

Simulação computacional aplicada na área de saúde

Francisco Santos Sabbadini
Sabbadini01@yahoo.com.br
UNESA

Antônio Augusto Gonçalves
augusto@inca.gov.br
INCA

Resumo

Este artigo apresenta um panorama relativo a utilização da técnica de simulação computacional aplicada na área de saúde, particularmente no Brasil. Inicialmente faz-se uma apresentação conceitual relativa à sistemas, modelos e simulação computacional. Em seguida são relacionados os conceitos de modelagem e simulação, assim como o processo de desenvolvimento de um projeto dessa natureza. Por fim, são apresentadas diversas aplicações na área de saúde. No Brasil são destacados os trabalhos desenvolvidos em emergência hospitalar e na agilização do fluxo de pacientes com câncer.

Palavras-chave: Sistemas e Modelagem. Simulação computacional. Saúde

1 – Introdução

A utilização da técnica de simulação na área de saúde como ferramenta para a análise e a melhoria de processos tem demonstrado adequação em diferentes aplicações envolvendo avaliação de operações, dimensionamento de recursos, revisão de procedimentos e protocolos de atendimento a pacientes, avaliação da capacidade instalada e políticas operacionais.

Nas últimas décadas a aplicação da simulação tem demonstrado ser esta uma técnica poderosa, principalmente para o estudo do fluxo de pacientes, sendo bem documentada tanto na pesquisa operacional quanto na literatura médica.

Um aspecto importante a ser considerado em relação a utilização desta técnica é o fato de que os sistemas na área de saúde são dinâmicos e de grande complexidade. Há forte interação entre os processos que são influenciados por eventos de natureza aleatória. Este cenário impõe severas dificuldades para estudos analíticos, fazendo com que a simulação seja indicada.

2 – Sistemas e modelos

Uma fundamentação importante para a compreensão da técnica de simulação é o conhecimento dos conceitos de sistema e de modelo. Segundo Banks e Carson (1984) um sistema pode ser definido como um grupo de objetos que estão reunidos em alguma forma regular de interação e interdependência para atingir determinado propósito. De acordo com esses autores, o sistema é afetado por mudanças que ocorrem no ambiente no qual está inserido.

Para Harrel et al (2002, p. 17), “um sistema é um conjunto organizado de entidades, tais como: pessoas, equipamentos, métodos e peças, que trabalham conjuntamente em direção a um objetivo específico”.

Um modelo pode ser definido como a representação de um sistema com o propósito de estudá-lo (BANKS e CARSON, 1984). É uma representação explícita de uma parte da realidade para compreensão, mudança, controle ou administração dessa realidade. Os modelos, dadas as suas características podem ser utilizados com ferramentas para a avaliação de diferentes cenários e para a tomada de decisão.

Para Lachtermacher (2004, pag.5), os modelos apresentam os seguintes benefícios como instrumento de apoio ao processo decisório:

- Forçam os decisores a tornarem explícitos seus objetivos;
- Forçam a identificação e o armazenamento das diferentes decisões que influenciam os objetivos;
- Forçam a identificação e o armazenamento dos relacionamentos entre as decisões;
- Forçam a identificação das variáveis a serem incluídas e em que termos elas serão quantificáveis
- Forçam o reconhecimento de limitações;
- Os modelos permitem a comunicação de suas idéias e seu entendimento para facilitar o trabalho de grupo.

Em situações gerenciais, os modelos matemáticos ou simbólicos são utilizados. As grandezas são representadas por variáveis e as relações entre as mesmas por expressões matemáticas. O modelo deve ser sempre uma simplificação da realidade.

A maneira mais simples e mais usual de representar um modelo dessa natureza é denominada modelo da caixa preta. Esse modelo permite visualizar as variáveis de entrada e saída que são relevantes (LACHTERMACHER, 2004).

Nesta representação, conforme mostrado na figura 1, as variáveis de decisão, os parâmetros, as medidas de performance e as saídas são apresentadas (LACHTERMACHER, 2004).

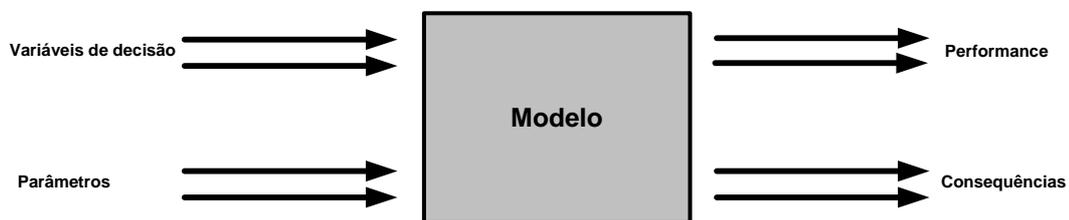


Figura 1 - Representação de um modelo simbólico

Fonte: LACHTERMACHER, Gerson. Pesquisa operacional na tomada de decisões: modelagem em Excel. 2 ed. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2004, p7.

