

**MARCEL PEREIRA**

**ANÁLISE DA MELHORIA DE ATENDIMENTO AOS PACIENTES  
DE COLETA DE EXAMES NO LABORATÓRIO CENTRAL DO  
HOSPITAL DAS CLÍNICAS ATRAVÉS DA SIMULAÇÃO DE  
SISTEMAS**

Trabalho de Formatura apresentado à  
Escola Politécnica da Universidade  
de São Paulo para a obtenção do  
Diploma de Engenheiro de Produção

**São Paulo**  
**2005**

**MARCEL PEREIRA**

**ANÁLISE DA MELHORIA DE ATENDIMENTO AOS PACIENTES  
DE COLETA DE EXAMES NO LABORATÓRIO CENTRAL DO  
HOSPITAL DAS CLÍNICAS ATRAVÉS DA SIMULAÇÃO DE  
SISTEMAS**

Trabalho de Formatura apresentado à  
Escola Politécnica da Universidade  
de São Paulo para a obtenção do  
Diploma de Engenheiro de Produção

Orientador:  
Prof. Dr. Marco Aurélio de Mesquita

**São Paulo**

**2005**

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

**Pereira, Marcel**

***Análise da melhoria de atendimento aos pacientes de coleta de exames no Laboratório Central do Hospital das Clínicas através da simulação de sistemas / M. Pereira. -- São Paulo, 2005.***

**p. 82**

**Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.**

**1.Simulação de sistemas 2.Hosp itais públicos 3.Laboratórios I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II.t.**

Aos meus parentes e amigos

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, e a todos que estiveram comigo e contribuíram para a minha formação profissional, em particular:

Ao meu orientador, Prof. Mesquita, por todas recomendações e atenção dedicada durante este ano;

Aos meus pais (Sandra e Jairo) pelo carinho, atenção, lição de vida e pelo sonho realizado;

À minha irmã (Renata), meus avôs, minha avó, minhas tias (em especial minha tia Simone), meus tios, meus primos, pelo grande carinho e companheirismo;

Aos meus amigos da Engenharia da Produção e da Poli, pelo incentivo e pela prazerosa convivência;

Ao Prof. Marcelo Burattini e a Enfermeira Suzimara, funcionários do HC, pelo apoio necessário ao desenvolvimento deste trabalho;

À minha namorada (Jaqueline) pelo apoio e compreensão durante esse ano;

A todos meus amigos, que sempre me acompanharam.

## **RESUMO**

Este trabalho de formatura tem como objetivo a construção de um modelo de simulação que auxilie o Laboratório Central do Hospital das Clínicas de São Paulo a promover uma reestruturação em seu processo de atendimento aos pacientes que necessitem de seus serviços. Tal reestruturação é necessária em função dos picos de demanda constatados em determinados momentos do período de atendimento, gerando um tempo elevado de permanência dos pacientes no laboratório.

Através do modelo a Diretoria do Laboratório Central pôde observar o comportamento do fluxo de pacientes para diferentes configurações operacionais atestando a melhoria de atendimento através da redução do tempo de permanência dos pacientes no laboratório.

## ABSTRACT

This graduation's work has the objective to create a simulation model that helps the Central Laboratory of *Hospital das Clínicas de São Paulo* to promote reorganization in their service process to patients that need their services. That reorganization is necessary because of the demand's peaks in determined times during the service delivery process, creating a long queuing time for the patients inside the laboratory.

By using this model the Central Laboratory's management could observe the patient's flow in different types of services, certifying the improvement of them through the reduction of the average waiting time in the queue.

# SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1 A Organização .....	2
1.2 Setor analisado .....	2
1.3 Formulação do problema.....	6
1.4 Estrutura do trabalho .....	7
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	8
2.1 Pesquisa operacional.....	9
2.2 Teoria das filas .....	9
2.3 Simulação .....	12
2.4 Etapas do projeto de simulação.....	16
2.4.1 Planejamento do estudo .....	18
2.4.2 Definição do sistema .....	22
2.4.3 Construção do modelo .....	23
2.4.4 Experimentação .....	24
2.4.5 Análise das saídas.....	24
2.4.6 Informação de resultados .....	25
2.5 Aplicações da simulação .....	25
2.6 Simulação em Sistemas Hospitalares.....	27
3. RECONFIGURAÇÃO DO SISTEMA DE ATENDIMENTO.....	30
3.1 Layout.....	31
3.2 Processos .....	36
4. MODELAGEM DO NOVO SISTEMA DE ATENDIMENTO .....	38
4.1 Definição do estudo.....	39
4.2 Construção do Modelo .....	40
4.2.1 Escolha do software de Simulação.....	40
4.2.2 Modelagem.....	43



4.3 Coleta de dados .....	47
4.4 Validação.....	61
5. SIMULAÇÃO.....	62
5.1 Determinação e análise dos cenários.....	63
5.2 Informação dos resultados.....	76
6. CONCLUSÃO .....	78
BIBLIOGRAFIA.....	80

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Arranjo para processo de atendimento com servidores em paralelo .....	11
Figura 2.2 - Arranjo para processo de atendimento com servidores em série .....	12
Figura 2.3 - Primeiro paradigma entre a flexibilidade e facilidade de uso .....	14
Figura 2.4 - Paradigma atual entre flexibilidade e facilidade de uso .....	15
Figura 2.5 - Passos para condução de um projeto de simulação e sua natureza interativa .....	17
Figura 2.6 – Confinando a abrangência para áreas de impacto .....	20
Figura 2.7 – Efeito do nível de detalhe no tempo de desenvolvimento de um modelo ...	21
Figura 3.1 – Relação entre volume-variedade de um processo e o tipo de arranjo físico	32
Figura 3.2 – arranjo físico celular proposto para o LC .....	34
Figura 3.3 – Novo layout do LC .....	35
Figura 3.4 – Novo processo para pacientes de coleta de exames.....	36
Figura 3.5 – Novo processo para pacientes de entrega de coletas domiciliares.....	37
Figura 4.1 – Fluxograma de funcionamento básico do modelo .....	44
Figura 4.2 – Perfil horário de chegada de pacientes .....	45
Figura 4.3 – Imagem do modelo desenvolvido no MedModel .....	47
Figura 4.4 – Histograma do número de pacientes adultos que requeiram exames normais por dia .....	50
Figura 4.5 – Histograma do número de pacientes adultos que requeiram exames especiais por dia .....	51
Figura 4.6 – Histograma do número de pacientes infantis que requeiram exames normais por dia .....	52
Figura 4.7– Histograma do número de pacientes infantis que requeiram exames especiais por dia .....	53
Figura 4.8– Histograma do número de pacientes que efetuam entrega de coletas domiciliares por dia .....	54
Figura 4.9– Histograma do tempo de cadastramento .....	56
Figura 4.10 Histograma do tempo de coleta de exames normais em pacientes adultos ..	57
Figura 4.11 Histograma do tempo de coleta de exames especiais em pacientes adultos ..	58

Figura 4.12– Histograma do tempo de coleta de exames normais em pacientes infantis	59
Figura 4.13– Histograma do tempo de coleta de exames especiais em pacientes infantis	60
Figura 5.1 – Quantidade de pacientes adultos em espera e efetuando coleta de exame normal ao longo da simulação (Cenário 1)	66
Figura 5.2 – Quantidade de “fichas de coleta” aguardando liberação (Cenário 1)	67
Figura 5.3 – Quantidade de “fichas de coleta” aguardando liberação (Cenário 2)	70
Figura 5.4 – Quantidade de pacientes em espera (Cenário 2)	71
Figura 5.6 – Quantidade de pacientes em espera (Cenário 4)	76

## LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 – Variáveis necessárias e unidades.....	48
Tabela 4.2 – Dados necessários e unidades.....	49
Tabela 4.3 –Número de chegadas diária de pacientes adultos para exames normais .....	50
Tabela 4.4 – Número de chegadas diária de pacientes adultos para exames especiais ....	51
Tabela 4.5 – Número de chegadas diária de pacientes infantis para exames normais.....	52
Tabela 4.6 – Número de chegadas diária de pacientes infantis para exames especiais ...	53
Tabela 4.7 – Número de chegadas diária de pacientes para entrega de coletas domiciliares .....	54
Tabela 4.8 – Tempo de cadastramento .....	55
Tabela 4.9 – Tempo para liberação da ficha coleta .....	56
Tabela 4.10 – Tempo de coleta de exames normais em pacientes adultos .....	57
Tabela 4.11 – Tempo de coleta de exames especiais em pacientes adultos.....	58
Tabela 4.12 – Tempo de coleta de exames normais em pacientes infantis .....	59
Tabela 4.13 - Tempo de coleta de exames especiais em pacientes infantis.....	60
Tabela 5.1 – Parâmetros do Cenário 1 .....	64
Tabela 5.2 – Saída do modelo para o Cenário 1 .....	65
Tabela 5.3 - Parametrização do Cenário 2 .....	68
Tabela 5.4 - Dados de saída do modelo para o Cenário 2 .....	69
Tabela 5.5 – Parametrização do Cenário 3.....	72
Tabela 5.6 - Dados de saída do modelo para o Cenário 3 .....	73
Tabela 5.7 – Parametrização do Cenário 4.....	75
Tabela 5.8 - Dados de saída do modelo para o Cenário 4.....	75
Tabela 5.9 – Principais resultados da simulação.....	77

# 1. INTRODUÇÃO

## **1.1 A Organização**

O Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HC), inaugurado em 19 de abril de 1944, constitui uma autarquia estadual vinculada à Secretaria de Estado da Saúde para fins de coordenação administrativa e associada à Faculdade de Medicina da USP (FMUSP) para ensino, pesquisa e prestação de ações e serviços de saúde de alta complexidade destinados à comunidade.

São órgãos da administração superior do HC o Conselho Deliberativo, a Superintendência e a Diretoria Clínica

O Conselho Deliberativo é composto por Professores Titulares da Faculdade de Medicina. Cabe ao Conselho definir as diretrizes básicas das atividades médico-hospitalares, de pesquisa, e de cooperação com os cursos da FMUSP.

A Superintendência é o órgão superior de direção executiva que coordena e controla as atividades de administração do HC. O superintendente é nomeado pelo Governador do Estado.

A Diretoria Clínica tem a atribuição de coordenar as atividades médicas e apoiar as de ensino e de pesquisa científica nas unidades hospitalares.

O Complexo HC ocupa uma área total de 352 mil metros quadrados com cerca de 2.200 leitos distribuídos entre os seus seis institutos especializados, dois hospitais auxiliares, uma divisão de reabilitação e um hospital associado. Fazem parte do complexo HC o Prédio da Administração, Instituto Central, Instituto do Coração (INCOR), Instituto de Ortopedia e Traumatologia, Instituto de Psiquiatria e Instituto de Radiologia, além de outras unidades externas, como o Hospital Auxiliar de Suzano e o Hospital Estadual Sapopemba.

Este trabalho, foi feito no Laboratório Central (LC), que serve o complexo do HC. Este setor e sua importância serão descritos a seguir.

## **1.2 Setor analisado**

O Laboratório Central do HC busca fornecer a mais alta qualidade no atendimento ao paciente, empregando para isto uma equipe de trabalho qualificada, com

tecnologia de ponta, tornando-se deste modo um centro de referência em medicina laboratorial na assistência aos pacientes, na pesquisa e educação médicas. Os principais valores presentes para atingir tais objetivos são o foco no cliente, a melhoria contínua da qualidade, o desenvolvimento profissional, a responsabilidade, o respeito mútuo, o incentivo ao trabalho em grupos e o estímulo à educação e à pesquisa.

Por ser um setor de apoio às várias unidades do HC, o Laboratório Central recebe diariamente um número elevado de pacientes a procura de seus serviços gratuitos e de alta qualidade. Atualmente, cerca de 2.500 pessoas são atendidas por dia no LC, sendo que 60% destes, aproximadamente 1.400 pacientes, tem a coleta de seus exames feita no próprio laboratório, enquanto que os 40% restantes os fazem nos ambulatórios do complexo devido a problemas de locomoção. Em decorrência da elevada procura, verifica-se a ocorrência de grandes filas de pacientes esperando pelo atendimento, principalmente no horário de abertura do laboratório, uma vez que muitos deles chegam no local antes mesmo do horário de início de atendimento. Durante o restante do dia, observa-se uma diminuição na frequência de chegadas de pacientes, fazendo com que a fila diminua com o passar do tempo.

As principais atividades desenvolvidas no LC são:

- Assistência: A Divisão de Laboratório Central responde pela execução dos exames laboratoriais do Complexo HC, SUS externo, convênios e particulares, oferecendo mais de 600 tipos diferentes de exames. Como foi dito anteriormente, são atendidos aproximadamente 2.500 pacientes por dia, realizando anualmente perto de cinco milhões de exames. A certificação ISO 9002 obtida em 1997 e a re-certificação ISO 9001:2000 obtida em 2002, atestam a qualidade dos exames realizados pelo laboratório.
- Ensino: A residência médica em Patologia Clínica/Medicina Laboratorial na Divisão de Laboratório Central é considerada um dos melhores programas de formação profissional nesta especialidade da América Latina, oferecendo anualmente seis vagas, sob a supervisão do Departamento de Patologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. Anualmente, um grande número de estagiários médicos e não médicos participam dos vários programas

de reciclagem e aprimoramento visando desenvolver os conhecimentos adquiridos no curso de graduação ou especialização numa área específica.

- Pesquisa: A Divisão do Laboratório Central participa ativamente dos inúmeros protocolos de pesquisa nacionais e internacionais desenvolvidos no Complexo HC, com resultados reconhecidos como de elevado padrão, comparáveis aos de laboratórios internacionais.

O horário de atendimento ao público do LC estende-se das 7:30h às 13:30h. Eventualmente, caso não seja possível atender todos os pacientes, há um prolongamento no tempo de atendimento. Normalmente este prolongamento ocorre às segundas-feiras devido a maior procura dos pacientes constatadas nestes dias.

A procura elevada pelos serviços aliada a atual disposição física das instalações do LC tem causado um fluxo confuso de pacientes nas áreas internas do laboratório, principalmente no horário de início de atendimento, período em que há grande concentração de demanda. Todos os pacientes que são encaminhados para coleta de exames passam por uma triagem, onde recebem uma senha de acordo com sua prioridade de atendimento e são encaminhados a uma sala de espera. Nesta sala, os pacientes aguardam o chamado de sua senha para fazerem o cadastro no balcão de cadastramento. Após o cadastramento, os pacientes devem retornar a sala de espera anterior, onde desta vez aguardam a preparação e liberação de sua “ficha de coleta” (que consiste na impressão das etiquetas dos exames requeridos pelo paciente) e, posteriormente, o chamado pelo nome por um funcionário do laboratório que os encaminham até a área de coleta do exame requerido.

Em decorrência dos processos citados acima, a área de espera abriga pacientes aguardando por processos distintos e com rotas diferenciadas causando falta de espaço, pouco controle da situação de cada paciente (quem está aguardando pelo cadastramento e quem está aguardando pelo chamado para a coleta) e confusão devido a movimentação dos mesmos.

Ao chegarem na área de coleta, os pacientes aguardam novamente em uma segunda sala de espera (existem cinco salas como esta, cada uma com capacidade para aproximadamente dez pacientes) até que sejam chamados a um dos “boxes” de coleta



(atualmente existem trinta e nove boxes para coleta de exames de punção venosa, dois boxes para coleta de exames ditos “especiais” e dois boxes para coleta de exames infantis, sendo um para coleta de punção venosa e outro para exames “especiais”).

Após a coleta dos exames os pacientes são liberados e deixam o LC enquanto que o material coletado é encaminhado para a área de PDA (Processamento e distribuição de amostras) onde são feitos os exames e posteriormente encaminhado às clínicas requisitantes.

Através de um projeto piloto implantado em seis clínicas, o HC está finalizando uma análise de desempenho de um sistema de informação integrado que viabiliza o agendamento de horário para coleta de exames dos pacientes, buscando minimizar os tempos de espera e os problemas causados pela concentração de demanda nos períodos de abertura. No entanto, a grande maioria dos pacientes, provenientes das outras trinta e duas clínicas, ainda comparece para coleta dos exames antes mesmo do início de funcionamento do laboratório.

Este sistema de informação permite que as clínicas piloto verifiquem a disponibilidade do laboratório e indiquem ao paciente o dia e o horário em que este deve colher seus exames. Por estar em fase experimental, esse sistema permite somente o controle do número de pacientes que foram agendados para um determinado horário do dia, não tornando disponíveis as informações pessoais dos mesmos. Com isso, o paciente recebe na clínica, juntamente com o seu pedido de exame, um registro do agendamento que deverá ser entregue no balcão de cadastramento do LC no dia em que for efetuar a coleta.

Para efetuar o agendamento, as clínicas utilizam o tempo de jejum como critério de decisão. Os pacientes que requeiram mais de oito horas de jejum têm prioridade para serem agendados nos períodos iniciais de atendimento enquanto que os que necessitarem de tempos de jejum inferiores têm seus horários agendados da metade para o final deste período, ou seja, a partir das 10:30h. Com essa medida, o LC visa tornar menos desgastante para o paciente o período de jejum, fazendo com que os que possuam tempos elevados os cumpram durante a noite, sendo atendidos primeiramente.

Apesar deste sistema de informação utilizado pelas seis clínicas piloto ainda possuir algumas limitações, o mesmo permite uma melhor distribuição da demanda ao

longo do dia e, conseqüentemente, maior facilidade no atendimento e comodidade dos pacientes. Assim, pretende-se num primeiro momento implantá-lo nas outras 32 clínicas que utilizam os serviços do LC. Posteriormente, o sistema poderá ser aperfeiçoado para, além de fornecer o número de pacientes agendados para um dado horário, fornecer as informações pessoais do paciente, reduzindo, ou até mesmo eliminando o tempo gasto no cadastramento do mesmo na chegada ao laboratório.

Através de informações coletadas pelo LC junto às clínicas pilotos, tem-se que em torno de 65% dos pacientes que possuem seus horários agendados para coleta comparecem no dia e horário determinados. Acredita-se que esta proporção deva continuar ocorrendo quando todas as clínicas estiverem utilizando o sistema. Os pacientes que comparecerem fora de seus horários são atendidos de acordo com a disponibilidade.

### **1.3 Formulação do problema**

O motivador principal para a realização deste estudo é a melhoria do atendimento aos pacientes que necessitam dos serviços fornecidos pelo Laboratório Central do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da USP.

Atualmente, embora os pacientes que procuram o LC para coleta de seus exames sejam separados de acordo com uma prioridade de atendimento, todos ocupam as mesmas áreas de espera e de coleta de exames, gerando um fluxo confuso de pacientes nas áreas internas ao laboratório. Uma maneira de organizar este fluxo de pacientes, e consecutivamente facilitar os processos internos, é uma mudança no *layout* atual visando separar os pacientes em grupos menores, distinguindo tanto as salas de espera como as áreas de coleta.

Como foi dito anteriormente, os pacientes esperam muito tempo em fila para serem atendidos devido à elevada demanda nas primeiras horas de atendimento, que gera uma fila que só é esvaziada totalmente por volta das 13:30h.

A solução proposta pelo HC para redução do tempo de espera é a mudança da atual forma de atendimento para um sistema de agendamento de horário para coleta dos exames em conjunto com uma reestruturação do *layout* do LC. O agendamento será feito pelas clínicas através de um sistema de informação (em implantação pelo HC), que

integrará as informações do LC às trinta e oito clínicas que utilizam seus serviços. Com este novo sistema de atendimento espera-se tornar o processo de atendimento do LC melhor distribuído e, com isso, reduzir o tempo médio de permanência do paciente no laboratório, melhorando o nível de atendimento aos usuários.

