

## A Simulação em Serviço de Pronto Atendimento Hospitalar

### Autores

**Francisco Santos Sabbadini** - doutorado em engenharia de produção pela COPPE/UFRJ e professor na Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ - E-mail: franciscosabbadini@gmail.com

**Mário Jorge Ferreira De Oliveira** – pós-doutorado em Sistemas de Informação pela *London School of Economics and Political Sciences* e professor na Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ/COPPE - E-mail: mario\_jo@ufrj.pep.ufrj.br

**Marcelo Oliveira Souza** – Centro de Pesquisa e Desenvolvimento – CENPES/Petrobrás - E-mail: modesouza@gmail.com

**Antonio Augusto Gonçalves** – Instituto Nacional do Câncer – INCA - E-mail: antonio.goncalves@estacio.br

### RESUMO

O objetivo deste trabalho é contribuir para a avaliação das condições relativas à gestão da capacidade de atendimento em um hospital público no sentido de promover melhoria da acessibilidade aos serviços e qualidade do atendimento médico no serviço de pronto atendimento daquela instituição. Um modelo de simulação a eventos discretos foi desenvolvido para a avaliação de diversos cenários, com vistas ao dimensionamento dos recursos humanos e materiais necessários para a redução do tempo de espera no atendimento, considerando a relação entre a oferta de serviços e a demanda por atendimento. Neste estudo identificou-se que a disponibilidade de leitos é uma restrição no processo de serviço. A metodologia considerada busca uma redução no nível de insatisfação com a prestação de serviços assim como a melhoria da qualidade da atenção aos pacientes. Os resultados demonstraram que a aplicação da simulação a eventos discretos na saúde é uma área promissora da pesquisa operacional.

**Palavras-chave:** Gestão da Capacidade de Serviços; Simulação; Hospital.

### ABSTRACT

The aim of this paper is to contribute to the evaluation of the conditions related to the management of attendance capacity in a public hospital in order to improve the quality, the accessibility and medical services. A discrete event simulation model has been developed to evaluate different scenarios focusing the provision of the human and material resources to reduction waiting time in the service, considering the relationship between supply and demand. In this study it has been identified that the bed's availability represents a constraint. The methodology adopted attempts to reduce the level of dissatisfaction related to the services, as well as to improve the quality of the patient care. The results demonstrate that the application of discrete event simulation in health is a very promising area of operational research.

**Key-Words:** Capacity Management of Services; Simulation; Emergency.

## 1 INTRODUÇÃO

A crescente elevação da complexidade da gestão dos serviços de saúde, associada à redução da oferta de recursos nesta área revelou-se um campo potencial para a aplicação das

técnicas de Pesquisa Operacional (PO). Diversos trabalhos foram desenvolvidos neste campo por De Oliveira e Filho (2003), De Oliveira e Toscano (2003), Chagas (2003), Gonçalves (2004), Sabbadini (2005) e Magalhães (2006), que apresentam ferramentas e iniciativas que proporcionaram respostas significativas em termos de resultados.

A precarização dos hospitais públicos no Brasil e particularmente no Estado do Rio de Janeiro, tem se tornado crítica em face da elevação dos custos operacionais, deficiências infra-estruturais e sérias restrições de ordem orçamentária, as quais associadas a problemas de políticas públicas e de gestão tornam o cenário ainda mais alarmante. Além disso, fatores como o aumento da violência urbana, crescimento populacional e envelhecimento da população têm contribuído para elevar a procura pelos serviços públicos de saúde, o que implica na necessidade de elevação da oferta e a melhoria da eficiência dos processos relacionados ao atendimento dessas necessidades.

Neste contexto seja por falta de informação, de recursos ou de organização dos processos administrativos e operacionais, ficam perceptíveis as dificuldades e os desafios com os quais se defrontam os administradores hospitalares. Nesse sentido a melhoria na eficiência destes serviços é de interesse particular para a maioria das comunidades, em qualquer lugar do mundo, e segundo De Oliveira e Toscano (2003) um componente crítico do sistema é a resposta resultante do gerenciamento dos serviços em termos de atendimento da demanda. Em função disso, os gestores têm procurado por instrumentos confiáveis para compreensão, análise do sistema de serviço e implementação de mudanças apropriadas. A simulação computacional é uma técnica que preenche essa lacuna.

