

APLICAÇÃO DA SIMULAÇÃO A EVENTOS DISCRETOS EM UM AMBIENTE HOSPITALAR VISANDO A MELHORIA NO PROCESSO DE ATENDIMENTO

Tábata Fernandes Pereira

Universidade Federal de Itajubá
Av. BPS, 1303, Bairro Pinheirinho, Itajubá – MG
tabatafp@gmail.com

Mariana Akemi Takano

Universidade Federal de Itajubá
Av. BPS, 1303, Bairro Pinheirinho, Itajubá – MG
mariana.akemi9@gmail.com

Fabiano Leal

Universidade Federal de Itajubá
Av. BPS, 1303, Bairro Pinheirinho, Itajubá – MG
fleal@unifei.edu.br

Alexandre Ferreira de Pinho

Universidade Federal de Itajubá
Av. BPS, 1303, Bairro Pinheirinho, Itajubá – MG
pinho@unifei.edu.br

RESUMO

A simulação a eventos discretos (SED) vem sendo utilizada de forma crescente para auxílio a tomada de decisão nas mais diversas áreas do conhecimento. Este artigo faz uma aplicação real de um projeto de simulação em um ambiente de saúde, no qual a direção do hospital necessitava conhecer seu processo e identificar o tempo de permanência do cliente na fila, visando melhorias no processo. Dessa maneira, a simulação foi a ferramenta utilizada pelos analistas para atingir o objetivo deste trabalho. O método de pesquisa utilizado foi a Modelagem e Simulação, e as três etapas do projeto de simulação foram seguidas, concepção, implementação e análise. Ao final do trabalho, os resultados obtidos com a simulação permitiram direcionar os gestores do hospital, a fim de melhorar seu processo sem perder a qualidade do atendimento.

PALAVRAS-CHAVE: Simulação a eventos discretos, aplicação, sistemas de saúde.
Área principal: SIM, Simulação.

ABSTRACT

Discrete event simulation (DES) has been used increasingly to aid decision making in various fields of knowledge. This article is a real application of a simulation project in a healthcare environment, in which the hospital board needed to know your process and identify the permanence of the customer in the queue, in order to improve the process. Thus, the simulation was the tool used by analysts to achieve our objective. The research method used was the Modeling and Simulation, and the three stages of the simulation project were followed, design, implementation and analysis. At the end of the work, the results obtained with the simulation allowed direct managers of the hospital to improve its process without losing the quality of care.

KEYWORDS: Discrete events simulation, application, health systems.
Main area: SIM, Simulation.

1. Introdução

A Simulação a eventos discretos tem sido usada de forma crescente para auxiliar a tomada de decisão através de modelagem, análise e projetos de sistemas, a fim de visualizar o impacto de mudanças de parâmetros no desempenho desses sistemas (BANKS *et. al.*, 2005; CHO, 2005; GARZA-REYES *et. al.*, 2010; SARGENT, 2011).

De acordo com Borba (1998), a utilização da simulação a eventos discretos na área da saúde é feita há algum tempo. No entanto, a maioria dos trabalhos na área de saúde, provêm de países como Estados Unidos da América e Inglaterra (SAKURADA e MIYAKE, 2009).

A maioria das organizações de saúde no Brasil desconhecem o conceito de aplicação da simulação e dificilmente pode ser encontrada uma organização que faça o uso sistêmico da simulação (SAKURADA e MIYAKE, 2009). De acordo com Nance (1993) a investigação do desempenho dos sistemas de saúde tem tido grandes avanços com a introdução de tecnologias de simulação.

Vem crescendo o uso da simulação a eventos discretos na área de saúde como ferramenta de auxílio a tomada de decisão, particularmente nos hospitais da Inglaterra. Estes fazem uso da simulação, a fim de diminuir tempo 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; BRAILSFORD, 1994). Fetter e Thompson (1966) elaboraram modelos de simulação para resolver problemas no agendamento de consultas de paciente, entre outros problemas.

Aplicações de projetos de simulação podem ser encontradas de forma abundante em áreas de manufatura, no entanto, aplicações em áreas de saúde, poucos trabalhos são encontrados (SAKURADA e MIYAKE, 2009). Trabalhos relacionados ao tema aqui proposto podem ser encontrados em Klen, Guimarães e Pereira (2008), Worthington (1991), Fackler, Hankin e Young (2012), Mes e Bruens (2012), Kuhl (2012) e Taheri, Gellad, Burchfield e Cooper (2012).

Neste sentido, este trabalho apresenta a aplicação da simulação a eventos discretos em um ambiente hospitalar, a fim de contribuir com a literatura na discussão deste tema. O objetivo deste trabalho é identificar o tempo de permanência dos pacientes no pronto atendimento, a fim de propor melhorias para aprimorar o sistema.

