

## ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DE MEDICAMENTOS EM UMA UNIDADE HOSPITALAR ATRAVÉS DA SIMULAÇÃO A EVENTOS DISCRETOS

**Fernanda Rocha**

Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)  
Avenida BPS, 1303  
fernandarocha@unifei.edu.br

**Anna Paula Galvão Scheidegger**

Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)  
Avenida BPS, 1303  
anna.scheidegger@unifei.edu.br

**José Arnaldo Barra Montevechi**

Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)  
Avenida BPS, 1303  
montevechi@unifei.edu.br

**Fabiano Leal**

Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)  
Avenida BPS, 1303  
fleal@unifei.edu.br

**José Antonio de Queiroz**

Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)  
Avenida BPS, 1303  
ja.queiroz@unifei.edu.br

**Jhon Jairo Josa Largo**

Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)  
Avenida BPS, 1303  
jjlargo@hotmail.com

### RESUMO

A área de saúde apresenta processos de grande complexidade e variabilidade, mostrando ser adequada para análise de cenários através de simulação. A presente pesquisa aplicou a metodologia modelagem e simulação na análise da distribuição de medicamentos em um hospital para avaliar o impacto do tempo de paradas não planejadas e da variação de demanda sobre o sistema. Pelas dificuldades encontradas em retratar a realidade de ambientes hospitalares durante a construção do modelo computacional, este trabalho visa, também, apresentar informações sobre o projeto de simulação elaborado. Para alcançar tais objetivos, os modelos conceitual e computacional foram validados através de consulta a especialistas, animação e comparação estatística com dados históricos. Analisando os relatórios obtidos com as replicações é possível compreender e quantificar o impacto da variação de demanda e da eliminação de paradas não planejadas sobre o número de prescrições atrasadas no processo.

**PALAVRAS CHAVE.** Simulação, modelagem computacional, hospital.

**SA - PO na Área de Saúde, SIM – Simulação.**

### ABSTRACT

The healthcare area presents processes of great complexity and variability, being, thus, an appropriate system to be analyzed through simulation. This research applied modeling and simulation methodology to analyze the distribution of medicines in a hospital to assess the impact of unplanned downtime and demand variation on the system. By difficulties in portraying the reality of hospital environments during the construction of the computational model, this paper also aims to present information about the simulation project developed. To achieve these objectives, the computational and conceptual models were validated by system expert consultation, animation and statistical comparison with historical data. Analyzing the reports obtained through replications is possible to understand and quantify the impact of changes in demand and unplanned downtime elimination on the number of delayed prescriptions.

**KEYWORDS.** Simulation, computational modeling, hospital.

**SA - OR in Health, SIM – Simulation.**

## 1. Introdução

Na administração de serviços de saúde fica cada vez mais evidente a necessidade de um acompanhamento rigoroso na utilização de recursos. As instituições hospitalares apresentam seu desempenho através de indicadores quantitativos somente com dados de produção, tais como: número de consultas ambulatoriais, cirurgias, internações, entre outros. A análise apenas desses dados não é capaz de explicitar a forma como eles utilizam os recursos disponíveis para atender à demanda de pacientes. Para isso, é importante analisar, também, as questões que fazem parte do dia-a-dia dos setores, como: análise do sistema de distribuição de medicamentos, identificação de gargalos no processo e definição de um modelo capaz de gerenciar as restrições. Uma vez que os medicamentos são de suma importância no tratamento de doenças, a implementação de medidas que assegurem a correta administração e distribuição desses é justificada.

O uso de simulação a eventos discretos para representar um sistema real de característica de alta criticidade possibilita estudar as mudanças sem que seja necessário construí-lo na realidade, economizando recursos e tempo etornando, portanto, extremamente útil nesse contexto. Este estudo pode, então, ser caracterizado como simulação a eventos discretos, metodologia que é utilizada em inúmeras áreas para reproduzir o comportamento de sistemas em tempo real (JOHANSSON, 2002), proporcionando aos tomadores de decisão inferências sobre os resultados obtidos a partir de alterações nos modelos (BANKS, 2000).

Apesar da simulação ser uma metodologia bastante indicada para estudos na área da saúde, sua aplicação nesse contexto ainda é restrita, principalmente quando se considera o número de trabalhos que discutem as particularidades destes ambientes e as dificuldades daí decorrentes na construção de modelos computacionais. Por este motivo e pelas dificuldades encontradas pelos próprios pesquisadores durante a construção do modelo computacional em retratar a realidade do ambiente hospitalar pesquisado, este trabalho visa, também, detalhar as etapas do projeto de simulação.

Deste modo, o trabalho tem como objetivo geral utilizar a simulação a eventos discretos para analisar o processo de distribuição de medicamentos de um Hospital Escola. Esse objetivo é composto pelos seguintes objetivos específicos: analisar o impacto da variação da demanda e do tempo de paradas não planejadas dos funcionários de separação sobre a distribuição de medicamentos no horário correto e proporcionar informações do projeto de simulação que podem ser úteis na construção de modelos computacionais na área da saúde.

Entende-se como demanda o número de prescrições a serem separadas pela farmácia, o qual está diretamente relacionado ao número de leitos ocupados no hospital. Em um dos cenários que serão gerados, será simulada a situação de demanda máxima, ou seja, todos os leitos estarão ocupados. Analisar como o sistema se comporta em uma situação extrema, isto é, considerando a capacidade máxima do hospital é importante uma vez que a separação e consequente aplicação dos medicamentos no horário correto tem grande impacto na recuperação dos pacientes. Portanto, avariável que será mensurada nesse cenário será o número de prescrições separadas com atraso, denominadas neste trabalho número de prescrições atrasadas. Logo, quanto menor esse número, melhor está o processo.

No segundo cenário, entende-se como tempo de parada não planejada dos funcionários, eventos aleatórios de iniciativa própria dos mesmos que acabam aumentando o lead time do processo de separação. Esses eventos podem ser considerados porosidades, e foram constatados na etapa de coleta de dados dessa pesquisa. Desta forma será simulado um cenário onde essas porosidades serão eliminadas, avaliando assim, o real ganho desta ação sobre o número de prescrições atrasadas.

