

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES E GEOTECNIA  
NUCLETRANS – NÚCLEO DE TRANSPORTES**

**CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM  
LOGÍSTICA ESTRATÉGICA E SISTEMAS DE TRANSPORTE**

**O USO DA SIMULAÇÃO PARA AVALIAR O CONGESTIONAMENTO NA  
FILA DE ESPERA NA TRIAGEM NOS SERVIÇOS DE URGÊNCIA**

**Monografia**

**Hellen Rose Bittencourt Drumond**

**Belo Horizonte, 2011**

**HELLEN ROSE BITTENCOURT DRUMOND**

**O USO DA SIMULAÇÃO PARA AVALIAR O CONGESTIONAMENTO NA  
FILA DE ESPERA NA TRIAGEM NOS SERVIÇOS DE URGÊNCIA**

Trabalho apresentado ao Curso de Especialização em Logística Estratégica e Sistemas de Transporte, da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do Título de Especialista em Logística Estratégica e Sistemas de Transporte.

Orientador: Professora Renata L. M. de Oliveira

Belo Horizonte, 2011

# **O USO DA SIMULAÇÃO PARA AVALIAR O CONGESTIONAMENTO NA FILA DE ESPERA NA TRIAGEM NOS SERVIÇOS DE URGÊNCIA**

**Hellen Rose Bittencourt Drumond**

Este trabalho foi analisado e julgado adequado para a obtenção do título de Especialista em Logística Estratégica e Sistemas de Transporte e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora.

**BANCA EXAMINADORA**

Prof.<sup>a</sup> Renata L. M. de Oliveira

Orientador

Prof.<sup>a</sup> Leise Kelly de Oliveira

Avaliador

## DEDICATÓRIA

Dedico este estudo a minha mãe Marilandes (*in memoriam*), que se aqui estivesse estaria orgulhosa pelo alcance desse objetivo.

Ao meu pai e aos meus irmãos, pelo auxílio e afetividade.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço em primeiro lugar a Deus por estar sempre presente em minha vida,

A todos os mestres que ministraram aulas admiráveis, e em especial a minha orientadora Prof. Renata Oliveira, e ao Coordenador do CELEST, Prof<sup>o</sup> David Magalhães, sem o direcionamento de vocês, nada teria sido possível.

A todos os colegas de turma, em especial a Joselena, pela parceria e pela disseminação do conhecimento adquirido.

À querida Ana secretária do CELEST, pelos lanches deliciosos, pela dedicação e atenção.

## EPÍGRAFE

*“Muitos dos fracassos desta vida estão concentrados nas pessoas que desistiram por não saberem que estavam muito perto da linha de chegada.”*

**Thomas Edison**

## RESUMO

Esta monografia teve seu foco no desenvolvimento de uma proposta para avaliar o congestionamento causado pela fila de espera na triagem dos serviços de Urgência e Emergência em um hospital público. Para alcançar este objetivo foi realizada uma pesquisa aplicada, com abordagem quantitativa e descritiva, utilizando como meio de investigação a revisão bibliográfica e a coleta de dados de um hospital público de Belo Horizonte. A análise teórica abordou os conceitos essenciais para o entendimento do tema com ênfase para modelagem de sistemas, classificando o modelo e definindo o processo de modelagem. Mereceu destaque a problemática da fila com foco para a Teoria das Filas, Simulação, aplicação e configuração além dos fatores caracterizadores das filas, para a posterior explicação sobre o uso do Arena em simulação. A parte prática descreve o sistema atual, os dados coletados da triagem e as formas de interpretações dos dados relacionados ao simulador Arena. Os resultados comparativos a partir do uso da simulação indicam o cenário mais adequado quanto ao nível de serviço no atendimento em um hospital público de Belo Horizonte.

**Palavras chave:** Teoria das Filas, Simulação, Modelagem de Sistemas, Sistema Arena.

# SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	
LISTA DE FIGURAS .....	
LISTA DE ABREVIATURAS .....	
LISTA DE SÍMBOLOS .....	
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. Definição do Problema .....	1
1.2. Objetivo Geral .....	2
1.3. Objetivos Específicos.....	2
1.4. Justificativa do Tema .....	3
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
2.1. TRIAGEM.....	4
2.2. Tipos de Sistemas de triagem .....	4
2.3. MODELAGEM DE SISTEMAS .....	9
2.3.1. APLICAÇÕES DE SIMULAÇÃO .....	10
2.4. TEORIAS DAS FILAS.....	11
2.4.1. Elementos de uma Fila .....	11
2.4.2. Características de uma fila.....	12
2.4.2.1. População.....	12
2.4.2.2. Processo de chegada .....	12
2.4.2.3. Processo de Atendimento .....	13
2.4.2.4. Disciplina da Fila.....	14
2.4.3. O Mecanismo de Serviço .....	14
2.4.4. Usando o Arena em simulação .....	17
3. APLICAÇÃO DA SIMULAÇÃO PARA AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE SERVIÇO DA TRIAGEM DE UM HOSPITAL PÚBLICO EM BELO HORIZONTE .....	18
3.1. Descrição do modelo atual.....	18
3.1.1. Definição do Problema .....	18
3.1.2. Formulação e construção do modelo .....	18
3.1.3. Análise e validação do modelo.....	19

3.1.4.	Fatores caracterizadores da Fila.....	19
3.1.5.	Classificação e configuração do sistema atual.....	20
3.1.5.1.	Fluxograma do sistema de atendimento.....	21
3.1.6.	Análise dos processos de chegada.....	22
3.1.7.	Análise dos processos de atendimento.....	24
3.2.	Aplicações da simulação computacional.....	27
3.2.1.	Análise dos resultados da simulação.....	29
4.	CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.....	30
	Bibliografia:.....	31
	ANEXOS.....	32

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Fluxograma do STM.....	6
Tabela 2	Categorias de urgência do STM.....	8
Tabela 3	Ritmos de chegada de Pacientes.....	22
Tabela 4	Ritmos x Freqüências.....	23
Tabela 5	Duração do Atendimento na Triagem.....	25
Tabela 6	Dados reais x exponencial negativa.....	26
Tabela 7	Dados reais x exponencial negativa.....	26
Tabela 8	Relatório do Arena.....	29

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Fluxograma “Indisposição no Adulto” Do STM.....	7
Figura 2	Elementos de uma Fila.....	12
Figura 3	Canal único, fase única.....	14
Figura 4	Canais múltiplas, fase única.....	15
Figura 5	Canal único, fases múltiplas.....	15
Figura 6	Canais múltiplos, fases múltiplas.....	15
Figura 7	Sistemas de Filas.....	20
Figura 8	Fluxograma da Triagem no SU.....	21
Figura 9	Processo de chegada:dados x Poisson.....	32
Figura 10	Carga de dados Input Analyser (chegada).....	33
Figura 11	Carga de dados Input Analyser (chegada).....	33
Figura 12	Carga de dados Input Analyser (atendimento).....	34
Figura 13	Carga de dados Input Analyser (atendimento).....	34
Figura 14	Lógica modelo 1.....	28
Figura 15	Lógica modelo 2.....	28

## LISTA DE ABREVIATURAS

**SNS** – Serviço Nacional de Saúde

**ST**- Sistema de Triagem

**SU**- Serviço de Urgência

**SUS** – Sistema Único de Saúde

**PS** – Pronto Socorro

**STM** – Sistema de Triagem de Manchester

**TA** – Tempo médio de atendimento ou de serviço

## LISTA DE SÍMBOLOS

- $\lambda$  - Ritmo médio de chegada
- $\mu$  - Ritmo médio de atendimento de cada atendente

## 1. INTRODUÇÃO

No Sistema Único de Saúde (SUS) sempre foi realizada uma forma de triagem nos serviços de urgência e emergência.

Na maioria dos casos, é um porteiro a realizar esse serviço. O paciente é recebido por um funcionário administrativo, que, em uma recepção, ouve o relato do paciente e o encaminha para a enfermaria, onde o mesmo será triado. Não existia um padrão de triagem e classificação de risco. A recepção dos pacientes era feita de forma inadequada, sem qualidade no atendimento, fazendo com que pacientes em situação de emergência não tivessem prioridade no atendimento.

A expectativa de acesso rápido ao atendimento médico é crescente em nossa população, embora os Prontos Socorros (PS) não possuam estrutura física, recursos humanos e equipamentos adequados para atendimento a tal demanda. Com a grande demanda de serviço no sistema de urgência, os profissionais e gestores do serviço de saúde decidiram implantar um sistema de triagem de prioridades de classificação de risco nos serviços de emergência.

A utilização da classificação de risco num PS requer equipes envolvidas, preparadas e capazes de identificar as necessidades e prioridades dos pacientes, para que as situações estabelecidas no protocolo sejam avaliadas de forma correta, com o objetivo de garantir qualidade da assistência, pela padronização do atendimento e dar prioridade a pacientes mais graves.

### 1.1. Definição do Problema

As filas existem em ambiente de todos os tipos, órgãos públicos, indústrias, hospitais, bancos, supermercados; etc. Trata-se de um problema cotidiano, cujas conseqüências são pessoas insatisfeitas com o atendimento ou elevados custos

para os gestores do processo. Essa problemática atinge os serviços de urgência e emergência nos hospitais.

Diante disso, tem-se como problema a seguinte questão: é possível avaliar o tempo de espera nas filas dos postos de triagem dos hospitais da rede pública de saúde, utilizando da Teoria de Filas e da simulação?

A ocorrência das filas se dá devido a um conjunto de fatores interligados, que podem ser agrupados da seguinte forma:

- Fatores passíveis;
- Fatores que podem ser analisados e avaliados.

Os fatores passíveis englobam: lentidão no sistema computacional utilizado pelos atendentes, não permitindo muitas vezes, que as tarefas sejam executadas com rapidez, as eventuais ocorrências de desconexão do sistema, entre outros fatores.

Os fatores que podem ser analisados e avaliados são os seguintes: a capacidade de atendimentos do sistema, ou seja, o número de atendentes que prestam o serviço, o tempo médio gasto na fila de espera e o tempo médio gasto pelo triador nos postos de triagem.