O presente trabalho está organizado em seis seções. A primeira aqui apresentada fez a contextualização do tema proposto. A segunda apresenta a fundamentação teórica sobre a simulação a eventos discretos. A terceira apresenta o método de pesquisa utilizado no desenvolvimento do trabalho. A quarta seção apresenta o objeto de estudo. A quinta apresenta a aplicação do método e os resultados obtidos. Por fim, a sexta seção traz as conclusões gerais deste trabalho.

2. Fundamentação Teórica

2.1 Simulação a eventos discretos

A simulação consiste na recriação de um sistema em um ambiente controlado, de modo que seja possível compreender, manipular e verificar seu comportamento de forma segura e a custos relativamente menores (VACCARO, 1999). Para Harrel, Ghosh e Bowden (2000) a simulação pode ser definida como a representação virtual de um sistema da vida real por meio de um modelo, tornando possível o estudo do sistema sem que seja necessário construí-lo na realidade, ou mesmo fazer modificações nesse sistema.

A simulação computacional é a representação de um sistema real através de um modelo, utilizando um computador, trazendo a vantagem de se poder visualizar esse sistema, implementar mudanças e responder a questões do tipo “o que aconteceria se” (*what-if*), minimizando custos e tempo (MORABITO NETO e PUREZA, 2012).

Segundo Banks (1998), a simulação é a imitação de um processo ou sistema do mundo real ao longo do tempo. Ela envolve a criação de uma história artificial e a observação desta história para se fazer inferência sobre as características da operação do sistema do qual representa. Para Balci (2003) a simulação é o ato de experimentar ou executar um modelo sob

diversos aspectos, tentando atingir um objetivo pré-estabelecido. A simulação é uma ferramenta que promove uma melhor compreensão sobre os sistemas, servindo de meio de comunicação entre analistas, gerentes e pessoas ligadas a sua operação (CHWIF e MEDINA, 2010).

Strack (1984) recomenda a utilização da simulação quando:

- Não existe uma formulação matemática completa para o problema;
- Resultados não são fáceis de serem obtidos por qualquer outro método analítico;
- Torna-se necessário observar o desenvolvimento do processo desde o início até o seu término;
- Quando são necessários detalhes específicos do sistema;
- Quando a experimentação na situação real apresenta inúmeros obstáculos ou não é possível.

Shannon (1998) apresenta as seguintes vantagens para o uso da simulação:

- Possibilidade de testar leiautes e projetos sem comprometer recursos para a implantação;
- Pode ser utilizada para explorar novas políticas de estoque, procedimentos operacionais; regras de decisão e fluxo de informações, sem interrupção do sistema real;
- Permite o controle do tempo, uma vez que se pode executar o modelo simulado por vários meses ou anos em questão de minutos, permitindo uma rápida análise ao longo do tempo ou desacelerar um fenômeno para compreender melhor;
- Permite identificar gargalos no fluxo de informações, materiais ou produtos e testar opções para aumentar a taxa de fluxo;
- Permite adquirir conhecimento de como o sistema modelado realmente trabalha e compreender quais variáveis são importantes para seu desempenho.

Banks *et al.* (2005) e Law e Kelton (2000) ressaltam que apesar das vantagens que a simulação apresenta, esta também possui algumas desvantagens: os modelos de simulação são, em geral caros e consomem tempo para serem desenvolvidos, se um modelo não for a representação adequada de um sistema, sua real utilidade será mínima, a construção de modelos requer treinamento especial, a modelagem e a análise podem tomar muito tempo, entre outras.

3. Método de pesquisa

O método de pesquisa adotado para este trabalho é a Modelagem e Simulação. Morabito Neto e Pureza (2012) apresentam alguns propósitos da condução de uma pesquisa por meio de Modelagem e Simulação de sistemas, são eles:

- Conhecer mais detalhadamente a forma de operação do sistema;
- Desenvolver políticas operacionais e recursos para aperfeiçoar o desempenho do sistema;
- Testar novos conceitos e/ou sistemas antes de implementá-los;
- Obter informações sem alterar o sistema atual.

Para representar a lógica de um projeto de simulação, foi usado o método proposto por Montevechi *et al.* (2010). Este método se divide em três etapas: concepção, implementação e análise. Sendo cada uma das etapas compostas por um determinado número de atividades apresentadas na Figura 1.

A primeira fase do projeto de simulação é a concepção. Para Robinson (2008), nesta primeira etapa os pesquisadores conhecem o processo a ser simulado, delimitando o sistema, definindo os objetivos da pesquisa, o escopo e o nível de detalhe para o modelo. Autores como Law (1991), Robinson (2008) e Chwif e Medina (2010) acreditam que esta é a fase mais importante do projeto, sendo que estas devem estar bem definidas ao início, a fim de evitar erros e retrabalho.

A segunda etapa do método é a implementação, nesta fase é construído o modelo computacional, utilizando algum *software* de simulação, e devem-se feitos os processos de verificação e validação deste modelo.

Por fim, a última etapa do método é a análise. Nesta fase, são efetuadas várias rodadas do modelo e os resultados da simulação são analisados e documentados. A partir destes resultados, conclusões e recomendações sobre o sistema podem ser feitas e aplicadas. Caso haja necessidade, o modelo pode ser modificado e o ciclo reiniciado.