**Este projeto visa o desenvolvimento de um modelo de simulação que auxilie o LC a promover a reestruturação desejada, tornando possível o dimensionamento das novas áreas através da identificação de possíveis gargalos operacionais gerados pelo novo fluxo de pacientes e a verificação da melhoria da qualidade de atendimento do LC com a redução do tempo médio de espera.**

## **1.4 Estrutura do trabalho**

No Capítulo 1, foi apresentada a Organização onde este trabalho foi realizado, assim como o setor específico estudado e os problemas nele encontrados. Com o intuito de auxiliar a solução destes problemas, foi definido o objetivo deste trabalho.

No Capítulo 2, foi realizada uma revisão bibliográfica dos tópicos mais relevantes para a solução dos problemas identificados, servindo de embasamento teórico para o desenvolvimento das propostas apresentadas nos capítulos seguintes.

No Capítulo 3, foi feita uma descrição do novo sistema de atendimento do LC.

O Capítulo 4, destina-se a apresentação do projeto de simulação. Neste capítulo também serão analisados os dados coletados e o processo de modelagem.

O modelo desenvolvido no Capítulo 4 foi submetido a testes com diferentes cenários, sendo apresentada uma análise crítica dos resultados no Capítulo 5.

Por fim, o Capítulo 6 traz as considerações finais do trabalho, apresentando uma síntese do que foi desenvolvido e os principais resultados obtidos.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

## 2.1 Pesquisa operacional

A Pesquisa Operacional (PO) surgiu durante a Segunda Guerra Mundial, resultado de estudos realizados por equipes interdisciplinares de cientistas contratados para resolver problemas militares de ordem estratégica e tática (DA SILVA *et. al.*, 1995).

A PO baseia-se na aplicação de método científico para tomada de decisões. Em linhas gerais, consiste na descrição de um sistema organizado com o auxílio de um modelo, e através da experimentação com o modelo, na descoberta da melhor maneira de operar o sistema. Destacam-se duas grandes áreas: programação matemática (otimização) e modelos probabilísticos.

A programação matemática inclui técnicas como programação linear, análise de redes, programação dinâmica, teoria dos jogos, programação não-linear e programação inteira.

Os modelos probabilísticos podem ser divididos em: cadeias de Markov, teoria das filas, teoria de estoques, programação determinística/probabilística e simulação. Estas são técnicas que permitem avaliar o comportamento dos sistemas na presença de efeitos aleatórios.

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi feita uma revisão dos conceitos de filas e simulação, apresentados na disciplina PRO2412.

## 2.2 Teoria das filas

As filas de espera, assim como os estoque, estão presentes em todos os lugares. No nosso dia a dia, certamente as encontramos em lugares como num banco, num supermercado, num sinal de trânsito, etc. Semelhantes a estas situações são as chegadas de pessoas que requerem serviços e os atrasos conseqüentes quando o prestador de serviço está ocupado. Assim sendo, o dimensionamento dos recursos em uma central de atendimento e um bom atendimento ao cliente, tornam-se fatores importantes que ajudam a garantir a produtividade e a qualidade daquilo que a empresa se presta a fazer. Por essas razões existe um crescente interesse em estudar as filas e seus impactos nos sistemas.

A teoria das filas visa a elaboração e solução de modelos matemáticos que representam os processos de fila, com a finalidade de obter estimativas para os parâmetros do processo, tais como tempo médio de espera, tempo médio de permanência no sistema, número médio de elementos no sistema e na fila, entre outras características possíveis de serem analisadas.

A seguir, serão apresentados alguns termos freqüentemente utilizados nos problemas envolvendo teoria das filas (WINSTON, 2004).

### **Processo de chegada**

A caracterização do processo de chegada é dada pela distribuição de probabilidade no tempo entre chegadas sucessivas e pelo número de indivíduos em cada chegada (normalmente, ocorre a chegada de um paciente por vez).

Normalmente a população da fonte da qual são consideradas as chegadas é considerada ilimitada, ou seja, a taxa de chegada não depende do número de clientes no sistema, como por exemplo a chegada de carros no guichê de um pedágio. Mas em outras situações é mais apropriado o uso de populações finitas, como, por exemplo, os computadores de um escritório que são encaminhados para o setor de manutenção.

### **Disciplina da fila**

A disciplina da fila descreve a ordem pela qual os clientes que chegam no sistema são atendidos. A ordem que se observa com mais freqüência é a de que o primeiro a chegar é o primeiro a ser atendido ou *first come, first service* (FCFS). Abaixo estão descritas as disciplinas observadas com maior freqüência nos problemas de fila no setor de serviços:

- *First come, first service* (FCFS): O primeiro a chegar será o primeiro a ser atendido. São comuns em bancos, supermercados, etc...
- *Priority queuing disciplines*: disciplinas regidas por um sistema de prioridade. Como exemplo, podemos citar os idosos, deficientes e gestantes que possuem prioridade de atendimento em relação aos demais clientes de um banco.

Mas se pensarmos em outras situações de filas, tanto relacionadas a manufatura quanto a serviços, percebemos que existem várias outras disciplinas, dentre elas podemos citar:

- *Last come, first service* (LCFS): o último a chegar será o primeiro a ser atendido.
- *Served in random order* (SIRO): atendimento aleatório dos elementos da fila.
- *Shortest process time* (SPT): o que tiver o menor tempo de processo é atendido primeiro.
- *Earliest due date* (EDD): o que tiver a data de entrega mais próxima é o primeiro a ser atendido.

### Processo de atendimento

Da mesma forma que o processo de chegada, o processo de atendimento é caracterizado por uma distribuição probabilística que rege este mecanismo. Considere um banco onde os caixas estão atendendo os clientes, o tempo de atendimento depende das necessidades do cliente. Normalmente, em modelos de filas, não se considera a influência do número de pessoas esperando em fila no tempo de atendimento.

Abaixo, são citados três tipos de arranjos para processo de atendimento:

- Servidores em paralelo: utilizado quando todos os servidores oferecem o mesmo serviço e o cliente necessita passar em somente um deles para completar seu atendimento.

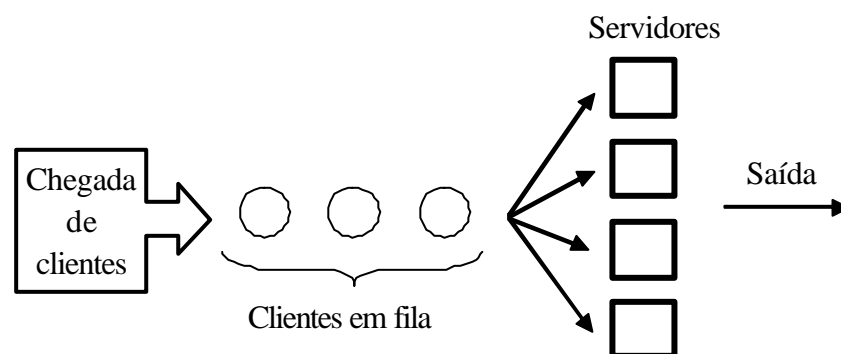


Figura 2.1 - Arranjo para processo de atendimento com servidores em paralelo





- sem destruí-lo, caso o objetivo do experimento seja determinar seus limites

De acordo com Bateman (1997, p. 8), “simular é fazer parecer real aquilo que não é, ou seja, reproduzir, da forma mais aproximada da realidade, certos aspectos de um sistema ou processo”

Entende-se como simulação computacional o conjunto formado pelo processo de construção de um modelo e a execução de experimentos com o uso de ferramentas computacionais. Estes experimentos permitem a realização de inferências sobre o sistema com as vantagens de não alterá-lo, não construí-lo ou não destruí-lo (dependendo de cada caso analisado). Assim, pode-se definir a simulação de sistemas como sendo “a técnica de resolução de problemas através do desempenho, no tempo, de um modelo dinâmico do sistema” (GORDON, 1978, p. 12). Neste sentido, constrói-se um modelo e testam-se alternativas de funcionamento do sistema através de um procedimento de tentativa-e-erro. Testam-se as alternativas, analisam-se os resultados da simulação e então se procura avaliar questões do tipo “o que aconteceria se” (análise de sensibilidade), objetivando melhorar o desempenho do sistema.

Devido à abordagem tentativa-e-erro, muitas pessoas não acreditam em simulação por ela não garantir soluções matematicamente ótimas. Entretanto, gerar uma solução ótima via programação matemática pode exigir muitas simplificações. Uma solução ótima baseada em um modelo muito simplificado pode não ser ótima para o sistema real.

A exemplo de muitas técnicas e metodologias da PO, a simulação surgiu e se desenvolveu a partir das décadas de 50 e 60, em aplicações militares, na melhoria da logística durante guerras. No princípio, levavam-se meses para construir modelos de simulação, pois era necessário programar em linguagens computacionais pouco flexíveis. Conforme os computadores foram se tornando mais acessíveis, a simulação se desenvolveu, criando novos conceitos nos quais a modelagem é facilitada através de linguagens de programação mais avançadas e de pacotes de simulação prontos, que oferecem diversos recursos.

As linguagens de simulação são de natureza genérica, mas apresentam também características especiais para determinadas aplicações. Desta forma, oferecem grande flexibilidade para o analista modelar qualquer tipo de sistema, mas exigem

conhecimentos mais específicos e demandam mais tempo na construção de modelos complexos. Os simuladores, por sua vez, favorecem a modelagem de sistemas específicos de maneira mais rápida e econômica em termos de programação e a facilidade de uso. Suas aplicações se restringem a certos sistemas e pode-se atribuir a menor flexibilidade como desvantagem (LAW; KELTON, 1991).

A classificação acima se aplica ao início do ciclo de vida dos simuladores, o que originou um antigo paradigma que pode ser visto na Figura 2.3:

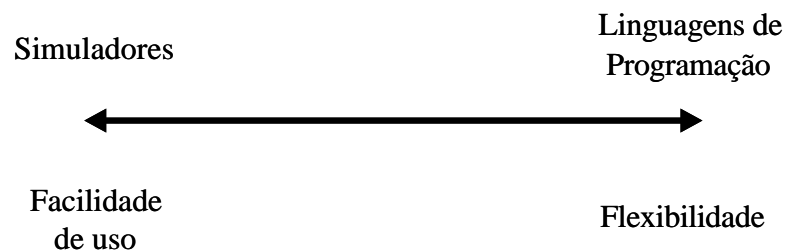


Figura 2.3 - Primeiro paradigma entre a flexibilidade e facilidade de uso

Fonte: Harrel; Ghosh; Bowden. (2000)

Atualmente, as distinções estabelecidas por este antigo paradigma se tornaram menos claras devido à combinação de linguagens de programação com elementos pré-preparados para facilitar a modelagem. As ferramentas de simulação mais modernas combinam elementos de modelagem pré-preparados e capacidade de programação bastante flexível. Nos dias de hoje, existe um novo paradigma segundo o qual a facilidade de uso e a flexibilidade são características independentes, conforme representado na Figura 2.4:

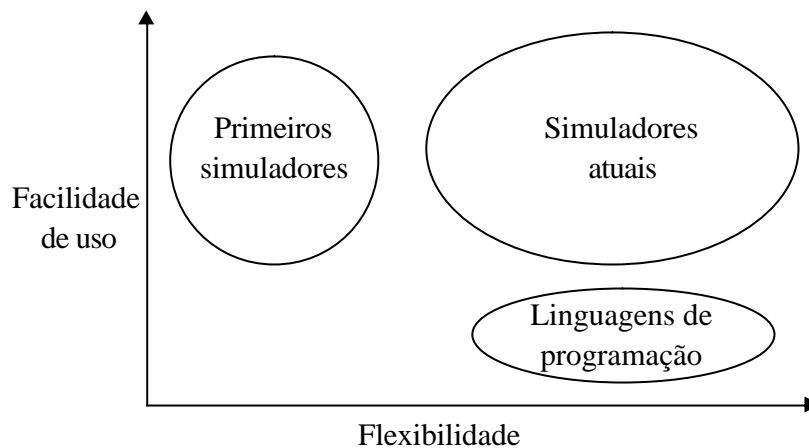


Figura 2.4 - Paradigma atual entre flexibilidade e facilidade de uso

Fonte: Harrel; Ghosh; Bowden. (2000)

### 2.3.1 Vantagens e desvantagens da simulação

Uma das vantagens da simulação é que sua aplicação é mais fácil, se comparada às demais técnicas de PO. Nos simuladores atuais, modelos são constituídos por elementos prontos, que recebem nomes como locais, entidades, recursos etc. Estes possuem atributos como velocidade, capacidade, tamanho etc. Isto facilita a modelagem na medida em que os objetos do sistema modelado têm representações bem próximas à realidade, fato que não ocorre em programação matemática (em que objetos e restrições são modelados apenas como variáveis, índices, equações etc.).

Através da modelagem de simulação, pode-se avaliar com antecedência, sem a necessidade de aplicação real, novos fluxos, processos, procedimentos operacionais, regras de decisão, *layouts*, equipamentos, recursos de transporte, capacidade de instalações etc. A detecção antecipada, ou seja, antes do investimento ser feito, de erros operacionais e “gargalos”, pode levar a economias muito grandes, considerando-se a perda produtiva que seria causada pelo rendimento abaixo do esperado.

Em relação aos modelos analíticos, pode-se citar como vantagem da simulação a potencialidade de se modelar elementos de natureza estocástica. Desta forma, procura-se compreender o comportamento do sistema em todos os seus estados possíveis, assim evitando erros causados pelo uso de médias. Também é importante compreender que a

simulação não é resolvida, como em processos analíticos, e sim executada, possibilitando o estudo do comportamento do sistema em diversos cenários criados através da alteração de parâmetros do modelo, cabendo ao analista a escolha da melhor opção.

O custo da aplicação da simulação pode ser, em determinados casos, considerado como uma desvantagem. Além de exigir pessoas treinadas para sua execução, a simulação exige investimentos representativos, por ser uma tecnologia de desenvolvimento recente (pelo menos no que diz respeito à difusão dos pacotes de simulação mais modernos entre universidades e empresas). Outro aspecto importante é que alguns modelos podem ser específicos e difíceis de serem adaptados para outros casos. Assim, na maioria dos casos, é mais fácil construir um modelo completo ao invés de adaptar um modelo já existente à outra situação parecida.

O fato de que a simulação é um método que não determina a solução ótima, é citado por alguns autores como uma desvantagem. Pode-se argumentar, em contrapartida, que a simulação pode ser combinada com métodos de otimização. Este conceito pode ser encontrado em alguns pacotes de simulação atuais que, através de algoritmos genéticos, executam automaticamente um grande número de testes.

Outro fator importante a ser considerado é a análise estatística dos resultados da simulação. Estes podem não refletir exatamente os dados desejados e podem ser de difícil entendimento e interpretação. Por esse motivo, é necessário que se concentre um esforço na modelagem e no processamento posterior dos dados para que estes sejam direcionados a responder as perguntas motivadoras da simulação.

Segundo Schriber (1991), a maioria das desvantagens está sendo minimizada graças à evolução da tecnologia computacional. Atualmente, os softwares de simulação incorporam diversos recursos e ferramentas que auxiliam o processo de construção e análise dos dados.

## **2.4 Etapas do projeto de simulação**

A realização de um estudo por simulação é, por sua natureza, um projeto. Desta forma, existem etapas a serem cumpridas e recursos que são necessários para cumpri-las. Muitas falhas resultam de se proceder diretamente à modelagem e simulação, sem

primeiro deter-se para considerar os passos envolvidos e desenvolver um plano de procedimento.

A modelagem para uma simulação requer habilidades analíticas, organizacionais, de engenharia e comunicação. Deve-se conhecer o sistema que está sendo modelado e deve-se estar apto a escolher as complexas relações de causa e efeito que determinam o desempenho do sistema. Um conhecimento básico de estatística é necessário para se elaborar experimentos e corretamente analisar e interpretar os dados de entrada e saída. A comunicação com os profissionais da área e demais pessoas envolvidas durante todo o processo é essencial, garantindo que todos entendam o objetivo, as considerações e resultados do estudo.

Em um projeto de simulação, decisões sobre a condução do estudo devem ser tomadas. Não há regras precisas sobre como conduzir um estudo de simulação. No entanto, os passos apresentados na Figura 2.5 são geralmente recomendados como linha guia:

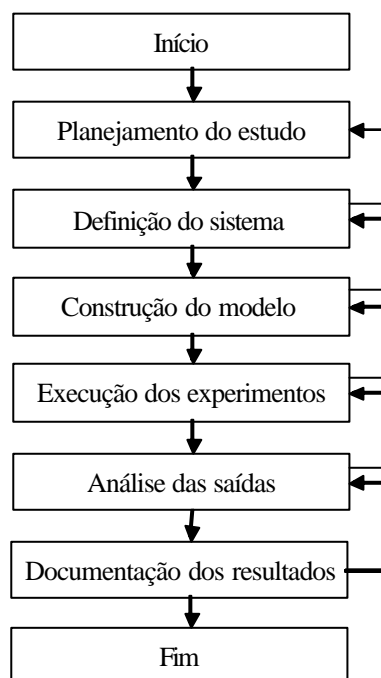


Figura 2.5 - Passos para condução de um projeto de simulação e sua natureza interativa

Fonte ProModel User's Guide. (2002)

Conforme pode ser observado na figura acima, o processo de simulação é interativo e cada atividade é definida e algumas vezes redefinida com a interação.

### **2.4.1 Planejamento do estudo**

O planejamento de um estudo de simulação envolve as seguintes sub-tarefas, destacadas a seguir:

- Definição dos objetivos
- Identificação das restrições
- Preparação das especificações da Simulação

#### *Definição dos objetivos*

Após um entendimento básico do sistema e consciência de seus pontos de interesse, um ou mais objetivos devem ser definidos para o estudo. A simulação só deve ser feita se um objetivo pode ser claramente determinado e se a simulação for a ferramenta ideal para atingir este objetivo. Definir um objetivo não significa necessariamente que há um problema conhecido para ser resolvido; um objetivo perfeitamente válido pode ser verificado se há no sistema um problema que ainda não foi visualizado.

Para compreender os objetivos de uma simulação, deve-se considerar tanto o propósito quanto a intenção de seu uso. As questões a seguir podem ajudar neste processo:

- Por que se está usando simulação?
- Quem usará o modelo?
- Para quem os resultados da simulação serão apresentados?
- Quais as informações que serão esperadas do modelo?
- Este é um modelo descartável?
- Qual é a importância da decisão a ser tomada?

### Identificação das restrições

Tão importante quanto definir os objetivos é determinar as restrições sob as quais o estudo deve ser conduzido. Não se pode permitir que a simulação resolva o problema e o tempo do estudo ultrapasse o limite para a aplicação da solução, ou que o custo de se achar a solução exceda o benefício conseguido. Os objetivos devem ser limitados pelas restrições do projeto tais como orçamento, prazos, disponibilidade de recursos, etc.

Na identificação das restrições, tudo que tiver um efeito limitante em relação ao cumprimento dos objetivos deve ser considerado. Considera-se:

- Qual é o orçamento para o estudo?
- Qual é o prazo para se realizar o estudo?
- Os dados de entrada são acessíveis? Em que grau?
- Qual é o equipamento que será utilizado?

### Preparação das especificações da Simulação

Com os objetivos claramente definidos e conhecidas as restrições, as exigências da simulação podem ser determinadas. Definir as especificações da simulação é fundamental para se estimar o tempo e custo que serão necessários para completar o estudo. As especificações também ajudam a guiar o estudo e a deixar bem claro para todos exatamente o que a simulação incluirá ou excluirá. Os aspectos do projeto de simulação que devem estar na especificação incluem os seguintes pontos:

- Abrangência
- Nível de detalhes
- Precisão
- Experimentos
- Resultados

### *Abrangência*

A abrangência se refere aos limites do sistema ou a quanto o sistema irá englobar. Para se determinar a abrangência do projeto, deve-se ater a relação ou impacto que uma atividade em particular tem, no sentido de atingir os objetivos da simulação.