## 1.2. Objetivo Geral

O estudo proposto tem seu foco na avaliação do nível de serviço referente ao processo de triagem em um hospital público de Belo Horizonte.

## 1.3. Objetivos Específicos

- Estruturar um referencial teórico que subsidie a aplicação ferramental proposta nesse trabalho;
- Modelar o sistema em estudo;
- Aplicar a simulação;
- Analisar e diagnosticar os resultados obtidos em cenários comparativos;

#### 1.4. Justificativa do Tema

A melhoria no atendimento nas Portas de Entrada de Urgência e Emergência do Sistema Único de Saúde (SUS) é visível. A prioridade para o atendimento passou a ser hierarquizada de acordo com a gravidade do paciente: Quem deve ser atendido imediatamente e quem pode aguardar atendimento com segurança. O acesso rápido ao atendimento médico é crescente em nossa população, embora os serviços de saúde pública não disponham de estrutura física para atendimento de tal demanda. A regulação desse atendimento como resposta à maior demanda de saúde constitui instrumento necessário de ordenação e orientação da assistência.

A realização de um estudo de avaliação do nível de serviço da Triagem de um hospital público de Belo Horizonte que utiliza o Protocolo de *Manchester* como referência. E através da bagagem teórica do tema abordado, adquirir novos conhecimentos de desenvolvimento do projeto de pesquisa e, contribuir para a solução encontrada.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. TRIAGEM

*“Triagem é um processo para mostrar a gravidade de uma doença ou lesão em todos os doentes que passam no serviço de urgência.” (Braken in Sherly,2001,p.117).*

O sistema de triagem tem o objetivo de auxiliar o profissional da saúde a identificar de forma rápida os cidadãos em situação emergente, antecipar exames complementares de diagnóstico e terapêutico ao atendimento médico, de acordo com protocolos definidos e diminuir o tempo de espera dos pacientes em situações emergentes e/ ou urgentes.

### 2.2. Tipos de Sistemas de triagem

Existem diferentes tipos de Sistemas de triagem (ST). Os ST podem distinguir-se quanto ao profissional triador, à profundidade da triagem efetuada, à existência de algoritmos de triagem (árvores decisórias), à existência de protocolos de atuação associados, ao número de categorias de urgência, ao ambiente e contexto onde se aplicam e os recursos, equipamentos e meios que envolvem. Os principais sistemas de triagem são:

- Sistema de Triagem Pré-hospitalar;
- Sistema de Triagem de Trauma;
- Sistema de Triagem Telefônica;
- Sistema de Triagem Hospitalar, ao nível do SU.

No presente trabalho será abordado em específico o sistema de triagem de prioridade de Manchester, que se enquadra dentro do sistema de triagem ao nível do sistema de urgência.

O sistema de triagem de Manchester (STM), em vigor em muitos hospitais portugueses, encontra-se acreditado pelo Ministério da Saúde, Ordem dos Médicos e Ordem dos Enfermeiros. Este sistema utiliza um protocolo clínico que possibilita a avaliação e a classificação da gravidade da situação de cada paciente que recorre ao serviço de urgência. (Grupo de Triagem de Manchester, 2002).

Após essa avaliação que é feita por um enfermeiro que lhe fará algumas perguntas, qual o motivo da sua vinda e após uma observação rápida, mas objetiva lhe atribuirá uma cor. (Grupo de Triagem de Manchester, 2002).

O processo de triagem do STM passa por identificar os critérios de gravidade inerentes à queixa apresentada pelo paciente. Para tal, há que identificar a queixa principal do paciente, escolher o fluxograma, de entre os cinquenta e dois existentes (tabela 1), que melhor se adequa à queixa identificada (Figura 1) e obter resposta afirmativa a uma das questões ou discriminadores do fluxograma

Tabela 1 - Fluxogramas do Sistema de Triagem de Manchester

1. Agressão	14. Diabetes	27. Dor torácica	40. Mordeduras e picadas
2. Asma	15. Diarréia	28. Embriaguês aparente	41. Pais preocupados
3. Auto-agressão	16. Dispnéia	29. Erupções cutâneas	42. Problemas estomatológicos
4. Bebe que chora	17. Dispnéia na criança	30. Estado de Inconsciência	43. Problemas nasais
5. Catástrofe – Avaliação Primária	18. Doença hematológica	31. Exposição a químicos	44. Problemas nos Membros
6. Catástrofe – Avaliação Secundária	19. Doença mental	32. Feridas	45. Problemas Oftalmológicos
7. Cefaléia	20. Dor testicular	33. Grande traumatismo	46. Problemas ouvidos
8. Comportamento Estranho	21. Doenças sexualmente Transmissíveis	34. Gravidez	47. Problemas urinários
9. Convulsões	22. Dor abdominal	35. Hemorragia Gastrointestinal	48. Queda
10. Corpo estranho	23. Dor abdominal na criança	36. Hemorragia vaginal	49. Queimaduras profundas e superficiais
11. Criança com Dificuldade na locomoção	24. Dor de garganta	37. Indisposição no Adulto	50. Sobre dosagem ou Envenenamento
12. Criança irritável	25. Dor lombar	38. Infecções locais e Abscessos	51. TCE – Traumatismo Craneo-encefálico
13. Criança que não se sente bem	26. Dor testicular	39. Lesão toraco-abdominal	52. Vômitos

Fonte: Diogo ( 2007).

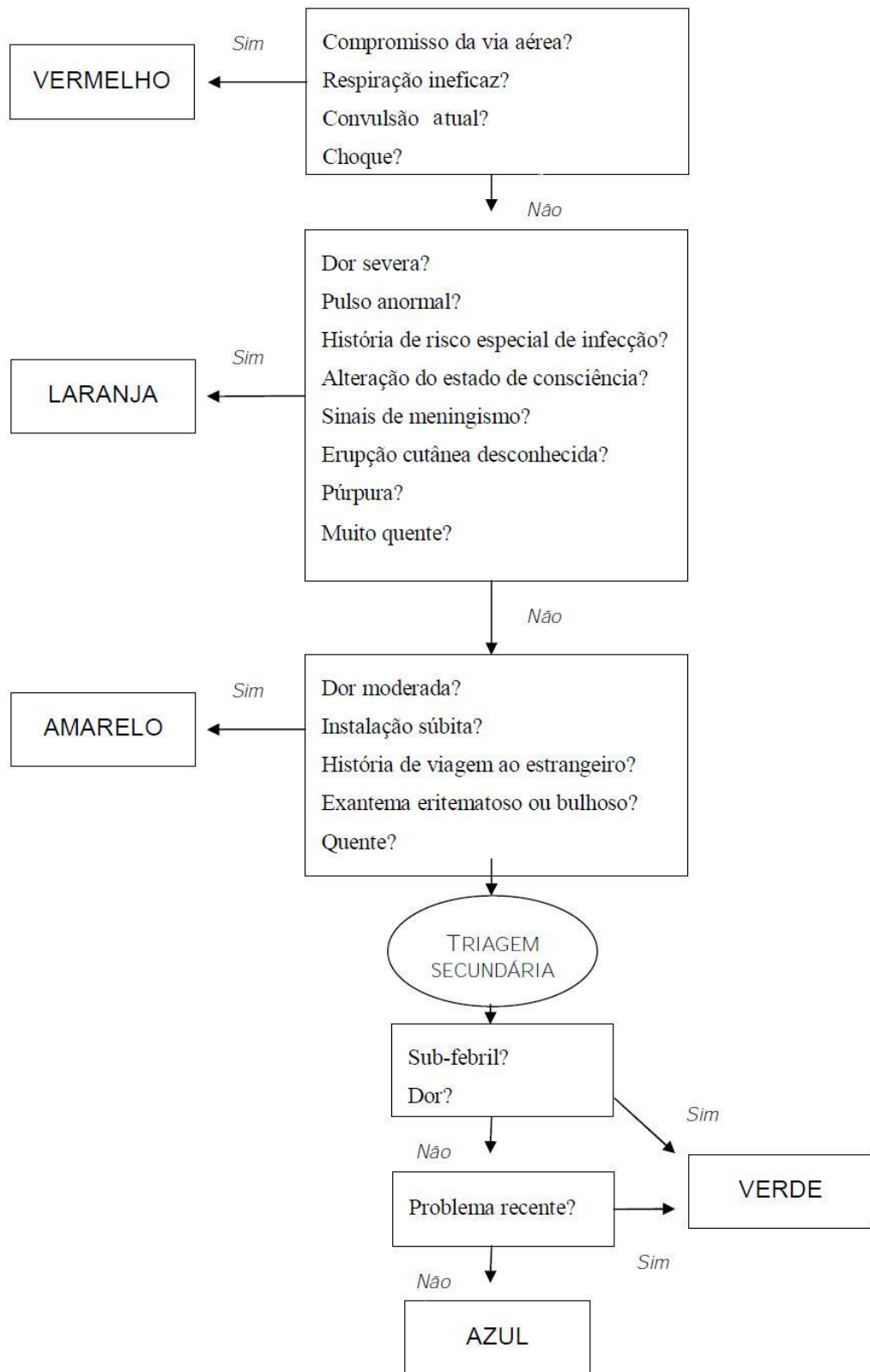


Figura 1: Fluxograma “Indisposição no adulto” do STM  
 Fonte: Diogo 2007

As questões são colocadas na ordem de cima para baixo, uma vez que as questões se apresentam por ordem decrescente de prioridade, as primeiras questões correspondem a categorias de urgência mais elevadas, portanto a situações mais graves. Deste modo, é identificado o critério de gravidade do paciente. (Australasian College for Emergency Medicine, 2005).

Os discriminadores podem ser gerais ou específicos. Os primeiros aplicam-se a todos os pacientes, independentemente da condição que apresentam. Estes se apresentam várias vezes ao longo dos fluxogramas. Os discriminadores específicos aplicam-se a casos individuais ou a pequenos grupos de apresentação e tendem a relacionar-se com características chave de condições particulares. A categoria de urgência para além de indicar a prioridade clínica com que o paciente deve ser atendido, dá também informação sobre o respectivo tempo alvo de atendimento, isto é, o tempo máximo que o paciente pode esperar, sem prejuízo do seu estado de doença e/ ou lesão. A cada categoria de urgência está associado um número e uma cor (Tabela 2) (Grupo de Triagem de Manchester, 2002).