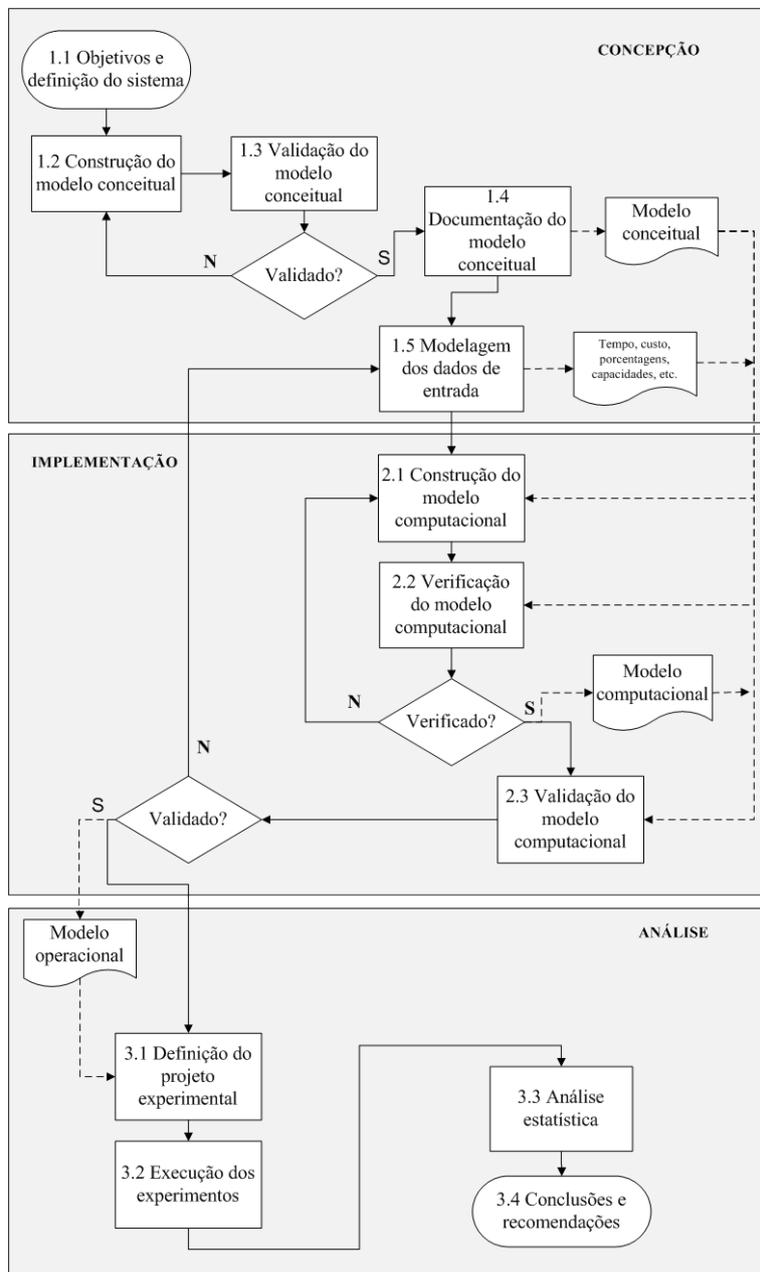


Figura 1 – Fases de um projeto de simulação
Fonte: Montevechi *et al.* (2010)

4. Objeto de estudo

O objeto de estudo deste trabalho é pronto atendimento de um hospital localizado no sul de Minas Gerais. Conta com mais de 112 mil médicos, 3.097 hospitais credenciados, além de pronto-atendimentos, laboratórios, ambulâncias e hospitais próprios e credenciados.

5. Desenvolvimento do método

De acordo com o método seguido de Montevechi *et al.* (2010), mostrado na Figura 1, a fase inicial do projeto de simulação é a concepção, esta fase se inicia com a definição do sistema

a ser simulado e com a definição do objetivo do estudo de simulação. Dessa forma, será apresentada a fase inicial do projeto de simulação para o estudo proposto.

5.1 Concepção

5.1.1 Objetivos e definição do sistema

Os objetivos e definições do sistema foram estabelecidos, por meio de reuniões e conversas realizadas diretamente com os analistas do projeto. Assim, foi possível entender qual o principal objetivo que a simulação veio responder para a direção do hospital. É importante ressaltar que os analistas deste projeto, dedicaram tempo considerável nesta primeira fase, corroborando assim com as afirmações de Law (1991), Robinson (2008) e Chwif e Medina (2010), que a fase de concepção é a fase mais importante de todo o projeto, evitando erros e futuros retrabalhos.

Dessa forma, o objetivo identificado pelos analistas juntamente com a direção do hospital era de conhecer melhor o tempo de permanência dos pacientes no pronto atendimento. Com os objetivos da simulação definidos foi possível passar para a próxima fase do método de Montevechi *et al.* (2010), apresentado na Figura 1.