Os componentes utilizados na construção de um modelo são definidos a seguir, conforme Banks e Carson (1984) e Harrel et al (2002):

- Entidade: é um objeto de interesse no sistema. São elementos que podem ser identificados e processados individualmente e dos quais são armazenadas as informações e avaliados os atributos. Elas podem ser representadas por objetos, pessoas, documentos, pacientes em um hospital;
- Classe de entidades: Conjunto de entidades que possuem características iguais, como por exemplo classe de pacientes, classe de emergências, etc.
- Atributo: é uma propriedade ou qualidade de uma entidade. É qualquer característica que permite o seu tratamento, em relação a outras similares. Um exemplo disto pode ser o tipo de doença associada a um paciente em um hospital, ou o grau de acuidade do estado de saúde de um paciente numa unidade de emergência.
- Atividade: representa um determinado período de tempo na execução de um serviço, procedimento ou ação.
- Estado do sistema: é o conjunto de variáveis necessárias para descrever o sistema num dado momento em relação aos objetivos do estudo;
- Filas: são períodos de tempo em que as entidades permanecem aguardando o início de alguma atividade, como por exemplo um paciente aguardando o atendimento pelo médico. O tempo de uma entidade no sistema depende do desempenho das atividades que imediatamente as antecedem ou as sucedem.
- Evento: é a ocorrência de uma alteração significativa no estado do sistema num dado instante do tempo.

3.0 – Simulação e modelagem de simulação

A simulação é um método utilizado para estudar o desempenho de um sistema através de modelagem. Baseado em fenômenos conhecidos o modelo estrutura os componentes do sistema e permite realizar experimentos que auxiliam na compreensão do sistema real em dadas condições.

De acordo com De Oliveira (1994), a simulação consiste num conjunto de entidades abstratas, representativas de objetos reais, entre as quais se estabelecem relacionamentos de modo que se dá uma representação real a essas entidades abstratas.

Nesse sentido a simulação é uma ferramenta de apoio de decisão que oferece a possibilidade para executar uma avaliação prévia do comportamento dinâmico de um sistema particular sem a necessidade de interferência no sistema real (De Oliveira; Toscano; 2002).

Segundo Harrel et al (2002), a simulação é um processo de experimentação com o modelo de um sistema real para determinar o modo como este responderá a mudanças em sua estrutura e ambiente. Ainda segundo estes autores, “a simulação é uma ferramenta para avaliar idéias”, analisar o impacto de mudanças sobre sistemas complexos e auxiliar na tomada de decisão.

Para Banks e Carson (1984, p.3), “a simulação é a imitação da operação de processos reais ou sistemas num dado período de tempo”. Essa técnica envolve a geração de uma história artificial de um sistema, e a observação desta para fazer inferências relativas as características de operação do sistema real.

Para Erlich (1985), a simulação é um método para estudo de sistemas, por meio da formulação de um modelo matemático, que reproduz as características do sistema original. Segundo esse autor, não é possível obter de imediato, através da simulação, resultados que levem a melhoria do sistema estudado. Entretanto, através dela é possível realizar experimentos sob diferentes condições para posteriormente identificar aquele cujos resultados sejam mais aceitáveis.

Com base nos autores referenciados, podemos entender a simulação como uma técnica que imita o funcionamento de um sistema do mundo real no tempo, utilizando-se de entidades abstratas, através da criação de um modelo que permite realizar experimentos, inferências e avaliar o impacto de mudanças sobre sistemas complexos.

As aplicações da simulação como ferramenta para análise e resolução de problemas complexos, segundo Naylor et al (1971), Banks e Carson (1984), e Harrel et al (2002), são descritas a seguir:

- Projeto e análise de sistemas de manufatura;
- Análise de processos;
- Compreensão do sistema real;
- Questões de manufatura, movimentação de material, melhoria de processos;
- Planejamento de capacidade em manufatura e em serviços ;
- No estudo e na experimentação tanto nas interações de um sistema complexo, como nos subsistemas que o compõem.
- Experimentação e avaliação para prever as consequências de mudanças operacionais, organizacionais e ambientais, sem a necessidade de implementá-las no sistema real, o que contribui para redução de custos relativos a esse tipo de análise;
- Verificação de soluções analíticas.