Na Figura 2.6, vê-se como na abrangência do modelo devem estar confinadas aquelas atividades, cujas interações têm efeito direto no processo estudado. As atividades anteriores e posteriores, que não causam impacto direto no sistema, devem ser ignoradas.

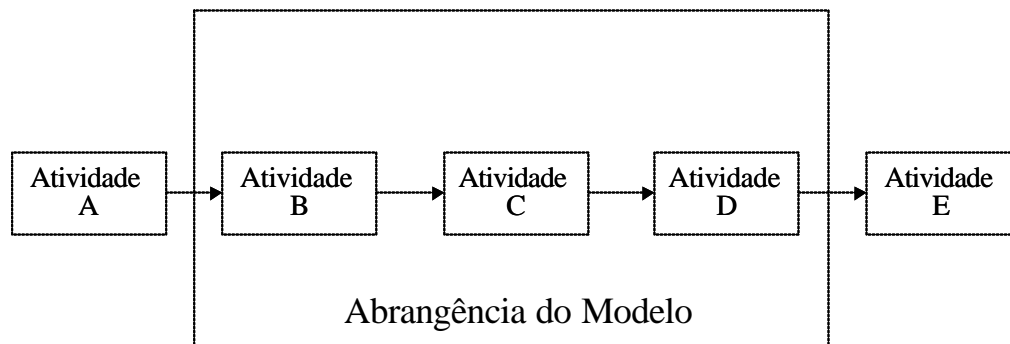


Figura 2.6 – Confinando a abrangência para áreas de impacto

Fonte: HARREL; GHOSH; BOWDEN. (2000)

#### *Nível de detalhes*

O nível de detalhes define a profundidade ou resolução do modelo. Em um extremo, uma fábrica inteira pode ser modelada como uma “caixa preta” com um tempo de atividade aleatório. Em um outro extremo, cada movimento detalhado de uma máquina pode ser modelado com uma correspondência um a um retratando toda a operação da máquina.

Diferentemente do escopo, que afeta somente o tamanho do modelo, o nível de detalhe afeta a complexidade tanto quanto o tamanho. Determinar o nível apropriado de detalhes é uma decisão importante. Muitos detalhes tornam difícil e demorada a construção de um modelo válido; por outro lado, poucos detalhes podem tornar o modelo muito irreal pela exclusão de variáveis críticas. A Figura 2.7 ilustra como o tempo de desenvolvimento do modelo é afetado pelo nível de detalhes. Também evidencia a importância de se incluir somente o nível de detalhes suficiente para atingir os objetivos do estudo.



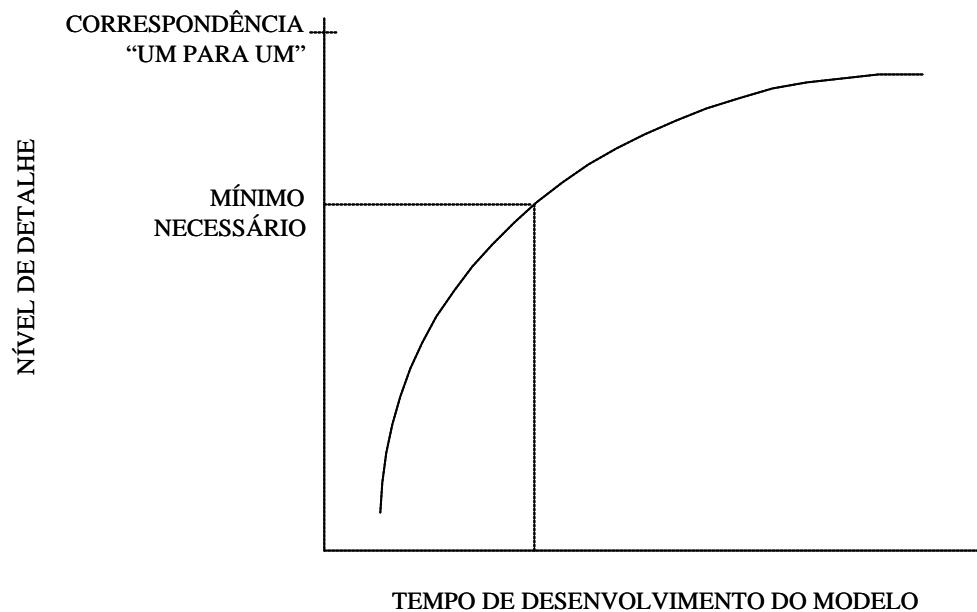


Figura 2.7 – Efeito do nível de detalhe no tempo de desenvolvimento de um modelo

Fonte: HARREL; GHOSH; BOWDEN. (2000)

### *Precisão*

O grau de precisão diz respeito à correção dos dados usados. Para alguns modelos ou certas atividades, a informação não precisa ser acurada ou exata; em contrapartida, a informação precisa ser exata para outras. O grau necessário de precisão é determinado pelos objetivos do estudo. A acuracidade pode algumas vezes ser sacrificada se as informações não estão disponíveis como, por exemplo, quando se modela um sistema totalmente novo.

### *Tipos de experimentos*

A quantidade ou natureza das alternativas de soluções a serem testadas deve ser planejada desde o início, de forma a assegurar que o tempo adequado está sendo alocado. Frequentemente, esta decisão é influenciada pelo limite de prazo imposto. Quando as alternativas a serem calculadas diferem muito pouco, um “modelo base” pode ser construído de forma a requerer somente pequenas modificações para modelar cada alternativa. Se as configurações das alternativas são significantemente diferentes, pode-se

ter que fazer o mesmo esforço para realizar os vários modelos quanto para desenvolver um modelo básico inicial.

#### *Forma dos resultados*

A forma em que os resultados serão apresentados pode afetar significativamente o tempo e o esforço envolvidos no estudo de simulação. Se animação detalhada ou relatórios extensivos são esperados, o projeto pode se estender por muito tempo antes da fase experimental poder ser completada. Muitas vezes, o único resultado requerido é verificar se um sistema é capaz de atingir um determinado patamar de produção. Nestes casos, a resposta esperada pode estar na forma de relatórios simples contendo o total produzido em determinado período ou a produtividade média.

### **2.4.2 Definição do sistema**

Com objetivos claramente definidos e um plano de estudo bem organizado, o sistema em questão pode começar a ser simulado em detalhe. Isto pode ser visualizado como o desenvolvimento de um modelo conceitual sobre o qual o modelo de simulação será baseado. O processo de reunião dos dados do sistema pode ser dominado pela pilha de dados sem correlação, que tem que ser investigadas. Os dados raramente estão na forma exata que melhor pode representar o funcionamento do sistema. Muitos dos esforços pela procura de dados utilizáveis acabam com a coleta de informações inúteis à simulação.

A reunião de dados nunca deve ser feita sem um propósito. Ao invés de se procurar por todos os lados, a busca deve ser orientada ao objetivo, com foco sobre dados e informações que ajudam a atingir as metas do estudo.

Para ajudar o processo de levantamento de dados para a definição do sistema, os passos seguintes são recomendados:

- Determinar as necessidades em termos de dados;
- Usar as fontes apropriadas;
- Fazer suposições quando necessário;
- Converter os dados para uma forma útil;

- Documentar e aprovar (validar) os dados.

### 2.4.3 Construção do modelo

Compiladas as informações necessárias para a operação básica do sistema, a atividade de construção do modelo pode ser iniciada. Enquanto iniciar a construção do modelo muito cedo pode ser uma atividade desperdiçada, esperar até que todas as informações sejam completamente levantadas pode provocar um atraso desnecessário. Iniciar a construção do modelo antes que todas as informações sejam colhidas ajuda a identificar informações necessárias ainda não vistas.

Uma boa característica da simulação é que os modelos não precisam conter todos os detalhes finais antes de serem executados. Isto permite um refinamento progressivo no qual detalhes são incluídos por estágios, ao invés de todos ao mesmo tempo. O método de refinamento progressivo, além de facilitar a construção do modelo, torna mais fácil a correção de defeitos.

#### *Validação*

Durante todo o processo de construção do modelo, o modelador deve estar constantemente atento à fidelidade com que o modelo reflete as definições do sistema. Este processo é denominado validação. Ter um modelo válido significa que, por todos os aspectos externos, o mesmo parece ser uma acurada representação do sistema real. Deste ponto de vista, validar um modelo é o processo de confirmar que o modelo, em seu domínio de aplicabilidade, é suficientemente acurado para a aplicação pretendida.

Não há nenhum teste simples para estabelecer a validade do modelo. A validação é um processo indutivo no qual extraem-se conclusões sobre a acurácia do modelo baseada nas evidências disponíveis. O levantamento das evidências para determinar a validade do modelo é freqüentemente determinado pelo exame da estrutura do modelo (por exemplo, os algoritmos e os relacionamentos) para ver se ela corresponde às definições do sistema real. Para modelos com lógicas complexas de controle, a animação gráfica é uma boa ferramenta para a validação. Finalmente, as saídas (“*outputs*”) devem ser analisadas para ver se os resultados são coerentes. Se as

circunstâncias permitirem, o modelo pode ser comparado com o sistema atual e pode-se verificar a correspondência. Se estes procedimentos são executados sem que se encontre uma discrepância entre o sistema real e o modelo, é dito que o modelo está validado.

#### **2.4.4 Experimentação**

O quarto passo em um estudo de simulação é conduzir experimentos com o modelo. Em um experimento de simulação, existem variáveis de entrada independentes que podem ser manipuladas. Os efeitos destas manipulações sobre as variáveis dependentes ou de resposta são medidos e correlacionados.

Esta é uma das fases mais interessantes de um projeto de simulação: durante a experimentação, estimula-se a criatividade e as sugestões baseadas em conhecimento e experiências pessoais. Não existem restrições orçamentárias ou de viabilidade sobre os experimentos a serem conduzidos, desde que estes estejam previstos no escopo do projeto. Pode-se, por exemplo, contratar um grande número de empregados ou adquirir uma gama de máquinas mais rápidas e eficientes sem se preocupar com reações dentro da instituição.

#### **2.4.5 Análise das saídas**

A análise das saídas da simulação lida com a extração de conclusões sobre o sistema através das respostas da simulação. O mais valioso benefício da simulação é obter um resultado qualitativo, uma tendência e não necessariamente achar respostas absolutas. Com isto em mente, deve-se evitar o imediatismo em relação às saídas da simulação. Com mais de 60 anos de experiência em se fazer simulações, Conway, Maxwell e Worona apud ProModel User's Guide (2002) enfatizam uma leitura prática e intuitiva dos resultados da simulação.

A meta de se conduzir experimentos não é saber se um sistema se comporta bem, mas adquirir conhecimento suficiente para melhorá-lo. Infelizmente, as saídas do sistema raramente identificam a causa do problema. Na maioria das vezes, elas reportam apenas o comportamento sintomático dos mesmos. Atividades gargalo, por exemplo, são

normalmente identificadas pela observação de filas que estão quase sempre cheias. Detectar a fonte do gargalo é um pouco mais trabalhoso do que identificar o próprio gargalo. Os gargalos podem ser causados por tempos excessivos de operações, esperas prolongadas devido à indisponibilidade de recursos ou uma quantidade expressiva de paradas. A habilidade de extrair conclusões corretas dos resultados é essencial para fazer melhorias no sistema.

#### **2.4.6 Informação de resultados**

O último passo de um projeto de simulação é fazer recomendações para melhorias no sistema atual baseadas nos resultados do modelo. Estas recomendações devem ser bem apresentadas e embasadas de forma a permitir que se tomem decisões. Afinal, a simulação é uma ferramenta de apoio à tomada de decisões.

### **2.5 Aplicações da simulação**

As principais áreas de aplicação da simulação são a manufatura, logística e serviços.

#### **Manufatura**

De acordo com Bateman (1997), quando os simuladores foram desenvolvidos com uma simplicidade da construção do modelo, a aplicação na manufatura era um foco natural. Isto se deve ao fato de que muitos conceitos produtivos encontram aplicação em uma ampla variedade de processos, assim simuladores relativamente poucos sofisticados com poucas construções básicas poderiam acomodar razoavelmente uma ampla gama de aplicações industriais. Esta particularidade fez com que a simulação se tornasse bastante popular nas últimas décadas como ferramenta de apoio à tomada de decisão na área de manufatura (THESEN; TRAVIS, 1990)

Law e Kelton (1991) apresentam algumas outras razões para o aumento do uso da simulação nesta área:

- Aumento da competição entre as indústrias, que resultou em um aumento na ênfase em automação para melhorias de produtividade, qualidade e redução de custos. Dada a complexidade de sistemas automatizados, o uso da simulação é recomendável para análise destes sistemas.

- Redução dos custos de computação através do desenvolvimento de *hardware* e de *software*.

- desenvolvimento de ambientes de simulação mais simples, possibilitando a construção de modelos de simulação em tempo reduzido.

- desenvolvimento de animação resultando em maior facilidade de comunicação e uso da simulação.

Segundo Law e Kelton (1991), o maior benefício do uso da simulação em ambientes de manufatura é permitir que o analista obtenha uma visão sistêmica do efeito de alterações locais no sistema.

Como exemplos de aplicação da simulação na área de manufatura, podemos citar (LAW; KELTON, 1991):

- Análise de capacidade (dimensionamento)
- Comparação entre alternativas
- Redução dos custos de estoque em processo
- Aumento da utilização de máquinas e recursos humanos
- Compreensão do comportamento do sistema de produção
- Determinação do número e tipo de máquinas para um objetivo particular
- Localização e tamanho de estoques pulmão
- Avaliação de mudanças no volume e *mix* de produtos
- Avaliação do impacto de aquisição de novas máquinas
- *Scheduling* da produção

### Logística

O crescimento da simulação tem ocorrido em paralelo ao reconhecimento da importância da logística fora dos setores militares. Muitas das atividades hoje consideradas integrantes da logística podem ser encontradas tanto na manufatura quanto no setor de serviços. Uma vez que na logística, muitos dos aspectos relacionados à

movimentação nas operações estão envolvidos com tempos, mudanças de locais e evento probabilísticos, isto faz com que a modelagem dinâmica tenha grande importância no seu processo de análise (BATEMAN, 1997).

Bateman (1997) enumera algumas aplicações de simulação na área de logística:

- Armazenagem e distribuição de materiais
- Processamento de pedidos, através de JIT ou outros métodos de redução de tempo de espera
- Programação de manutenções preventivas

### Serviços

A simulação aplicada ao setor de serviço pode diferir quanto ao seu objetivo principal dependendo da área analisada. As principais aplicações neste setor, referem-se à área da saúde e de atendimento em *call center* e bancos.

Segundo os autores Jun, Jacobson e Swisher (1999), as principais aplicações da simulação na área de saúde são divididas em duas grandes áreas:

- Análise de fluxo de pacientes
- Alocação de recursos (equipamentos e funcionários)

Já para a área de atendimento em *call center* e bancos, a simulação tem grande utilidade no auxílio ao dimensionamento do quadro de funcionários para que um determinado nível de serviço seja atingido. A simulação permite a obtenção de resultados bastante satisfatórios em análise deste tipo pois considera a aleatoriedade da demanda por estes serviços.

## **2.6 Simulação em Sistemas Hospitalares**

Atualmente, sistemas de simulação utilizados em hospitais geralmente adotam os mesmos conceitos que podem ser encontrados na simulação de sistemas de manufatura. Modelos de simulação que representam processos organizacionais que consistem em um arranjo de locações, como alas ou salas de tratamento, nos quais entidades representam pacientes que são tratados de acordo com seu plano de terapia .

Processos e recursos são modelados por componentes orientados a eventos discretos os quais são integrados em um *layout* gráfico que descreve a estrutura do modelo. Posteriormente cada componente pode ser adaptado para uma situação real inserindo-se parâmetros adequados ao modelo. Em um hospital, a equipe médica e os médicos são modelados como recursos passivos, que precisam estar presentes para que possam ser prestados os serviços médicos aos pacientes (AUSTIN; BOXERMAN, 1995).

Em uma analogia com peças em um sistema de manufatura, pacientes são geralmente modelados como simples componentes móveis. Eles são equipados com planos de tratamento padronizados, os quais descrevem a sequência de departamentos médicos que o paciente deve visitar no decorrer do tempo. Na maioria dos sistemas esses planos de tratamento são fixos, de forma que não haja possibilidade para adaptação dinâmica para as várias progressões da terapia.

O maior problema com os sistemas de simulação utilizados em administração hospitalar é o fato de que o comportamento humano, que tem forte influência nos processos organizacionais de hospitais, não é suficientemente considerado nos modelos de simulação. A equipe e os médicos tomam diversas decisões baseados na situação, experiência individual e personalidade. Essas decisões mudam significativamente a capacidade dos processos serem modelados simplesmente por planos de tratamento estáticos. Além disso, características individuais dos pacientes representam um papel muito mais importante do que lhes pode ser atribuído de acordo com as atuais técnicas analíticas (AUSTIN; BOXERMAN, 1995).

Em contraste com o problema de planejamento de produção e controle, a possibilidade de prever e programar o desempenho em um hospital é muito menor, enquanto que a influência da decisão humana, de funcionários e dos pacientes, como os receptores dos diagnósticos e dos tratamentos terapêuticos, é muito maior. É necessário que um sistema de planejamento de programação e controle de eventos e de monitoração de pacientes considere as características especiais que são causadas pela incerteza do comportamento humano.

A seguir, é descrito um exemplo da aplicação de simulação no setor de serviços de saúde, buscando ilustrar a aplicação de técnicas de pesquisa operacional em um hospital.



### **Simulação no hospital de St. John**

Este exemplo foi retirado de material de estudo da *ProModel University*. Ele trata da necessidade de reengenharia do departamento de serviços cirúrgicos do Hospital St. John, em Detroit, Estados Unidos. Esse departamento possuía inicialmente quinze salas de operação (*operation room* - OR) principais, treze leitos em pré-operatório (*pre-operation hold* - POH), catorze leitos de tratamento pós-anestesia (*post-anesthesia care unit* - PACU) e cinco leitos reservas, localizados em um anexo, utilizados no caso de excesso de pacientes. Essa reengenharia deveu-se a:

- Um projeto de expansão e renovação para a adição de quatro OR, quatro camas na POH e quatro unidades PACU.
- A PACU teria que suportar um crescente número de pacientes com estadia prolongada devido a uma falta de leitos na sala de UTI.
- Abertura de novas vagas devido a criação de um ambulatório cirúrgico.
- Aumento de casos cirúrgicos para os cirurgiões que vão ocupar as vagas livres devido à abertura do ambulatório.

Como uma das restrições, os leitos do anexo precisam conter o mesmo tipo de pacientes a qualquer instante, tanto de POH quanto de PACU, ou seja, se há um paciente vindo de POH os outros também devem ser de POH, não havendo a possibilidade de receber pacientes de PACU até que o anexo esteja vazio. A taxa de chegada e o tempo de permanência dos pacientes em todas as áreas foram obtidos do banco de dados do hospital.

O departamento de engenharia administrativa conduziu um projeto para identificar áreas de potencial melhoria através da utilização de um modelo de simulação, que tinha como objetivo a determinação das taxas de utilização das POH e PACU, dadas as novas mudanças. Através das taxas de ocupação, a administração buscou dimensionar as novas áreas com o intuito de atender novas demandas.