Tabela 2. Categorias de urgência do STM.

N.º	Categoria de Urgência	Cores	Tempo Máximo de espera
1	Emergente	Vermelho	0''
2	Muito Urgente	Laranja	10'
3	Urgente	Amarelo	60'
4	Pouco Urgente	Verde	120'
5	Não Urgente	Azul	240'

Fonte: Grupo de Triagem de Manchester, 2002.

A categoria emergente entrará de imediato no serviço a que se destina. A muito urgente ou urgente entrará para uma sala de espera interna onde o médico o chamará para ser observado e tratado, e a categoria pouco urgente ou não urgente aguardará na sala de espera a sua vez, que será quando não houver doentes mais graves para serem tratados.

### 2.3. MODELAGEM DE SISTEMAS

O objetivo básico do processo é alcançar uma compreensão da realidade, os modelos devem ser formulados de modo a captar apenas os elementos fundamentais no processo, simplificando ao máximo o método de solução a ser utilizado. (GOLDBARG & LUNA, 2005). Quando se fazem estudos de planejamento, é comum se deparar com problemas de fluxo cuja solução demonstra ser de alta complexidade (PRADO, 1999).

Existem vários cenários onde pode ser aplicada a modelagem como, uma fábrica, o trânsito de uma cidade, um porto, uma mineração, onde queremos saber para aquele cenário qual o melhor *layout* ou a melhor distribuição dentro do sistema que está a ser estudado e qual a quantidade correta de equipamentos.

O ideal é que sejam desenvolvidos meios que permitam um funcionamento eficiente, otimizado ou mais adequado, sem grande elevação nos custos, visando que os usuários fiquem satisfeitos com o ambiente ou com o serviço oferecido.

A modelagem de sistemas pode ser feita por duas técnicas disponíveis: Teoria das Filas e a simulação. A mais utilizada é a simulação. “Teoria das filas é um método analítico que aborda o assunto por meio de fórmulas matemáticas. Já a simulação é uma técnica que, usando o computador digital, se monta um modelo que melhor irá representar o sistema em estudo” (PRADO, 2004b). Simular significa reproduzir o fluxo de um sistema real. Existem programas de computador modernos que permite ser visualizado na tela o real funcionamento do sistema. É uma ferramenta que auxilia na tomada de decisão, que oferece a possibilidade de avaliar o comportamento dinâmico de um sistema, sem a necessidade de interferência no sistema real. Podendo assim avaliar elementos críticos do sistema. Podem-se avaliar novas idéias e soluções e planejar novos projetos. (PRADO, 2004b).

### 2.3.1. APLICAÇÕES DE SIMULAÇÃO

Na sociedade, a simulação pode ser aplicada em várias situações, em diversas áreas, começando do setor de produção em uma manufatura até o movimento de papéis em um escritório. (PRADO, 1999).

-Linhas de Produção: é a área onde se tem apresentado a maior quantidade de aplicações de modelagem.

Nessa área vários casos podem ser analisados, como: modificar sistemas que já existem, planejar um novo setor de produção com o melhor fluxo e planejar um modelo de estoques onde gere o ponto de um pedido e quantidade do pedido.

-Logística: Transportes sejam eles ferroviários, marítimo, aéreo, rodoviário, etc. Tráfego de uma cidade.

-Bancos, Supermercados, Hospitais, Órgãos Públicos: Minimizar congestionamento das filas.

## 2.4. TEORIAS DAS FILAS

Considerando uma instalação ou sistema onde se execute um serviço alguns elementos ou cliente chegam ao sistema para solicitar um serviço ou trabalho. Tais elementos podem ser pessoas buscando atendimento hospitalar, navios para serem descarregados ou carregados em um porto, ou equipamentos danificados que solicitem de reparos. Quando a demanda ocorre mais que o esperado, os clientes podem ter que aguardar o atendimento, assim como pode acontecer ociosidade por parte das instalações. O problema de filas nos mais diversos sistemas compreende a existência de um fluxo de clientes ou usuários requerendo atendimento, sendo que a capacidade de atendimento do sistema possui restrições, que podem ser o período de atendimento, o número de postos de atendimento ou ambos, ou outros. (Shamblin, 1979).

Filas ocorrem freqüentemente. Novaes (1975) diz que:

*“... é uma constante na nossa vida cotidiana. Nós a enfrentamos com bom ou mau humor, ou até com indiferença (...) já o analista de transporte enfrenta problemas em que as filas surgem com implicações econômicas sérias, exigindo um tratamento racional do fenômeno” (Novaes, 1975).*

### 2.4.1. Elementos de uma Fila

A figura 2 mostra os elementos básicos que compõem uma fila. Nela temos uma população, onde surgem clientes que forma uma fila e que aguardam por algum tipo de serviço. A Fila é o numero de clientes esperando atendimento. O termo cliente é usado de forma genérica, mas pode ser designada por uma pessoa, máquina, peças. Pode-se usar também como se fosse uma entidade. O atendimento é constituído de um ou mais servidores.

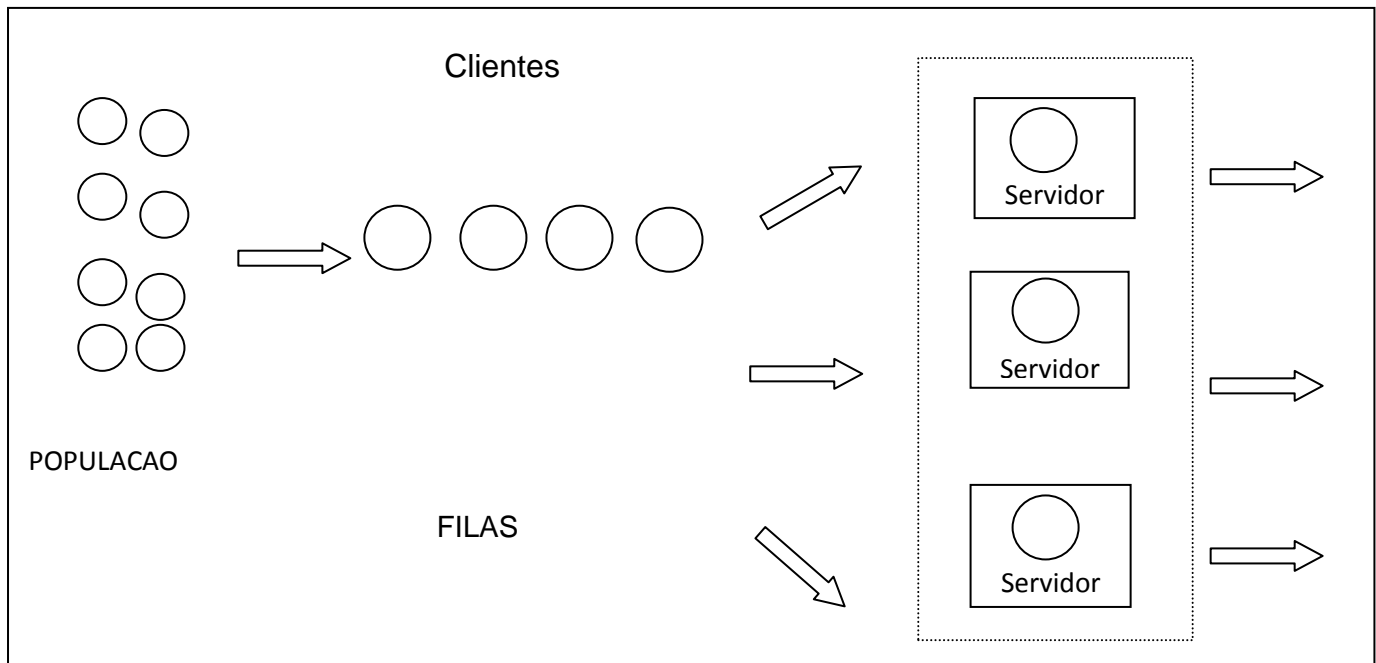


Figura 2 – Elementos de uma fila  
 Fonte: Shamblin, 1979.

## 2.4.2. Características de uma fila

### 2.4.2.1. População

A população é o grupo de onde vêm os clientes, e é considerada infinita quando o seu tamanho é bastante grande a ponto da chegada de um cliente não afetar de modo significativo a probabilidade ou taxa de chegada dos próximos clientes. Existe também a situação contrária onde a população é considerada finita.

### 2.4.2.2. Processo de chegada

O processo de chegada (clientes por unidade de tempo) é aquela aonde os clientes chegam para serem atendidos. Consideramos como exemplo um posto de gasolina com 5 bombas. Podemos constatar, por exemplo, que o processo de chegada entre 9 e 10 da manhã pode ser definido por 20 automóveis por minuto. É um valor médio,

pois não significa que sempre no intervalo de 1 minuto chegará o segundo automóveis. Em alguns intervalos de 1 minuto pode verificar a chegada de 5,15, 20 ou até de 40 automóveis.

Resumindo as informações acima, pode-se dizer do processo de chegada dizendo que a taxa média de chegada é de 20 veículos por minuto ou que o intervalo médio entre chegadas é de 3 segundos.

Podemos encontrar também outro sistema de filas que possui exatamente os mesmos valores médios acima citados, mas com diferentes variações entorno da média (por exemplo, uma situação em que se observa que os intervalos entre chegadas estão entre 0 e 10 segundos). Esse sistema terá um comportamento diferente do primeiro exemplo citado, pois esse não terá apenas valores médios, será necessário também mostrar como os valores se distribuem em torno da média.

#### 2.4.2.3. Processo de Atendimento

Refere-se à disponibilidade do sistema, considerando-se o número de postos de atendimento em paralelo aos usuários e a duração do atendimento – o “tempo de

Atendimento. O tempo em que o posto de atendimento ou “servidor” fica sem usuários para atender denomina-se “tempo ocioso”. Em sistemas com mais de um posto de atendimento em paralelo atendendo a uma única fila, considera-se também o princípio da homogeneidade, ou seja, que cada posto possui características semelhantes, de forma que a mesma distribuição de frequências dos tempos de atendimento se aplique a todos.