5.1.2 Construção e validação do modelo conceitual

Após a determinação dos objetivos e definição do sistema, foi elaborado o modelo conceitual, utilizando a técnica de modelagem IDEF-SIM (MONTEVECHI *et al.*, 2010). A técnica de modelagem conceitual IDEF-SIM inclui uma simbologia que representa os componentes existentes em muitos pacotes de simulação.

É importante destacar que uma primeira versão do sistema estudado foi construída, e esta foi sendo aprimorada à medida que os estudos avançavam, a fim de evitar possíveis erros. A versão final do modelo conceitual é apresentada na Figura 2.

Após a construção do modelo conceitual, este deve ser validado. Esta validação foi feita por meio da técnica face a face (SARGENT, 2009), em que os analistas apresentaram o modelo aos especialistas da direção do hospital e, estes puderem validar o modelo. Sendo assim, os analistas puderam continuar a condução do projeto, passando para a fase de modelagem dos dados de entrada.

5.1.3 Modelagem dos dados de entrada

Os dados necessários para alimentar o modelo computacional não foram coletados, devido ao fato de o objeto de estudo deste trabalho ser um hospital. Em alguns locais os analistas não tiveram acesso a cronometragem, como por exemplo, a área de Raio X que é considerada uma área de perigo e somente pessoas especializadas possuem acesso.

Outros locais como o Leito possuem uma variação de tempo muito grande, pois dependendo do problema de saúde do paciente, este pode ficar pouco tempo no leito, ou pode permanecer muito tempo. Nos locais Consultório 1 e Consultório 2, os analistas encontraram certa resistência por parte dos médicos que não ficaram satisfeitos em coletar o tempo gasto em cada atendimento.

Devido a estas e outras dificuldades, a solução encontrada pelos analistas para a coleta dos dados necessários a simulação foi um entrevista direta com cada especialista responsável pelo local em que foi possível a coleta. Uma enfermeira chefe acompanhou todo o procedimento e validou os dados. Os dados coletados podem ser vistos na Tabela 1.

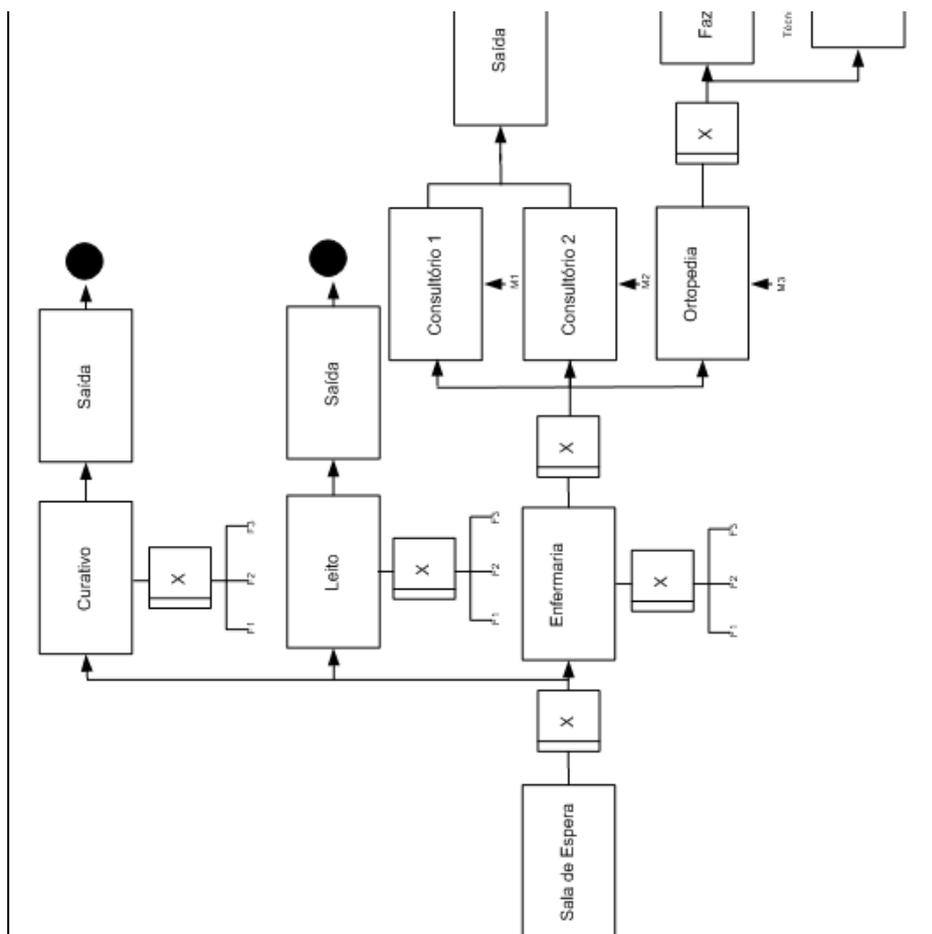


Figura 2 – Modelo conceitual

Tabela 1 – Tempos determinados pelos especialistas

Locais	Tempos (minutos)		
	Menor valor	O mais provável	Maior valor
Recepção Adulta	01	01	03
Sala de Espera	05	10	30
Enfermaria- triagem	05	05	15
Consultório 1	5	10	15
Consultório 2	5	10	15
Leito	30	60	1440
Ortopedia	15	20	40
Curativo	10	15	30
Saída	-	-	-
Raio X	5	10	20