## **3. RECONFIGURAÇÃO DO SISTEMA DE ATENDIMENTO**

Este capítulo tem como objetivo descrever o novo sistema de operação que será proposto para melhoria do atendimento às pessoas que necessitam dos serviços do LC. Primeiramente será feito um estudo para verificar se o novo arranjo físico proposto pelo HC é o mais coerente para o caso do laboratório e possibilitar um melhor entendimento dos novos processos que serão definidos posteriormente.

### 3.1 Layout

Visando melhorar o controle no fluxo de pacientes nas áreas internas ao LC, a Diretoria do HC propôs uma nova alternativa de *layout* para a área. A seguir, será feito um estudo com o intuito de sugerir melhorias ao *layout* proposto ou ratificá-lo como a melhor solução.

De acordo com Slack *et. al.* (1997), a importância do fluxo para uma operação dependerá de suas características de volume e variedade. Desta forma, quando o volume é baixo e a variedade é relativamente alta, o fluxo não é uma questão central. Por outro lado, com volumes maiores e variedade menor, o fluxo dos recursos transformados torna-se uma questão mais importante que deve ser tratada pela decisão referente ao arranjo físico.

Os arranjos físicos podem ser dos seguintes tipos (SLACK *et. al.*, 1997):

- *Arranjo Físico Posicional*: Os recursos transformados permanecem estáticos enquanto que os recursos transformadores movem-se em sua direção.
- *Arranjo Físico por Processo*: As necessidades e conveniências dos recursos transformadores que constituem o processo na operação dominam a decisão sobre o arranjo físico.
- *Arranjo Físico Celular*: Os recursos transformados, entrando na operação, são pré-selecionados (ou pré-selecionam-se a si próprios) para movimentar-se a uma parte específica da operação (ou célula) na qual todos os recursos transformadores necessários a atender suas necessidades imediatas de processamento se encontram.
- *Arranjo Físico por Produto*: Os recursos transformadores são alocados segundo a melhor conveniência do recurso que está sendo transformado. Cada

produto, elemento de informação ou cliente, segue um roteiro pré-definido no qual a sequência de atividades requeridas coincide com a sequência na qual os processos foram arranjados fisicamente.

A Figura 3.1 faz uma relação entre as características de volume e variedade do processo e o tipo de arranjo físico:

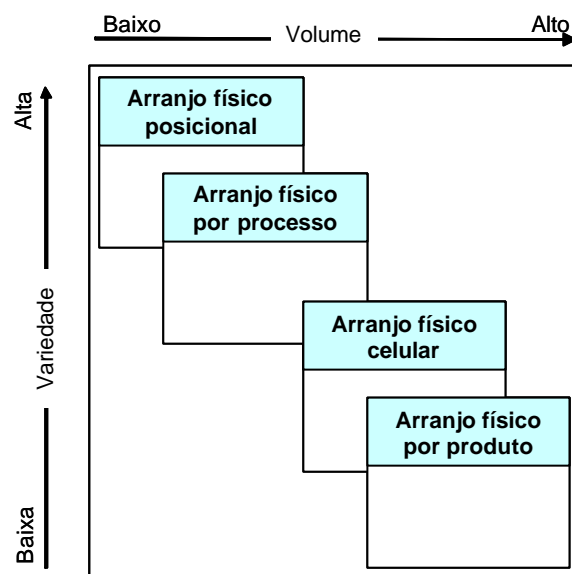


Figura 3.1 – Relação entre volume-variedade de um processo e o tipo de arranjo físico

Adaptado de SLACK *et. al.* (1997)

Considerando as particularidades do processo de coletas de exames no LC, nota-se que o mesmo apresenta um volume relativamente alto de pacientes que transitam pelas áreas internas ao laboratório. Como foi dito anteriormente, o LC atende diariamente cerca de 1400 pacientes durante um período de seis horas, o que gera um fluxo aproximado de 234 pacientes por hora.

Esses pacientes podem ser agrupados em quatro grupos de acordo com os exames por eles requeridos:

- *Pacientes de coletas normais*: são os pacientes que necessitam realizar somente a coleta de sangue (punção venosa).

- *Pacientes de coletas especiais*: são os pacientes que requerem exames citológicos, de secreções (vaginal, cervical, uretral, etc.), clamídia (uretral e endocervical) ou urocultura. Esses pacientes também podem requerer punção venosa.
- *Pacientes infantis*: são considerados os pacientes com idade inferior a onze anos. Esses pacientes podem requerer tanto punção venosa como alguma das coletas especiais.
- *Pacientes de entrega de coleta domiciliar*: são os pacientes que comparecem ao LC somente para a entrega de coletas domiciliares. Caso o paciente necessite de algum outro exame ele é inserido em um dos grupos acima relacionados.

Portanto, levando-se em conta o alto volume de pacientes atendidos diariamente no LC e sua variedade relativamente baixa, temos que o arranjo físico mais apropriado para este processo é o **arranjo físico celular**.

Para a implementação do arranjo físico celular, cada grupo de pacientes será atendido em uma célula, que conterá todos os recursos necessários para realização do atendimento. Portanto teremos uma célula para recepção/cadastramento dos pacientes (todos os pacientes que chegarem no LC passaram por ela e serão direcionados às células seguintes), uma para coleta de exames normais, uma para coleta de exames especiais, uma para pacientes infantis e outra para entrega de coletas domiciliares. Como a demanda pelos serviços é elevada (mesmo com o agendamento das coletas de exames, que a tornará mais uniforme), cada célula conterá sua área de espera particular.

É importante salientar que a alteração de *layout* será feita na área onde atualmente ocorrem os processos do LC, desta forma, as alterações deverão respeitar os espaços físicos disponíveis neste local. A partir da simulação do sistema, será possível dimensionar a quantidade de recursos e o tamanho exato de cada uma das células da nova configuração.

A Figura 3.2 apresentada a seguir, ilustra o novo *layout* proposto pelo HC (que tem previsão de ser implantado a partir de julho de 2006). Nele podemos verificar a configuração de arranjo físico celular, que, conforme foi constatada neste capítulo, é o

tipo de arranjo físico mais adequado para o LC. Com isso, pode-se ratificar a proposta de *layout* feita pela Diretoria do HC.

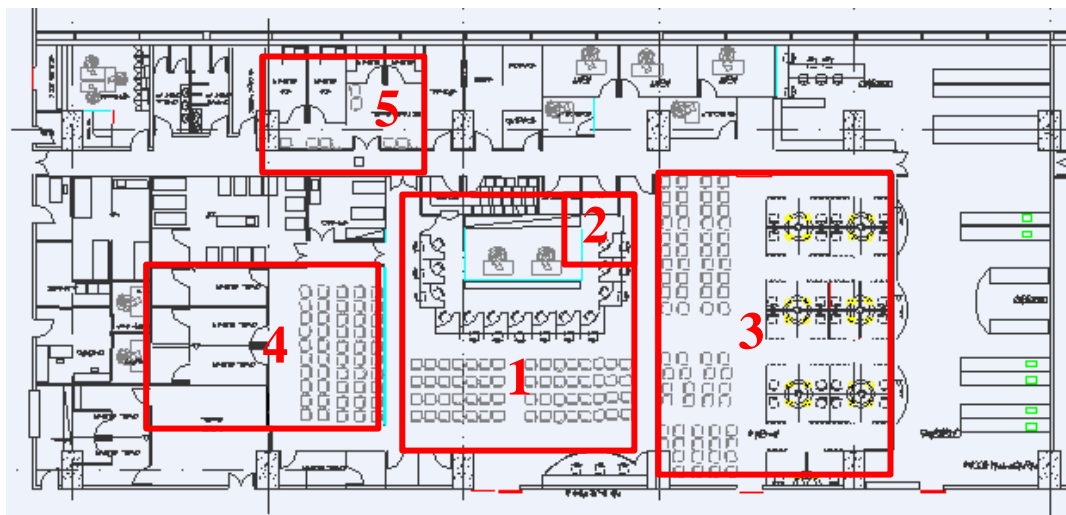


Figura 3.2 –arranjo físico celular proposto para o LC

Na Figura 3.2 podemos identificar as cinco células citadas:

- 1) Célula de recepção\cadastramento
- 2) Célula par entrega de coletas domiciliares
- 3) Célula para coleta de exames normais
- 4) Célula para coleta de exames especiais
- 5) Célula para coleta de exames infantis

Uma vez definido o número de células e a função específica de cada uma, segue abaixo as instalações contidas em cada uma delas:

- A célula de recepção\cadastramento conterà um balcão de triagem (1), uma área de espera para cadastramento (2), um balcão de cadastramento para pacientes com coleta de exames normais (3), um balcão de cadastramento para pacientes com coleta de exames especiais (4) e uma área para preparação da ficha de coleta (5).
- A célula de entrega de coletas domiciliares será composta por um balcão para entrega das coletas (6).

- A célula de coleta de exames normais conterá uma área de espera para os pacientes (7) e boxes para coleta de exames (8).
- A célula de coleta de exames especiais será composta de uma área de espera para pacientes (9) e de boxes para coleta de exames especiais (10).
- A célula de coleta de exames infantis será composta por uma área de espera para pacientes e acompanhantes (11), boxes para coleta de exames normais (12) e boxes para coleta de exames especiais (13).

A Figura 3.3 a seguir representa o novo layout do LC. As instalações citadas acima podem ser identificadas de acordo com a numeração indicada entre parênteses:

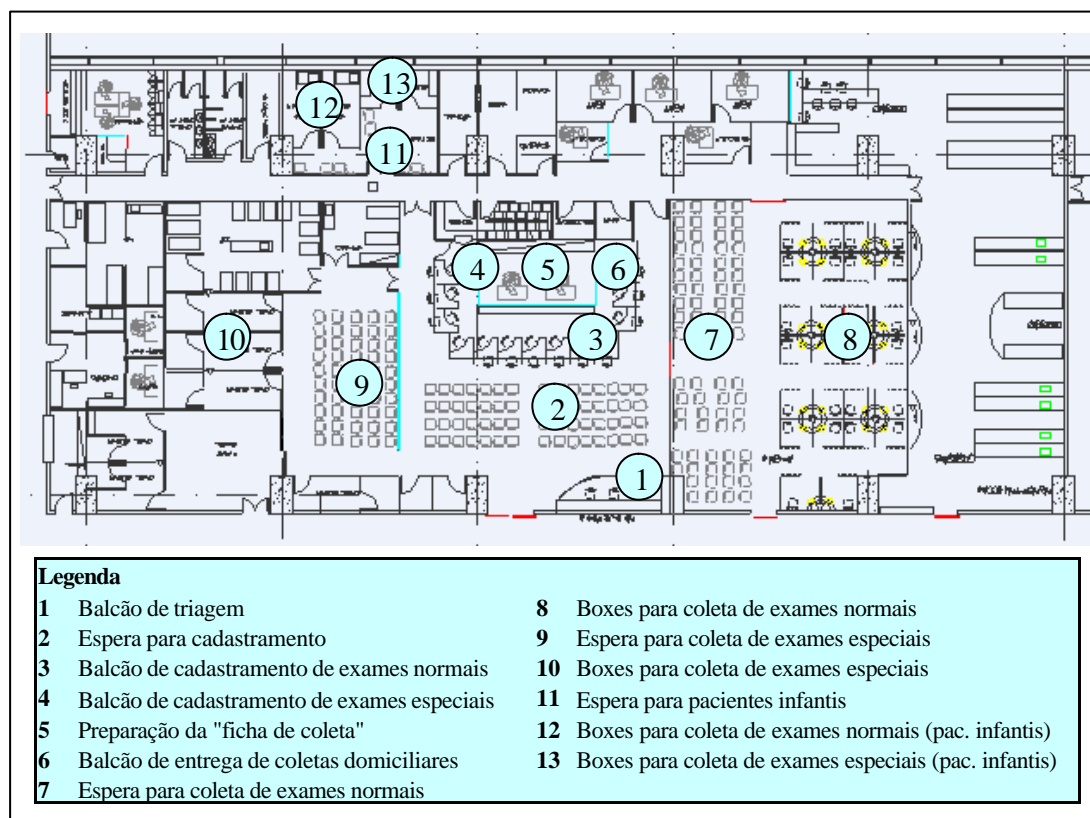


Figura 3.3 – Novo layout do LC

### 3.2 Processos

Uma vez definidos os grupos de pacientes e as instalações do novo *layout*, torna-se possível a definição dos novos processos. A Figura 3.4 ilustra os novos processos para pacientes que requeiram a coleta de algum tipo de exame.

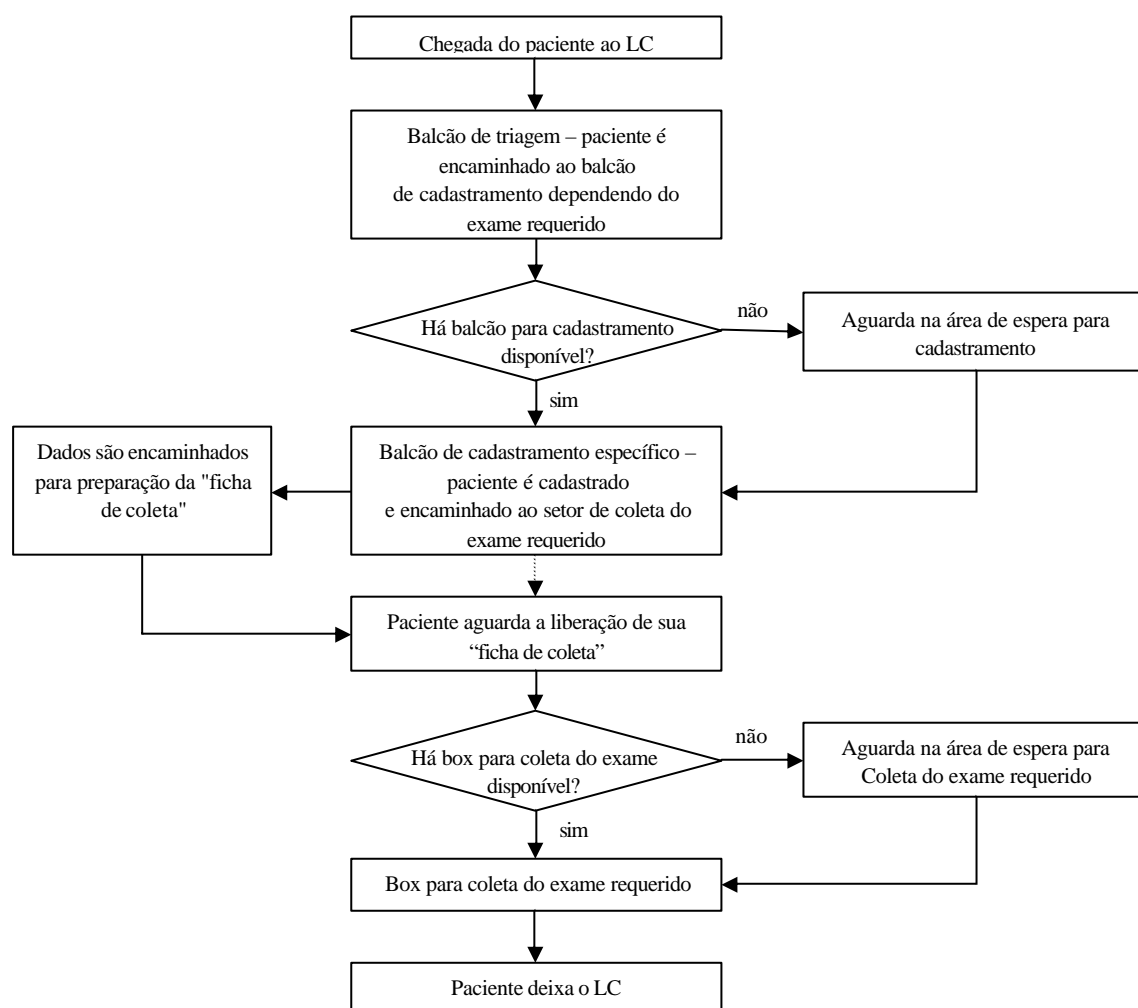


Figura 3.4 – Novo processo para pacientes de coleta de exames

Após a liberação do paciente, o material coletado é encaminhado ao setor de PDA. Neste setor, o material é processado e os resultados obtidos são encaminhados às clínicas requisitantes para que sejam verificados no dia de retorno do paciente.



A Figura 3.5 ilustra o novo processo para pacientes que efetuarão a entrega de coletas domiciliares no LC.

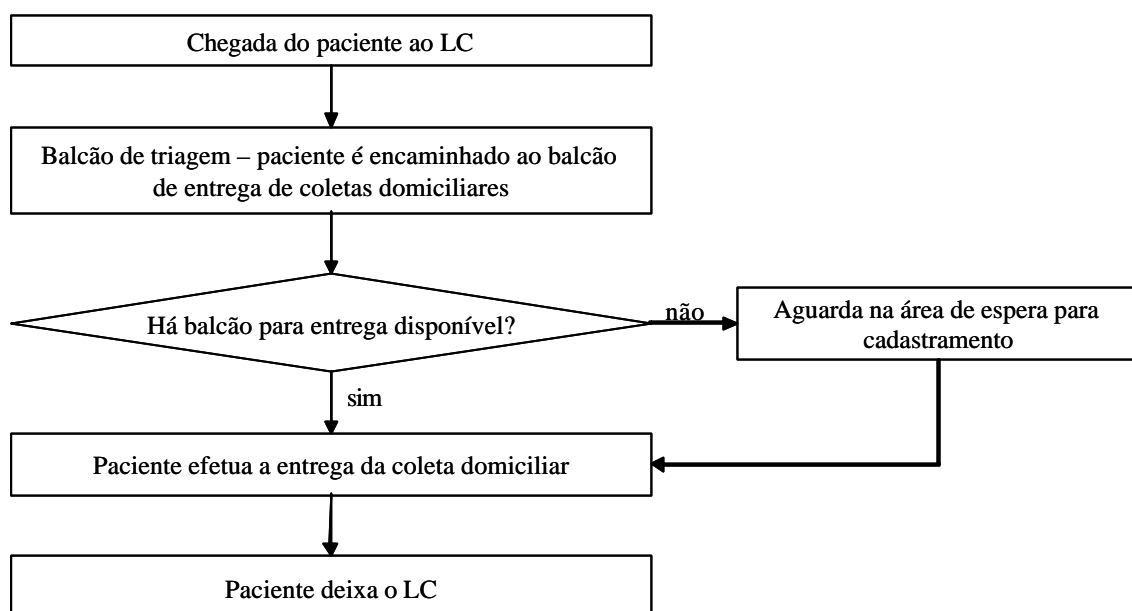


Figura 3.5 – Novo processo para pacientes de entrega de coletas domiciliares

As coletas domiciliares entregues também são encaminhadas ao PDA, onde são processadas e os resultados enviados às clínicas requisitantes pra análise na data de retorno do paciente.

## **4. MODELAGEM DO NOVO SISTEMA DE ATENDIMENTO**

A modelagem do sistema de atendimento será apresentada neste capítulo, subdivida em três etapas, uma em cada item específico do capítulo.

- Definição do estudo
- Construção do modelo
- Coleta de dados

Estas etapas compõem o processo mais geral de projetos de simulação conforme Figura 2.3.

#### **4.1 Definição do estudo**

Conforme apresentado no Capítulo 1, o modelo de simulação que será proposto visará auxiliar o IC a avaliar a reestruturação do *layout* da área de atendimento aos pacientes juntamente com a mudança no procedimento de atendimento para o agendamento de coletas. Com isso, o modelo permitirá que se analise o fluxo interno de pacientes no LC assim como a taxa de ocupação das instalações, permitindo desta forma um melhor dimensionamento das mesmas.