3.1 - Modelos de simulação

Segundo Banks e Carson (1984), os modelos podem ser classificados como a seguir:

- Estáticos ou dinâmicos:

Os modelos estáticos São pontuais. Representam um sistema num ponto específico do tempo ou no qual o tempo não seja um fator relevante;

Os modelos dinâmicos Representam as mudanças no sistema ao longo do tempo. A simulação de uma unidade de emergência num hospital no horário de 7 h às 21 h é um exemplo.

- Determinísticos ou estocásticos:

Determinísticos são os modelos que não contêm variáveis aleatórias; possuem um conjunto conhecido de entradas que resultarão em um único conjunto de saídas.

Os estocásticos possuem uma ou mais variáveis aleatórias como entrada, e resultam em saídas aleatórias, que determinam características estimadas de um modelo.

- Contínuos ou discretos:

Nos modelos contínuos as variáveis se modificam continuamente ao longo do tempo simulado. Um exemplo é a evaporação da água numa represa ao longo do dia.

Nos modelos discretos as variáveis se modificam em um conjunto de pontos específicos do tempo, alterando o estado do sistema do mesmo modo, podendo ser determinados pela ocorrência de eventos. O número de pacientes aguardando atendimento num hospital é um exemplo.

Um modelo de atendimento numa unidade de emergência hospitalar pode ser classificado como dinâmico, estocástico e discreto.

Segundo Gonçalves (2004) as várias entidades interagem entre si durante o tempo de simulação em um modelo discreto, devendo-se na elaboração deste identificar as entidades envolvidas, considerar as atividades que estão realizando e interligar essas atividades.

3.2 - Modelagem de simulação

De acordo com Banks e Carson (1984) e Shannon (1998), devem ser considerados os seguintes princípios no desenvolvimento de um modelo de simulação:

- O modelo deve ser simples ;
- Deve ser evolucionário no sentido de desenvolver-se no menor grau de complexidade e incorporar outras características se necessário;
- Ter objetivos e propósitos bem definidos e direcionados;
- Ser completo em questões importantes;
- Ser atualizável e adaptativo;
- Contar com a participação do usuário.

Os princípios básicos para a construção de modelos de simulação são simples: elabora-se um modelo conceitual do sistema a ser estudado, desenvolve-se um modelo computacional para imitar o comportamento do sistema. Depois, efetuam-se experimentos para identificar as alternativas que apresentem os resultados desejáveis, como será apresentado a seguir.

3.3 - O processo de simulação

Diversos autores, dentre eles Shannon (1998), Banks (1999), Banks e Carson (1984), Harrel et al (2002), consideram os seguintes passos no processo de construção de um modelo de simulação:

- **Definição do problema:** Definir com precisão e clareza o problema a ser estudado é o passo inicial. Nesta fase se definem as questões que se espera responder.

- **Estabelecimento de objetivos e planejamento do projeto:** Uma vez definido o problema, os objetivos do estudo de simulação fluirão naturalmente. Os objetivos indicam as questões a serem respondidas pela simulação. Nesta fase, são definidos os recursos e é elaborado um cronograma.
- **Desenvolvimento do modelo conceitual:** Nesta etapa será desenvolvida a estrutura conceitual do modelo, incluindo eventos e elementos fundamentais. A utilização de fluxogramas, desenhos e croquis são úteis para refletir o detalhamento do modelo e para a compreensão de fluxos de pessoas e recursos no sistema. A participação do usuário contribui para aumentar a qualidade e a confiabilidade do modelo elaborado.
- **Coleta de dados:** A coleta de dados é um processo contínuo. À medida que o estudo avança, os dados vão sendo incorporados ao sistema e em muitos casos é necessária uma nova coleta. Esta fase consome grande parte do tempo de elaboração do modelo.
- **Codificação:** É a fase do desenvolvimento de um programa de computador. Nesta fase o analista de simulação irá utilizar um pacote de simulação ou desenvolver o programa numa linguagem de programação. Esta última alternativa é mais demorada.
- **Validação do modelo:** A validação é o processo de confirmação de que o modelo reflete a operação do sistema real em estudo de maneira precisa e coerente. Esta é a fase de calibragem aonde se compara o comportamento do modelo com o sistema real para corrigir distorções. Este processo é repetido até que se obtenha o nível desejado de precisão para o modelo construído.
- **Verificação do modelo:** A verificação é o processo de assegurar que o modelo de simulação foi construído corretamente e é completada quando o programa funciona da maneira como o analista de simulação pretendia. Ela pode ser efetuada rodando-se a simulação e monitorando-se sua operação. Se o input de parâmetros e a estrutura lógica do modelo estiverem corretamente representados no código, a verificação é finalizada. Nesta etapa a participação do usuário junto com o analista agiliza a verificação e aumenta a confiabilidade do modelo.
- **Experimentação:** Nesta fase as alternativas a serem simuladas devem ser especificadas. O analista deverá considerar a variação dos resultados de saída e determinar para cada simulação o número de replicações necessárias e os tempos de aquecimento e de duração da cada simulação.
- **Execução da simulação, análise de resultados e interpretação:** Nesta etapa efetua-se a simulação e analisam-se os relatórios gerados pelos programas. Com base nos resultados obtidos o analista de simulação verifica a necessidade de executar experimentos adicionais ou considerar as inferências do modelo.
- **Documentação e Relatórios de resultados:** Cada relatório do modelo e seus resultados de saída devem ser bem documentados, para facilitar relatos eventuais ou atualizações.
- **Implementação:** A extensão com que os estudos realizados serão colocados em prática depende da efetividade de cada uma das etapas anteriores. A participação do usuário no processo é importante para aumentar a credibilidade e a consistência dos dados.