Para Banks e Carson (1984), 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 às características de operação do sistema real.

Este artigo tem por objetivo apresentar o trabalho desenvolvido no Hospital Geral de Nova Iguaçu - HGNI, no qual o Serviço de Pronto Atendimento - SPA foi modelado e estudado com o intuito de avaliar a situação atual e de se identificarem oportunidades de melhoria na gestão da capacidade de atendimento daquele setor. Desse modo, apresenta-se uma visão geral do fluxo de pacientes, descreve-se a metodologia e o desenvolvimento do modelo de simulação e sua aplicação. Com base nos resultados obtidos faz-se uma análise comparativa das alternativas e recomendações para a melhoria daqueles serviços. Este estudo contribui para o desenvolvimento de pesquisas futuras e para a ampliação da base de conhecimento relativa à utilização da simulação a eventos discretos na área de saúde.

## 2 O HOSPITAL

O Hospital Geral de Nova Iguaçu (Hospital da Posse) foi inaugurado no segundo trimestre de 1982. A unidade era uma entidade autárquica federal do Instituto Nacional de Previdência Social - INAMPS. Com a extinção do instituto, o HGNI passou a pertencer ao Ministério da Saúde até 2002 quando foi municipalizado, passando a ser gerido pelo município de Nova Iguaçu, através do Termo de Cessão de Uso.

A unidade possui 15 mil metros quadrados de área construída e é dividida em cinco blocos: Bloco A (ambulatório e laboratório), Bloco B (direção, raios-X e CPD), Bloco C (emergência), Bloco D (refeitório, cozinha, UTI, centro cirúrgico, RPA e esterilização) e Bloco E (enfermagem e prédio da subestação elétrica). Em área anexa, está o Centro de Referência Parteira Mariana Bulhões - CRMB. As estatísticas das atividades de um ano são apresentadas na Tabela 1:

**Tabela 1: Produção no ano 2006**

Mês	Emergência	SPA	Internação	Alta hospitalar	Análises Clínicas	Consultas marcadas		
						1ª vez	2ª vez	Extra
Jan	8.608	15.981	1.272	1.460	32.352	1.541	2.626	137
Fev	8.151	13.909	1.286	1.405	26.168	1.359	2.495	178
Mar	10.081	18.800	1.421	1.533	25.284	1.972	3.337	195
Abril	9.309	16.954	1.513	1.560	25.928	1.490	2.272	123
Mai	8.955	18.003	1.637	1.884	28.550	2.067	3.549	158
Jun	8.005	16.066	1.470	1.600	27.184	1.566	2.817	135
Jul	7.591	16.346	1.593	1.677	27.309	1.531	2.958	106
Ago	6.367	14.668	1.591	1.664	16.069	1.870	3.575	150
Set	4.470	15.273	1.561	1.557	18.832	1.442	2.738	105
Out	5.326	16.450	1.565	1.591	23.664	1.400	2.395	110
Nov	5.224	16.619	1.426	1.433	14.931	1.165	2.120	167
Dez	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Total	82.087	179.069	16.335	17.364	266.271	17.403	30.882	1.564
Média mensal	7.462,45	16.279,00	1.485,00	1.578,55	24.206,45	1.582,09	2.807,45	142,18
Média diária	248,75	542,63	49,50	52,62	806,88	52,74	93,58	4,74
Taxa horária	10,36	54,26	2,06	2,19	33,62	5,27	9,36	0,47

Fonte: HGNI (2006).

Conforme se pode verificar na Tabela 1, há um elevado número de atendimentos no SPA, com uma média diária de aproximadamente 543 pacientes e uma média horária em torno de 54 pacientes, o que têm refletido no congestionamento e longas filas de espera que causam desconforto aos pacientes e pressão sobre a equipe médica.