A abrangência do modelo contempla todas as etapas envolvidas desde a chegada do paciente ao LC até sua liberação após a coleta ou entrega do exame requerido. Desta forma, todos os processos contidos nas Figuras 3.4 e 3.5 serão considerados neste estudo.

Para efeito da modelagem, os pacientes foram divididos em quatro grupos:

- Pacientes de coletas normais
- Pacientes de coletas especiais
- Pacientes infantis
- Pacientes de entrega de coletas domiciliares

A decisão de considerar o agrupamento de pacientes e não cada tipo de exame individualmente se deve ao objetivo deste estudo. Uma vez que o objetivo principal é a análise de fluxo interno e o dimensionamento das instalações, não se torna necessária a diferenciação adicional dos pacientes quanto às características particulares de seus exames. Esta divisão em grupos se baseou nas semelhanças de rotas e processos que os mesmos estarão sujeitos, principalmente no que diz respeito aos pacientes de coletas especiais

Uma característica relevante é a diferenciação dos pacientes quanto ao tempo de jejum requerido pelo exame (exceto os pacientes de entrega de coletas domiciliares), pois esta característica tem grande influência no comportamento da demanda ao longo do dia. Os pacientes que necessitam da punção venosa para exames de colesterol, lipídeos ou provas funcionais de hormônio possuem a necessidade de um tempo elevado de jejum (superior a oito horas). Esses pacientes, que representam a maior parte da demanda pelos serviços, serão priorizados no instante do agendamento da coleta do exame feito pelas clínicas e terão seus horários agendados para os períodos iniciais de atendimento do LC. Os demais pacientes, que necessitam de tempos de jejuns menores serão agendados para o restante do período de atendimento, dependendo da disponibilidade do LC, conforme citado no Capítulo 1. Essa característica será reproduzida no modelo através do perfil de chegada de pacientes ao longo do dia que será definido mais adiante.

## **4.2 Construção do Modelo**

Para a construção do modelo, primeiramente foi escolhido o software a ser utilizado. O item abaixo descreve as possibilidades encontradas assim como as características principais do software escolhido.

### **4.2.1 Escolha do software de Simulação**

Vários softwares de simulação podem ser encontrados no mercado, no entanto, os mais utilizados são:

- ProModel (MedModel e ServiceModel) da empresa ProModel Corporation
- Arena da empresa Rockwell Automation

Para o desenvolvimento do modelo, o software escolhido foi o MedModel, que consiste em uma versão customizada do ProModel para aplicação no setor hospitalar. Este software foi o escolhido pela disponibilidade de acesso e por possuir todos os recursos necessários para a construção do modelo e uma série de facilidades para aplicação na área hospitalar. Um outro ponto que favoreceu a escolha deste software é o

fato do autor possuir larga experiência na utilização do mesmo adquirido ao longo do período de estágio em um representante de vendas do software.

### MedModel

Por oferecerem a conveniência de um ambiente de simulação direcionado por menus, os primeiros simuladores tornaram-se populares em aplicações com processos que não exigiam lógicas complexas para a sua modelagem. Desta forma, sistemas relativamente complexos puderam ser modelados rapidamente. O ProModel, introduzido em 1998, é um dos simuladores de fácil utilização. A definição do modelo utiliza terminologias e lógicas familiares à maioria dos engenheiros e gerentes de produção. Embora direcionado para sistemas de manufatura, sua flexibilidade tornou possível a sua adoção em outras disciplinas, notadamente no sistema de saúde e em empresas de serviços. (HARREL; GHOSH; BOWDEN, 2000)

Para aplicações específicas no setor médico\hospitalar a ProModel Corporation criou o software MedModel. Ele compartilha as mesmas características de implementação do ProModel, mas sua biblioteca gráfica incorpora elementos específicos da área médica. Potencializando o impacto visual da simulação nessa área.

A modelagem é feita utilizando-se conceitos como:

- *Entidades*: São itens processados através do sistema e podem representar pessoas, documentos ou tudo mais que requer recursos do sistema. Em hospitais pode-se modelar pacientes como sendo entidades.
- *Locais*: Pontos fixos através dos quais as entidades se movem. Esses pontos podem estar em qualquer lugar onde uma entidade é processada. Eles também podem ser áreas de enfileiramento, armazenamento ou esteiras. No estudo de um hospital, uma sala de coleta de exames poderia ser um local, além de equipamentos fixos como máquinas de raio-X. As características do local podem ser definidas. Estas são: capacidade, manutenção, regra de enfileiramento e, no caso de esteiras, características físicas como comprimento e velocidade.
- *Processamento*: A lógica de processamento define as operações efetuadas e o roteamento de cada entidade pelos locais do sistema. O processamento é

definido para cada tipo de entidade em cada local. A entidade pode sofrer uma ação ou simplesmente aguardar o acesso a um local subsequente. A sequência de operações considera os tempos e qualquer quantidade de passos lógicos, tais como juntar peças ou capturar recursos. Desta forma, poderia-se definir um processo no qual a entidade “Paciente”, que se encontra no local “Sala\_de\_espera”, espera um determinado tempo até que o local “Box\_de\_coleta\_de\_exame” esteja disponível e se movimenta até ele.

- *Chegadas*: Definem a introdução de entidades no sistema. São especificadas com a quantidade de cada tipo de entidade que entra no sistema. A quantidade de chegadas programadas deve ser definida, mas pode ser infinita, ou seja, contínuas enquanto ocorre a simulação. O intervalo entre chegadas pode ser definido como uma distribuição probabilística. Chegadas cíclicas, tais como a variação da quantidade de pacientes que chegam a um pronto socorro no período do dia, podem ser definidas utilizando um ciclo de chegadas. Assim, a cada período do dia (a cada hora, por exemplo) pode-se ter uma quantidade diferente de pacientes que chegam ao pronto socorro, simulando a dinâmica real do hospital.

- *Recursos*: Um recurso pode ser uma pessoa, um equipamento ou um transportador, necessário para executar uma ação. Em muitos casos um recurso é compartilhado por vários locais e se move em um percurso pré-determinado. Características específicas podem ser modeladas como manutenção ou paradas. Um exemplo de recurso, em um hospital, é um equipamento de monitoramento cardíaco. Este é usado por médicos para o acompanhamento de pacientes internados e pode ter suas manutenções preventivas modeladas.

- *Atributos*: Os atributos podem se referir a entidades ou locais. São variáveis que carregam as características de suas referências. Pode-se assim criar um atributo “Exame”, que dirá ao sistema que tipo de exame o paciente necessita.

Uma característica importante dos softwares de simulação é a possibilidade de se modelar dados estocásticos. Estes são incluídos no sistema através de distribuições de probabilidade. O software Stat::Fit pode trabalhar em conjunto com o MedModel para

analisar dados existentes e, utilizando técnicas estatísticas, determinar qual a distribuição que fornece a melhor representação possível. Desta forma, em hospitais, pode-se modelar, por exemplo, uma distribuição probabilística que represente o tempo de atendimento de um paciente a partir de dados coletados.

#### **4.2.2 Modelagem**

O fluxograma a seguir representa o funcionamento básico do modelo:

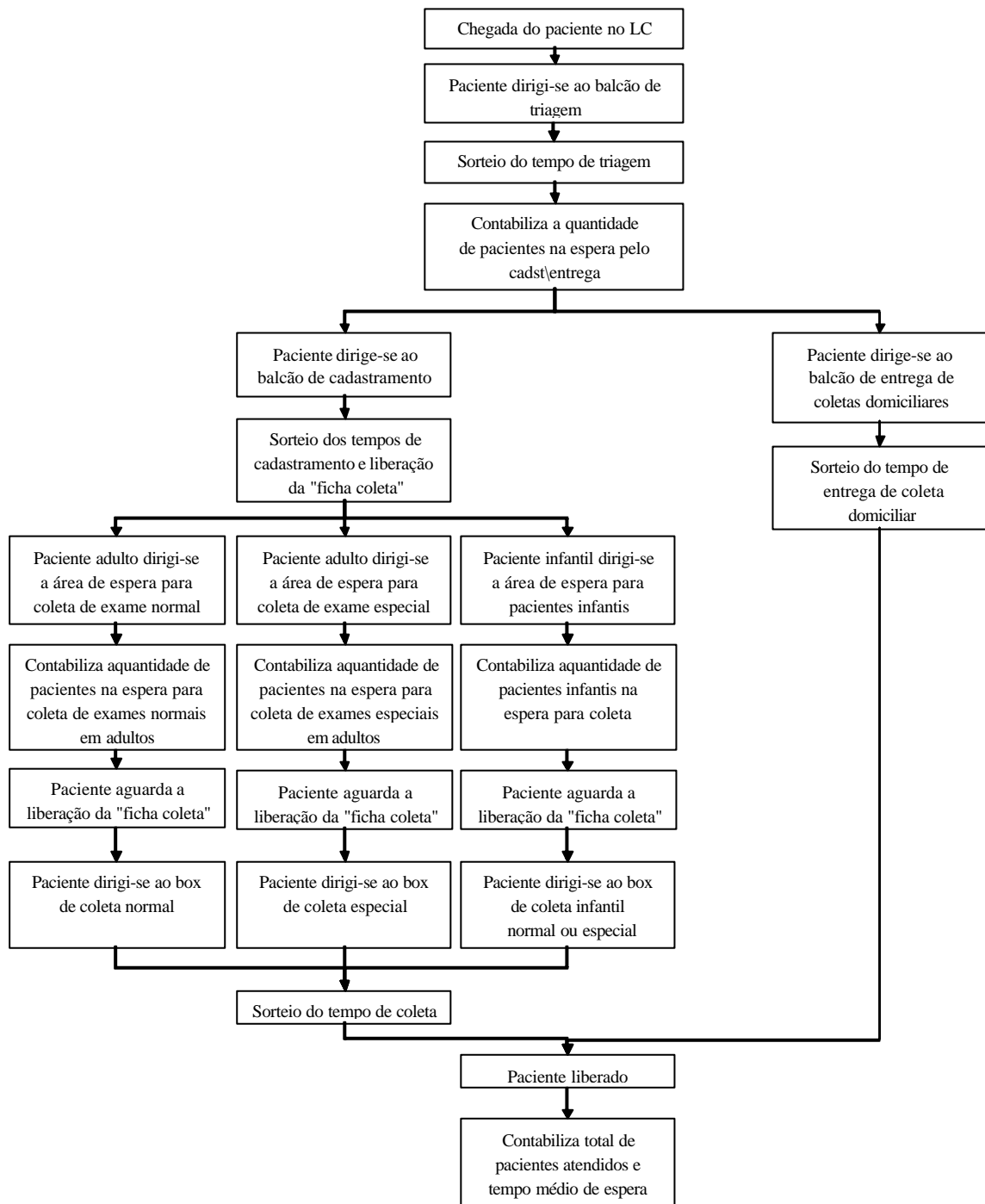


Figura 4.1 – Fluxograma de funcionamento básico do modelo



A chegada de pacientes no modelo estará sujeita a um perfil horário de chegada (exceto para os de entrega de coletas domiciliares, que terão taxa uniforme). Este perfil foi definido em conjunto com os funcionários do LC para que fosse possível representar de forma aproximada a chegada de pacientes após a implantação do sistema de agendamento. A Figura 4.12 representa este perfil.

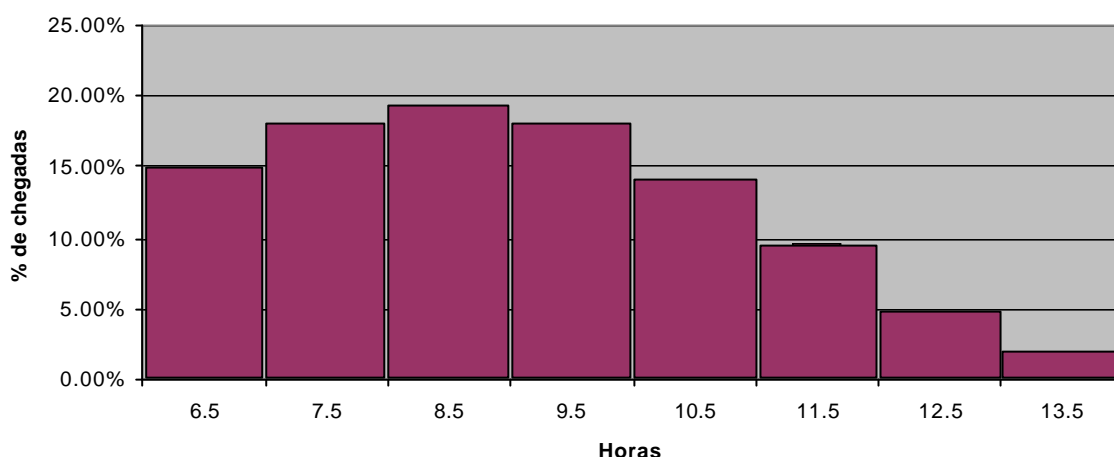


Figura 4.2 – Perfil horário de chegada de pacientes

Desta forma, a quantidade de pacientes atendidos no dia para um determinado exame torna-se um parâmetro do modelo, tendo sua chegada cadenciada de acordo com as porcentagens definidas no perfil de chegadas, sendo que, dentro de cada intervalo de uma hora definido no perfil, as chegadas possuem taxas constantes.

O fato de a quantidade de pacientes atendidos diariamente ser um parâmetro é necessário para a análise do nível de serviço do LC, uma vez que, uma das respostas esperadas do modelo é a informação de qual a porcentagem de dias que é possível efetuar o atendimento dos pacientes com um tempo médio de permanência interna inferior a 70 minutos.

Embora o sistema de agendamento busque tornar a demanda pelos serviços do LC uniforme, isto não é possível, pois a maior parte dessa demanda é composta por pacientes que necessitam de mais de oito horas de jejum para coleta de seus exames, fazendo com que haja um pico de demanda nos horários iniciais.

Os sorteios dos tempos citados na Figura 4.1, referem-se a sorteios realizados a partir de curvas estatísticas definidas através da análise de amostragem das variáveis coletadas com o software Stat::Fit (apresentado com maior detalhe no item seguinte). Com isso é possível considerar a variabilidade nos tempos das operações.

Inicialmente, as instalações do modelo terão as seguintes capacidades:

- Balcão de triagem: capacidade para atender três pacientes simultaneamente;
- Espera para cadastramento: capacidade para sessenta pacientes;
- Balcão para cadastramento de pacientes normais: capacidade para atender oito pacientes simultaneamente;
- Balcão para cadastramento de pacientes especiais e infantis: capacidade de atender três pacientes simultaneamente. Caso não haja pacientes especiais ou infantis aguardando pelo cadastramento, este balcão faz o cadastramento de pacientes que necessitem de exames normais;
- Balcão para entrega de coletas domiciliares: capacidade de atender dois pacientes simultaneamente. Caso não haja pacientes para efetuar a entrega de coletas domiciliares, este balcão faz o cadastramento de pacientes que necessitem de exames normais;
- Área de preparação da “ficha de coleta”: Quatro funcionários serão responsáveis por desempenhar a atividade de preparação e liberação das “fichas de coleta”;
- Espera para coleta normal: terá capacidade para setenta e quatro pacientes;
- Boxes para coleta de exames normais: capacidade para atender vinte e seis pacientes simultaneamente;
- Espera para coletas especiais: terá capacidade para cinquenta pacientes;
- Boxes para coleta de exames especiais: capacidade para atender seis pacientes simultaneamente;
- Espera para pacientes infantis: terá capacidade para dez pacientes;
- Boxes para coleta de exames normais em pacientes infantis: capacidade para atender dois pacientes simultaneamente;
- Boxes para coleta de exames especiais em pacientes infantis: capacidade para atender dois pacientes simultaneamente.

A figura abaixo ilustra uma imagem do modelo desenvolvido no simulador MedModel.



Figura 4.3 – Imagem do modelo desenvolvido no MedModel

A simulação terminará assim que todos os pacientes forem atendidos.

### 4.3 Coleta de dados

Através da definição do estudo apresentado no item 4.1 deste capítulo e da modelagem no item 4.2, podemos definir quais são os dados e as variáveis necessários

para a simulação. A tabela 4.1 abaixo apresenta as variáveis necessárias com suas unidades de medidas.

**Tabela 4.1** – Variáveis necessárias e unidades

<b>Variável necessária</b>	<b>Unidade</b>
Tempos de triagem	min
Tempos de cadastramento	min
Tempos de preparação da "ficha de coleta"	min
Tempos de coleta de exames normais em pacientes adultos	min
Tempos de coleta de exames especiais em pacientes adultos	min
Tempos de coleta de exames normais em pacientes infantis	min
Tempos de coleta de exames especiais em pacientes infantis	min
Tempos para entrega de coleta domiciliar	min

Todas essas variáveis foram requisitados a um funcionário do LC que se colocou à disposição para auxiliar no que fosse necessário.

As variáveis foram extraídas de um sistema interno de medidas do LC. Como já era esperado, estas não se apresentavam na forma ideal para serem utilizados como entradas no modelo de simulação, o que fez com que o autor tivesse um trabalho de manipulação dos mesmos para tornar possível esta utilização. Como exemplo, podemos citar o cálculo do tempo de coleta de exames normais em pacientes adultos, cálculo do tempo de cadastramento, etc. Todos estes cálculos, foram posteriormente validados pelo funcionário do LC que acompanhou a coleta dos mesmos.

Como citado anteriormente, a quantidade de pacientes que serão atendidos diariamente é um parâmetro do modelo. No entanto, para definição do nível de serviço do LC torna-se necessário a definição de uma curva probabilística que represente este perfil de demanda, sendo necessário para isto uma amostragem destes dados. A Tabela 4.2 apresenta os dados de demanda que serão necessários e suas unidades:

**Tabela 4.2** – Dados necessários e unidades

<b>Dado necessário</b>	<b>Unidade</b>
Número de chegadas diária de pacientes adultos que requeiram exames normais	Pacientes
Número de chegadas diária de pacientes adultos que requeiram exames especiais	Pacientes
Número de chegadas diária de pacientes infantis que requeiram exames normais	Pacientes
Número de chegadas diária de pacientes infantis que requeiram exames especiais	Pacientes
Número de chegadas diária de entrega de coletas domiciliares	Entregas

#### **4.2.1 Informações sobre os dados coletados**

Neste item serão apresentadas as características dos dados coletados. Para que se torne possível uma melhor análise dos mesmos, serão apresentados índices estatísticos como média, desvio padrão, etc.

Todos os dados coletados foram analisados com o software Stat::Fit. Através deste software foi possível selecionar curvas estatísticas que melhor representam a distribuição de cada tipo de variável, para que desta forma, estas sejam usadas como *input* no modelo de simulação.

#### **Número de chegadas diária de pacientes adultos que requeiram exames normais**

A Tabela 4.3 abaixo ilustra as estatísticas da amostra do número de chegadas diária de pacientes adultos que requeiram exames normais.

**Tabela 4.3** –Número de chegadas diária de pacientes adultos para exames normais

<b>Estatística Descritiva</b>	
Tamanho da amostra	130 dias
Mínimo	515
Máximo	1331
Média	847
Mediana	832
Desvio Padrão	131

Através da Figura 4.1 abaixo, pode-se observar o histograma dos dados para esta amostra.