A figura 2 apresenta esquematicamente o processo de construção de um modelo de simulação e sua aplicação.

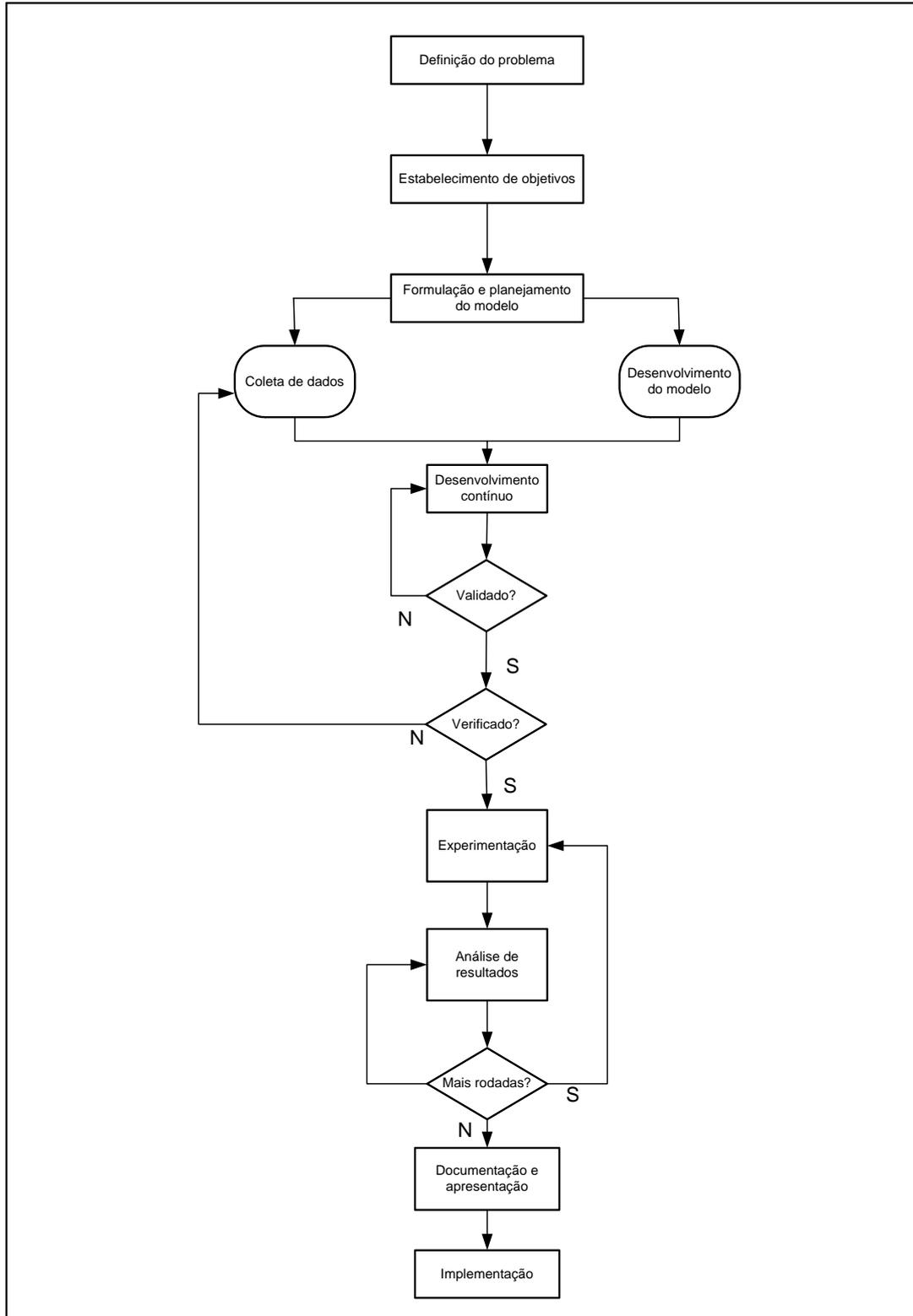


Figura 2 - Etapas num estudo de simulação

Fonte: HARREL, Charles R. et. Al. Simulação: otimizando sistemas. São Paulo. IMAM, 2002,p.37.