## 2.1 Serviço de Pronto Atendimento (SPA)

O Serviço de Pronto-Atendimento (SPA) oferece as especialidades de pediatria e clínica médica 24 horas por dia, além do setor de ortopedia e de pequenas cirurgias que funciona das 7h às 19h. Um aspecto que chamou a atenção no SPA é que este funciona como uma das portas de entrada para a emergência do hospital, com a qual possui um corredor de acesso. Além disso, neste setor efetua-se uma classificação de risco dos pacientes nas filas, de modo a priorizar o atendimento dos casos mais graves. Este procedimento é realizado por dois enfermeiros que efetuam uma breve entrevista com os pacientes de modo a estabelecer uma avaliação inicial. Um detalhamento do fluxo desse processo será apresentado mais adiante. A Tabela 2 apresenta os recursos disponíveis no setor.

**Tabela 2: Recursos do SPA do HGNI**

RECURSO	QUANTIDADE
Recepcionista	2
Enfermeira	2
Médicos no Pronto-Atendimento	2
Médicos na área de observação	2
Consultórios no Pronto-Atendimento	2
Sala de observação	1

Fonte: HGNI, 2006.

Outra questão identificada *in loco* durante a visita ao setor é a diversidade de casos em termos de tipo de ocorrência, que vão desde pacientes buscando atestado médico ou atenção,

até casos de emergência. Uma emergência é um estado ou situação inesperada, de quebra da ordem estabelecida, podendo ser esta de vários tipos, dependendo do sistema no qual se apresente. Segundo Sabbadini (2005) esta classificação pode ser agrupada em três categorias:

- Emergenciais: Casos que apresentam um estado que indica perigo de morte e necessidade de atenção imediata;
- Urgentes: Aqueles que apesar de não apresentarem perigo de vida devem receber atenção médica especializada, no decorrer de poucas horas, sob o risco de tornarem-se uma emergência.
- Ambulatoriais: Casos crônicos que não exigem atenção imediata, nem oferecem riscos imediatos ao estado de saúde do paciente.

### **3 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL**

O SPA vem enfrentando uma elevação de demanda por seus serviços e, os gestores identificaram problemas de sobrecarga no setor. Em face disso desenvolveu-se um estudo que resultou num modelo de simulação a eventos discretos. A metodologia utilizada baseou-se em Rossetti et al (1999) e considera os seguintes passos:

#### **3.1 Definição do Problema e dos Objetivos**

A partir da análise do fluxo dos pacientes e da elaboração do modelo conceitual pode-se identificar a existência de um gargalo na unidade de observação de pacientes com casos urgentes que se relaciona diretamente com problemas de congestionamento e também resultam em elevado tempo de permanência do paciente no setor. A partir desta avaliação inicial definiu-se como objetivo identificar a configuração de recursos humanos e materiais que minimizassem os efeitos da restrição existente. A hipótese inicial foi a de que a disponibilidade de leitos representava o recurso restritivo.