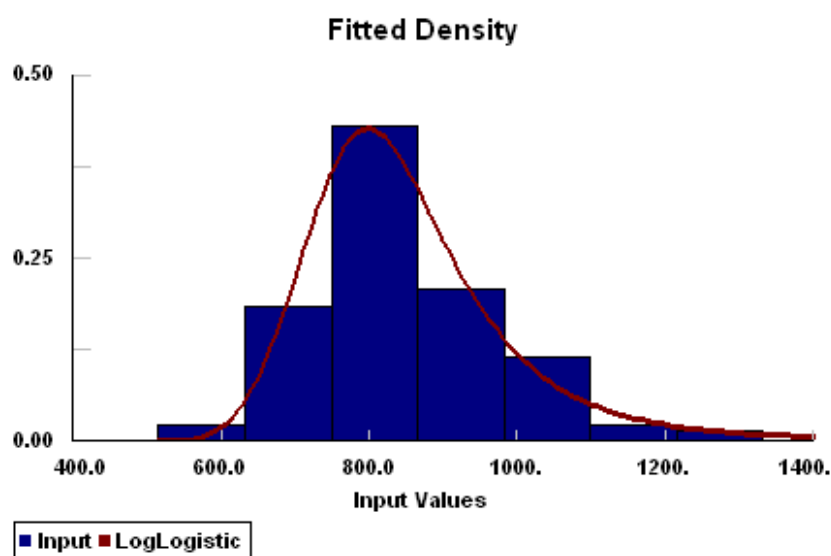


Figura 4.4 – Histograma do número de pacientes adultos que requeriram exames normais por dia

A partir da distribuição de probabilidade gerada para esta amostragem é possível definir um valor de demanda para pacientes adultos de coleta de exames normais (deve-se fazer o mesmo para as demais demandas) para verificar se o sistema a ser simulado atenderá os pacientes com um tempo médio de permanência interna no LC inferior a 70 minutos, definindo o nível de serviço desta configuração do LC através da verificação da porcentagem de dias com demanda inferior à simulada.

### Número de chegadas diária de pacientes adultos que requeiram exames especiais

A Tabela 4.4 abaixo ilustra as estatísticas da amostra do número de chegadas diária de pacientes adultos que requeiram exames especiais.

**Tabela 4.4** – Número de chegadas diária de pacientes adultos para exames especiais

Estatística Descritiva	
Tamanho da amostra	130 dias
Mínimo	0
Máximo	67
Média	38
Mediana	39
Desvio Padrão	14

Através da Figura 4.2 abaixo, pode-se observar o histograma dos dados para esta amostra.

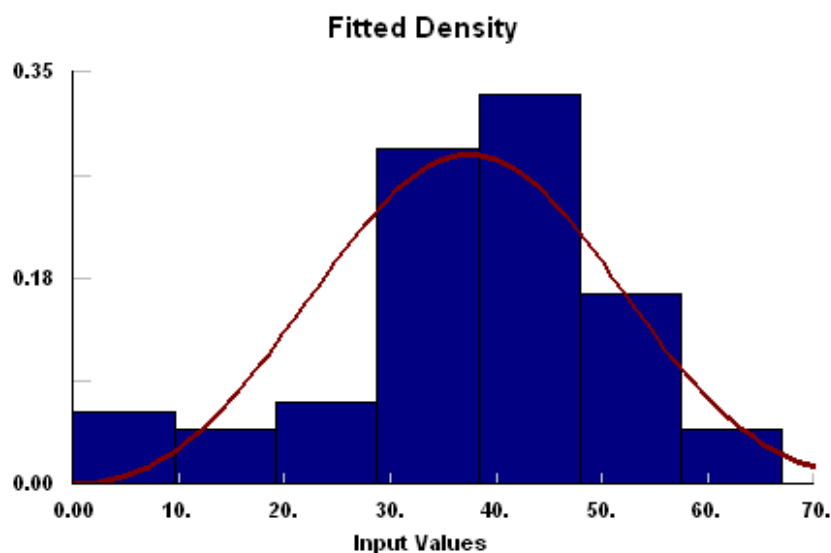


Figura 4.5 – Histograma do número de pacientes adultos que requeiram exames especiais por dia

### Número de chegadas diária de pacientes infantis que requeiram exames normais

A Tabela 4.5 abaixo ilustra as estatísticas da amostra do número de chegadas diária de pacientes infantis que requeiram exames normais.

**Tabela 4.5** – Número de chegadas diária de pacientes infantis para exames normais

Estatística Descritiva	
Tamanho da amostra	130 dias
Mínimo	0
Máximo	74
Média	24
Mediana	20
Desvio Padrão	18

Através da Figura 4.3 abaixo, pode-se observar o histograma dos dados para esta amostra.

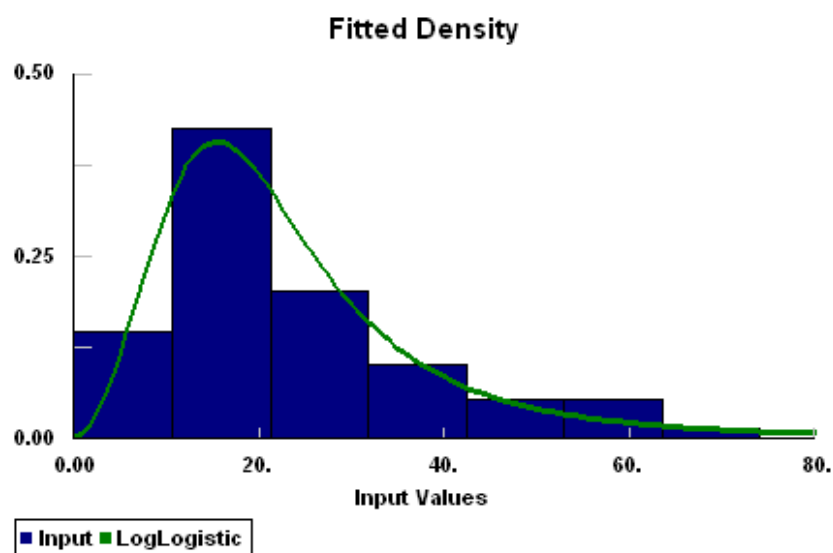


Figura 4.6 – Histograma do número de pacientes infantis que requeiram exames normais por dia



### Número de chegadas diária de pacientes infantis que requeiram exames especiais

A Tabela 4.6 abaixo ilustra as estatísticas da amostra do número de chegadas diária de pacientes infantis que requeiram exames especiais.

**Tabela 4.6** – Número de chegadas diária de pacientes infantis para exames especiais

Estatística Descritiva	
Tamanho da amostra	130 dias
Mínimo	0
Máximo	8
Média	0.5
Mediana	0
Desvio Padrão	1.1

Através da Figura 4.4 abaixo, pode-se observar o histograma dos dados para esta amostra.

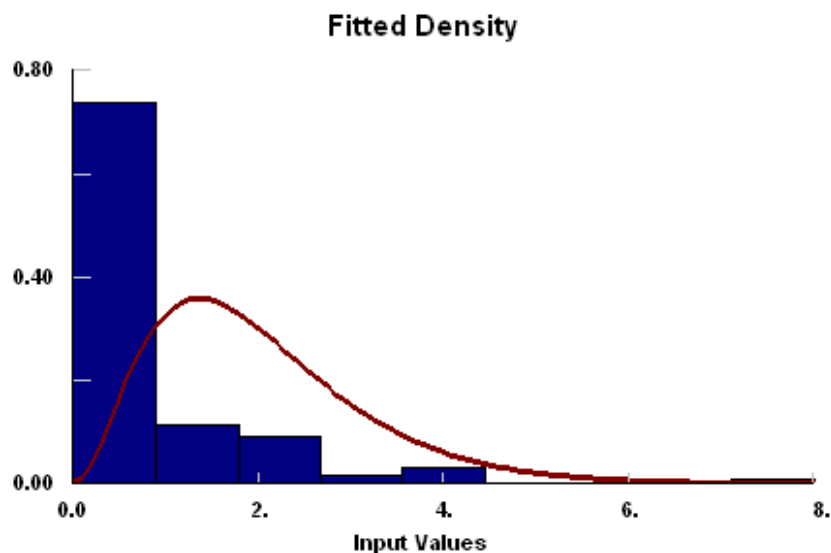


Figura 4.7– Histograma do número de pacientes infantis que requeiram exames especiais por dia

**Número de chegadas diária de entrega de coletas domiciliares**

A Tabela 4.7 abaixo ilustra as estatísticas da amostra do número de chegadas diária de pacientes que efetuam a entrega de coletas domiciliares.

**Tabela 4.7** – Número de chegadas diária de pacientes para entrega de coletas domiciliares

<b>Estatística Descritiva</b>	
Tamanho da amostra	110 dias
Mínimo	0
Máximo	77
Média	39
Mediana	39
Desvio Padrão	15

Através da Figura 4.5 abaixo, pode-se observar o histograma dos dados para esta amostra.

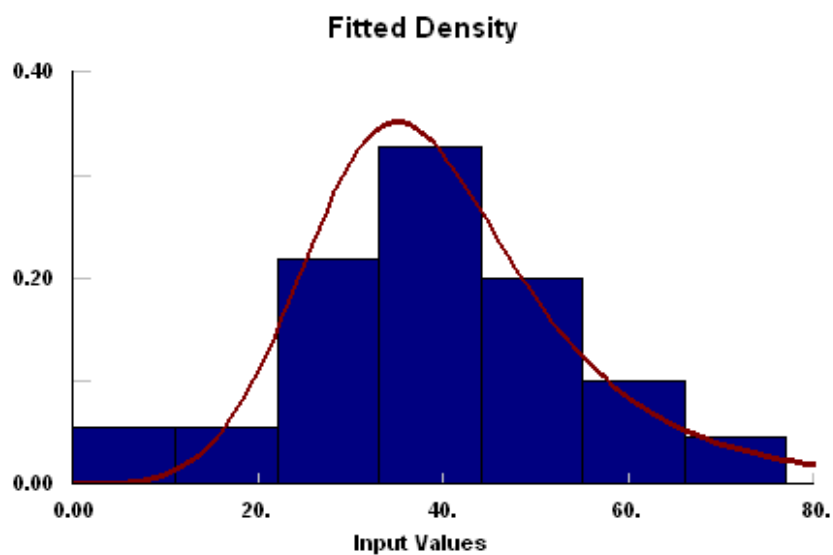


Figura 4.8– Histograma do número de pacientes que efetuam entrega de coletas domiciliares por dia

### Tempo de triagem

O tempo necessário para que um funcionário do LC faça a triagem de um paciente não estava acessível ao LC. Isso ocorreu pois o balcão de triagem terá uma nova instalação que estará em funcionamento a partir da reestruturação do *layout*.

Para contemplar esse processo, foi aproximado esse tempo para uma distribuição triangular com moda 0.50 minuto e limites inferiores e superiores de 0.25 e 0.75 minuto respectivamente. Estas aproximações foram feitas com base no conhecimento da concepção da atividade de triagem e do público freqüentador do LC pelo funcionário.

### Tempo de cadastramento

A Tabela 4.8 abaixo ilustra as estatísticas da amostra do tempo de cadastramento de pacientes. Estes dados estão na unidade minuto.

**Tabela 4.8** – Tempo de cadastramento

Estatística Descritiva	
Tamanho da amostra	48 cadastros
Mínimo	1
Máximo	11
Média	2.45
Mediana	1
Desvio Padrão	2.5

Através da Figura 4.6 abaixo, pode-se observar o histograma dos dados para esta amostra.

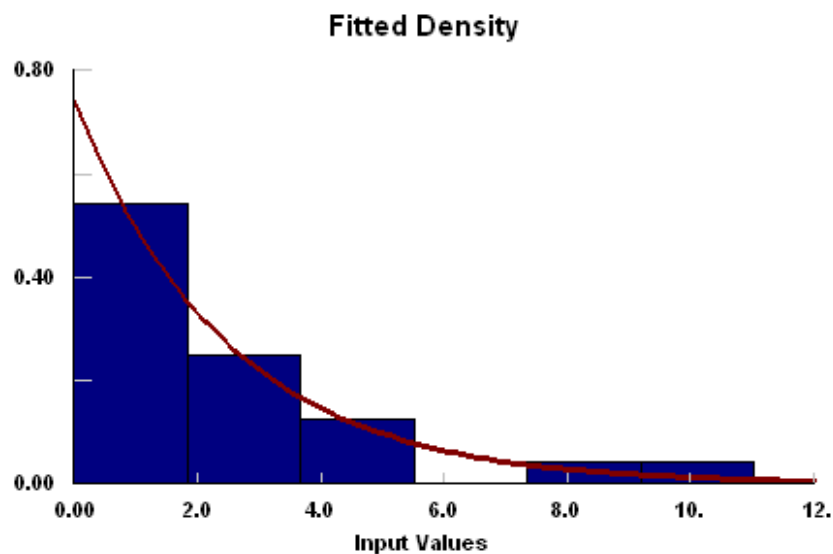


Figura 4.9– Histograma do tempo de cadastramento

#### Tempo para preparação da “ficha de coleta”

A Tabela 4.9 abaixo ilustra as estatísticas da amostra do tempo para preparação e “ficha de coleta”. Estes dados estão na unidade minuto

**Tabela 4.9** – Tempo para liberação da ficha coleta

Estatística Descritiva	
Tamanho da amostra	16 fichas
Mínimo	1.3
Máximo	2.3
Média	2
Mediana	2.1
Desvio Padrão	0.11

Como o tamanho da amostra para esta variável foi relativamente pequeno será adotado como curva estatística para representá-la uma distribuição triangular com os valores de mínimo, moda (1.8 minutos) e máximo da amostragem, visando impor aleatoriedade ao tempo deste processo.

**Tempo de coleta de exames normais em pacientes adultos**

A Tabela 4.10 abaixo ilustra as estatísticas da amostra do tempo de coleta de exames normais em pacientes adultos. Estes dados estão na unidade minuto.

**Tabela 4.10** – Tempo de coleta de exames normais em pacientes adultos

Estatística Descritiva	
Tamanho da amostra	594 coletas
Mínimo	1
Máximo	20
Média	4
Mediana	3
Desvio Padrão	2.5

Através da Figura 4.7 abaixo, pode-se observar o histograma dos dados para esta amostra.

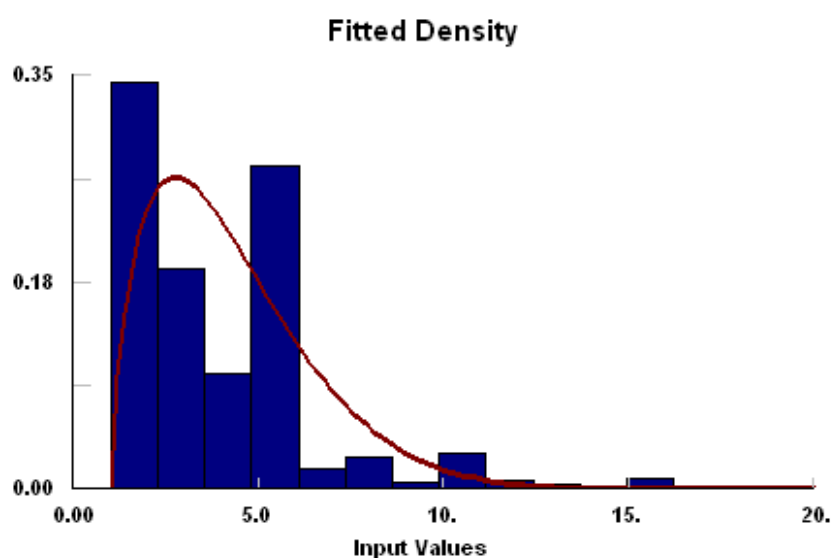


Figura 4.10 Histograma do tempo de coleta de exames normais em pacientes adultos

**Tempo de coleta de exames especiais em pacientes adultos**

A Tabela 4.11 abaixo ilustra as estatísticas da amostra do tempo de coleta de exames especiais em pacientes adultos. Estes dados estão na unidade minuto.

**Tabela 4.11** – Tempo de coleta de exames especiais em pacientes adultos

Estatística Descritiva	
Tamanho da amostra	623 coletas
Mínimo	1
Máximo	38
Média	8
Mediana	6
Desvio Padrão	4.5

Através da Figura 4.8 abaixo, pode-se observar o histograma dos dados para esta amostra.

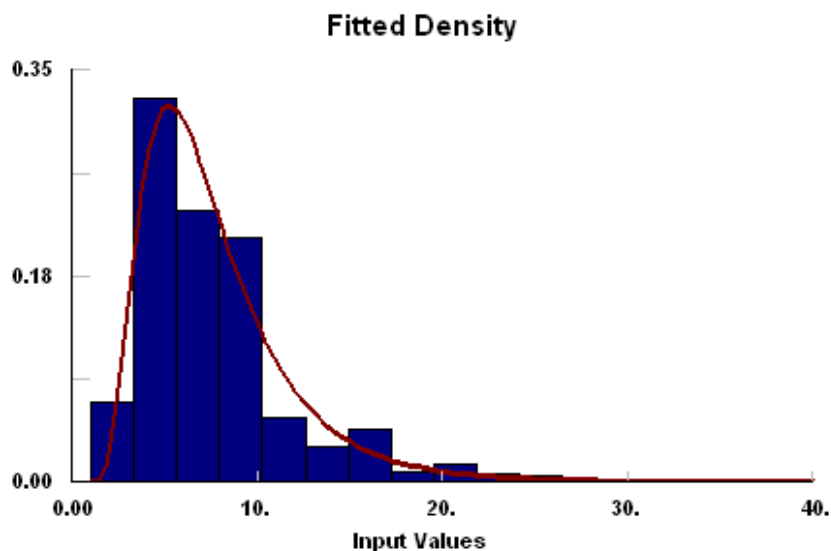


Figura 4.11 Histograma do tempo de coleta de exames especiais em pacientes adultos

**Tempo de coleta de exames normais em pacientes infantis**

A Tabela 4.12 abaixo ilustra as estatísticas da amostra do tempo de coleta de exames normais em pacientes infantis. Estes dados estão na unidade minuto.

**Tabela 4.12** – Tempo de coleta de exames normais em pacientes infantis

Estatística Descritiva	
Tamanho da amostra	290 coletas
Mínimo	1
Máximo	18
Média	4.5
Mediana	5
Desvio Padrão	1.4

Através da Figura 4.9 abaixo, pode-se observar o histograma dos dados para esta amostra.

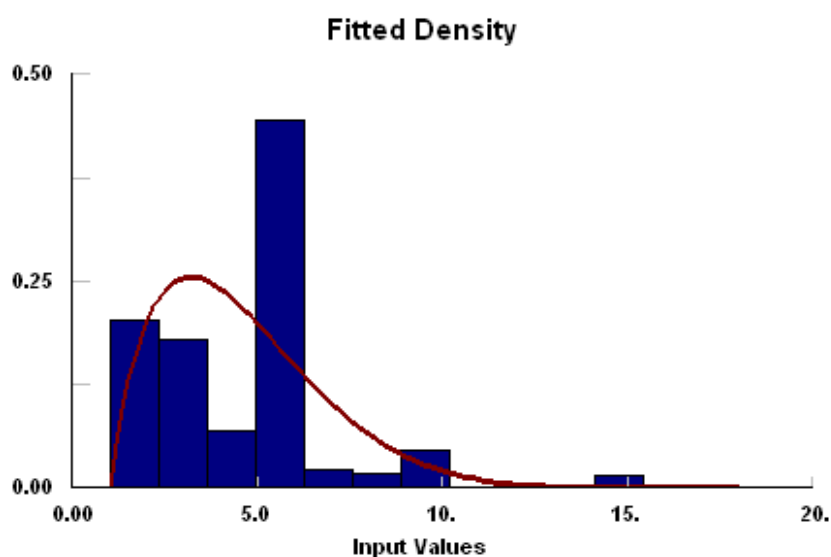


Figura 4.12– Histograma do tempo de coleta de exames normais em pacientes infantis

**Tempo de coleta de exames especiais em pacientes infantis**

A Tabela 4.13 abaixo ilustra as estatísticas da amostra do tempo de coleta de exames especiais em pacientes infantis. Estes dados estão na unidade minuto.