No último cenário, será simulada, simultaneamente, a situação de ocupação máxima e eliminação total do tempo de paradas não planejadas, para avaliar se com esta melhoria é possível atender a demanda máxima do hospital.

O artigo está estruturado da seguinte maneira: nesta seção foi contextualizado a relevância e os objetivos da pesquisa; a seção 2 trata da fundamentação teórica; em seguida será apresentada a metodologia da pesquisa; nas seções 4, 5 e 6 serão apresentadas as etapas para desenvolvimento do trabalho, bem como seus resultados e, na última seção, serão feitas as

considerações finais e ressaltadas as limitações.

## 2. Fundamentação teórica

Historicamente, simulação pode ser percebida como o método de projetar modelos dinâmicos de um sistema real e gerir experimentos com este modelo, com a finalidade de compreender o comportamento do sistema ou de avaliar várias estratégias dentro dos limites impostos por um conjunto de critérios (SHANNON, 1975; INGALLS, 2002).

Para Montevechi *et al.* (2007), a simulação é a importação da realidade para um ambiente controlado, no qual seu comportamento pode ser estudado sob diversas condições, sem riscos físicos e/ou altos custos envolvidos. A simulação procura, então, representar a realidade através do emprego de modelos, buscando "testar" as possíveis alternativas para alcançar a melhor decisão. Os modelos de simulação computacional são representados por uma construção matemática e/ou lógica e são fundamentados em distribuições estatísticas que inserem variações randômicas dentro do modelo, criando estatísticas que legitimam o experimento.

### 2.1. Simulação na área da saúde

Os sistemas na área de saúde são dinâmicos e de grande complexidade, abrangendo diferentes processos com forte interação e influenciados por eventos de natureza aleatória. Esse cenário estabelece sérias dificuldades para estudos analíticos do problema fazendo com que a simulação seja uma ferramenta bastante indicada. Fetter; Thompson (1966) já elaboravam modelos de simulação para resolver problemas relacionados ao agendamento de consultas e outros problemas operacionais de hospitais. Eles identificaram importantes variáveis na avaliação do emprego do quadro de médicos, tais como: taxa de chegada de pacientes, chegada antecipada ou tardia, adiamentos, intervalos de agendamento e paradas devido à troca de turnos dos médicos.

Atualmente, vem crescendo o uso de simulação computacional na área da saúde como ferramenta de apoio à tomada de decisões, especialmente em hospitais da Inglaterra, os quais procuram considerar as mais variadas situações, como por exemplo: diminuir os tempos de espera de pacientes em setores de emergência; melhorar a utilização dos recursos disponíveis; estudar os processos fisiológicos para quantificar e observar relações entre variáveis biológicas; analisar os processos/fluxo operacional e dimensionar o efetivo (WORTHINGTON, 1991; BEECH; BROUGH; FITZMONS, 1990; BRAILSFORD, 1994).

No Brasil, um exemplo do emprego de simulação em serviços hospitalares é encontrado no Hospital Albert Einstein, onde estudos de simulação estão sendo desenvolvidos nas atividades de prestação de serviços a pacientes e serviços de apoio com o objetivo de diminuir o tempo de espera dos pacientes para realização de exames e solucionar problemas relacionados à entrega de exames e laudos fora do prazo estipulado (FUSCO, 1997).

### 2.2. Modelagem conceitual IDEF-SIM

Um projeto de simulação deve começar com a definição clara do sistema a ser simulado. Autores como Chwif; Medina (2007), Law (1991) e Robinson (2006) acreditam que a criação do modelo conceitual é o aspecto mais importante no desenvolvimento de um modelo de simulação. Embora, muitos livros e analistas "pulem" esta etapa (CHWIF; MEDINA, 2007).

Leal; Almeida; Montevechi (2008) propuseram uma nova técnica de modelagem conceitual, denominada IDEF-SIM (*Integrated Definition Methods - Simulation*), que emprega e adapta elementos lógicos das técnicas de modelagem já aplicadas, como IDEF0, IDEF3 e fluxograma, no *Business Process Modelling*, permitindo assim a elaboração de modelos conceituais com dados úteis ao modelo computacional. A principal característica do IDEF-SIM é a identidade da sua lógica de aplicação com a lógica usada em simulação a eventos discretos. Esta característica tem como finalidade a criação de um modelo conceitual que contenha o maior número possível de informações exigidas na fase de modelagem computacional e, por outro lado, o menor número possível de informações que não serão utilizadas.

## 3. Metodologia de pesquisa

Nesta pesquisa os ensaios serão realizados por meio de simulação, conforme protocolo

proposto por Montevechi *et al.* (2010), que se divide em três fases: concepção (modelo conceitual), implementação (modelo computacional) e análise (modelo operacional).

O modelo conceitual será construído através de um processo de mapeamento, utilizando a técnica IDEF-SIM. Segundo Leal (2003) e Pinho *et al.* (2006), as técnicas escolhidas devem estar de acordo com as características do processo e os mapas gerados devem ser caracterizados como um meio viável para visualização de melhorias.

O modelo computacional foi construído no *software* ProModel®, por proporcionar fácil visualização do sistema através de animação. As informações requeridas a partir do modelo foram definidas como: demanda diária, tempo de triagem, tempo de separação, número de postos, período de chegada das prescrições e tempos de filas (para validação). Após a validação é possível prosseguir para a análise.

## 4. Concepção

### 4.1. Definição do sistema

O sistema a ser analisado trata-se de um sistema individual de distribuição de medicamentos de um hospital escola, composto por oito setores (UTI, UTI Neonatal, Particular, Maternidade, Pediatria, Pronto Socorro, Clínica Cirúrgica e Clínica Médica), onde os pedidos de medicamentos são feitos especificamente para cada paciente (24 horas), de acordo com a segunda via da prescrição médica. As escriturárias de cada setor recolhem as prescrições e as levam até a farmácia para a separação do medicamento. Na farmácia, cujo processo será simulado desde a entrada das prescrições até a entrega dos medicamentos nos respectivos setores, há três etapas:

- Triagem: etapa em que as prescrições recebidas são organizadas por ordem de chegada e lançadas no sistema.
- Separação e armazenagem: consiste em separar os medicamentos de acordo com a prescrição médica em plásticos individuais, chamados de kits, devidamente identificados com os dados do paciente e estocá-los em caixas de cada setor, conforme período de administração.
- Transporte: entrega dos medicamentos nos setores e conferência dos mesmos.