#### **3.2 Desenvolvimento do Modelo Conceitual**

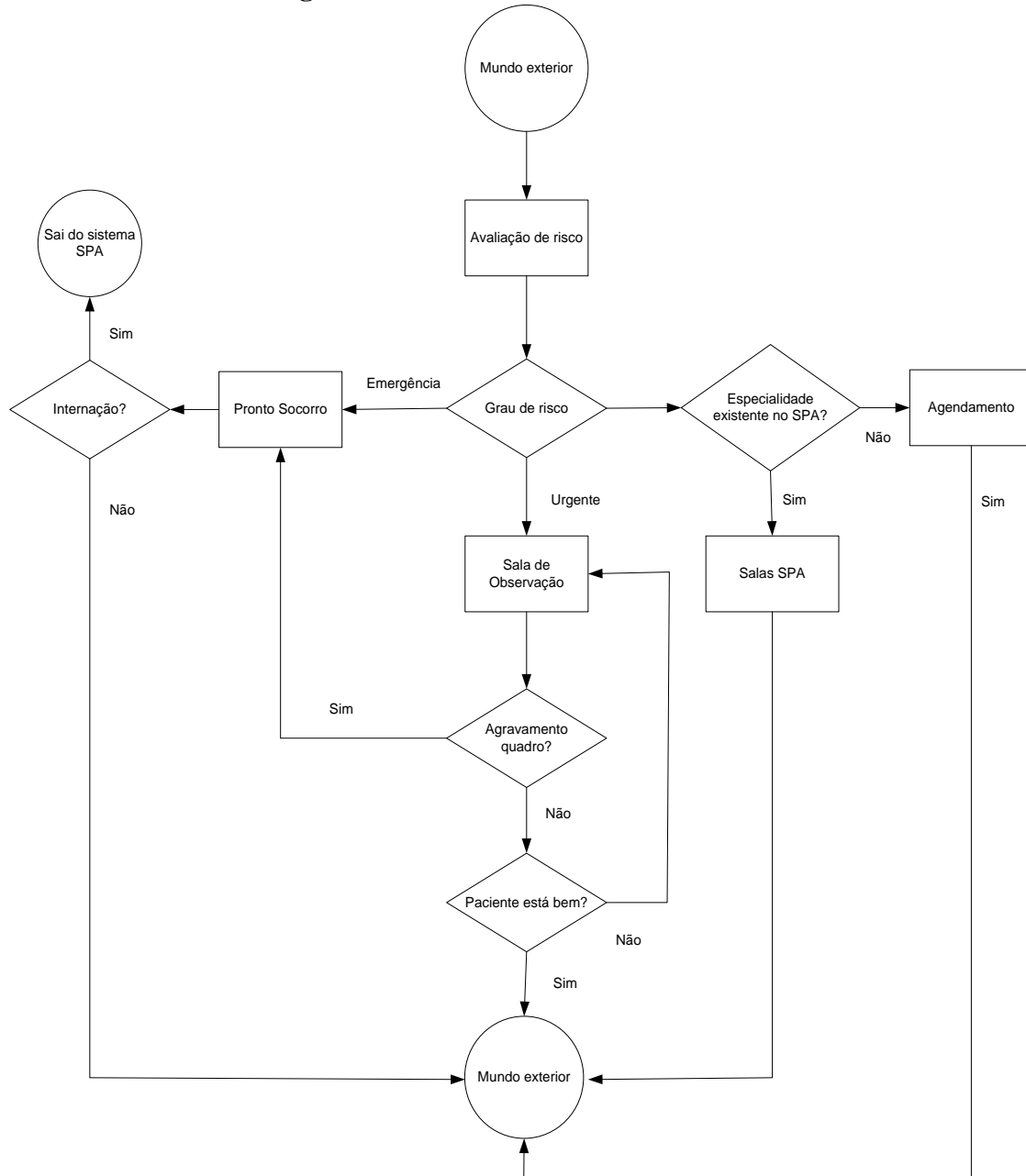
Definido o problema e determinados os objetivos da simulação, formulou-se a partir da análise do fluxo de pacientes o modelo conceitual do SPA, sendo que este estudo teve como foco o processo de atendimento de pacientes com casos urgentes naquela unidade de serviço, o qual é descrito a seguir:

O paciente chega ao SPA e aguarda numa fila. Dois enfermeiros fazem entrevistas com estes para efetuar uma classificação de risco, quanto à severidade do quadro clínico de cada paciente. Estes podem ser classificados com um caso de emergência (risco de vida), um caso urgente ou um caso ambulatorial (crônico), tendo a respectiva prioridade no atendimento.

A partir da avaliação dos enfermeiros cada paciente segue um fluxo distinto dentro das instalações do SPA. Sendo um caso de emergência é encaminhado diretamente para o pronto-socorro do hospital para os procedimentos necessários e se for o caso internação, saindo posteriormente do sistema SPA e entrando noutro processo, pertinente a área de emergência. Sendo classificado como um caso urgente, o paciente é encaminhado a uma sala de observação, onde receberá os primeiros cuidados e será monitorado por um dos dois médicos alocados naquela área. Havendo agravamento do quadro, será encaminhado para a área de emergência. Estando reabilitado, o paciente sai do sistema.