Neste contexto, a distribuição usada para os dados foi a triangular. Para Chwif e Medina (2010), as distribuições triangulares modelam situações em que não se conhece a forma exata da distribuição, mas têm-se estimativas para o menor valor, o valor mais provável de ocorrer, e o maior valor, situação encontrada neste trabalho. Sendo assim, conforme apresentado na Tabela 1, os dados necessários (menor valor, o mais provável e o maior valor) foram obtidos.

Foram registrados também o número de pessoas que chegavam durante cada dia da semana, totalizando um número de 117 pessoas, como pode ser visto na Tabela 2.

Tabela 2 – Quantidade de pessoas que chegam durante a semana

Horário	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
---------	---------	-------	--------	--------	-------

08:00h- 09:00h	-	22	14	12	20
09:00h-10:00h	-	13	22	15	13
10:00h-11:00h	-	7	7	8	15
11:00h-12:00h	12	2	5	3	7
12:00h-13:00h	14	2	3	3	5
13:00h-14:00h	10	9	10	10	13
14:00h-15:00h	16	9	10	5	5
15:00h-16:00h	5	10	12	9	14
16:00h-17:00h	6	4	2	5	6
17:00h-18:00h	2	4	5	9	5
18:00h-19:00h	5	9	4	9	5
19:00h-20:00h	17	13	6	12	4
20:00h-21:00h	11	4	7	12	9
21:00h-22:00h	11	8	5	10	2

Finalizada a coleta dos dados necessários para alimentar o modelo computacional, pode-se seguir para a próxima etapa do projeto de simulação, a implementação.

5.2 Implementação

5.2.1 Construção do modelo computacional

Neste momento, o modelo conceitual foi transformado em modelo computacional. O modelo computacional foi construído utilizando o *software Promodel®* e após algumas versões, este foi finalizado, como é apresentado na Figura 3. Os ciclos de chegada do modelo foram definidos usando a média da porcentagem de pessoas que chegavam durante todo o dia (Tabela 2). A Tabela 3 apresenta a definição dos ciclos de chegada.

Tabela 3 – Ciclos de chegada

Tempo (horas)	Quantidade (%)
1	11,51
2	10,74
3	6,21
4	5,07
5	4,75
6	8,93
7	7,91
8	8,54
9	3,94
10	4,24
11	5,47
12	19,05
13	7,39
14	6,25

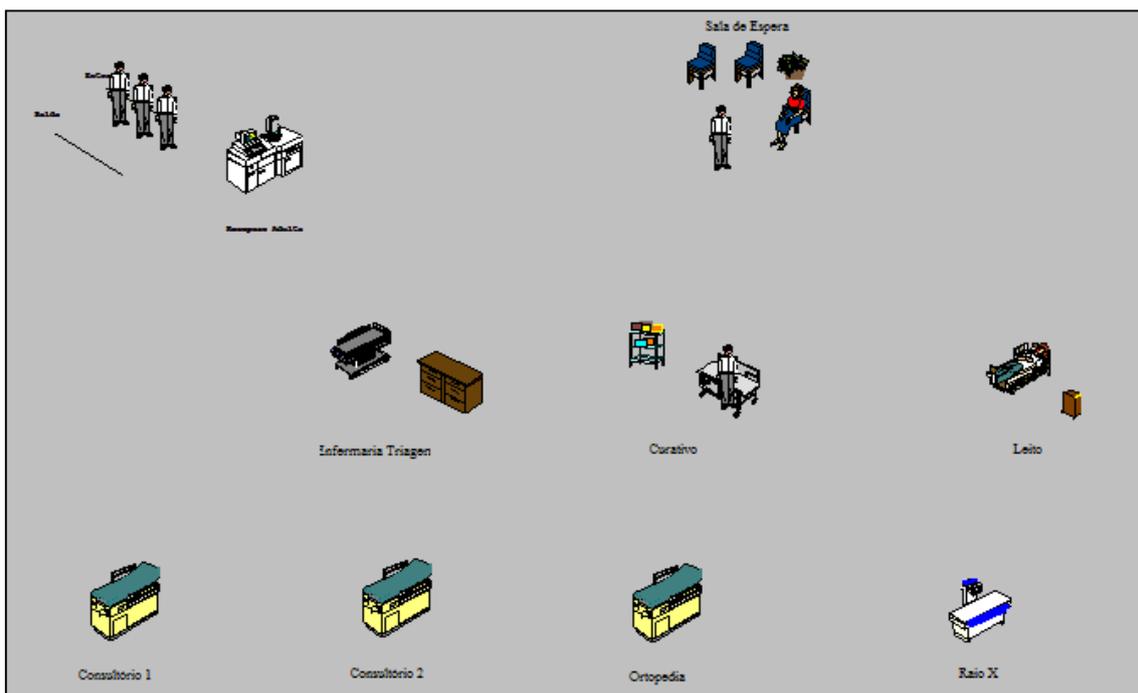


Figura 3 – Modelo computacional

5.2.2 Verificação do modelo computacional

A verificação de um modelo é definida ao assegurar-se que o programa computacional e sua implementação estão corretos (SARGENT, 2009). Para este trabalho, a verificação foi feita por meio dos recursos do *Promodel*®, em que os analistas investigaram a lógica do modelo, comparando com o modelo conceitual.