### 4.2. Construção do modelo conceitual

Para a construção do modelo conceitual adotou-se a técnica IDEF-SIM, que de acordo com Leal; Almeida; Montevechi (2008) apresenta uma lógica de aplicação voltada para simulação a eventos discretos, facilitando a construção do modelo computacional. A Figura 1 mostra o mapeamento do sistema através da técnica IDEF-SIM. Para a construção do modelo os pesquisadores consultaram um especialista na técnica IDEF-SIM.

### 4.3. Validação do modelo conceitual

O modelo conceitual foi validado através da técnica face-a-face, citada por Sargent (2011). Para isso, os pesquisadores mostraram o modelo à gerente da farmácia e à Diretora de enfermagem do hospital, especialistas do sistema.

### 4.4. Modelagem dos dados de entrada

Segundo Montevechi *et al.* (2010), esta etapa é composta por três passos: coleta dos dados, tratamento dos dados e inferência estatística.

#### 4.4.1. Coleta de dados

A coleta de dados teve início com a realização de uma entrevista com a gerente da farmácia e outra com a enfermeira chefe de um dos setores. Foram cronometrados os tempos de triagem, separação/armazenagem, transporte e conferência dos medicamentos e paradas dos funcionários. Foram realizados ainda contatos via e-mail, conversas informais com os funcionários e consulta a documentos. Esta etapa encontra-se resumida na Tabela 1.

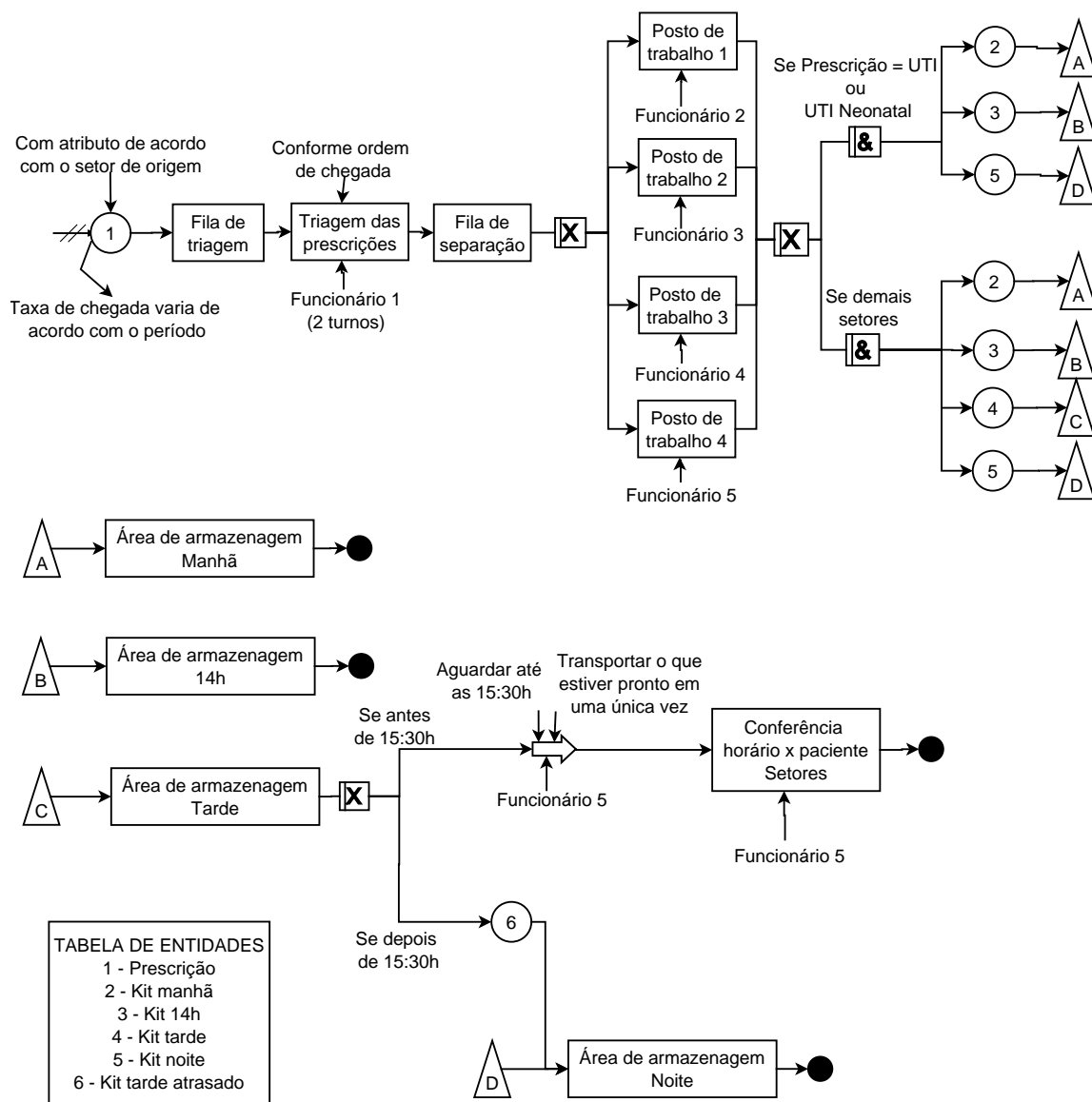


Figura 1 – Modelo conceitual do sistema

Dados	Nº de amostras	Nº de dias	Objetivo
Tempo de triagem	375	5	Dado de entrada
Tempo de separação	577	7	Dado de entrada
Ciclo de chegada das prescrições	523	17	Dado de entrada
Quantidade de prescrições	1909	17	Dado de entrada
Tempo de conferência	29	4	Dado de entrada
Tempo de transporte	28	4	Dado de entrada
Tempo de parada dos funcionários	188	7	Dado de entrada
Número de prescrições atrasadas	603	7	Validação do modelo

Tabela 1 – Informações da coleta de dados

#### 4.4.2. Tratamento dos dados e inferência estatística

Para tratamento dos dados foi usado o *software* Minitab®, seguindoos seguintes passos:

a) Análise preliminar dos dados pelos pesquisadores:

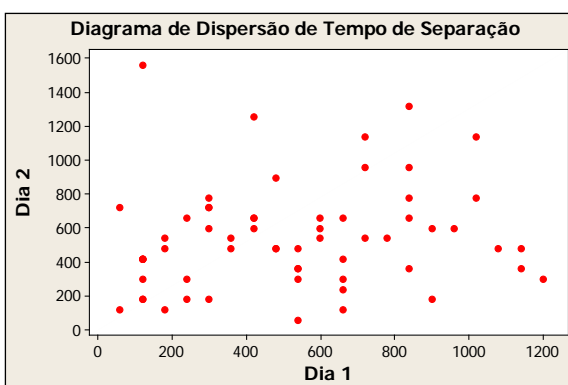
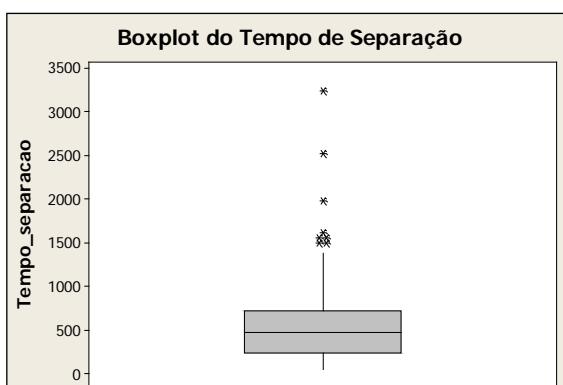
Os pesquisadores realizaram uma análise preliminar dos dados para identificar possíveis falhas de cronometragem, bem como erros no registro de dados pelos funcionários. Os dados identificados como inconsistentes foram desconsiderados no estudo.

b) Análise dos *outliers*:

Nesta etapa, utilizou-se a ferramenta *boxplot*. Apesar da alta variabilidade inerente aos processos de saúde, há valores que se distanciam de forma atípica dos demais dados da amostra e, por isso, devem ser retirados para não comprometerem a qualidade dos dados. Tais valores podem ser resultantes de ruídos no momento da coleta de dados como, por exemplo, erros de inicialização e paralisação do cronômetro. Para o tempo de separação, por exemplo, foram encontrados oito *outliers*, conforme Gráfico 1.

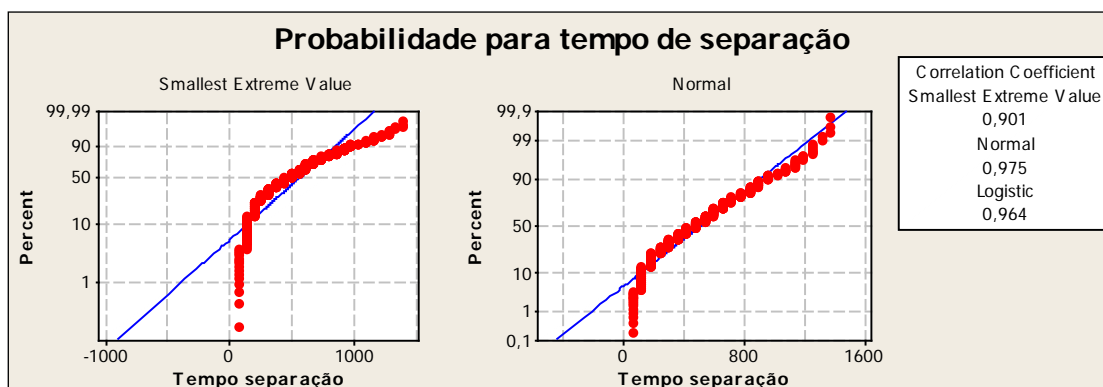
c) Análise de correlação:

Para verificar se a amostra representa uma sequência de valores independentes, foi realizada a análise de correlação através do diagrama de dispersão. No Gráfico 2 tem-se um exemplo de análise para os tempos de separação cronometrados no primeiro e segundo dia. Nesta análise, foi obtido um *p-value* de 0,24 e, portanto, pode-se dizer que os valores são independentes. Esta análise foi feita para os demais dados.



d) Análise de distribuição:

Foram testadas as curvas às quais os dados poderiam se encaixar. A partir do Gráfico 3, pode-se verificar que os tempos de separação podem ser representados pela curva Normal.



e) Análise de confiabilidade das amostras:

Para esse cálculo foi utilizada a Eq. (1) retirada de Morettin; Bussab (2010):

$$n = \left(\frac{z \cdot S}{e}\right)^2 \quad (1)$$

Onde:

$n$  = número de amostras coletadas

$Z$  = número de desvios em uma normal para obter a confiabilidade necessária

$S$  = desvio padrão

$e$  = máximo erro absoluto aceitável

Como exemplo, adotando um erro relativo de 7% e confiabilidade de 98%, chegou-se à necessidade de 268 amostras do tempo de separação. Como já se possui 577 amostras, pôde-se trabalhar com as mesmas.

## 5. Implementação

### 5.1. Construção do modelo computacional

Para a construção do modelo computacional utilizou-se o *software* ProModel® e os elementos citados por Montevechi *et al.* (2007), conforme etapas identificadas na Figura 2.