Nos casos relacionados aos pacientes ambulatoriais (crônicos) verifica-se a disponibilidade da especialidade clínica no SPA sendo o paciente encaminhado para atendimento em uma das duas salas disponíveis. Não havendo a especialidade clínica no setor o paciente é encaminhado para atendimento na rede primária municipal de Nova Iguaçu e sai do sistema. O modelo conceitual descrito é mostrado esquematicamente na Figura 1, e serviu de base para a elaboração do modelo computacional.

**Figura 1: Modelo conceitual do SPA do HGNI**



Fonte: autores

### 3.3 Coleta de dados

Na primeira etapa do estudo as informações necessárias à elaboração do modelo conceitual foram obtidas *in loco*. Este trabalho foi realizado com o acompanhamento de uma enfermeira do SPA. Os dados relativos aos volumes de procedimentos e demais dados

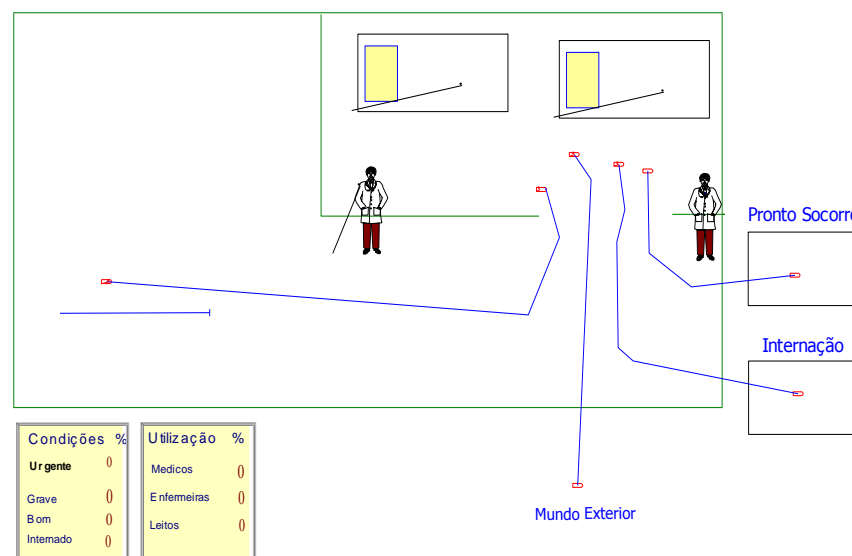
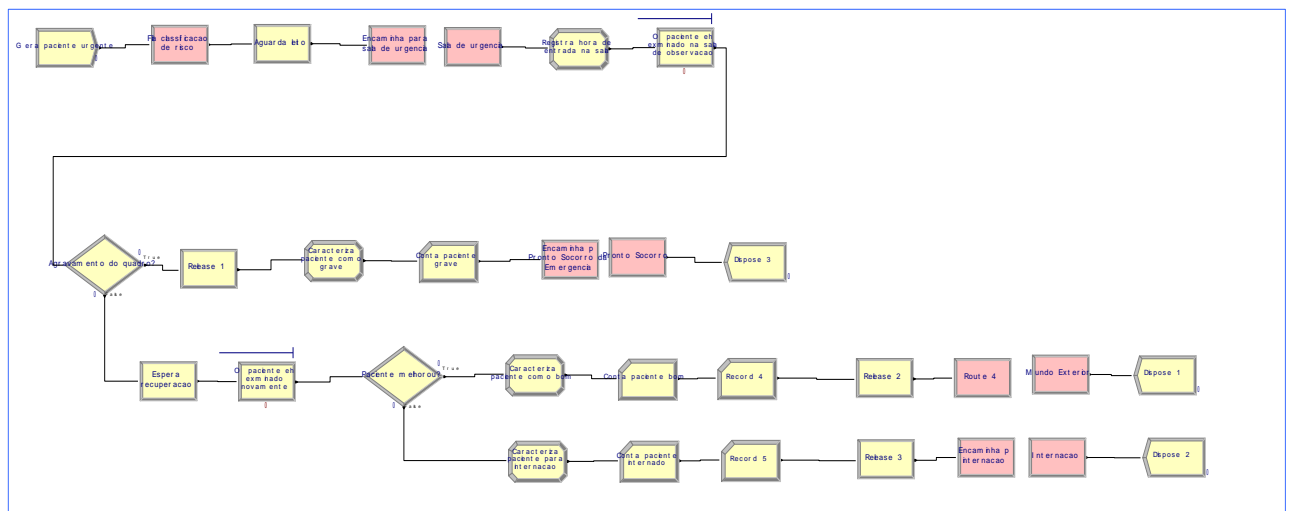
estatísticos foram obtidos nos registros disponíveis na página eletrônica e de outras fontes do HGNI. As taxas de chegada e os tempos de atendimento foram estimados com base na experiência dos profissionais de saúde envolvidos no projeto. Cabe ressaltar que foram identificadas distribuições de probabilidade que se ajustassem aos dados coletados. Os resultados obtidos indicaram que a chegada de pacientes na área de observação ocorre segundo uma exponencial de média 11. Para o tempo de atendimento pelos médicos utilizou-se uma distribuição triangular com valor mínimo de 10 minutos, com o valor mais provável de 20 minutos e o valor máximo de 30 minutos.