5.2.3 Validação do modelo computacional

De acordo com Law (2000) a validação pode e deve ser feita para todos os modelos, independentemente do sistema modelado. A validação do modelo computacional é definida como a determinação de que o comportamento do modelo simulado detém precisão suficiente para representar o modelo real para a aplicação a qual se destina (SARGENT, 2009).

A validação do modelo computacional foi realizada de duas formas, por meio das técnicas face a face (SARGENT, 2009) e validação estatística. A validação face a face foi realizada pelos analistas, em que compararam a lógica do processo do modelo computacional, por meio dos recursos do *software* e validaram a construção do modelo.

Já a validação estatística foi realizada utilizando a técnica proposta por Kleijnen (1995), em que compara os resultados fornecidos pelo modelo com os resultados obtidos do sistema real. Para Kleijnen (1995), a ideia consiste em tomar o intervalo de confiança para a diferença entre os dois conjuntos (dados do modelo e dados do sistema). Se o intervalo contiver o zero pode-se afirmar que com um nível de confiança $[(1-\alpha) \times 100\%]$ que as respostas são equivalentes (do sistema real e do modelo de simulação). Neste caso, o intervalo de confiança pode ser construído como mostra a Equação (1).

$$\bar{X}_S - \bar{X}_r \pm t_{2n-2, \alpha/2} \cdot \sqrt{\frac{S_S^2 + S_r^2}{n}} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

- \bar{X}_S é a média do resultado da simulação;
- \bar{X}_r é a média do resultado real;
- S_S é o desvio padrão do resultado simulado;
- S_r é o desvio padrão do resultado real;

n é o número de observações (deve ser o mesmo para simulado e real);
 $t_{2n-2, \alpha/2}$ é a distribuição t de Student para $2n-2$ graus de liberdade e um nível de significância de $\alpha/2$;

Considerando um valor de t de 2,306 (95% de confiança), foi calculado o intervalo com os resultados da simulação, obtendo assim este resultado: [-5,37; 7,37]. De acordo com o Kleijnen (1995), se o intervalo contiver o zero, o modelo pode ser considerado válido para representar a realidade. Com o resultado obtido, o modelo desenvolvido pelos analistas foi validado, assim pode-se seguir para a última fase do projeto de simulação, a análise.

5.3 Análise e discussão dos resultados

Com o modelo computacional verificado e validado, os analistas puderam passar para a última etapa do projeto de simulação, a análise. Neste momento, pode-se utilizar o modelo para responder ao objetivo da simulação, que era apresentar o tempo de permanência dos pacientes na fila de espera, a fim de apresentar a direção do hospital o sistema.

A simulação apresenta variações, sendo assim, é inapropriado tirar conclusões em cima de uma única execução da simulação (CHUNG, 2004), neste contexto Leal (2008) propõe que para reduzir as chances de uma recomendação errada, é necessário executar certo número de replicações, e assim, realizar as recomendações.

Dessa forma, Leal (2008) apresenta uma fórmula, utilizando os dados de uma pré-amostragem, a fim de calcular o número de replicações necessárias para realizar as recomendações. Os cálculos foram realizados tomando-se por base um nível de confiança de 90% e uma taxa de erro admissível igual a 5% do valor médio das 60 replicações realizadas. Obteve-se assim, que o número de réplicas apontado pelo cálculo foi de aproximadamente 62 replicações. Dessa forma, os analistas fizeram mais duas replicações do modelo e pode-se analisar os resultados obtidos e fazer as recomendações.

O modelo computacional foi executado durante 14 horas e com 62 réplicas para simular a rotina. Os resultados da simulação foram obtidos por meio dos relatórios que o *software* emite ao final da simulação. A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos do estado do cliente.

Conforme os dados apresentados na Tabela 4, o cliente fica a maior parte do tempo em espera, o intervalo que apresenta este tempo está entre aproximadamente 69 e 74 minutos. E como ainda pode ser visto na Tabela 4, o menor tempo, o cliente está em movimento, entre aproximadamente 0,46 e 0,56 minutos.