As etapas apresentadas na figura 2, representam uma metodologia que orienta a lógica de um estudo de simulação, servindo como um roteiro sistemático que facilita o desenvolvimento do projeto em cada uma das fases, inclusive na etapa de utilização do software para simulação.

4 - Simulação na área de saúde

A simulação tem sido utilizada como ferramenta analítica na melhoria de processos e suporte à decisão na área de saúde apresentando resultados favoráveis. De acordo com Gonçalves (2004), as seguintes características tornam essa tecnologia um instrumento adequado na solução de problemas da área de saúde:

- Os modelos de simulação são de custo relativamente baixo e de pouco risco em relação às experiências aplicadas diretamente no sistema real;
- Suportam flutuações estatísticas, representadas pelas distribuições de probabilidade;
- São elaborados conforme a estrutura do sistema que se deseja representar e das quais os dados estejam disponíveis. Essa característica enfatiza a representação direta da estrutura e da lógica do sistema, diferentemente das abstrações dos modelos matemáticos;
- Oferecem resultados, conforme os requisitos desejados, sendo capazes de gerar informações necessárias tanto para o projeto, quanto para a operação do sistema modelado.

Feitas essas considerações, durante a revisão bibliográfica, foram identificados diversos estudos que relatam os benefícios organizacionais resultantes da aplicação desta técnica no planejamento e na programação de hospitais, assim como, em organizações de saúde de modo geral, particularmente, no estudo do fluxo de tratamento a pacientes. Alguns desses estudos são apresentados a seguir:

De Oliveira (2003) e Achão Filho (2003) apresentam a simulação como método de avaliação da qualidade de atendimento hospitalar na unidade de emergência de um hospital municipal, no Rio de Janeiro. O modelo de simulação a eventos discretos foi desenvolvido com vistas ao dimensionamento de recursos humanos para a redução do tempo de espera de pacientes no atendimento de emergência no hospital e principalmente na avaliação da qualidade da atenção ao paciente.

A relação entre a oferta de serviços e a demanda foi estudada com ênfase tanto na disponibilidade de profissionais de saúde no sistema de admissão quanto nas necessidades reais dos pacientes.

De Oliveira e Toscano (2001) utilizaram a simulação para avaliar alternativas de melhoria na qualidade do sistema de admissão de emergência, assim como na integração do sistema pré-hospitalar com o hospitalar no Hospital Municipal Miguel Couto, no Rio de Janeiro. Neste estudo o sistema de emergência, que enfrentava problemas de congestionamento e filas de espera na recepção, foi estudado em duas fases: a pré-hospitalar e hospitalar. O estudo da segunda fase englobou a recepção, a triagem e a avaliação da qualidade da atenção médica.

De Oliveira e Gabcan (2002), aplicaram a simulação visual 3D para observar o fluxo de pacientes, os processos de atendimento e na análise do sistema de admissão, no Instituto de Doenças do Tórax, no Hospital Universitário Clementino Fraga Filho, na Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Gonçalves (2004) utilizou simulação em seu trabalho desenvolvido no Instituto Nacional do Câncer, no Rio de Janeiro, que trata de gestão de capacidade de atendimento em hospitais especializados em oncologia. Neste importante estudo esta técnica foi utilizada como uma ferramenta de gestão de curto prazo no agendamento de pacientes no departamento de radiologia.

Um estudo de simulação foi realizado na Clínica de Radiologia do INCA por Gonçalves et al (2005). Cada fase do processo foi modelada e identificado que a fase de produção de filmes não requeria a presença do paciente. Um experimento foi realizado com este cenário e verificou-se a redução de 25% no tempo de realização do exame, sem o comprometimento do fluxo de pacientes e sem a necessidade de mais recursos humanos.

Sabbadini (2005) aplicou a técnica de simulação para a avaliação estratégica dos efeitos da melhoria no processo de triagem, sobre o fluxo de pacientes de urgência, na unidade de emergência do Hospital Municipal de Emergência Henrique Sérgio Gregori, no município de Resende, estado do Rio de Janeiro. O modelo de simulação a eventos discretos desenvolvido permitiu verificar uma redução de 34,95% no tempo médio de espera de pacientes de urgência naquela instituição.