**Tabela 4.13** - Tempo de coleta de exames especiais em pacientes infantis

Estatística Descritiva	
Tamanho da amostra	82 coletas
Mínimo	3
Máximo	50
Média	12
Mediana	8
Desvio Padrão	14

Através da Figura 4.10 abaixo, pode-se observar o histograma dos dados para esta amostra.

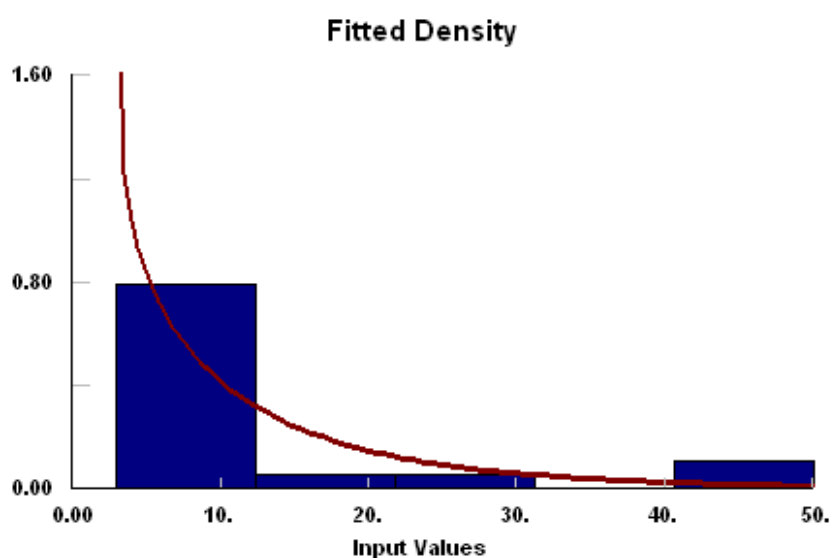


Figura 4.13– Histograma do tempo de coleta de exames especiais em pacientes infantis



### **Tempo para entrega de coleta domiciliar**

O tempo necessário para o recebimento da coleta domiciliar e seu cadastramento no sistema do LC por um funcionário não foi possível de ser determinado pois esta é uma atividade que atualmente é desempenhada em conjunto com algumas outras atividades.

De acordo com o funcionário do LC, os procedimentos para cadastramento da entrega de coleta domiciliar são semelhantes aos de cadastramento de pacientes que requeiram coleta de exames. Com isso, o tempo para a execução deste procedimento será considerado através da amostragem utilizada para o cadastramento de pacientes.

## **4.4 Validação**

A validação do modelo se dividiu em duas partes:

- Validação das lógicas implementadas: Durante o desenvolvimento do modelo diversas reuniões foram feitas entre o autor e o diretor de informática do LC para que este verificasse a representatividade das lógicas e dos processos implementadas no modelo.
- Ratificação dos dados coletados: Os dados foram coletados em conjunto pelo autor e pelos funcionários do LC. Após a coleta estes foram analisados e caso apresentassem valores considerados inconsistentes a coleta era refeita com maior rigorosidade.

Alguns testes foram efetuados com parametrizações fictícias para verificar o comportamento do modelo em situações extremas (como demanda muito baixa, demanda muito elevada, quantidade infinita de algumas instalações, etc.), sendo verificado a formação de filas em locais esperados, mostrando uma coerência do modelo para esta análise de sensibilidade.

A medida que foram elaborados e simulados os cenários (Capítulo 5), o modelo foi sendo discutido com o diretor do HC, obtendo boa aceitação de seus resultados. Desta forma, obtivemos uma validação qualitativa do modelo. Devido ao pouco tempo para conclusão do trabalho, não foi possível validar o modelo quantitativamente.

## **5. SIMULAÇÃO**

A partir da definição do sistema e da posterior construção do modelo e coleta de dados, este capítulo abordará as três etapas restantes no procedimento para condução de um projeto de simulação, sendo eles:

- Determinação dos cenários
- Análise dos *outputs*
- Informação dos resultados

Como dito anteriormente, estas etapas possuem interatividade, sendo reportado neste somente os resultados finais destas interações.

### **5.1 Determinação e análise dos cenários**

Para o processo de elaboração de cenários, serão simulados demandas diferentes com o intuito de determinar o nível de serviço (corresponde a porcentagem dos dias em que o LC atende todos os pacientes com tempo de permanência interna médio inferior a 70 minutos) do LC. Para isso, serão utilizadas as curvas de perfil de demanda de pacientes para diferentes exames e o perfil de chegada dos mesmos.

As demandas que serão simuladas foram definidas juntamente com o diretor de informática do LC. Foi definido que o sistema será verificado para atender 80% dos dias e posteriormente um dia crítico, que seria configurado com a demanda máxima de cada tipo de exame, sendo testado neste caso, um nível de serviço de 100%.

Após a verificação do sistema com as instalações inicialmente configuradas para uma demanda superior a 80% dos dias, serão identificados os gargalos operacionais e instalações ociosas e uma nova configuração para as instalações será proposta. Com essa nova configuração, será verificado novamente o comportamento do sistema para níveis de serviço de 80 e 100%.

Os indicadores chaves para análise dos resultados de saída do modelo serão o tempo médio de espera dos pacientes e a utilização das instalações.

**Cenário 1**

Os parâmetros de entrada para este cenário podem ser observados na Tabela 5.1.

**Tabela 5.1** – Parâmetros do Cenário 1

<b>Cenário 1</b>	
Atendentes no balcão de triagem	3
Capacidade da área de espera para cadastramento	60
Cabines para cadastramento de paciente normal	8
Cabines para cadastramento de paciente especial/infantil	3
Cabines para entrega de coletas domiciliares	2
Número de funcionários na preparação da "ficha de coleta"	4
Capacidade da área de espera para coleta de exames normais (adultos)	74
Boxes para coletas de exames normais (adultos)	26
Capacidade da área de espera para coleta de exames especiais (adultos)	50
Boxes para coletas de exames especiais (adultos)	6
Capacidade da área de espera para coleta de exames infantis	10
Boxes para coletas de exames normais (infantis)	2
Boxes para coletas de exames especiais (infantis)	2
Pacientes adultos para coleta de exames normais	954
Pacientes adultos para coleta de exames especiais	48
Pacientes infantis para coleta de exames normais	32
Pacientes infantis para coleta de exames especiais	1
Pacientes para entrega de coletas domiciliares	51
Número total de pacientes	1086

Após a simulação, pudemos obter diversos dados como resposta do modelo. A Tabela 5.2 apresenta alguns destes dados:

**Tabela 5.2** – Saída do modelo para o Cenário 1

<b>Dados de saída</b>	
Tempo médio do paciente no sistema (em minutos)	60.17
Nº max. de pacientes na fila de entrada	77
Nº max. de pacientes em espera para cadastramento	60
Nº max. de pacientes adultos em espera para coleta de exame normal	74
Nº max. de pacientes adultos nos boxes de coleta de exame normal	15
Nº max. de pacientes adultos em espera para coleta de exame especial	8
Nº max. de pacientes adultos nos boxes de coleta de exame especial	4
Nº max. de pacientes infantis em espera para coleta de exame	5
Nº max. de pacientes infantis nos boxes de coleta de exame normal	2
Nº max. de pacientes infantis nos boxes de coleta de exame especial	1

Na tabela acima, verifica-se que a área de espera para coleta de exames normais em pacientes adultos teve sua ocupação máxima atingida, enquanto que o número máximo de pacientes que ocuparam os boxes para coleta deste tipo de exame não foi o total disponível para ele. Através da Figura 5.1 abaixo, podemos verificar o comportamento do número de pacientes que ocupou cada uma dessas áreas ao longo da simulação.

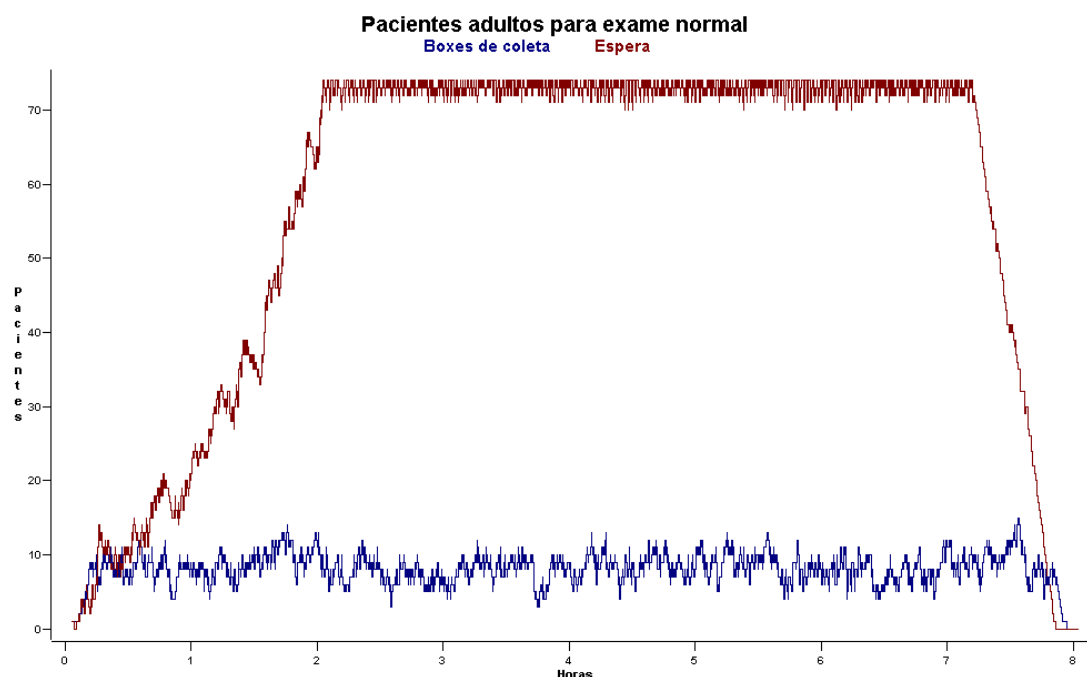


Figura 5.1 – Quantidade de pacientes adultos em espera e efetuando coleta de exame normal ao longo da simulação (Cenário 1)

Através da Figura 5.1, observa-se que durante as duas primeiras horas de simulação (que corresponde ao período entre 7:30 e 9:30) o número de pacientes em espera para coleta aumenta, atingindo a capacidade máxima da área. No entanto, o número de boxes ocupados, permanece praticamente constante durante toda a simulação, não atingindo o número máximo de boxes disponíveis. Este acúmulo na área de espera ocorre devido a espera do paciente pela liberação da sua “ficha de coleta”, sendo esta atividade o gargalo deste sistema. Através da Figura 5.2, podemos verificar a quantidade de fichas que aguardam liberação durante a simulação.

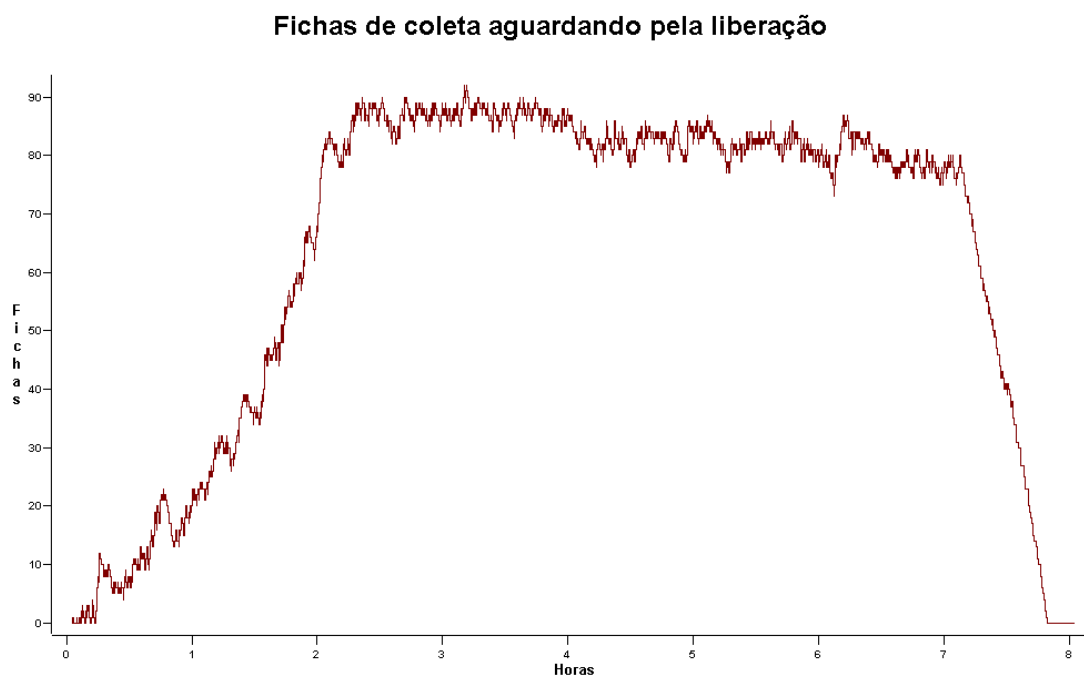


Figura 5.2 – Quantidade de “fichas de coleta” aguardando liberação (Cenário 1)

Pode-se observar que o comportamento da quantidade de “fichas de coleta” aguardando liberação ao longo do tempo é semelhante ao número de pacientes adultos em espera para coleta de exames normais. Como a demanda destes pacientes representa aproximadamente 88% do total, a ocupação total da sua área de espera para coleta causa uma diminuição na taxa de cadastramento de pacientes, diminuindo o número de fichas geradas. A partir deste instante, a quantidade de fichas aguardando impressão e liberação se mantém constante.

Por fim, para esta parametrização do cenário, verifica-se que o tempo médio de permanência interna dos pacientes no LC foi inferior aos 70 minutos definidos como meta de atendimento, portanto, o nível de serviço do LC foi superior a 80%.

## Cenário 2

Conforme citado no início do capítulo, este cenário será parametrizado de forma semelhante ao anterior, tendo como modificação somente o número de pacientes

atendidos, uma vez que simulará um dia crítico de operação do sistema. A Tabela 5.3 contém os parâmetros de entrada para este cenário.

**Tabela 5.3** - Parametrização do Cenário 2

<b>Cenário 2</b>	
Atendentes no balcão de triagem	3
Capacidade da área de espera para cadastramento	60
Cabines para cadastramento de paciente normal	8
Cabines para cadastramento de paciente especial/infantil	3
Cabines para entrega de coletas domiciliares	2
Número de funcionários na preparação da "ficha de coleta"	4
Capacidade da área de espera para coleta de exames normais (adultos)	74
Boxes para coletas de exames normais (adultos)	26
Capacidade da área de espera para coleta de exames especiais (adultos)	50
Boxes para coletas de exames especiais (adultos)	6
Capacidade da área de espera para coleta de exames infantis	10
Boxes para coletas de exames normais (infantis)	2
Boxes para coletas de exames especiais (infantis)	2
Pacientes adultos para coleta de exames normais	1331
Pacientes adultos para coleta de exames especiais	67
Pacientes infantis para coleta de exames normais	74
Pacientes infantis para coleta de exames especiais	8
Pacientes para entrega de coletas domiciliares	77
Número total de pacientes	1557

Na Tabela 5.4 abaixo, observa-se alguns dados de saída do modelo para este cenário.



**Tabela 5.4 - Dados de saída do modelo para o Cenário 2**

<b>Dados de saída</b>	
Tempo médio do paciente no sistema (em minutos)	157.99
Nº max. de pacientes na fila de entrada	470
Nº max. de pacientes em espera para cadastramento	60
Nº max. de pacientes adultos em espera para coleta de exame normal	74
Nº max. de pacientes adultos nos boxes de coleta de exame normal	16
Nº max. de pacientes adultos em espera para coleta de exame especial	10
Nº max. de pacientes adultos nos boxes de coleta de exame especial	6
Nº max. de pacientes infantis em espera para coleta de exame	10
Nº max. de pacientes infantis nos boxes de coleta de exame normal	2
Nº max. de pacientes infantis nos boxes de coleta de exame especial	2

Conforme os resultados apresentados na tabela 5.4, podemos notar que um aumento de 43% na demanda pelos serviços do LC gerou um acréscimo de 162% no tempo médio do paciente no sistema, sendo este superior aos 70 minutos definidos como meta de atendimento. Ao analisar o comportamento da quantidade de “fichas de coleta” aguardando pela liberação ao longo do tempo, nota-se que a curva se estabiliza aproximadamente no mesmo patamar que o cenário anterior, porém, há uma defasagem de uma hora no instante em que ocorre a estabilização devido ao aumento de demanda, conforme pode ser notado na Figura 5.3:

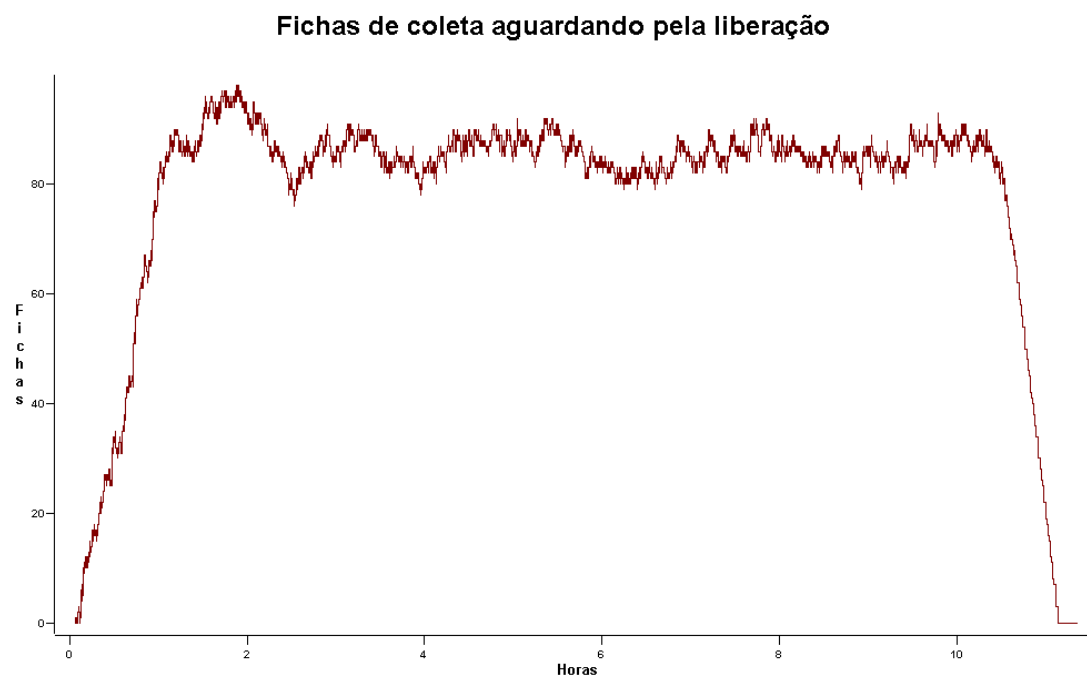


Figura 5.3 – Quantidade de “fichas de coleta” aguardando liberação (Cenário 2)

Neste cenário, como era esperado,- pelo fato de o gargalo ser a atividade de preparação e liberação da “ficha de coleta”, verifica-se novamente a ocupação total da área de espera para coleta de exames normais em pacientes adultos enquanto que os boxes destinados para este exame não são ocupados em sua totalidade. No entanto, devido à elevada demanda, essa ocupação total causa um acúmulo de pacientes nas áreas de espera anteriores à esta atividade (espera para cadastramento e fila de entrada no LC), conforme pode ser verificado na Figura 5.4:

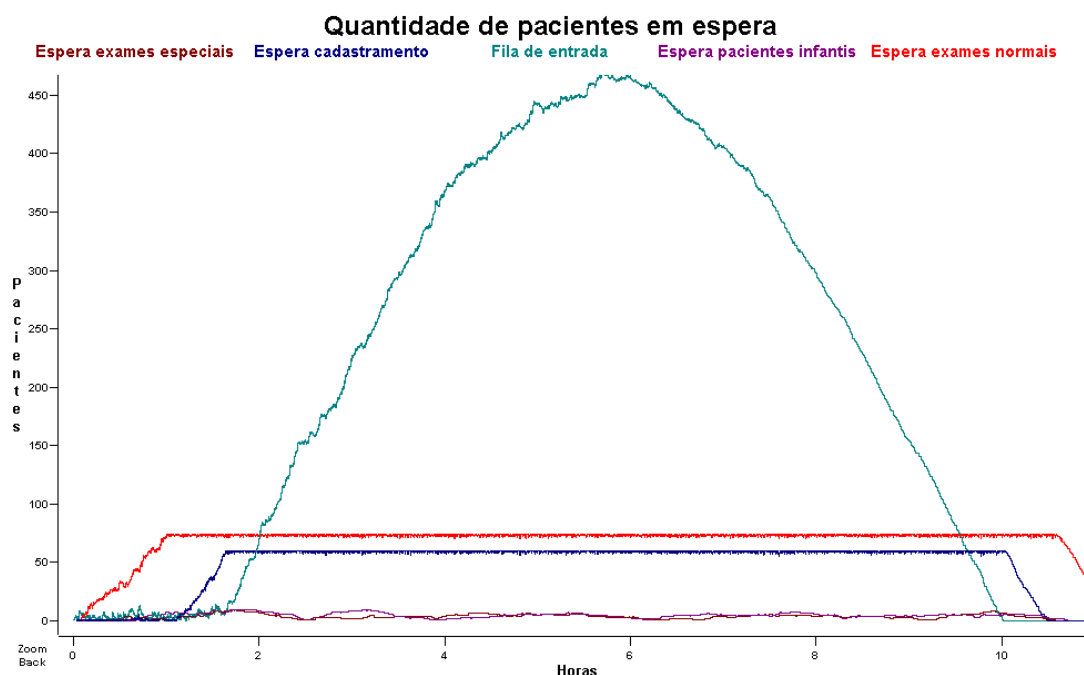


Figura 5.4 – Quantidade de pacientes em espera (Cenário 2)

Conforme pode ser observado na figura acima, aproximadamente uma hora após o início da simulação a área de espera para pacientes adultos para exames normais (vermelha) tem sua capacidade total atingida (este instante corresponde ao de estabilização da quantidade de “fichas de coleta” aguardando pela liberação). A partir deste momento, os funcionários do balcão de cadastramento esperam a liberação de vagas nesta área para que seja possível o encaminhamento dos demais pacientes, iniciando uma fila de espera para cadastramento. Em aproximadamente 30 minutos a área de espera para cadastramento encontra-se completamente ocupada fazendo com que muitos pacientes tenham que aguardar pelo atendimento na área externa ao LC.

### Cenário 3

Para a parametrização do cenário 3, buscou-se melhorar o desempenho da atividade encontrada como gargalo nos cenários 1 e 2. Esta atividade consiste na impressão e posterior liberação da “ficha de coleta” de cada paciente. Nos cenários anteriores esta atividade foi desempenhada por quatro funcionários do LC. Visando

reduzir o tempo de permanência interna dos pacientes, e conseqüentemente, aumentar o nível de serviço do LC, o número de funcionários designados ao desempenho desta atividade neste cenário será aumentado de quatro para cinco funcionários.

Quanto às instalações, pudemos verificar nos cenários anteriores que a área de espera para coleta de exames especiais em pacientes adultos possui uma capacidade muito superior à necessária. Para este cenário, iremos reduzi-la de 50 para 25 lugares. Desta forma, a parametrização do Cenário 3 fica conforme a apresentada na Tabela 5.5.

**Tabela 5.5 – Parametrização do Cenário 3**

<b>Cenário 3</b>	
Atendentes no balcão de triagem	3
Capacidade da área de espera para cadastramento	60
Cabines para cadastramento de paciente normal	8
Cabines para cadastramento de paciente especial/infantil	3
Cabines para entrega de coletas domiciliares	2
Número de funcionários na preparação da "ficha de coleta"	5
Capacidade da área de espera para coleta de exames normais (adultos)	74
Boxes para coletas de exames normais (adultos)	26
Capacidade da área de espera para coleta de exames especiais (adultos)	25
Boxes para coletas de exames especiais (adultos)	6
Capacidade da área de espera para coleta de exames infantis	10
Boxes para coletas de exames normais (infantis)	2
Boxes para coletas de exames especiais (infantis)	2
Pacientes adultos para coleta de exames normais	954
Pacientes adultos para coleta de exames especiais	48
Pacientes infantis para coleta de exames normais	32
Pacientes infantis para coleta de exames especiais	1
Pacientes para entrega de coletas domiciliares	51
Número total de pacientes	1086

Os resultados obtidos na simulação deste cenário podem ser verificados na Tabela 5.6.

**Tabela 5.6 - Dados de saída do modelo para o Cenário 3**

<b>Dados de saída</b>	
Tempo médio do paciente no sistema (em minutos)	21.61
Nº max. de pacientes na fila de entrada	10
Nº max. de pacientes em espera para cadastramento	6
Nº max. de pacientes adultos em espera para coleta de exame normal	74
Nº max. de pacientes adultos nos boxes de coleta de exame normal	17
Nº max. de pacientes adultos em espera para coleta de exame especial	5
Nº max. de pacientes adultos nos boxes de coleta de exame especial	4
Nº max. de pacientes infantis em espera para coleta de exame	4
Nº max. de pacientes infantis nos boxes de coleta de exame normal	2
Nº max. de pacientes infantis nos boxes de coleta de exame especial	1

A partir da tabela de resultados apresentada acima, verifica-se que o aumento em 25% na capacidade da atividade encontrada como gargalo do sistema nos cenários anteriores proporciona uma redução de 64% no tempo médio de permanência dos pacientes no LC para um nível de serviço de 80%. No entanto, a atividade de preparação e liberação da ficha coleta continua sendo o gargalo do sistema, visto que houve um acúmulo de pacientes na área de espera para coleta de exames normais em pacientes adultos enquanto havia boxes disponíveis para coleta deste exame, conforme pode ser verificado na Figura 5.5.

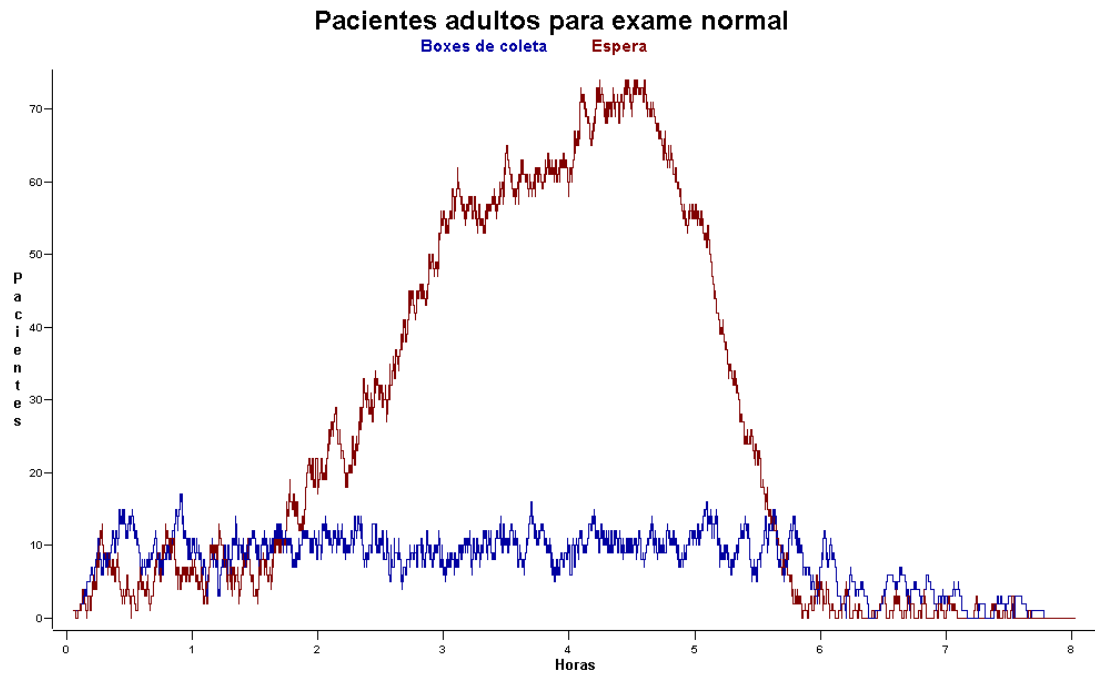


Figura 5.5 – Quantidade de pacientes adultos em espera e efetuando coleta de exame normal ao longo da simulação (Cenário 3)

#### Cenário 4

Este cenário será parametrizado de forma análoga ao cenário anterior, tendo somente a demanda como alteração. Os valores utilizados na parametrização podem ser verificados na Tabela 5.7.

**Tabela 5.7** – Parametrização do Cenário 4

<b>Cenário 4</b>	
Atendentes no balcão de triagem	3
Capacidade da área de espera para cadastramento	60
Cabines para cadastramento de paciente normal	8
Cabines para cadastramento de paciente especial/infantil	3
Cabines para entrega de coletas domiciliares	2
Número de funcionários na preparação da "ficha de coleta"	5
Capacidade da área de espera para coleta de exames normais (adultos)	74
Boxes para coletas de exames normais (adultos)	26
Capacidade da área de espera para coleta de exames especiais (adultos)	25
Boxes para coletas de exames especiais (adultos)	6
Capacidade da área de espera para coleta de exames infantis	10
Boxes para coletas de exames normais (infantis)	2
Boxes para coletas de exames especiais (infantis)	2
Pacientes adultos para coleta de exames normais	1331
Pacientes adultos para coleta de exames especiais	67
Pacientes infantis para coleta de exames normais	74
Pacientes infantis para coleta de exames especiais	8
Pacientes para entrega de coletas domiciliares	77
Número total de pacientes	1557

Na tabela 5.8 encontram-se alguns dos principais dados de saída do modelo.

**Tabela 5.8** - Dados de saída do modelo para o Cenário 4

<b>Dados de saída</b>	
Tempo médio do paciente no sistema (em minutos)	92,08
Nº max. de pacientes na fila de entrada	291
Nº max. de pacientes em espera para cadastramento	60
Nº max. de pacientes adultos em espera para coleta de exame normal	74
Nº max. de pacientes adultos nos boxes de coleta de exame normal	16
Nº max. de pacientes adultos em espera para coleta de exame especial	8
Nº max. de pacientes adultos nos boxes de coleta de exame especial	3
Nº max. de pacientes infantis em espera para coleta de exame	10
Nº max. de pacientes infantis nos boxes de coleta de exame normal	2
Nº max. de pacientes infantis nos boxes de coleta de exame especial	2

De acordo com a Tabela 5.8 verifica-se que no dia de pico houve uma redução no tempo médio de permanência do paciente no LC com a parametrização proposta no cenário de 41% em relação ao Cenário 2 (não sendo ainda esta redução suficiente para atingir o tempo de 70 minutos). Entretanto, é verificado neste o efeito ocorrido no Cenário 2 de acúmulo de pacientes nas áreas de espera em decorrência da ocupação total da área de espera para coleta de exames normais em pacientes adulto, conforme pode ser observado na Figura 5.6:

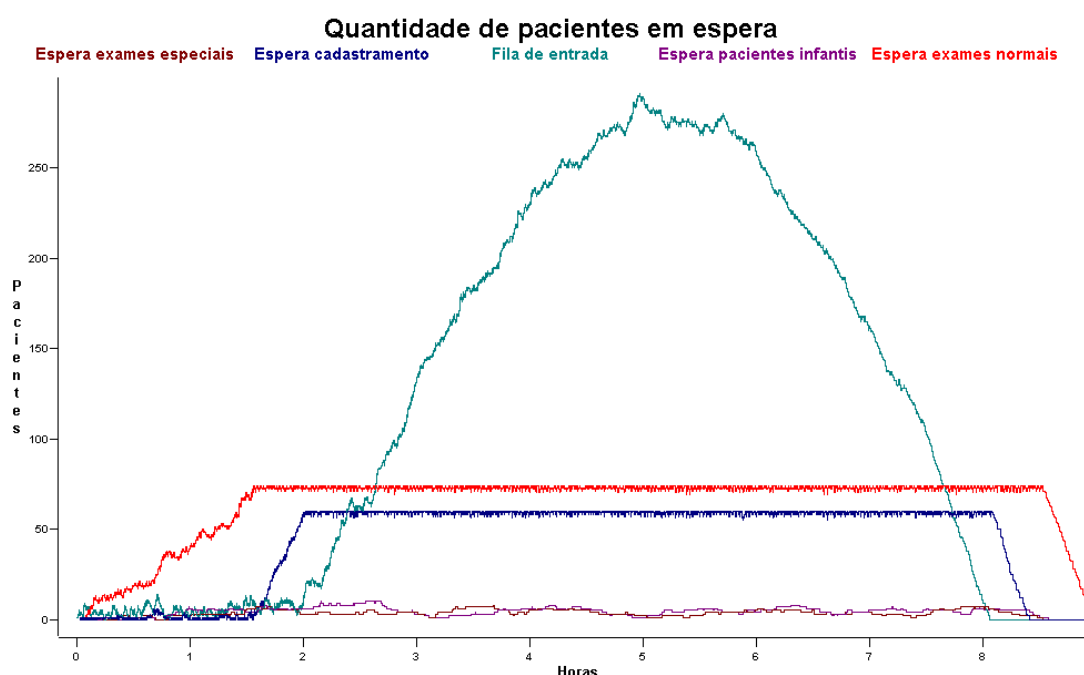


Figura 5.6 – Quantidade de pacientes em espera (Cenário 4)

## 5.2 Informação dos resultados

De acordo com os cenários analisados acima, pode ser verificado que a atividade de preparação e liberação da “ficha coleta” representa o gargalo do sistema, mesmo após a melhoria implementada nos Cenários 3 e 4. A animação gráfica fornecida pelo simulador também foi importante para esta constatação, além de demonstrar que o fluxo interno de pacientes no LC está ocorrendo de forma ordenada e previsível, demonstrando que a escolha do arranjo físico celular foi correta.



A tabela 5.9 contém os principais resultados obtidos nos cenários simulados:

**Tabela 5.9** – Principais resultados da simulação

<b>Garagalo do sistema: Preparação e liberação da "ficha coleta"</b>		
Nº de funcionários desempenhando a atividade	Nível de serviço almejado na simulação	Tempo médio de permanência no LC (min)
4	80%	60.17
	100%	157.99
5	80%	21.61
	100%	92.08

Os resultados obtidos foram bastante satisfatórios quando simulados com um nível de serviço mínimo de 80% para as duas configurações do sistema, visto que o tempo de permanência interna dos pacientes almejado pelo LC é de no máximo 70 minutos. No entanto quando simulado para atender a um dia crítico, nos dois casos o tempo médio de permanência ainda é superior ao limite máximo.

Para determinar com maior precisão o nível de serviço para as configurações, seria necessário executar diversas simulações, alterando somente os parâmetros de demanda. No entanto, tal prática se tornou inviável devido ao prazo de conclusão do trabalho.

Através destes quatro cenários, foi possível verificar um superdimensionamento de algumas instalações, como por exemplo a área de espera para pacientes adultos de coletas de exames especiais. A redução desta área disponibiliza espaço para a instalação de salas de outros exames feitos pelo LC, que têm suas capacidades de atendimento restringidas pelo pequeno número de salas disponíveis, como é caso do GTT (teste de tolerância oral a glicose).

Como sugestão de melhoria no atendimento, o número de funcionários designados a atividade de preparação e liberação da “ficha de coleta” deverá ser aumentado nos dias em que a demanda seja elevada. Para isso, será necessário efetuar um remanejamento de funcionários de atividades que não sejam críticas. Como já é conhecido, esses dias ocorrem principalmente às segundas-feiras.

## **6. CONCLUSÃO**

Este trabalho teve como objetivo desenvolver um modelo de simulação que auxilie o LC a dimensionar as instalações a partir dos gargalos encontrados e avaliar o impacto dessas alterações na melhoria de atendimento através do tempo médio de permanência dos pacientes nas áreas internas ao LC.

Apesar de ter sido possível somente a simulação de algumas variações de cenário neste trabalho devido ao tempo de conclusão do mesmo, o simulador desenvolvido mostrou-se muito eficiente com relação ao que foi idealizado, tendo potencial para se transformar em uma importante ferramenta de decisão para verificação da viabilidade de alterações na configuração do LC.

O dimensionamento das áreas que não representaram o gargalo do sistema nos cenários simulados é uma análise relevante e que também pode trazer ganhos de produtividade ao LC pois podem destinar espaço para a instalação de boxes de coleta de exames críticos (não devido à demanda, mas ao elevado tempo para coleta, o que reduz a capacidade de atendimento) que não foram abordados neste trabalho. Conforme pode-se verificar, os boxes para coleta tanto de exames normais quanto especiais em pacientes adultos estavam superdimensionados, assim como a área de espera para pacientes adultos de exames especiais.

Como desdobramento deste projeto, podem ser desenvolvidos outros tipos de modelo visando auxiliar o LC no dimensionamento de recursos. Um possível projeto, poderia ser a simulação da área de PDA, agindo de forma integrada à demanda de exames provenientes dos boxes de coleta, permitindo uma visualização global dos processos do LC.

## BIBLIOGRAFIA

AUSTIN, C. J.; BOXERMAN, S. B. **Quantitative Analysis for Health Services Administration**. Michigan, Aupha, 1995

BATEMAN, R. E.; BOWDEN, R. G.; GOGG, T. J.; HARREL, C. R.; MOTT, J. R. A. **System Improvement Using Simulation**. Utah, PROMODEL CORPORATION, 1997.

DA SILVA, E. M.; DA SILVA, E. M.; GONÇALVES, V.; MUROLO, A. C. **Pesquisa Operacional** São Paulo, Atlas, 1995

GORDON, G. **System Simulation**, 2<sup>nd</sup> ed. Prentice-Hall, 1978.

HARREL, C.; GHOSH, B. K.; BOWDEN, R. **Simulation Using ProModel**. Orem, McGraw-Hill, 2000.

JUN, J. B.; JACOBSON, S. H.; SWISHER J. R. Application of discrete-event simulation in a health care clinics: a survey. **Journal of the Operation Research Society**, n. 50. p. 109-123, 1999.

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

PRITSKER, A. B. **Introduction to Simulation and SLAM II**. New York, Halsted Press, 1986.

PROMODEL CORPORATION INC. **ProModel User's Guide**. ProModel Corporation INC: Orem, 2002

SCHRIBER, T. J. **An introduction of simulation using GPSS/H**. New York, John Wiley & Sons, 1991.

SHANNON, R. E. **Systems Simulation: The Art and Science**. Prentice-Hall, 1975.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNTON, R. **Administração da Produção**. Trad. de Ailton Bonfim Brandão *et. al.* São Paulo, Atlas, 1997.

THENSEN, A.; TRAVIS, L. E. Introduction to simulation. In: PROCEEDINGS OF THE 1990 WINTER SIMULATION CONFERENCE. New Orleans, 1990.

WISTON, W. L. **Operations Research**, 4<sup>nd</sup> ed. Indiana, Thomson, 2004