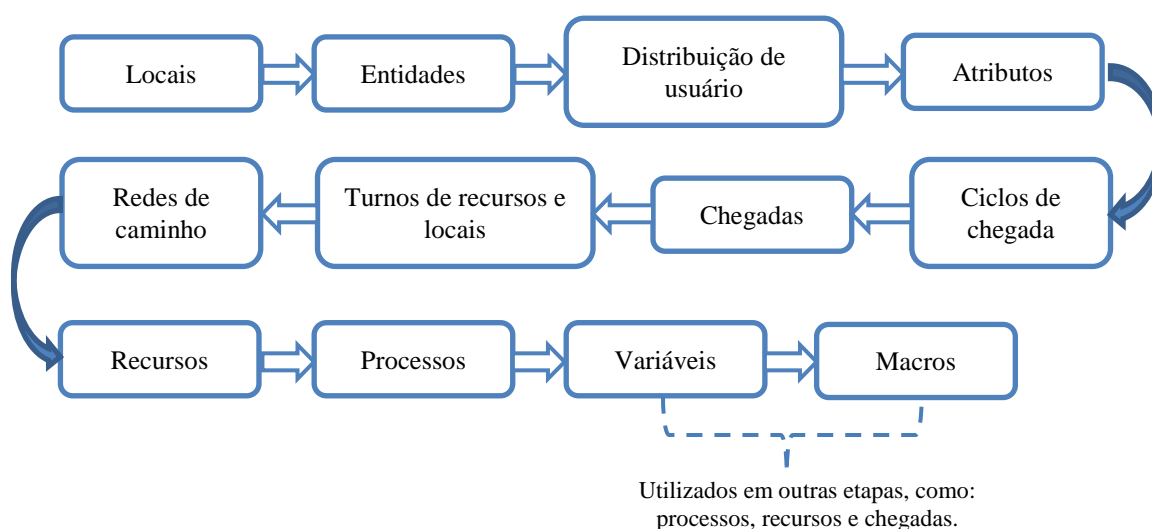


Figura 2 – Etapas para construção do modelo computacional

Entre os comandos e elementos utilizados neste projeto de simulação, pode-se destacar:

- Ciclo de chegada: elemento que permite definir um padrão de chegada que ocorre ao longo de um período e, portanto, foi utilizado para representar a variabilidade da taxa de chegada de prescrições na farmácia, onde se observa uma concentração da mesma próxima ao meio dia.

- CALHOUR, CALMIN e criação de entidades auxiliares: esses comandos retornam a hora e minuto do dia de simulação, respectivamente. Para utilizá-los no modelo foi necessário construir uma variável [tempo\_dia] que recebia o valor da hora em minutos e somava com o valor dos minutos [tempo\_dia = CALHOUR() \* 60 + CALMIN()]. Porém, neste sistema era preciso que esta variável trabalhasse exatamente como um relógio do dia, ou seja, ela precisava ser atualizada de forma contínua, independentemente da entrada de entidades nos locais ou não, uma vez que o transporte de medicamentos para os setores só poderia acontecer às 15:30h e, a partir desse horário, os medicamentos que ficassem prontos deveriam ser armazenados em local diferente, pois estavam atrasados. Para que isso fosse possível, foi necessário criar um local e uma entidade auxiliares, cuja entrada, bem como saída, acontecia a cada minuto de forma a atualizar o “relógio” continuamente, porém nenhum outro comando era atribuído aos mesmos.

- Transformação de 1 entidade em 3 ou 4 entidades diferentes, conforme atributo da mesma: o modelo apresenta uma entidade, denominada prescrição, a qual possui um atributo (tipo\_prescricao) de acordo com o setor de origem. Esta prescrição quando passa pelo local de separação deve ser transformada em 3 ou 4 outras entidades de acordo com seu atributo. Isto é, quando se trata de prescrição da UTI ou UTI Neonatal, ela deve ser dividida em 3 entidades (lote\_manha, lote\_14h e lote\_noite) que serão armazenadas nos respectivos locais (area\_manha, area\_14h e area\_noite) e sairão do sistema. Porém, quando se trata de prescrição dos demais

setores elas serão transformadas em 4 entidades (area\_manha, area\_14h, area\_tarde e area\_noite) e armazenadas nos respectivos locais. Apenas a entidade area\_tarde não sairá do sistema, pois deverá ser entregue nos setores às 15:30h.

- **GROUP:** as entidades lote\_tarde deverão permanecer armazenadas na area\_tarde até as 15:30h, quando deverão ser transportadas até os setores de uma única vez. Para que isto fosse possível, utilizou-se o comando GROUP que agrupa as entidades de acordo com a quantidade especificada, sem alterar seus atributos. Nesse comando, foi utilizada uma variável auxiliar para identificar o valor a ser agrupado e cujo valor era decrementado, posteriormente, de acordo com o número de kits de medicamento entregues em cada setor.

- Transporte dos medicamentos para os setores apenas as 15:30h e, a partir desse horário, alteração do destino dos kits separados: para que os medicamentos só fossem entregues as 15:30h utilizou-se a variável tempo\_dia citada anteriormente e o comando WAIT UNTIL. Além disso, utilizou-se IF THEN ELSE para alterar a rota da entidade, após o horário das 15:30h.

O modelo computacional final é apresentado na Figura 3.

