Current: 1

## Gráfico 2.2: Médicos



Médico por paciente

Current: 1

Gráfico 2.3: Fluxo de atendimento

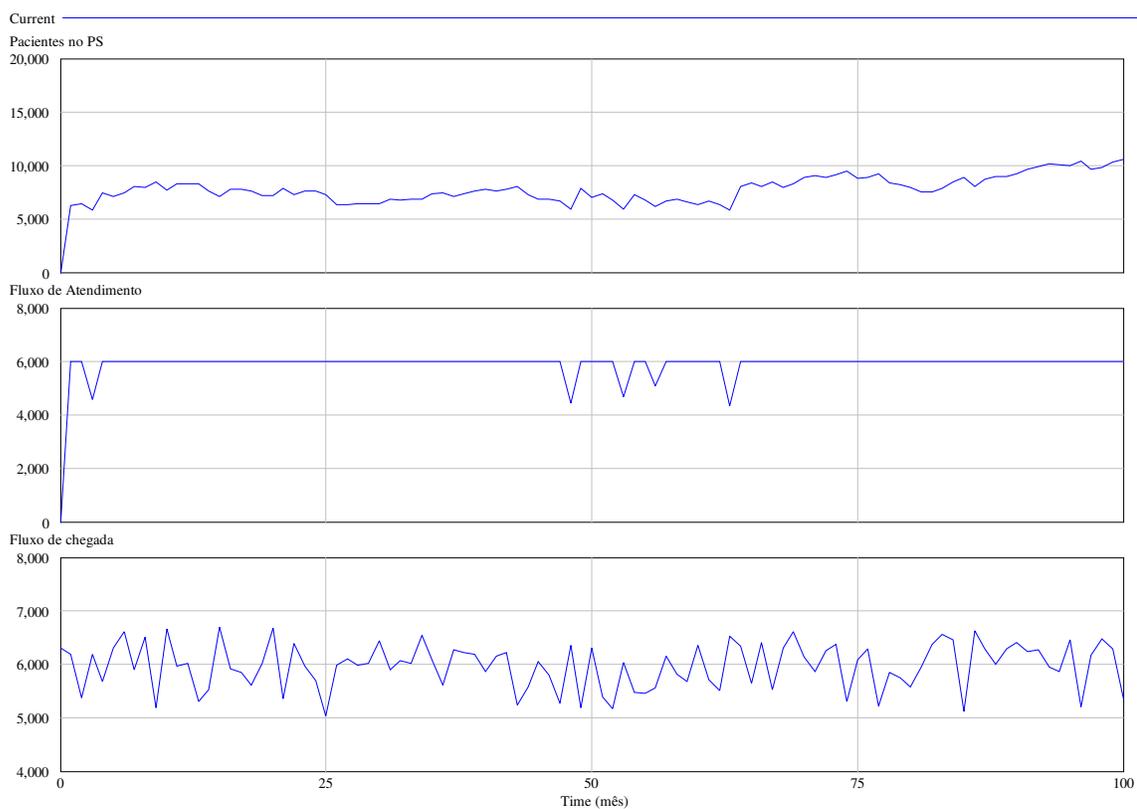
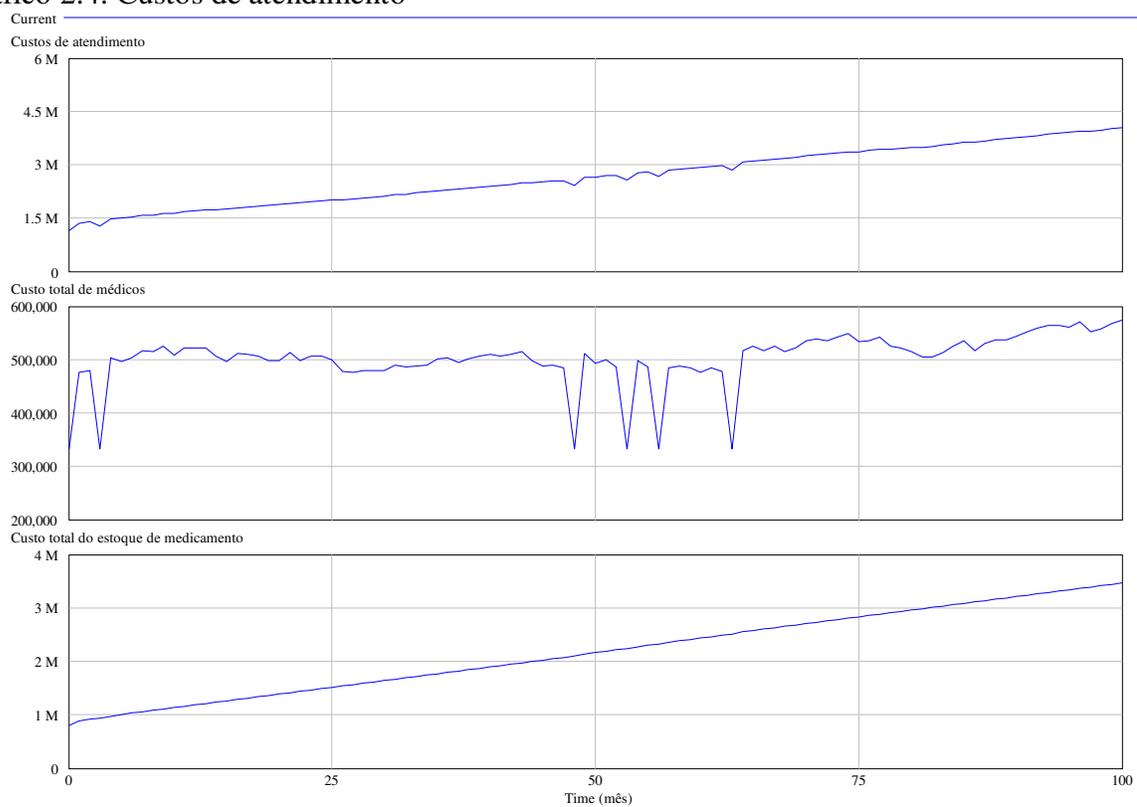
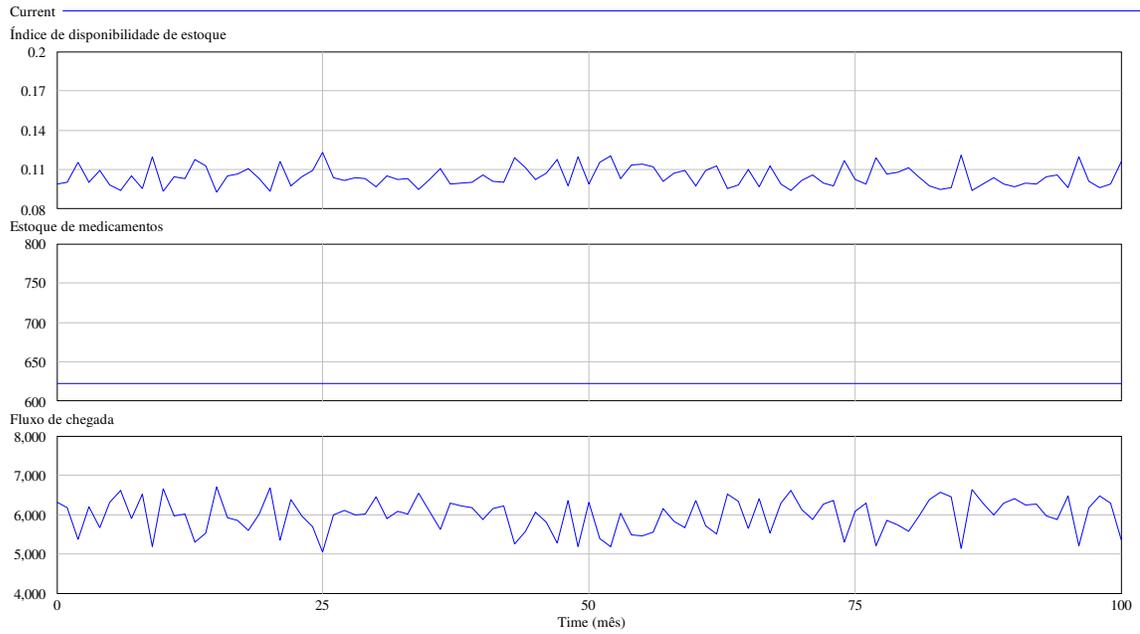