### 3.4 Codificação do modelo computacional

A partir do fluxo de tratamento a pacientes e do modelo conceitual foi desenvolvido o modelo computacional, com a utilização do software Arena, versão de treinamento 10.0, cujos módulos pré-definidos facilitaram a sua construção. A Figura 2 apresenta o modelo computacional, os elementos de simulação visual e animação representativos das entidades que compõem o ambiente hospitalar.

**Figura 2: Modelo computacional**

#### PROCESSO DO PACIENTE URGENTE



Fonte: autores

A simulação é terminal, considerando um período equivalente a duas horas de aquecimento. Foram efetuadas cinquenta replicações, cada uma equivalendo a um dia de operação da unidade de pronto atendimento, com a finalidade de obter mais acuracidade e eliminar distorções decorrentes de flutuações estatísticas. O tempo definido no relógio de simulação inicia-se às 8 horas e termina às 16 horas.

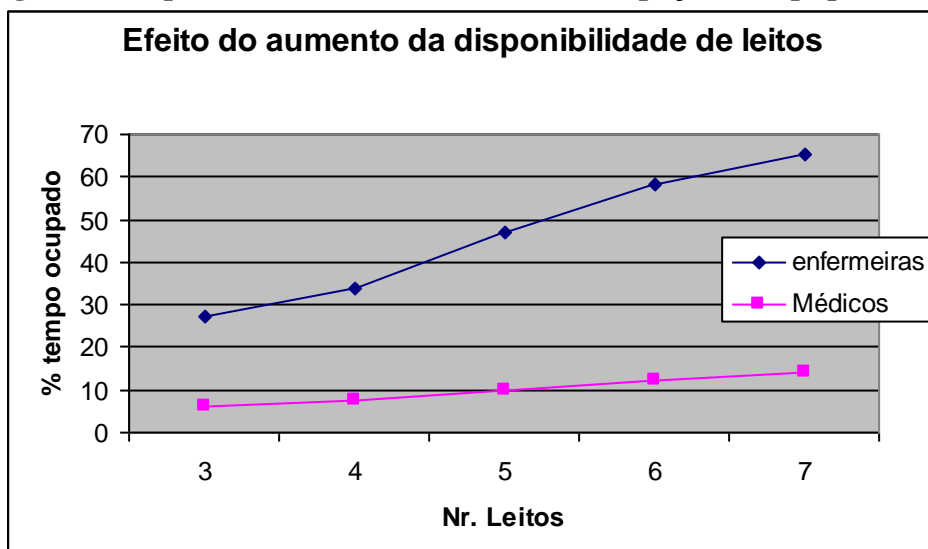
### 3.5 Validação e Verificação do Modelo

Nesta fase realizou-se uma apresentação estruturada do modelo desenvolvido para os gestores do hospital e a equipe envolvida no projeto, na qual foi descrita a forma como este se relaciona com o sistema real. 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 os parâmetros de entrada e a estrutura lógica do modelo estiverem corretamente representados no código, a verificação é finalizada. Para garantir a correta representação do modelo foi realizada a verificação lógica dos módulos com o fluxo de pacientes. O experimento foi realizado diversas vezes até que os resultados obtidos replicassem o modelo real.