O modelo desenvolvido permitiu avaliar também os efeitos da realocação de médicos no setor de pronto atendimento, com a reprogramação das equipes em função da demanda por cada clínica. Os resultados indicaram uma redução da taxa de utilização dos médicos naquele setor, quando combinada a realocação das equipes com a triagem. O modelo desenvolvido foi implementado no hospital a partir de 2005, como ferramenta de apoio a decisão.

Ridge et al (1998) utilizaram a técnica no planejamento de capacidade para unidades de tratamento intensivo. O modelo desenvolvido identifica a relação entre o número de leitos, taxa de ocupação destes e o número de pacientes.

A simulação é aplicada como ferramenta de decisão para planejamento da capacidade, por Groothuis et al (2000). O modelo foi construído com o pacote Medmodel¹ para avaliar o número de pacientes a serem tratados e determinar medidas de performance relativas ao atendimento.

Gabcan et al (2002) utilizaram técnicas de realidade virtual na visualização de simulação de atendimento em hospital. O estudo foi desenvolvido no IDT, Instituto de Doenças do Tórax, no Hospital Universitário Clementino Fraga Filho, na UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Segall (2000) desenvolveu um modelo para gestão de capacidade e determinação de localização de instalações militares de emergência médica.

Cotê (1999) utiliza a simulação no estudo do fluxo de pacientes e na alocação de recursos em uma clínica de atendimento ambulatorial. É analisado o tempo de permanência do paciente em filas, taxa de utilização de salas de exame e o tempo de permanência do paciente na clínica.

González et al (1997), num estudo realizado no Hospital Perea, em Porto Rico, aplicaram a técnica para demonstrar como a qualidade dos serviços na área de emergência pode ser melhorada utilizando o gerenciamento pela qualidade total.

Miller et al (2003), desenvolveram um modelo de simulação combinado com Seis Sigma² para promover melhorias no departamento de emergência em hospitais no sudoeste dos Estados Unidos. Outros trabalhos relacionados à melhoria nos serviços de emergência podem ser encontrados em Dronzek (2001), Miville et al (2004) e Pallin e Kittell (1992).

Mcguire (1994) estudou a redução do tempo de permanência em departamentos de emergência com um modelo construído em Medmodel. Rossetti et al (1999) aplicaram a técnica na alocação e na programação de pessoal médico.

Toscano (2001) desenvolveu uma ferramenta integrada de suporte a decisões em emergência médico hospitalares. O sistema pré-hospitalar e hospitalar público da cidade do Rio de Janeiro é estudado e modelado, juntamente com o trabalho de duas especialidades médicas. A ênfase do estudo é na atenção ao paciente e na integração dos sistemas pré-hospitalar e hospitalar.

Chagas (2003) utiliza a técnica de simulação no Hospital Municipal Miguel Couto, no Rio de Janeiro, na avaliação das filas de espera nas diversas clínicas de emergência da instituição. Neste estudo foram identificados gargalos que interferiam na qualidade do atendimento aos pacientes.

De Oliveira e Toscano (2002) desenvolveram uma ferramenta de suporte à decisão baseada em parâmetros de qualidade de simulação, a qual aplicaram no Hospital Antônio Pedro (Rio de

¹ O medmodel, produzido pela empresa Promodel Corporation, é um software de simulação baseado em Microsoft Windows, especificamente desenvolvido para a modelagem de sistemas de saúde.

² Seis sigma foi desenvolvido pela Motorola nos anos 1970, como um sistema universal para avaliar qualidade, produzir resultados confiáveis e estabelecer metas de qualidade.

Janeiro, Brasil) e no Hospital Cayetano Haeredia (Lima, Peru) para avaliar parâmetros de qualidade no atendimento.

5 – Conclusão

Um dos benefícios observados através da simulação refere-se a avaliação de mudanças nos processos. A utilização desta técnica permite permitiram antecipar conseqüências de mudanças operacionais antes da sua implementação no sistema real, sem gerar ônus, num setor complexo, com altos custos e elevados riscos, como é uma unidade de emergência hospitalar, que envolve o cuidado a vidas humanas.

Outros aspecto a ser destacado é a utilização da simulação combinada com outras ferramentas como Seis Sigma, Gerenciamento pela Qualidade Total e Teoria das Restrições, demonstrando sua flexibilidade e amplitude.