Gráfico 2.4: Custos de atendimento



### Cenário 3: Gráfico 3.1: Estoque de medicamentos



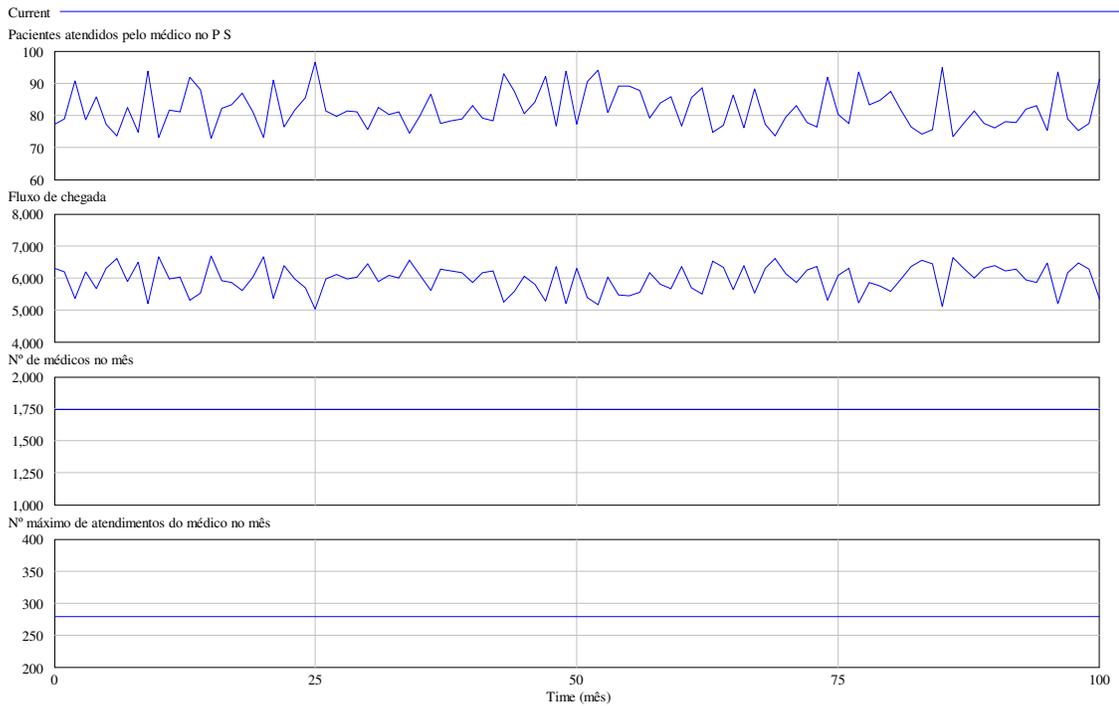