Novaes (1975) aconselha que em todos os casos que impliquem numa difícil modelagem, seja feita ,uma análise preliminar através de um modelo matemático simplificado e em seguida se façam testes do modelo através de ferramentas de simulação, levando-se em conta os aspectos desconsiderados anteriormente.

#### 2.4.2.4. Disciplina da Fila

Mostra como os usuários são escolhidos nas filas para atendimento segue abaixo alguns exemplos:

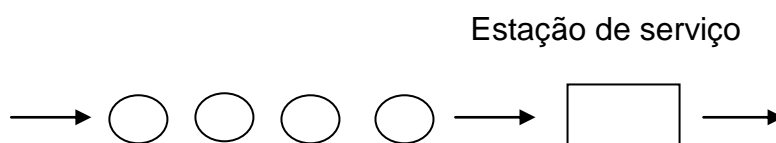
- FIFO (first in, first out) – o primeiro que entra e o primeiro que sair;
- LIFO (last in, first out) – o último a entrar é o primeiro a sair;
- SIRO (Selection In Random Order) – seleção aleatória, sem nenhum critério específico
- Fila com esquema de prioridade, ou seja, a chamada para receber serviço obedece a um esquema de prioridade. (PRADO, 1999).

#### 2.4.3. O Mecanismo de Serviço

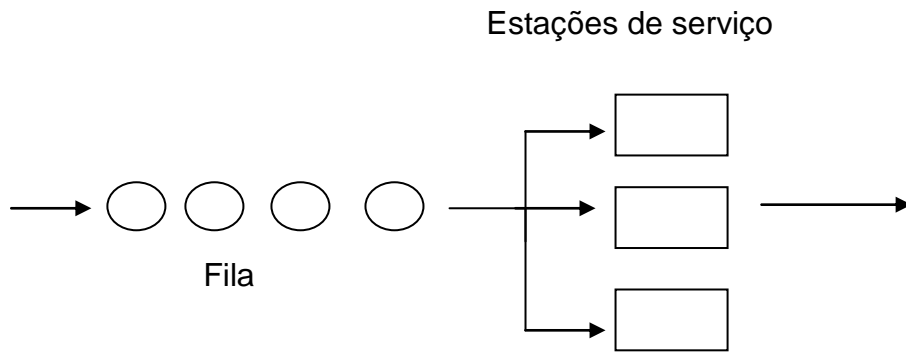
Um sistema de fila pode ser, genericamente, catalogado em 4 estruturas básicas conforme o seu esquema de prestação de serviço.

Conforme abaixo, podemos ter:

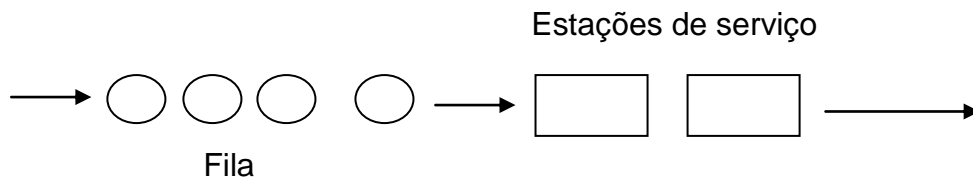
- canal único, fase única; (Figura 3)



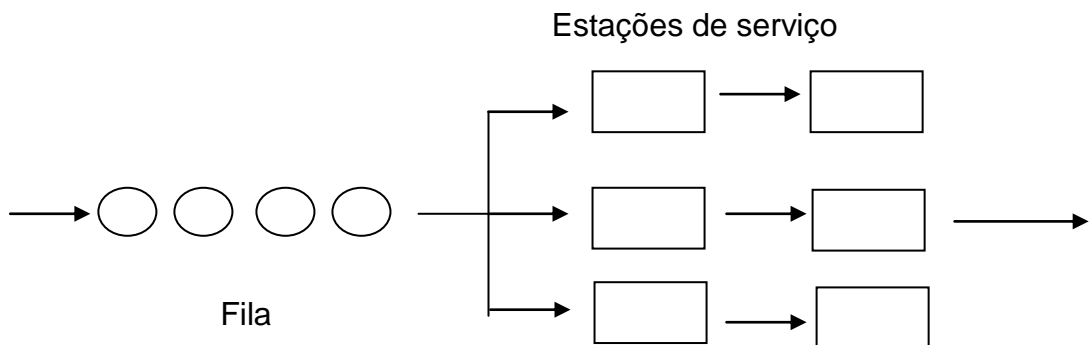
- canais múltiplos, fase única (Figura 4);



- canal único, fases múltiplas (Figura 5);



- canais múltiplos, fases múltiplas (figura 6).



O número de canais é simplesmente o número de estações de serviço paralelas que prestam serviço às chegadas.

O número de fases, por outro lado, indica o número de etapas seqüenciais que cada chegada individual tem que passar.

Na figura 3 seria um pequeno posto bancário com somente um caixa para atendimento.

Na figura 4 seria o caso de uma agência bancária com fila única e várias caixas.

Para exemplificar na figura 5, poderíamos citar um pequeno hospital onde o paciente recebe um atendimento inicial por parte de um médico residente e a seguir é atendido pelo médico titular.

Se tivéssemos vários residentes e vários médicos teriam um exemplo da figura 6.

Podemos, sem muito esforço, identificar vários tipos de filas conhecidas que não se encaixam nas 4 categorias básicas. Isto é esperado, pois estas são apenas as categorias básicas.

Para esquemas de filas mais complexos, a dificuldade em se obter soluções analíticas é imensa e, na maioria das vezes, inviável.

Como no processo de chegada, na grande maioria dos sistemas de filas, a duração do serviço prestado é aleatória e para descrevê-la precisamos definir uma distribuição probabilística. (Shamblin, 1979.)

#### 2.4.4. Usando o Arena em simulação

Arena é um software de simulação de processos, foi lançado em 1993 pela empresa *Systems Modeling* (PRADO,1999).

A simulação de processos é uma das ferramentas para estudo de sistemas podendo ser feita através do uso de protótipos, encontrar solução analítica ou implementar modelos para simulação. O Arena se enquadra no último caso, onde fornece uma interface gráfica, permitindo elaboração de um modelo de simulação. É uma ferramenta eficaz no auxílio a tomada de decisões dentro da empresa. Permite testar novas idéias e projetos, permite dizer antes o que pode acontecer sem ter que alterar qualquer coisa no ambiente físico. Ele possui algumas ferramentas úteis:

- INPUT ANALYSER – realiza a análise estatística dos dados de entrada do sistema, permitindo determinar a distribuição que melhor se ajusta aos dados para entrada no simulador;
- OUTPUT ANALYSER – permite analisar dados coletados durante a simulação, onde essa análise pode ser gráfica e tem condição de realizar comparações estatísticas;
- ARENA Viewer – visualizador da simulação.

### **3. APLICAÇÃO DA SIMULAÇÃO PARA AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE SERVIÇO DA TRIAGEM DE UM HOSPITAL PÚBLICO EM BELO HORIZONTE**

#### **3.1. Descrição do modelo atual**

O cenário analisado para a modelagem de sistema é a triagem nos postos de atendimento no serviço de Urgência/Emergência, com o objetivo de analisar e diagnosticar o processo de atendimento utilizando simulação.

A técnica utilizada é a simulação com o programa Arena que utilizando o computador reproduzirá o funcionamento do sistema em estudo.

##### **3.1.1. Definição do Problema**

O congestionamento na porta dos hospitais públicos no SU ocorre quando pacientes chegam todos ao mesmo tempo querendo ser atendidos rapidamente. Essa ocorrência faz com que aumente o tempo de espera na fila.

Diante disso, como avaliar o congestionamento causado pela fila de espera nos postos de triagem no SU em um hospital público de Belo Horizonte?

##### **3.1.2. Formulação e construção do modelo**

Na construção algumas variáveis que constituem o modelo são controláveis, tais como:

- a) Tempo de espera na fila, pois é possível diminuí-lo;
- b) Quantidade de atendentes;

**Outras variáveis não podem ser controladas, tais como:**

- a) Intervalo entre chegadas, uma vez que não é possível controlar quantos pacientes chegarão em determinado tempo ;

**3.1.3. Análise e validação do modelo**

A análise e validação são feitas por método do uso do simulador Arena. O objetivo é mostrar o desempenho do modelo atual.

**3.1.4. Fatores caracterizadores da Fila**

O Tamanho da população que busca por serviços nos hospitais públicos é considerado uma população infinita.

Os ritmos das chegadas dos pacientes na fila é uma variável aleatória, aonde os números de pacientes que chegam por unidade de tempo variam. A chegada é descrita pela distribuição de Poisson e taxa média de chegadas de 26,21 pacientes por hora.

A Taxa e forma de atendimento também é uma variável aleatória, pois o número de triagem /unidade de tempo variam.

Na disciplina da fila é utilizado o regime FIFO (o primeiro a chegar é o primeiro a ser atendido) obedecendo ao critério das categorias de urgência do sistema de triagem de Manchester. Outro critério, a ser considerado é quanto à prioridade do atendimento, isto é, um paciente que chegar de SAMU ou corpo de bombeiros em estado grave é encaminhado direto para um serviço específico não sendo triado. Esses pacientes não são considerados na modelagem, pois não passam pela triagem.

A estrutura do sistema na portaria do SU é constituída por um setor administrativo, onde o paciente é cadastrado e admitido e logo após é encaminhado para a fila única onde será triado. Uma vez terminada a triagem o paciente segue para um serviço clínico específico para então ser atendido.