Esta pesquisa permitiu verificar os avanços na utilização da simulação no Brasil, principalmente com os trabalhos desenvolvidos em unidades de emergência de hospitais públicos na avaliação da qualidade do atendimento, integração do sistema pré-hospitalar com o hospitalar. Outra referência cabe ao trabalho de redução das filas de espera de pacientes com câncer, no Rio de Janeiro.

As contribuições desta pesquisa estão relacionadas a uma extensa revisão bibliografia que permite traçar uma panorama da utilização da técnica de simulação computacional na área de saúde, com ênfase na sua aplicação no Brasil.

Através desta pesquisa pode se constatar o estado da arte na utilização desta técnica que apresenta avanços significativos, assim como abordagens inovadoras. O assunto não se esgota, devendo avançar, a partir do desenvolvimento de um estudo relativo a simulação como método para aquisição do conhecimento e como instrumento de planejamento de capacidade de recursos em sistema de saúde.

Bibliografia

ACHÃO FILHO, Nélío. Simulação como método de avaliação da qualidade de atendimento hospitalar: o caso na emergência de um hospital municipal. Dissertação (Mestrado em engenharia de produção). Rio de Janeiro: COPPE-UFRJ, 2002.

ANDRADE, Eduardo Leopoldino de. Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para análise de decisão. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

ANDRADE, Maria Margarida de. Como preparar trabalhos para cursos de pós-graduação: noções práticas. São Paulo: Atlas, 1995.

BANKS, Jerry; CARSON, John S. Discrete-event system simulation. Prentice-Hall international series in industrial and system engineering. New Jersey: Prentice Hall, 1984.

BANKS, Jerry. Introduction to simulation. In 1999 Winter Simulation Conference, Proceedings. Atlanta, USA, 1999.

BORBA, Valdir Ribeiro. Administração hospitalar: princípios básicos. 3 ed. São Paulo : CEDAS, 1991.

CHAGAS, Consuelo Dolores. Simulação em emergência médico-hospitalar: um estudo de caso no Hospital Municipal Miguel Couto. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2003.

COTÉ, Murray J. Patient flow and resource utilization in an outpatient clinic. Socio-Economic Planning Sciences, v. 33, p. 231-245, 1999.

DE OLIVEIRA, M. J. F. A patient-oriented modeling of emergency admission system of a brazilian hospital. In EURO XIII, Glasgow, Jul, p. 19-22, 1994.

DE OLIVEIRA, M. J. F.; TOSCANO, Lupe N.P. Emergency Information support system for brazilian public hospitals. In Quantitative approaches in health care management. 27th Meeting of the European Working Group on Operational Research Applied to Health Services (ORAHS), Proceeding, Viena, Austria, p. 235-251. jul 20- Aug 4, 2001.

DE OLIVEIRA, M. J. F.; TOSCANO, Lupe N.P. An Emergency decision support tool based upon quality of care parameters. In Quantitative approaches in health care management. 28th Meeting of the European Working Group on Operational Research Applied to Health Services (ORAHS), Proceeding. Rio de Janeiro, Brazil, p. 47-58. jul 20- Aug 4, 2001.

DE OLIVEIRA, M. J. F.; GABCAN, Ludmila. 3D visual simulation applied to a new Thorax Disease Institute. In Accessibility and Quality of Health Services. Proceedings of the 28 meeting of the European Working Group on Operational Research Applied to Health Services (ORAHS), Rio de Janeiro, Brazil, p. 195-206. July 28- Aug 2, 2002.

DE OLIVEIRA, M. J. F.; ACHÃO FILHO, Nélio. A simulação como método de avaliação da qualidade de atendimento na emergência de um hospital municipal. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA OPERACIONAL DA MARINHA, 6., SIMPÓSIO DE LOGÍSTICA DA MARINHA, 7., Anais. Rio de Janeiro, 2003.

DRONZEK, Rainer. Improving critical care. IIE Solutions. Nov. 2001. Disponível em <http://solutions.iienet.org> . Acesso em 01/nov/2004.

DRONZEK, Rainer; WIINAMAKI, Allan. Using simulation in the architectural concept phase of an emergency department design. In: 2003 Winter Simulation Conference Proceedings, Pp. 1912-1916, USA, 2003.