Medicamento por paciente

Current: 1

Unidade de tempo

Current: 1

### Gráfico 3.2: Médicos



Médico por paciente

Current: 1

Gráfico 3.3: Fluxo de atendimento

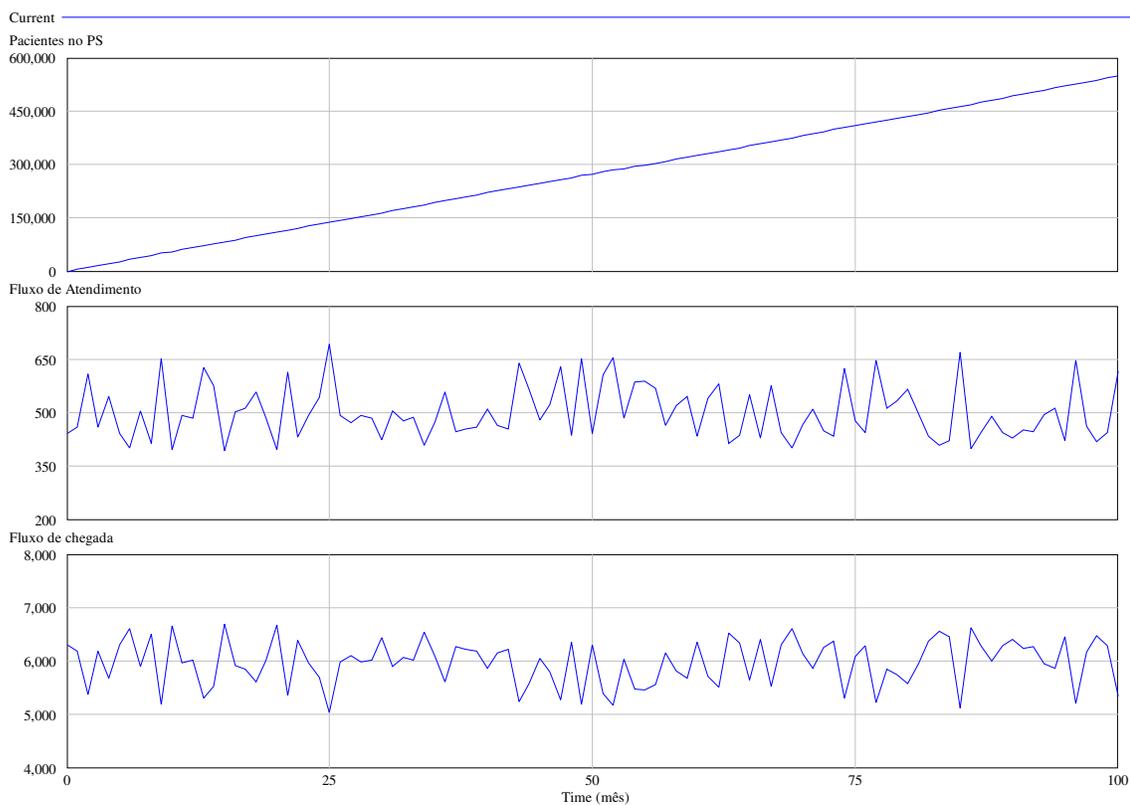
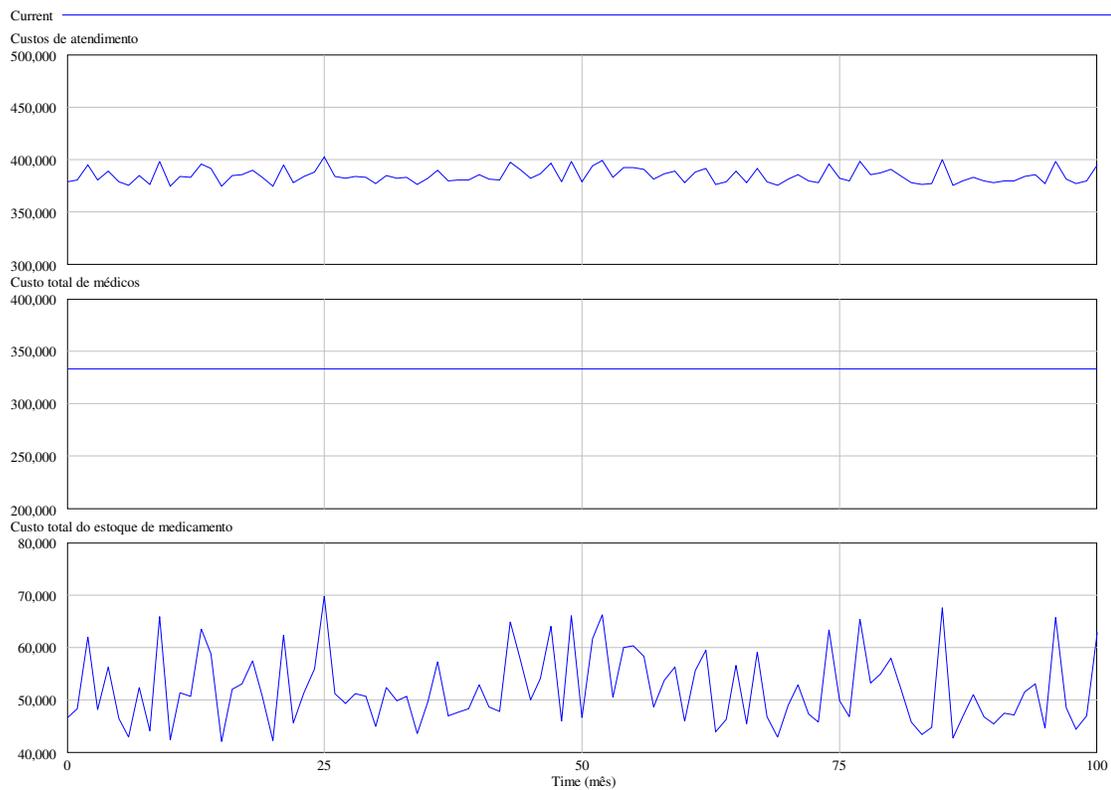
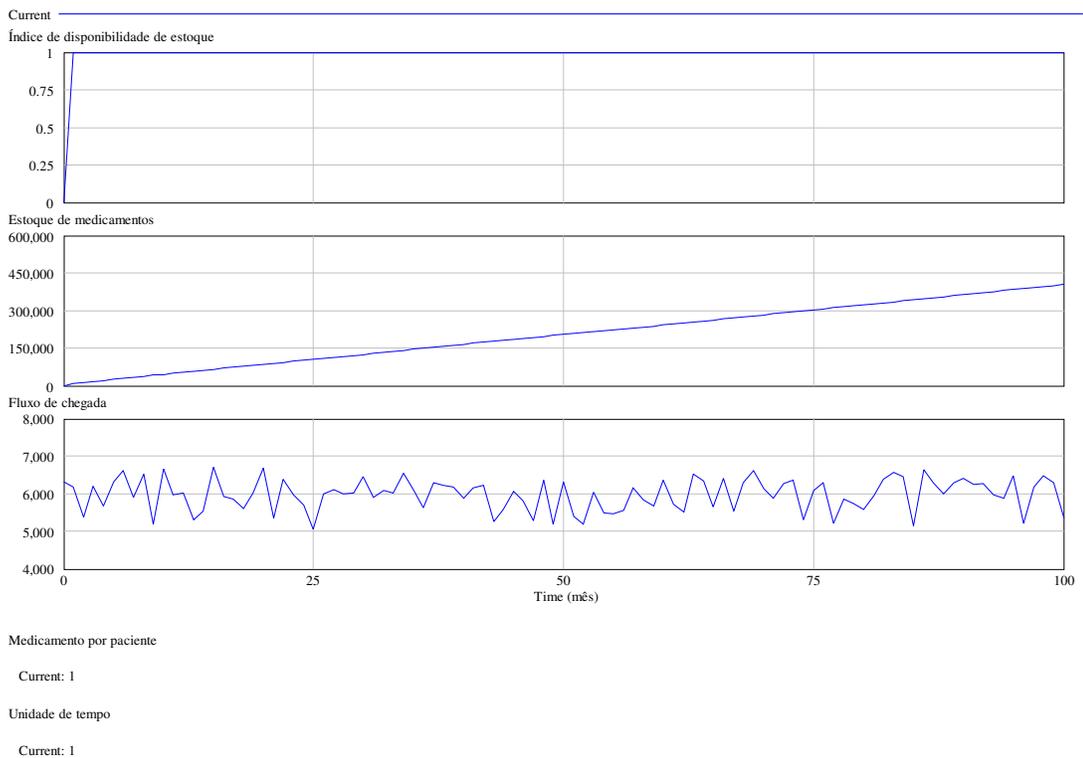