### 3.6 Experimentação, Execução da Simulação e Análise dos Resultados

Considerando a configuração atual da área de observação de casos de pacientes urgentes foram realizados diversos experimentos com várias rodadas de simulação variando a quantidade de leitos disponíveis. Os experimentos realizados compreenderam um período de 8 horas iniciando-se às 8 horas e terminando às 16 horas. Esse corte de tempo é devido ao maior fluxo de pacientes estar concentrado neste período. Para cada experimento foram realizadas 50 replicações com o intuito de eliminar distorções e garantir a consistência dos resultados. Cada replicação equivale a um período completo de oito horas de operação nas condições mencionadas. Dos resultados das simulações puderam-se extrair informações importantes para uma avaliação daquele setor. A Figura 3 apresenta os resultados da primeira hipótese, onde se consideraram como fixos o número de médicos e de enfermeiras e variou-se o número de leitos disponíveis.

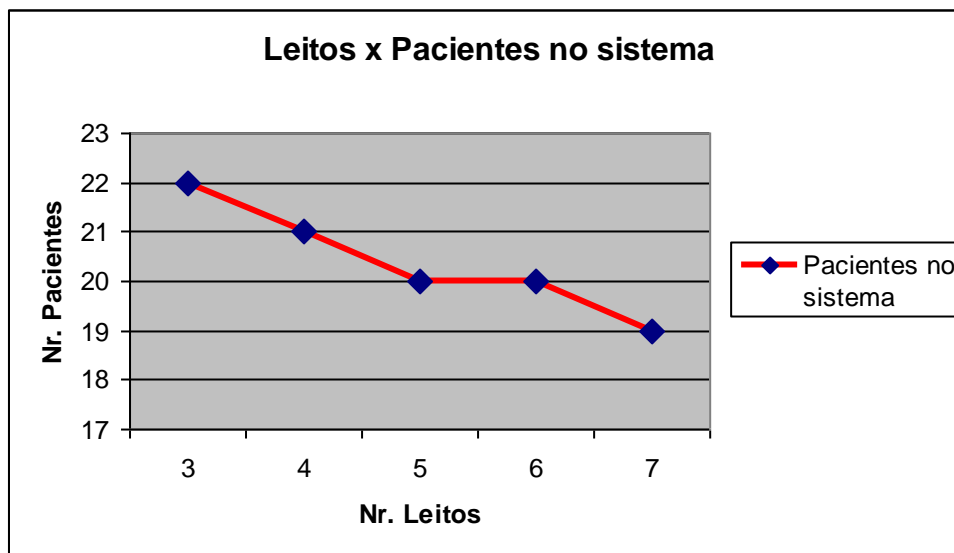
**Figura 3: Disponibilidade de leitos e taxa de ocupação da equipe médica**



Fonte: autores

A situação específica explorada nos experimentos partiu da hipótese de que a disponibilidade de leitos na área de observação era uma restrição à agilidade no atendimento e causava efeito sobre a taxa de ocupação da equipe médica. Pode-se verificar na figura 3 que à medida que se aumenta o número de leitos eleva-se a taxa de ocupação dos médicos e das enfermeiras. No mesmo sentido pode-se verificar um aumento da produtividade da equipe pela redução no número de pacientes no sistema ao final das rodadas de simulação, o que conforme se pode verificar na Figura 4, indica um maior número de pacientes atendidos e liberados.