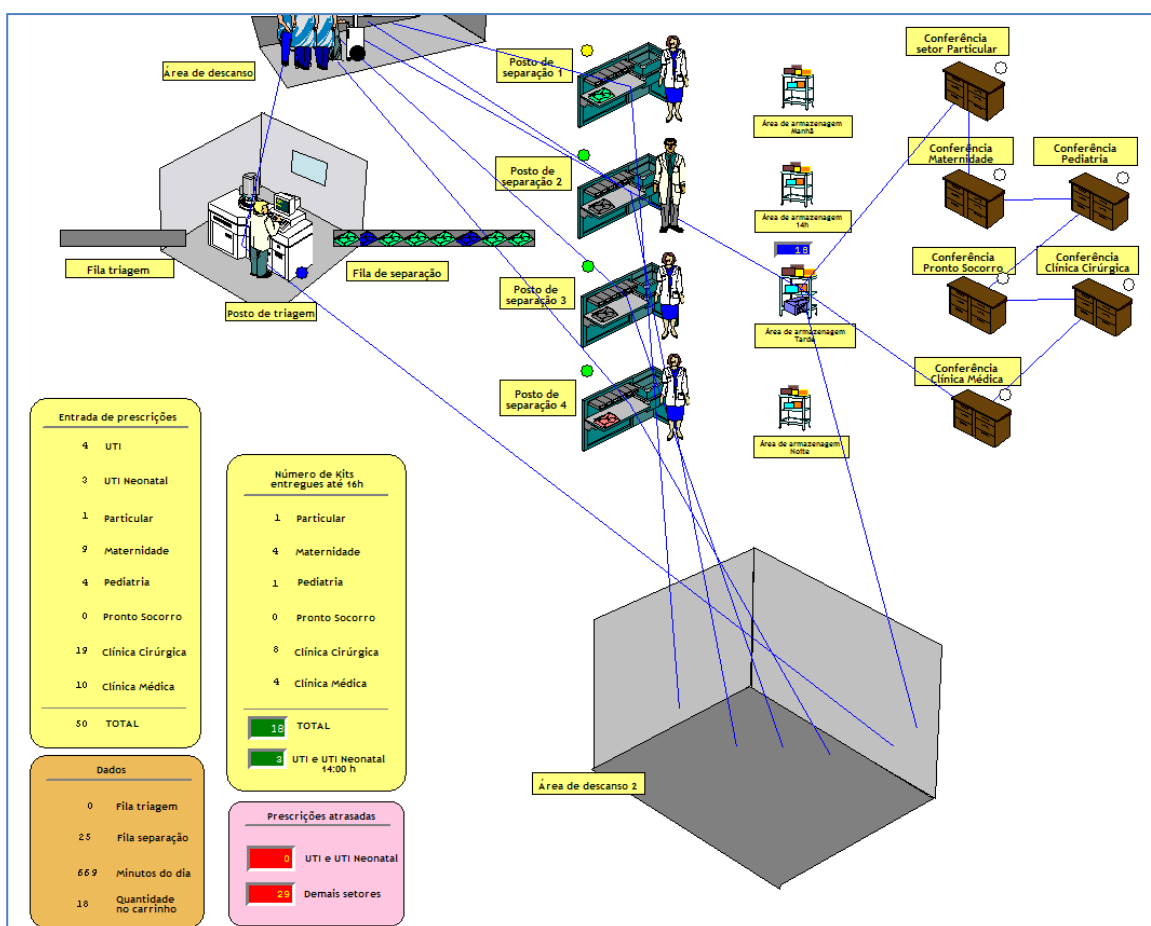


Figura 3 – Modelo computacional

## 5.2. Verificação do modelo computacional

Segundo Sargent (2011), a verificação do modelo consiste em assegurar que uma linguagem de simulação livre de erro tenha sido utilizada e que a implementação do modelo conceitual esteja correta. Para isso, o autor propõe a adoção da técnica passo-a-passo. Assim, para realizar a verificação deste trabalho, os pesquisadores construíram, inicialmente, um modelo determinístico com contadores e indicadores de estados nos locais, os quais facilitavam a visualização dos valores de cada local e, conseqüentemente, a identificação de erros. A cada nova etapa de construção, os pesquisadores criavam uma nova versão de arquivo e compilavam o programa, identificando os erros e corrigindo os mesmos. Deste modo, foram criadas 23 versões



no total. Com isso, apesar da complexidade do modelo construído, a verificação final pôde ser realizada com menor dificuldade.

### 5.3. Validação do modelo computacional

Segundo Law (2006), a validação do modelo computacional é o processo de determinar se o modelo de simulação é uma representação exata do sistema, para os objetivos particulares do estudo. Desta forma, se o modelo não é uma aproximação do sistema real, todas as conclusões derivadas desse estarão sujeitas a erros. Porém, Sargent (2011) ressalta que é preciso atentar-se para a relação entre confiabilidade e custo/tempo de realizar a validação do modelo e o valor do modelo para o usuário, uma vez que o custo de validação é geralmente bastante significativo.

Entre as diversas técnicas citadas por Sargent (2011), foi adotada neste trabalho a técnica de validação estatística através de dados históricos, que consiste em utilizar parte dos dados coletados para testar estatisticamente se o modelo se comporta como o sistema, o que pode ser feito, através de teste de hipóteses para comparar médias, variâncias, distribuições e séries de tempo. Assim, considera-se:

H0: modelo é válido para uma variação de precisão aceitável sob o conjunto de condições experimentais.

H1: modelo não é válido para uma variação de precisão aceitável sob o conjunto de condições experimentais.

Neste trabalho, a validação estatística foi realizada através do teste *2-Sample-t* para os dados de quantidade de prescrições atrasadas no dia, utilizando o software Minitab®. De acordo com o teste, obteve-se um *p-value* de 0,174, ou seja, aceita-se com 95% de confiança a hipótese H0 de que os dados obtidos através da simulação são equivalentes aos dados reais.

## 6. Análise

### 6.1. Definição dos cenários e número de replicações

Visto que no processo analisado há frequentes atrasos na distribuição de medicamentos aos pacientes, torna-se importante analisar o impacto de alterações sobre o mesmo. Por isso, foram definidos neste trabalho dois cenários para análise: alteração da demanda diária de prescrições e alteração do tempo de paradas não planejadas dos funcionários.

Para definir o número de replicações necessárias, foram feitas inicialmente 100 replicações do modelo computacional original. Os dados obtidos para o número de prescrições atrasadas por dia (informação que se deseja avaliar) foram inseridos no *Minitab*®, onde foi possível obter a distribuição a qual os mesmos se encaixavam e extrair os dados de média e desvio padrão, conforme Gráfico 4 e Gráfico 5.