### 3.1.5. Classificação e configuração do sistema atual

O sistema de filas do SU, como se pode observar na figura 7, é constituído de um sistema de fila única e dois postos de triagem. Os três termos básicos do sistema são os seguintes:

- Pacientes: chegam para serem atendidos.
- Fila: número de pacientes esperando na fila
- Sistema de filas: número de pacientes esperando na fila e sendo triados.
- Canal de atendimento: canal único, fases múltiplas

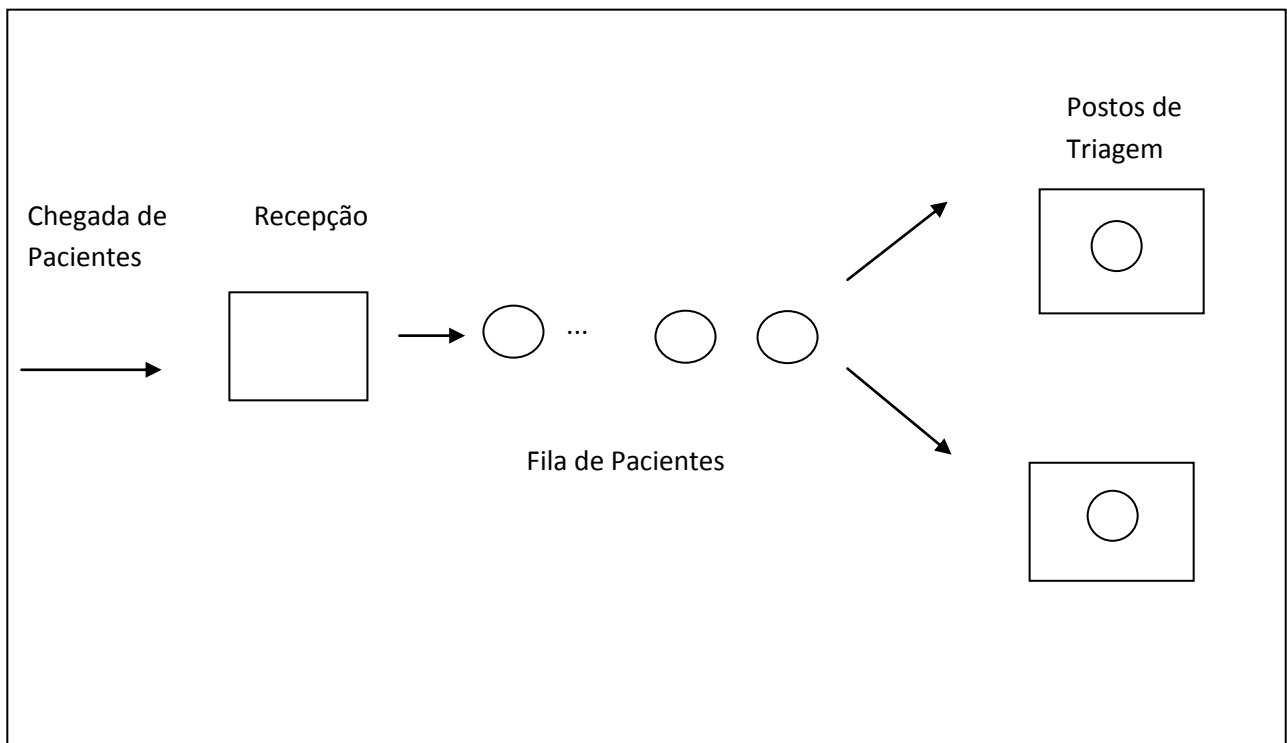


Figura 7. Sistema de Filas

No que se refere à quantidade de atendentes, existem dois postos de triagem, onde em cada posto possui um enfermeiro. No período diurno os dois postos funcionam normalmente e no período noturno de acordo com a demanda, apenas um posto funciona. Para a escolha dos dados de entrada considerou-se a janela de tempo entre 08 e 20 horas, pois representam o maior pico de demanda. Para a modelagem foi considerado um sistema estável sempre funcionando com dois atendentes e dois postos de triagem.

### 3.1.5.1. Fluxograma do sistema de atendimento

O início do atendimento no SU se dá por meio da triagem, na qual o paciente ao chegar ao hospital se dirige a uma recepção onde o paciente é admitido pelo administrativo que o encaminha para os postos de triagem, onde o mesmo será triado por um enfermeiro e encaminhado para um serviço clínico específico. A figura 8 descreve os passos deste processo.

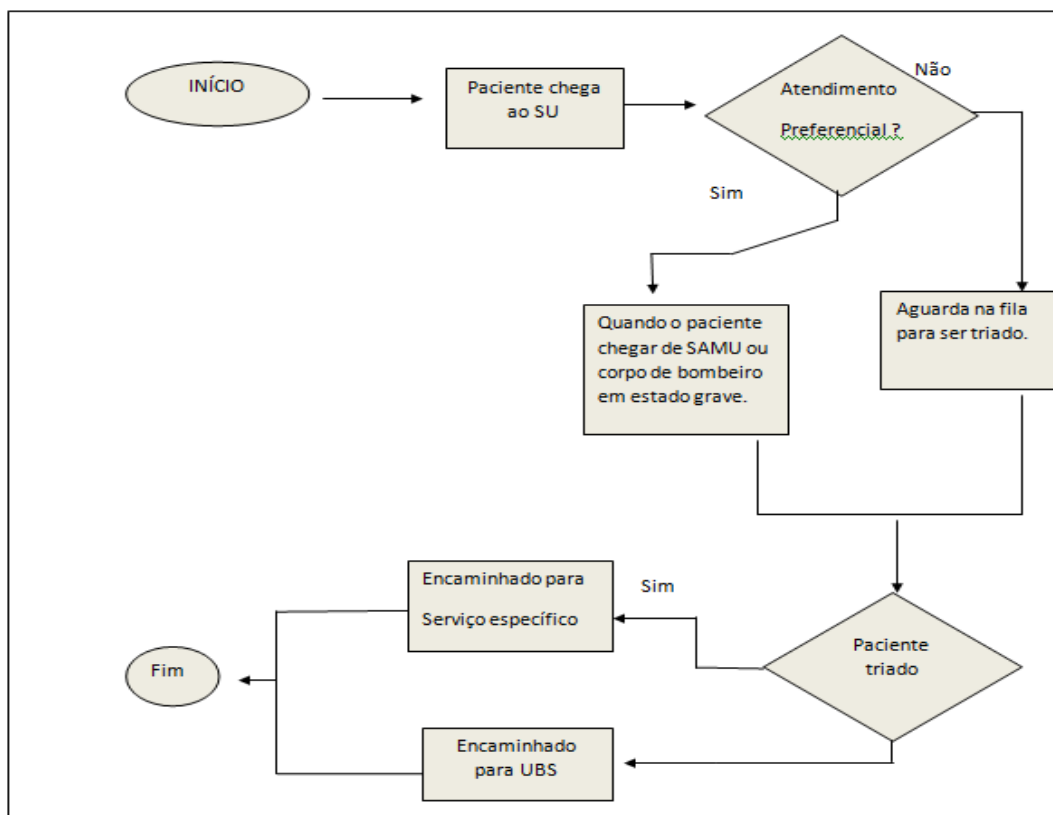


Figura 8: Fluxograma da triagem no SU.

### 3.1.6. Análise dos processos de chegada

Inicia-se a metodologia com o estudo do processo de chegada. O período considerado na análise compreende 15 dias, domingo a segunda-feira (05/10/2008 a 20/10/2008).

Na tabela 3 são apresentados os dados referentes ao processo de chegada de pacientes ao SU.

Tabela 3 – Ritmos de Chegadas de Pacientes

TABELA 3 - Ritmos de chegadas de pacientes															
14	30	14	25	15	19	23	17	26	27	29	27	25	22	13	26
17	41	44	29	25	25	22	22	37	34	38	39	34	24	13	36
16	36	30	36	29	26	19	17	40	29	33	36	29	28	20	27
22	44	32	35	27	29	20	17	43	43	27	27	24	20	21	35
20	34	24	35	28	40	18	13	37	36	28	21	31	21	22	29
27	42		24	25	26	12	15	28	34	27	19	33	27	28	33
18	43		36	30	31	23	18	29	32	26	22	28	17	20	38
17	43	43	29	25	40	21	17	28	22	23	29	32	18	14	39
23	27	37	31	19	25	14	17	27	26	27	33	18	13	34	24
17	30	27	30	24	25	24	15	30	31	38	20	24	20		25
23	22	26	22	22	13	17	21	28	20	29	25	22	22	18	17
30	31	26	30	24	23	14	28	26	23	23	30	25	23	14	24

Os valores da tabela mostram quantos pacientes chegaram a cada intervalo de 1 hora entre 08:00 às 20:00 h do dia. Observa-se, por exemplo, que no primeiro dia no primeiro horário chegaram 14 pacientes e que no segundo dia no mesmo horário chegaram 30 pacientes. Nas 189 anotações chegou 4953 pacientes, o que fornecem as seguintes estatísticas:

$\lambda = 26,21$  pacientes/hora e um intervalo entre chegadas de 2,29 minutos por paciente, distribuídos segundo Poisson (tabela 4).

Além disso, podemos observar que:

Menor valor: 12 chegadas por hora (ocorreu uma vez)

Maior valor: 44 chegadas por hora (ocorreu 2 vezes)

Tabela 4 - Ritmo x Freqüências

Ritmo	Freq. Absoluta	Freq. Relativa	Poisson
12	1	0,5%	0,091%
13	5	2,6%	0,183%
14	6	3,2%	0,343%
15	3	1,6%	0,599%
16	1	0,5%	0,982%
17	11	5,8%	1,514%
18	6	3,2%	2,204%
19	4	2,1%	3,040%
20	8	4,2%	3,984%
21	5	2,6%	4,973%
22	12	6,3%	5,924%
23	9	4,8%	6,751%
24	10	5,3%	7,373%
25	11	5,8%	7,730%
26	9	4,8%	7,792%
27	13	6,9%	7,564%
28	9	4,8%	7,081%
29	11	5,8%	6,400%
30	9	4,8%	5,591%
31	5	2,6%	4,727%
32	3	1,6%	3,872%
33	4	2,1%	3,075%
34	5	2,6%	2,371%
35	3	1,6%	1,775%
36	6	3,2%	1,292%
37	3	1,6%	0,916%
38	3	1,6%	0,631%
39	2	1,1%	0,424%
40	3	1,6%	0,278%

Ritmo	Freq. Absoluta	Freq. Relativa	Poisson
41	1	0,5%	0,178%
42	1	0,5%	0,111%
43	5	2,6%	0,068%
44	2	1,1%	0,040%

Para começar a fazer o estudo da análise estatística destes dados devemos agrupá-los como mostra a tabela 4. Observe a coluna “frequência relativa” ela permite uma análise dos dados mais adequada do que a coluna “frequência absoluta”: ex: vemos que a frequência absoluta da ocorrência de chegarem 13 pacientes foi de 5 em uma amostra de 182 ocorrências. O valor da frequência relativa para a ocorrência de chegarem 13 pacientes é 2,6%. Para ver qual é a distribuição estatística que mais se aproxima dos dados reais comparamos a curva de ritmo versus freq. Relativa com as distribuições conhecidas. Para o caso em estudo a distribuição que mais se aproxima é a de Poisson. Na tabela 4 e figura 9(anexo I) são mostrados os dados completos.