Tabela 4 – Estado do cliente

Cliente	
Estado	Intervalo de tempo (minutos)
Movimento	[0,4592;0,5549]
Espera	[69,376;74,007]
Operação	[14,283;16,975]
Bloqueado	[11,172;13,174]

A Tabela 5 apresenta a utilização dos locais em porcentagem. Nota-se que o local “Recepção Adulta”, está com 97,60% da sua capacidade sendo utilizada, e o local “Sala de espera”, está com 97,70% de sua capacidade utilizada.

Nota-se que estes dois locais são considerados os gargalos do sistema estudado, em que a entidade, o “Cliente”, passa maior parte do tempo em espera no local “Sala de espera”, pois o local seguinte do sistema, “Recepção Adulta”, está com sua capacidade total sendo utilizada. Este foi considerado pelos analistas da simulação o principal fator crítico do processo, em que a direção do hospital deve dedicar maior atenção.

Tabela 5 – Utilização dos locais

Utilização dos locais	
Local	Utilização (%)
Consultório 1	12,27%
Consultório 2	9,93%
Curativo	34,49%
Enfermaria	28,71%
Entrada	39,53%
Leito	35,42%
Ortopedia	13,30%
Raio X	3,08%
Recepção Adulta	97,60%
Saída	-
Sala de espera	97,70%

Neste momento do trabalho os analistas sugeriram a direção do hospital que outras análises pudessem ser realizadas nestes locais, considerando a quantidade de atendentes ou a quantidade de postos de atendimento, mudanças estas que impactariam significativamente no tempo de atendimento dos pacientes e ao mesmo tempo melhorando a qualidade do atendimento proporcionado pelo hospital.

Os outros locais do sistema, como “Consultório 1”, “Consultório 2”, “Curativo”, “Enfermaria”, “Entrada”, “Leito”, “Ortopedia” e “Raio X”, estão sendo menos utilizados, não sendo considerados fatores críticos no sistema.

6. Conclusão

O presente trabalho teve como objetivo utilizar a ferramenta, simulação a eventos discretos, a fim de apresentar a direção do hospital, objeto deste estudo, como realmente se encontra o processo de atendimento dos pacientes e qual o tempo de permanência dos clientes na fila de espera no pronto atendimento, propondo sugestões e mudanças para aprimorar a qualidade do atendimento oferecido pelo hospital.

Os analistas do projeto começaram a aplicação da simulação no objeto de estudo, por meio de entrevistas com a enfermeira chefe e outros especialistas, coletando dados para, inicialmente, compreender o processo que seria simulado, primeira fase de um projeto de simulação. Em seguida, os mesmos puderam construir o modelo conceitual, que foi validado pela direção do hospital que aprovou o modelo.

Seguindo a segunda fase do projeto de simulação, os analistas já com os dados em mãos, puderam construir o modelo computacional. Foi realizada a verificação, por meio da técnica face a face e, feita a validação, em que os analistas constataram a capacidade do modelo computacional de representar a realidade. Por fim, várias rodadas do modelo computacional foram realizadas, e os analistas puderam analisar os dados obtidos da simulação e propor melhorias a direção do hospital, a fim de que estas melhorias pudessem aprimorar o processo estudado.

Os resultados da simulação apresentaram que o cliente quando chega no pronto atendimento do hospital, passa a maior parte do tempo esperando, entre um intervalo de 69 a 74 minutos aproximadamente. E fica menos de um minuto se movimentando dentro do processo.

Outra análise realizada pelos analistas foi o estudo dos locais. Foram identificados que os locais “Sala de espera” e “Recepção Adulta” são considerados os gargalos do sistema, com 97,60% e 97,70% de utilização, respectivamente. Sendo assim, estes locais devem ter uma atenção maior por parte da direção do hospital, sendo pontos críticos do processo. Alterações nestes locais certamente irão trazer grandes contribuições para a melhoria do sistema.

Este trabalho apresentou uma aplicação da simulação a eventos discretos no pronto atendimento de um ambiente hospitalar, ressaltando assim, a importância que a simulação vem ganhando em sua aplicação nas mais diversas áreas. O uso da simulação no objeto de estudo permitiu que os analistas apresentassem a direção do hospital como realmente se encontra o processo que foi estudado, e apresentou ainda alguns resultados importantes a direção do hospital, que dessa maneira, pode realizar alterações no sistema, a fim de melhorar o tempo de atendimento do paciente no hospital, sem alterar a qualidade do mesmo.

Como proposta para trabalhos futuros, os autores sugerem que as melhorias propostas sejam simuladas, a fim de avaliar o impacto destas mudanças no sistema.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPEMIG, a CAPES, ao CNPq e aos funcionários do hospital pelo apoio e suporte ao longo dessa pesquisa.