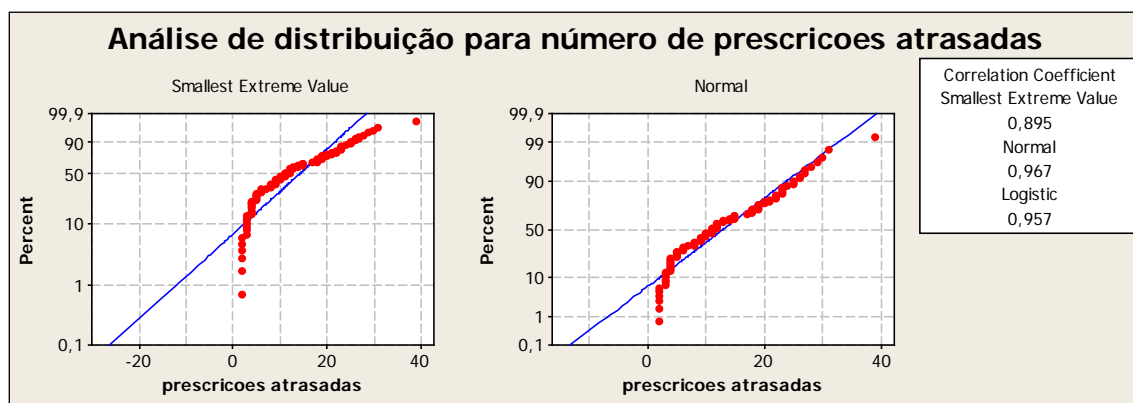


Gráfico 4 – Análise de distribuição para número de prescrições atrasadas

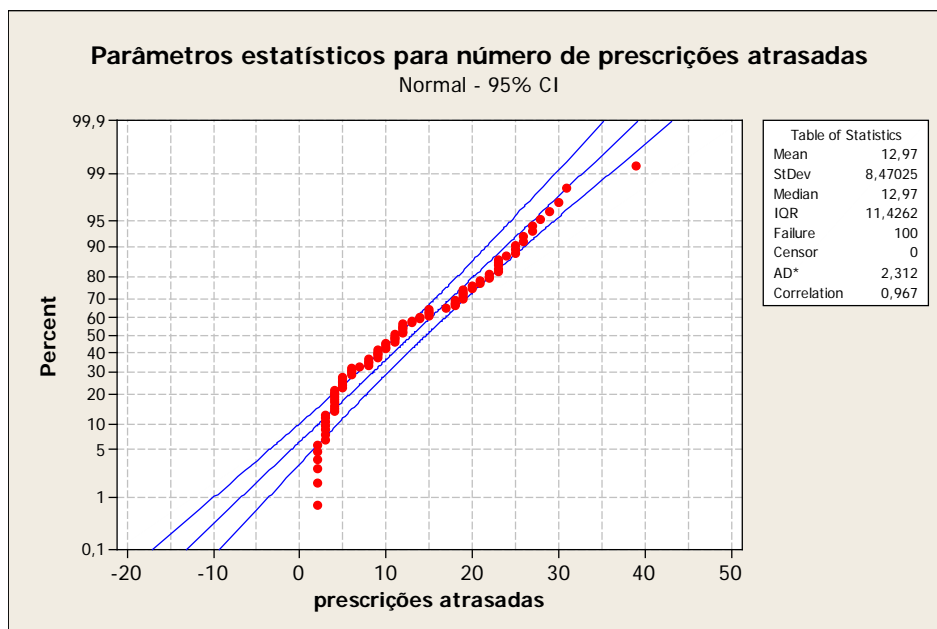


Gráfico 5 – Parâmetros para número de prescrições atrasadas

A partir da Eq. (2), foi calculado o número de replicações necessárias para o modelo. Considerando a precisão de 1 unidade de prescrição, obteve-se o valor de 276 replicações.

$$h = t_{n-1, \alpha/2} \times \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (2)$$

Onde:

$h$  = precisão desejada

$S$  = desvio padrão

$n$  = número de amostras necessárias

$t_{n-1, \alpha/2}$  = valor obtido da tabela de distribuição t

## 6.2. Execução das replicações e análise dos cenários

No modelo inicial, foram considerados os dados de demanda média do hospital, com base na distribuição normal obtida. Porém, por se tratar de um hospital, isto é, um sistema cujos serviços apresentam alta criticidade é preciso avaliar como o mesmo se comporta em uma situação extrema, considerando a capacidade máxima de 152 leitos. Isto foi simulado no cenário 1, através da alteração da quantidade de prescrições que chegam à farmácia por dia. A partir dos relatórios de resposta do *ProModel*®, foi possível analisar esse novo cenário considerando o número de prescrições atrasadas. No modelo inicial, considerando a demanda média normal, o número de prescrições atrasadas foi de  $(12 \leq \mu \leq 14)$ , sendo  $\mu$  o número médio de prescrições atrasadas (com 95% de confiança). Considerando o hospital com demanda máxima, o número de prescrições atrasadas será de  $(47 \leq \mu \leq 49)$ . Percebe-se um aumento considerável no número de prescrições atrasadas, o que pode colocar o hospital em uma situação de difícil controle. Tal problema necessita de uma análise mais apurada nos processos, de tal forma a agilizar o fluxo de separação.

No cenário 2 foram eliminados os tempos de paradas não planejadas. Durante a coleta de dados para a construção do modelo foi constatado que há frequentes atrasos na distribuição de medicamentos aos pacientes que cerca de 23% do tempo total de atuação dos funcionários representam porosidades. Desta forma, o cenário 2 considera a eliminação total destas porosidades, o que diminuiu o número de prescrições atrasadas para  $(1 \leq \mu \leq 3)$ , sendo  $\mu$  o número de prescrições atrasadas (com 95% de confiança). Nota-se, então, que a eliminação destas paradas não planejadas é fundamental na redução do atraso da separação das prescrições. Tal ação pode ser obtida através de treinamento técnico e motivacional aos funcionários.

No último cenário, simulou-se a situação em que todos os leitos estão ocupados juntamente com a eliminação total dos tempos de paradas não planejadas, resultando em uma pequena diminuição do número de prescrições atrasadas para ( $11 \leq \mu \leq 13$ ), sendo  $\mu$  o número médio de prescrições atrasadas (com 95% de confiança), quando comparado com o modelo inicial. Este resultado mostra que apenas a redução do tempo de paradas não planejadas não seria suficiente para atender a demanda máxima do hospital, sendo necessário, portanto, outras melhorias que podem ser obtidas, por exemplo, através da aplicação de conceitos *Lean*.

## 7. Considerações finais e limitações

Utilizou-se a simulação a eventos discretos para analisar o sistema de distribuição de medicamentos de um hospital e o impacto da variação de demanda e das paradas não planejadas sobre o mesmo. O modelo conceitual foi validado através de consulta a especialistas do sistema, enquanto o modelo computacional foi validado através de animação e comparação estatística com dados históricos.

Analisando os relatórios do *ProModel*® obtidos com as replicações, é possível concluir que, atualmente, a farmácia não atende as necessidades dos setores do hospital, o que foi constatado no sistema real durante a coleta de dados. Ao se considerar a ocupação máxima, o resultado torna-se ainda pior, aumentando, consideravelmente, o número de prescrições atrasadas. Desta forma, sugere-se a implementação de melhorias baseadas no conceito *Lean* para ajudar a melhorar o fluxo de separação, aumentando a agregação de valor nos processos.