Os dados de entrada são as informações do cenário real a serem submetidos a um modelo real no Arena. Com os dados da tabela 3, será mostrada nas figuras 10 e 11 (anexo II) qual a distribuição estatística que melhor se adapta a estes dados, no caso foi a de Poisson. Para a solução foi utilizado no sistema arena o INPUT ANALYSER.

O Arena irá comparar os dados reais com todas a distribuições disponíveis.

### **3.1.7. Análise dos processos de atendimento**

Consideramos agora o processo de atendimento na triagem conforme os dados na tabela 5.

Tabela 5 – Durações do atendimento na triagem

Tabela 5 - Durações do Atendimento na Triagem									
168	236	367	132	15	71	224	103	53	73
174	172	184	113	59	27	39	249	107	43
213	106	335	59	65	49	43	69	39	239
99	189	61	83	258	75	39	15	95	35
290	246	95	13	242	46	164	102	122	39
79	149	197	45	132	178	20	43	113	45
221	79	32	25	37	76	16	42	203	54
109	132	80	62	25	49	55	75	48	15
258	111	59	55	54	40	42	46	59	37
376	152	36	201	67	116	143	54	75	109
183	106	157	139	49	124	73	83	54	34
115	181	235	56	100	225	17	66	274	61
67	62	14	304	68	85	36	175	85	66
	290	43	52	73	53	131	48	49	129
88	247	115	90	31	107	95	70	58	87
97	73	31	92	173	51	49	20	44	40
287	31	32	134	62	83	141	37	49	69
117	71	34	64	24	39	38	104	103	144
237	43	22	96	72	47	140	154	89	40
153	35	49	85	77	55	157	205	131	192

A tabela mostra 199 valores coletados referentes a durações de atendimento em segundos. Aqui temos:

TA = 101,61 segundos por pacientes ou TA= 1,69 minutos/paciente

Ou seja:  $\mu = 1$  paciente por minuto

Para efetuar uma análise quantitativa desses dados é necessário agrupá-los em intervalos tabela 6 e 7.

Tabela 6 – Dados Reais x Exponencial Negativa (intervalos de 0,5 minutos)

Intervalo (s)	Intervalo (min)	Freq. Abs.	Freq. Relativa Real	Freq. Real Cumul	Exp. Neg. Acum.
0 - 30	0,00 - 0,50	14	0,07	0,07	0,57
31 - 60	0,52 - 1,00	62	0,31	0,38	0,82
61 - 90	1,02 - 1,50	40	0,20	0,58	0,92
91 - 120	1,52 - 2,00	25	0,13	0,71	0,97
121 - 150	2,02 - 2,50	15	0,08	0,78	0,99
151 - 180	2,52 - 3,00	12	0,06	0,84	0,99
181 - 210	3,02 - 3,50	9	0,05	0,89	1,00
211 - 240	3,52 - 4,00	8	0,04	0,93	1,00
241 - 270	4,02 - 4,50	6	0,03	0,96	1,00
271 - 300	4,52 - 5,00	4	0,02	0,98	1,00
301 - 330	5,02 - 5,50	1	0,01	0,98	1,00
331 - 360	5,52 - 6,00	2	0,01	0,99	1,00
361 - 390	6,02 - 6,50	1	0,01	1,00	1,00

Tabela 7 – Dados Reais x Exponencial Negativa (intervalos de 1 minutos)

Intervalo (s)	Intervalo (min)	Freq. Abs.	Freq. Relativa Real	Freq. Real Cumul	Exp. Neg. Acum.
0 - 60	0,00 - 1,00	76	0,38	0,38	0,82
61 - 120	1,02 - 2,00	65	0,33	0,71	0,97
121 - 180	2,02 - 3,00	27	0,14	0,84	0,99
181 - 240	3,02 - 4,00	17	0,09	0,93	1,00
241 - 300	4,02 - 5,00	10	0,05	0,98	1,00
301 - 360	5,02 - 6,00	3	0,02	0,99	1,00
361 - 420	6,02 - 7,00	1	0,01	1,00	1,00

A distribuição que melhor se ajusta aos dados de atendimento é a Gamma uma distribuição de probabilidade contínua, figuras 12 e 13 (anexo III). A fórmula mostrada é  $13 + \text{GAMM}(0, 0)$  e o modelo 1 contém este cenário, conforme mostrado em anexo III.

### 3.2. Aplicações da simulação computacional

Foram criados modelos que possibilitam a avaliação de dois cenários para a triagem: (i) com apenas um ponto de atendimento; e (ii) com dois pontos de atendimento. Nestes modelos foram utilizados os blocos básicos Create, Process e Dispose. O Create é o ponto de partida do modelo, ou seja, é desse ponto que os pacientes surgem no sistema. O Process é o bloco que representa os postos de triagem, que passarão por uma ação onde o paciente será triado. Temos também o bloco Dispose que é o fim do projeto de simulação. É por ele que os pacientes desaparecem do sistema.

Na modelagem também foram abordados os blocos Release e Seize que são utilizados para fazer uma modelagem mais detalhada, com o conceito de fila única. O bloco Release é usado para liberar unidades de um recurso, ou seja, ele que irá informar qual posto de triagem está livre.

O Seize aloca unidades de um ou mais recursos para uma entidade, escolhida a partir da utilização do bloco pickstation.

E por último os blocos Station, Leave e Pickstation. O station é utilizado para informar que a entidade ocupou uma estação, exemplo: station Triagem 1. O bloco Leave é utilizado para informar que a entidade desocupou uma estação, exemplo: tiragem. Leave (modelo 1). O bloco pickstation é onde será escolhido o posto de triagem para ser encaminhado o paciente.

A figura 14 mostra a lógica do modelo 1 criada com dois atendentes e dois postos de triagem(sistema real) e a figura 15 mostra a lógica do modelo 2 que foi criada com apenas um atendente e um posto de triagem.

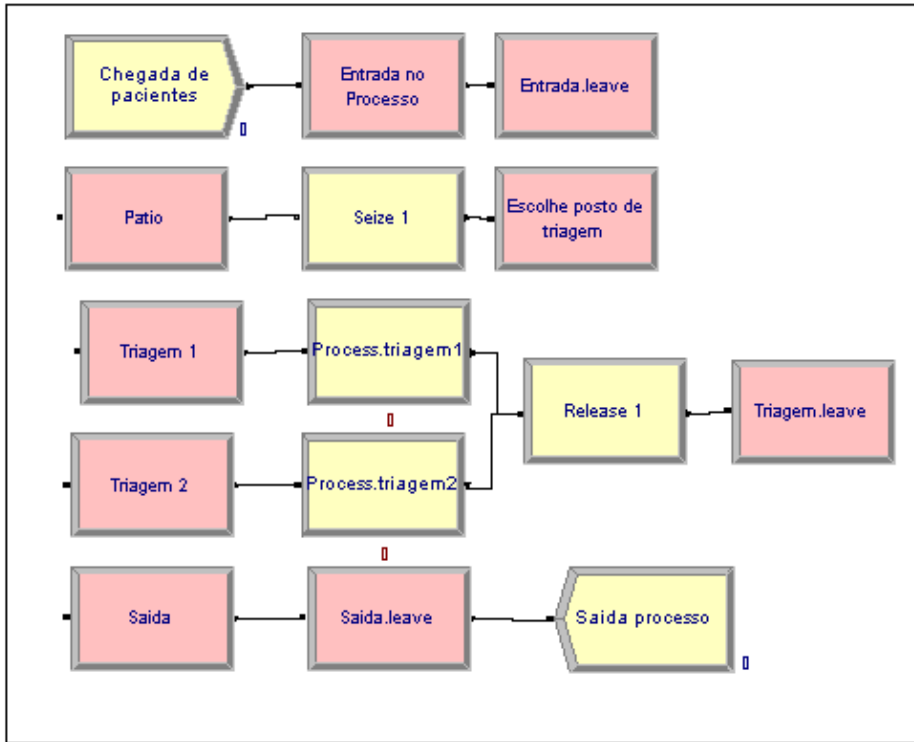


Figura 14: Lógica do Modelo 1

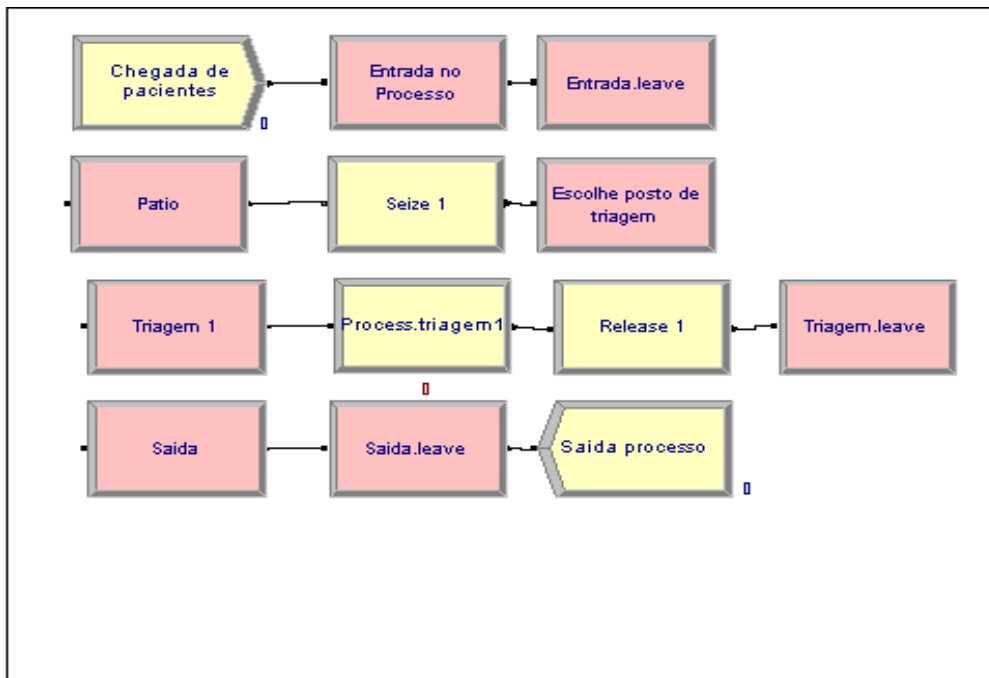


Figura 15: Lógica do Modelo 2

A questão analisada é qual o impacto nos resultados obtidos após execução dos modelos no Arena se retirar um posto de triagem e reduzir um recurso.