Referências Bibliográficas

- Balci, O.** Verification, validation, and certification of modeling and simulation applications. In: Winter Simulation Conference, *Proceedings...* New Orleans, Louisiana, USA, 2003.
- Banks, J.** Handbook of simulation: principles, methodology, advances, applications, and practice. *John Wiley & Sons*, 1998.
- Banks, J.; Carson II, J. S.; Nelson, B. L. e Nicol, D. M.** *Discrete-event Simulation*. 4. ed. New Jersey: Prentice-Hall, 2005.
- Borba, G. S.** *Desenvolvimento de uma abordagem para a inserção da simulação no setor hospitalar de Porto Alegre*. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. [Dissertação de mestrado – Área: Gerência de Produção], 1998.
- Brailsford, S.** Health care management: a case for simulation. *OR Insight*, v. 8, n.2, p. 4-6, 1994.
- Cho, S.** A distributed time driven simulation method for enabling real time manufacturing shop floor control. *Computers & Industrial Engineering*, n.49, p.572-590, 2005.
- Chung, C. A.** *Simulation modeling handbook. A practical approach*. CRC press, London, New York. 2004.
- Chwif, L. e Medina, A. C.** *Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria e Aplicações*. 2ª. ed. São Paulo: Editora dos Autores, 2010.
- Fackler, J. e Hankin, J.** Why healthcare professionals are slow to adopt modeling and simulation. In: Winter Simulation Conference, *Proceedings...* Berlin, Germany, 2012.
- Fetter, R. B. e Thompson, J. D.** Patient's waiting time and doctor's idle time in the outpatient setting. *Health Services Research*, v. 1, n. 1, p. 66-90, 1966.
- Garza-Reyes, J.A.; Eldridge, S.; Barber, K.D.; Soriano-Meier, H.** Overall equipment effectiveness (OEE) and process capability (PC) measures: a relationship analysis. *International Journal of Quality & Reliability Management*, v.27, n.1, p. 48-62, 2010.
- Harrel, C. R.; Ghosh, B. K. e Bowden, R.** *Simulation Using Promodel*. 2.ed. New York: McGraw-Hill, 2004.
- Johansson, B.** *Discrete Event Simulation – present situation and future potential*. Department of product and production development. Chalmers university of Technology, Suécia, 2002.
- Kleijnen, J. P. C.** Theory and Methodology: Verification and validation of simulation models. *European Journal of Operational Research*, v.82, p.145-162, 1995.
- Klen, A. M.; Guimarães, I. F. G. e Pereira, D. M.** A utilização da simulação em gestão hospitalar: aplicação de um modelo computacional em um centro de imobilizações ortopédicas. *Anais...* XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP, 2008.
- Kuhl, M. E.** A simulation study of patient flow for day of surgery admission. In: Winter Simulation Conference, *Proceedings...* Berlin, Germany, 2012.
- Law, A. M. e Kelton, D. W.** *Simulation modeling and analysis*. 3.ed. New York: McGraw-Hill, 2000.
- Law, A. M.** Simulation model's level of detail determines effectiveness. *Industrial engineering*. v. 23, p. 16-18, 1991.

- Leal, F.** *Análise do efeito interativo de falhas em processos de manufatura através de projeto de experimentos simulados*. 2008. 237 f. Tese (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Itajubá, UNIFEI, Minas Gerais.
- Luban, F.** Methods for evaluating economics of knowledge management systems. In Information & Knowledge Age. In: International Conference on Informatics in Economy, *Proceedings...* Bucharest, Romania, 2005.
- Mes, M.; Bruens, M.** A generalized simulation model of an integrated emergency post. In: Winter Simulation Conference, *Proceedings...* Berlin, Germany, 2012.
- Montevecchi, 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, *Proceedings...* Baltimore, MD, USA, 2010.
- Morabito Neto, R.; Pureza, V.** Modelagem e Simulação. In: Cauchick Miguel, P. A. *Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012, p. 170-196.
- Nance, R. E.** *A History of Discrete Event Simulation Programming Languages*, New York: ACM Press, 1993.
- Robinson, S.** Conceptual modelling for simulation Part I: definition and requirements. *Journal of the Operational Research Society*. v. 59, p. 278-290. 2008.
- Sakurada, N. e Miyake, D. I.** Aplicação de simuladores de eventos discretos no processo de modelagem de sistemas de operações de serviços. *Gestão e Produção*, v. 16, n. 1, p. 25-43, 2009.
- Sargent, R. G.** Verification and validation of simulation models. In. Winter simulation conference. *Proceedings...* Phoenix, AZ, USA, 2011.
- Sargent, R. G.** Verification and validation of simulation models. In: Winter Simulation Conference, *Proceedings...* Austin, TX, USA, 2009.
- Shannon, R. E.** Introduction to the art and science of simulation. In: Winter Simulation Conference, *Proceedings...* Washington, DC, USA, 1998.
- Strack, J.** *GPSS-Modelagem e Simulação de Sistemas*. Rio de Janeiro: Editora LTC, 1984.
- Taheri, J.; Gellad, J. T. Z.; Burchfield, D. e Cooper, K.** A simulation study to reduce nurse overtime and improve patient flow time at a hospital endoscopy unit. In: Winter Simulation Conference, *Proceedings...* Berlin, Germany, 2012.
- Vaccaro, G. L. R.** *Modelagem e Análise de Dados em Simulação*. Exame de Qualificação (Doutorado). PPGC/UFRGS, Porto Alegre, 1999.