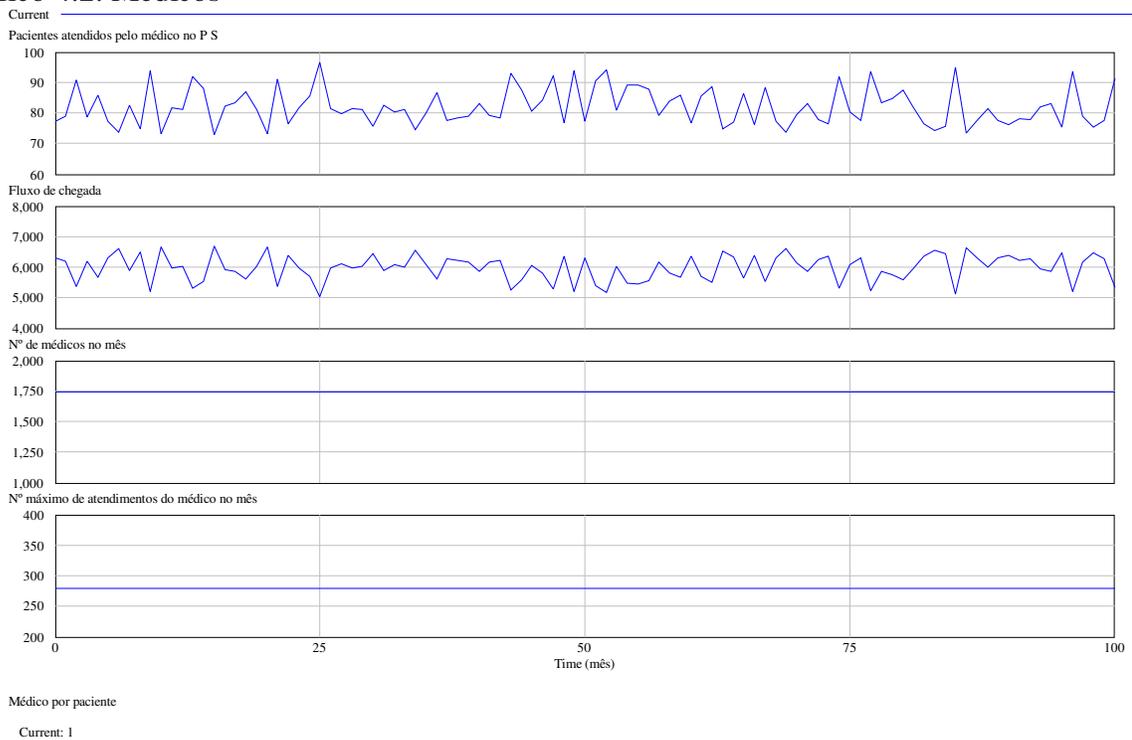
Gráfico 3.4: Custos de atendimento



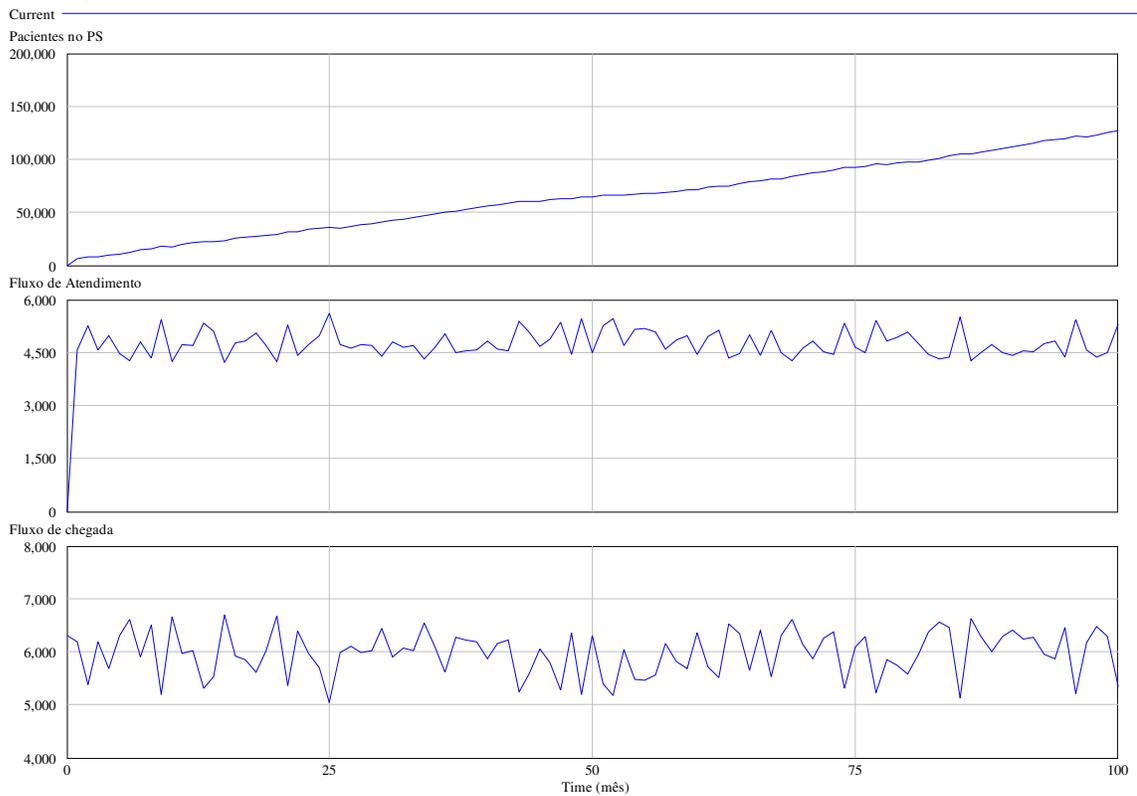
## Cenário 4: Gráfico 4.1: Estoque de medicamentos



## Gráfico 4.2: Médicos



### Gráfico 4.3: Fluxo de atendimento



### Gráfico 4.4: Custos de atendimento