### 3.2.1. Análise dos resultados da simulação

Na tabela 8 serão apresentados os resultados de cada cenário após a execução no software Arena.

	Cenário 1	Cenário 2
Número de pacientes atendidos (minutos)	4431	4412
Tempo médio de permanência em fila (minutos)	0,22	3,66
Tempo máximo de permanência em fila (minutos)	6	30,34
Tamanho médio da fila (minutos)	0,096	1,09
Tamanho máximo da fila (minutos)	6	15
Ocupação média dos servidores (minutos)	0,37	0,63

Tabela 8: Relatório do Arena

Analisando as estatísticas de saída da simulação para cada cenário, observa que no cenário 1 com dois atendentes e dois postos de triagem o nível de serviço é adequado pelos tempos médios de espera e o número de clientes em fila. O tempo máximo de permanência em fila é de 6 minutos por paciente. No cenário 2 com um atendente e um posto de triagem observa-se que o nível de serviço cai muito e o tempo médio de espera em fila aumenta consideravelmente. Em média um paciente passa a esperar três minutos na fila para ser atendido. Verifica-se que é importante manter os dois postos para atendimento operacionais ao longo de todo o dia de operação, visto que há um prejuízo significativo do nível de serviço com a supressão de um posto de atendimento.

#### **4. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES**

Neste trabalho fez-se o estudo de um modelo de simulação para analisar e avaliar o tempo de atendimento de pacientes na triagem de um hospital público de Belo Horizonte. Para tanto, dois cenários foram desenvolvidos e simulados de acordo com as características do sistema real e a disponibilidade de recursos principalmente físicos e humanos. Na análise dos cenários, o cenário 1 com dois atendentes e o outro cenário com um atendente há a necessidade de se manter no mínimo dois postos de triagem frente a característica do serviço prestado, por ser tratar de um serviço que envolve grau de risco de vida. A partir das simulações computacionais, pode avaliar que não se pode reduzir a capacidade de recursos na triagem, para que se tenha um nível de serviço adequado e com qualidade. Para a modelagem não se considerou pacientes que chegam do SAMU em estado grave.

Recomenda-se para estudos futuros que essa condição seja também analisada. Seria interessante estender o estudo em hospitais para poder avaliar o protocolo de Manchester.

## Bibliografia:

Australasian College for Emergency Medicine, 2005. G24 Guidelines for the Implementation of the Australasian Triage Scale in Emergency Departments. Revised 05 August 2005. Consultado em 1 de Setembro de 2006. Disponível em [http://www.acem.org.au/media/policies\\_and\\_guidelines/G24\\_Implementation\\_\\_ATS.pdf](http://www.acem.org.au/media/policies_and_guidelines/G24_Implementation__ATS.pdf)

Bracken, J. (2001). Triagem. In S. Sheehy (Eds.), *Enfermagem de Urgência – Da Teoria à Prática* (4.ª ed.). Loures: Lusociência.

Diogo, Carla Silva. “Impacto da relação Cidadão – Sistema de Triagem de Manchester na Requalificação das Urgências “do SNS”. Projeto de Mestrado em Gestão dos Serviços de saúde da Escola de Gestão ISCTE, dezembro 2007.

GOLDBARG, Marco Cezar, Luna, Henrique Pacca L. *Otimização combinatória e programação linear : modelos e algoritmos*. 2 Ed., Rio de Janeiro: Campus, 2005.

Grupo Português de Triagem (2002). *Triagem no Serviço de Urgência – Manual do Formando* (2.ª ed.). Lisboa: BMJ Publishing Group.

NOVAES, Antônio Galvão. **Pesquisa operacional e transportes**: modelos probabilísticos. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975

PRADO, Darci Santos do. **Usando o arena em simulação**. Belo Horizonte: Ed. Desenvolvimento Gerencial, 2004b.

PRADO, Darci Santos do. **Teoria das filas e da simulação**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1999

Shamblin J.E e Stevem Jn. G.T. *Pesquisa Operacional - Uma abordagem básica*. São Paulo: Atlas S.A. 1979