Por outro lado, a eliminação dos tempos de paradas não planejadas traria um resultado positivo para o sistema, estando este próximo de atender a demanda média atual do hospital. O modelo apresentado neste trabalho pode ser uma ferramenta útil, neste contexto, ao auxiliar no treinamento e conscientização dos funcionários sobre o impacto das paradas no fornecimento de medicamentos aos pacientes no horário correto.

O cenário 3, entretanto, veio a comprovar que apenas a eliminação das porosidades não é suficiente, o que reforça a necessidade de outras melhorias, já citadas anteriormente. Por isso, como trabalhos futuros os pesquisadores pretendem analisar o impacto sobre o sistema de melhorias propostas com base em conceitos da produção enxuta (*Lean*), como o balanceamento da chegada de prescrições à farmácia, a adoção de um quadro com o número de prescrições a serem separadas pelos funcionários por hora, entre outras.

Entre as limitações do trabalho, pode-se citar a baixa confiabilidade dos dados coletados, porém os pesquisadores acreditam que isso se deve à alta variabilidade do sistema e à baixa quantidade de amostras disponível, por restrição de tempo. Além disso, dado os inúmeros recursos disponíveis no *ProModel*®, é possível afirmar que o trabalho também é limitado parcialmente quanto as análises realizadas sobre o sistema. Os pesquisadores acreditam que trata-se de uma limitação parcial uma vez que os objetivos propostos no trabalho foram atingidos e que o modelo computacional foi finalizado e validado. Assim, a simulação de outros cenários demandaria baixo tempo e esforço.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES, CNPq e FAPEMIG pelo apoio financeiro no desenvolvimento desta pesquisa.

## Referências

- BANKS, J. Introduction to simulation. In: Winter Simulation Conference, 2000, Atlanta/USA, **Proceedings of...**, 2000.
- BEECH, R.; BROUGH, R. L. & FITZSIMONS, B. A. The development of a decision support system for planning services within hospitals. **Journal of the Operational Research Society**, v. 41, n. 11, p.995-1006, 1990.
- BRAILSFORD, S. Health care management - a case for simulation. **OR Insight**, v.8, n.2, p.4-6, abr. /jun. 1994.
- CHWIF, L.; MEDINA, A.C. Análise e Simulação de Eventos Discretos. São Paulo: 2007.

- CHWIF, L.; MEDINA, A.C. **Modelagem e simulação de eventos discretos: teoria e aplicações**. São Paulo: 2006.
- FETTER R.B, THOMPSON J.D. Patients' waiting time and doctors' idle time in the outpatient setting. **Health Services Research**, v. 1, n. 1, p. 66-90, 1966.
- FUSCO, A. C. Hospital Albert Einstein. **Usamos e aprovamos o MEDMODEL**. Boletim Fluxus – Boletim Informativo da Promodel, São Paulo, n.1,1997.
- INGALLS, R.G., Introduction to Simulation. In: Winter Simulation Conference, 2002, Solana Beach/USA, **Proceedings of...**,2002.
- JOHANSSON, B. **Discrete Event Simulation – present situation and future potential**. Department of product and production development. Chalmers University of Technology, Suécia, 2002.
- KLEN, A. M.; GUIMARÃES, I. F. G.; PEREIRA, D M. A utilização da simulação em gestão hospitalar: aplicação de um modelo computacional em um centro de imobilizações ortopédicas. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), XXVIII, Rio de Janeiro, 2008. **Anais do XXVIII ENEGEP**, 2008.
- KLEN, A. M.; GUIMARÃES, I. F. G.; PEREIRA, D M. A utilização da simulação em gestão hospitalar: aplicação de um modelo computacional em um centro de imobilizações ortopédicas. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), XXVIII, Rio de Janeiro, 2008. **Anais do XXVIII ENEGEP**, 2008.
- LAW, A. Simulation model's level of detail determines effectiveness. **Industrial Engineering**, v.23, n.10, p.16-18, 1991.
- LAW, A.M. How to build valid and credible simulation models. In: Winter Simulation Conference, 2006, Monterey/USA, **Proceedings of...**, 2006.
- LEAL, F. Um diagnóstico do processo de atendimento a clientes em uma agência bancária através de mapeamento do processo e simulação computacional. 2003. 223 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2003.
- LEAL, F.; ALMEIDA, D.A.; MONTEVECHI, J.A.B. Uma proposta de técnica de modelagem conceitual para a simulação através de elementos do IDEF. In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, XL, João Pessoa, PB, 2008. **Anais do XL Simpósio Brasileira de Pesquisa Operacional**, 2008.
- MONTEVECHI, J. A. B., PINHO, A. F.; LEAL, F., MARINS, F. A. S. Application of design of experiments on the simulation of a process in an automotive industry. In: Winter Simulation Conference, 2007, Washington/USA, **Proceedings of...**, 2007.
- MONTEVECHI, J. A. B.; LEAL, F.; PINHO, A. F.; COSTA, R. F. S.; OLIVEIRA, M. L. M.; SILVA, A. L. F. Conceptual modeling in simulation projects by mean adapted IDEF: an application in a Brazilian tech company. In: Winter Simulation Conference, 2010, Baltimore/USA, **Proceedings of...**, 2010.
- MORETTIN, P.A.;BUSSAB, W.O. **Estatística Básica**. 6. ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2010.
- PINHO, A. F.; LEAL, F.; ALMEIDA, D. A. A integração entre o mapeamento de processo e o mapeamento de falhas: dois casos de aplicação no setor elétrico. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), XXVI, Fortaleza, 2008. **Anais do ENEGEP**, 2006.
- ROBINSON, S. Conceptual modeling for simulation: issues and research and requirements. In: Winter Simulation Conference, 2006, Monterey/USA, **Proceedings of...**, 2006.
- SARGENT, R. G. Verification and validation of simulation models. In: Winter Simulation Conference, 2011, Atlanta/USA, **Proceedings of...**, 2011.
- SHANNON, R. E. **Systems Simulation: art and science**. Prentice Hall, 1975.
- WORTHINGTON, D.J. Hospital waiting lists management models. **Journal of Operational Research Society**, v.42, n.10, p.833-843, 1991.