- EHRlich, Pierre Jacques. Pesquisa operacional: curso introdutório. 5 ed. São Paulo : Atlas, 1985.
- GABCAN, Ludmila; SANTOS, Carlos L. N. dos; OLIVEIRA, Mario Jorge Ferreira de; CUNHA, Gerson Gomes; LANDAU, Luiz. Utilização de técnicas de realidade virtual na visualização de simulação de atendimentos. In: WORKSHOP DE REALIDADE VIRTUAL E VISUALIZAÇÃO CIENTÍFICA DO LABORATÓRIO DE MÉTODOS COMPUTACIONAIS EM ENGENHARIA, 1., 2002, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro, 2002.
- GONÇALVES, Antônio Augusto. Gestão da capacidade de atendimento em hospitais de câncer. Dissertação (Doutorado em engenharia de produção). Rio de Janeiro : COPPE/UFRJ, 2004.
- GONÇALVES, Antônio Augusto; De Oliveira, Mario Jorge Filho. The use of simulation to improve cancer treatment access. In: Mario Jorge Ferreira de Oliveira (ed), Accessibility and Quality of Health Services, Peter Lang, Franckfurt, p. 149-160, 2004.
- GONZÁLEZ, Carlos J.; GONZÁLEZ, Merbil; RÍOS, Nilda M. Improving the quality of service in an emergency room using simulation-animation and total quality management. Computers Ind. Engng. v. 33, n. 1-2, p. 97-100, 1997.
- HARREL, Charles R. et al. Simulação otimizando sistemas. São Paulo : IMAM, 2002.
- LACHTERMACHER, Gerson. Pesquisa operacional na tomada de decisões: modelagem em excel. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.
- MAHAFFEY, Samuel. Optimizing patient flow in the enterprise: hospital can combine process management with information technology to redesign patient flow for maximum efficiency and clinical outcomes. Health Management Technology. August 2004, v. 25 p. 34-37.
- McGUIRE, Frank. Using simulation to reduce length of stay in emergency departments. In 1994 Proceeding of the Winter Simulation Conference. Charlotte, North Carolina, p. 861-867.
- MCNUTT, Robert A; ABRAMS, Richard; ARON, David C. Patient safety efforts should focus on medical errors. JAMA – Journal of American Medical Association, april 17, 2002 – v.. 287, n. 15.
- MILLER, Martin J.; FERRIN, David M.; SZYMANSKI, Jill M. Simulating Six Sigma ideas for a hospital emergency department. In 2003 Winter Simulation Conference. Proceedings. Pp 1926-1929, 2003.
- MIVILLE, Nina D.; DAVIS, Benjamin; PERRY, Alejandro. Mercy in Miami: simulating a state of the art diagnostic center. Industrial Engeneer. p. 43-46. Gale Group. November, 2004.
- NAYLOR, T. H. Técnicas de simulação em computadores. São Paulo: Vozes, 1971.
- PALIN, Aristides; KIYYEL, Robert. Mercy Hospital: simulation techniques for ER processes. Industrial Engineering. n. 2 v. 24, p. 35-38. Gale Group. Feb, 1992.
- PIDD, Michael. Modelagem empresarial: ferramentas para tomada de decisão. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

RICHARDSON, Drew B. Reducing patient time in the emergency department: most of the solutions lie beyond the emergency department. *MJA – The Medical Journal of Australia* , v. 179, p. 516-517, 2003.

RIDGE, J.C.; JONES, S.K., NIELSEN, M.S.; SHAHANI, A.K. Capacity planning for intensive care units. *European Journal of Operational Research*, v. 105, p. 346-355, 1998.

ROSSETTI, Manuel D.; TRZCINSKI, Gregory F.; SYVERUD, Scott A. Emergency department simulation and determination of optimal attending physician staffing schedules. In *1999 Winter Simulation Conference. Proceeding* , Arizona 1999.

SABBADINI, F.S. Gerenciamento de restrições em hospital de emergência: um estudo de caso no Hospital Municipal Henrique Sérgio Gregori. Dissertação (Mestrado em Administração e Desenvolvimento Empresarial). Rio de Janeiro : UNESA, 2005.

SEGALL, R. S. Some quantitative methods for determining capacities and locations for military emergency medical facilities. *Applied Mathematic Modelling*. Elsevier Scienc. v. 24, p. 365-389, may 2000.

SHAFFER, Dorothy. Healthier Babies in Twin Fall, Idaho. In *Health services management: readings, cases and commentary*. Kovner, A.R.; Neuhauser, D. (eds.). 8 ed. Chicago : Health Administration Press , 2004.

SHANNON, Robert E. Introduction to the art and science of simulation. In *1998 Winter Simulation Conference. Proceedings*. Arizona, 1999. p. 7-14.

SOARES, Luiz Fernando G. Modelagem e simulação discreta de eventos. São Paulo: IME – USP, 1999.

TOSCANO, Lupe Nérida Pizán. Uma ferramenta integrada de suporte a decisões em casos de emergências médicas hospitalares. Dissertação (Doutorado em engenharia de produção) .- COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2001.