## ANEXOS

## ANEXO I

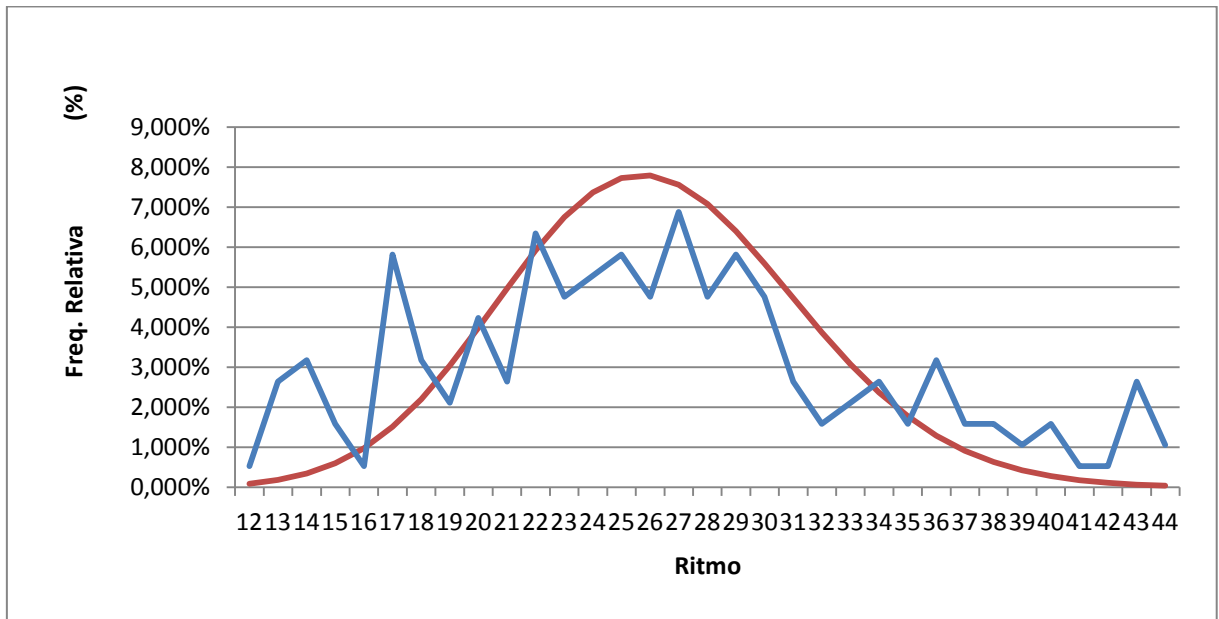


Figura 9: Processo de Chegada: Dados Reais x Poisson

## ANEXO II

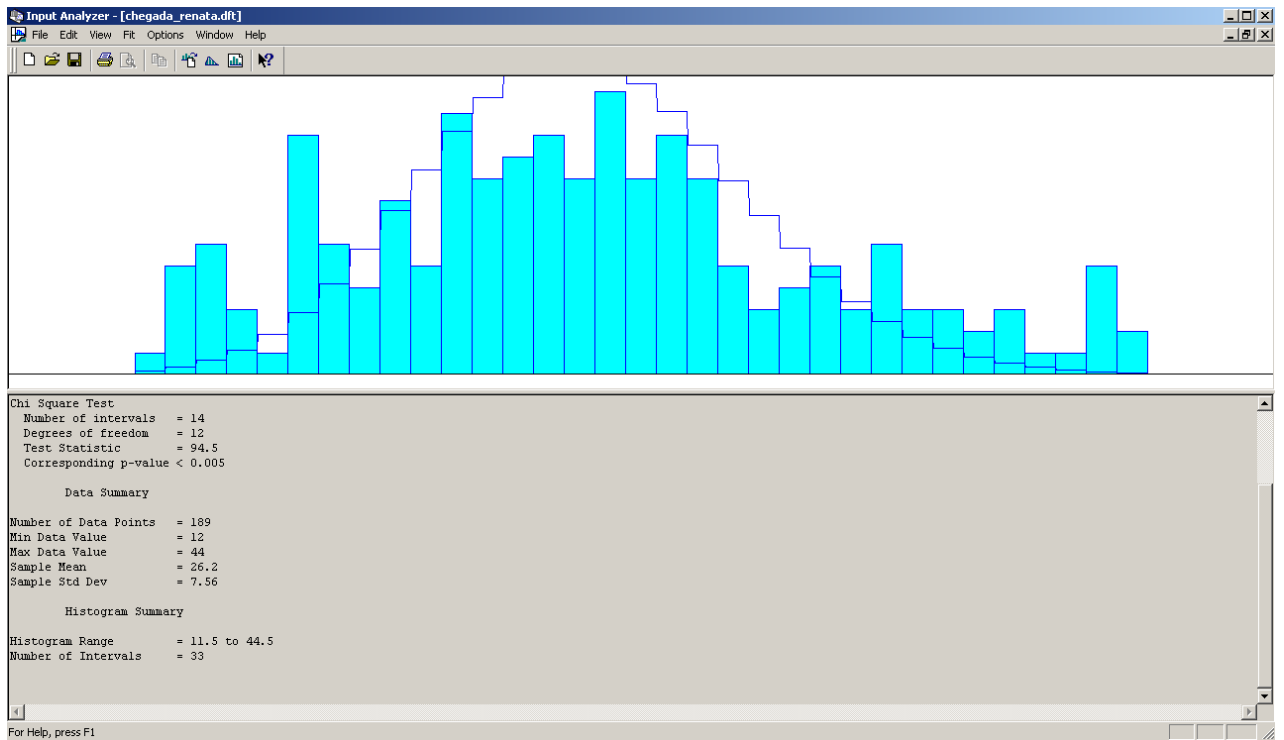
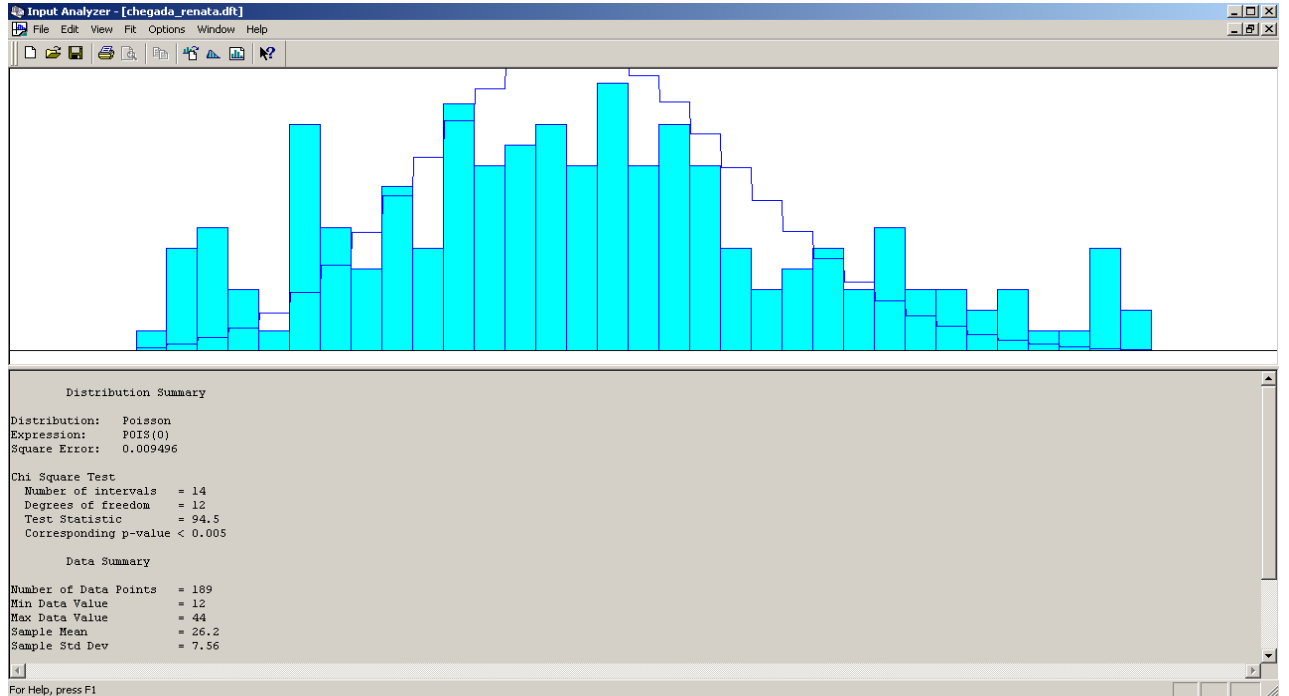


Figura 10 e 11 – Carga de dados no Input Analyser (chegada)

## ANEXO III

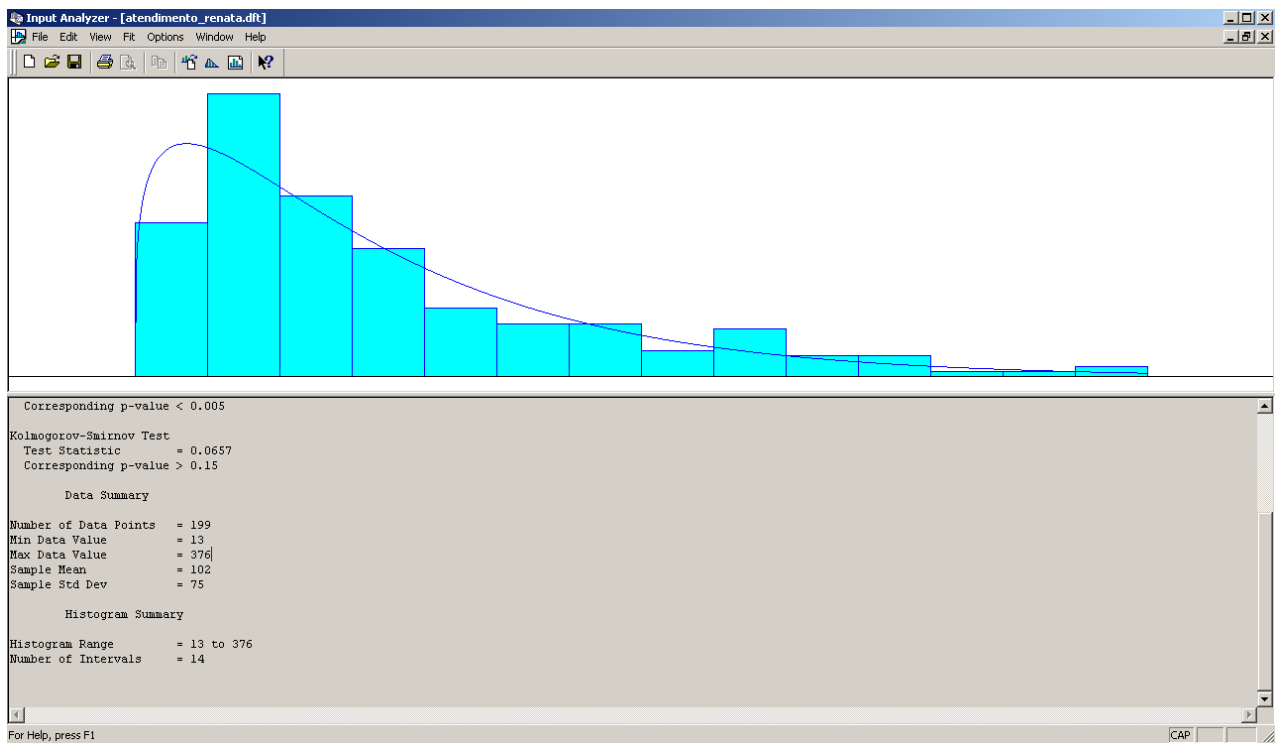
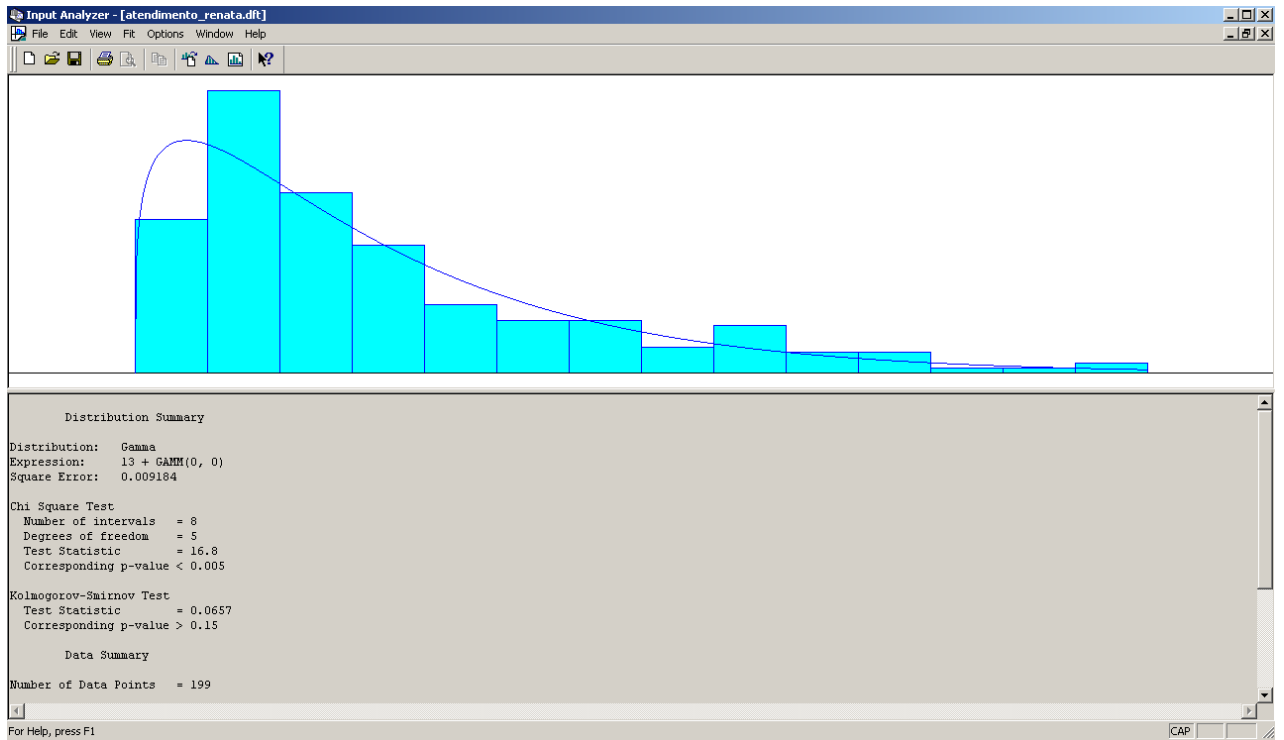


Figura 12 e 13 - Carga de dados no Input Analyser (atendimento)