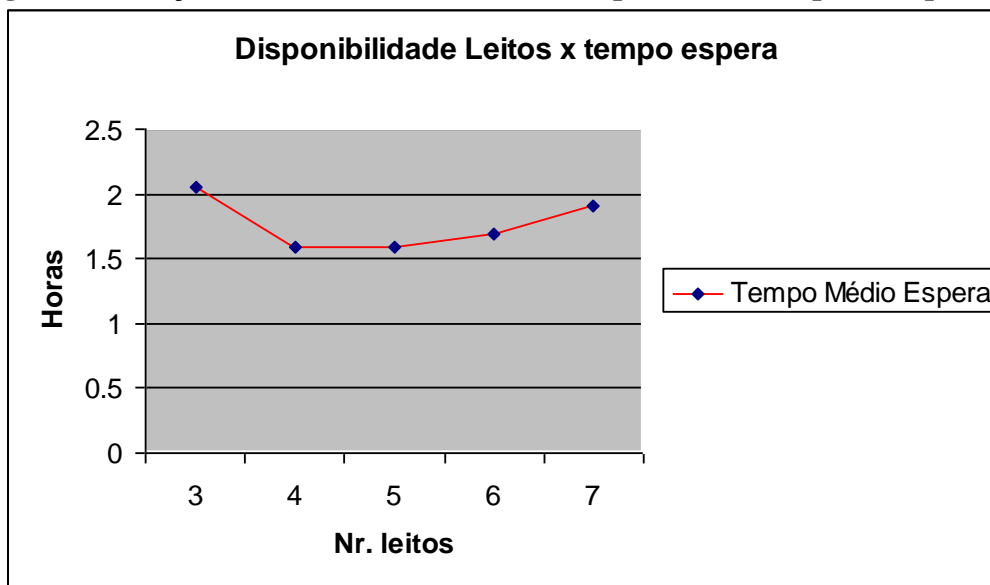
**Figura 4: Efeito da disponibilidade de leitos sobre pacientes no sistema**



Fonte: autores

Uma segunda situação foi verificada após a realização dos primeiro experimentos, a partir da observação do comportamento do tempo médio de espera do paciente por leito. Conforme se pode ver na Figura 5, observa-se que a partir do quinto leito ocorre um ligeiro aumento no tempo de espera.

**Figura 5: Relação entre número de leitos e tempo médio de espera do paciente**

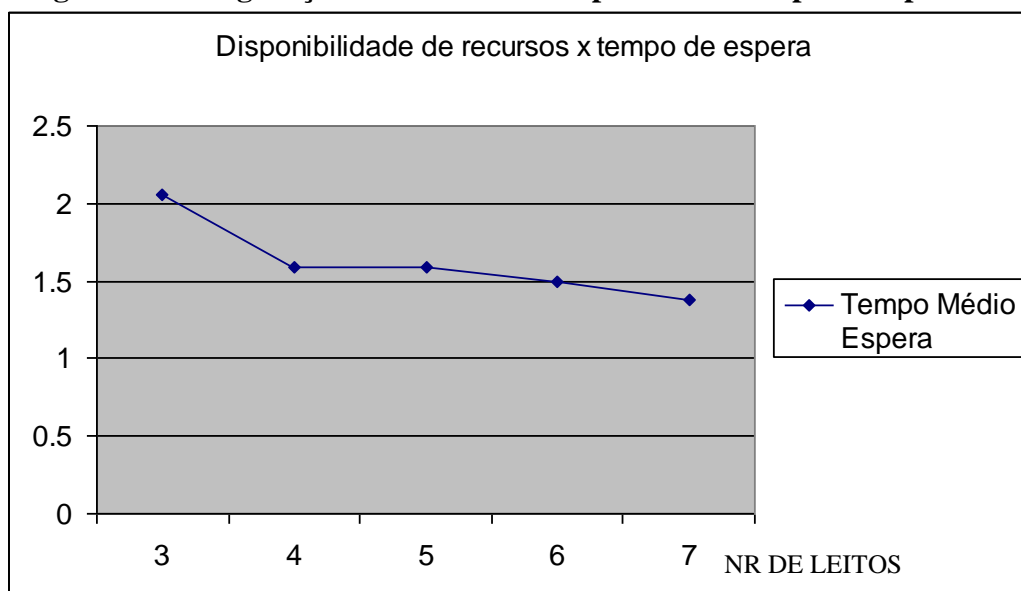


Fonte: autores



Partindo-se da hipótese que tal efeito é resultado do fato de o número de médicos e enfermeiras ter permanecido fixo, realizaram-se experimentos acrescentando-se um médico a partir do sexto leito para avaliar o efeito sobre o tempo médio de espera (em horas). A configuração que apresentou o melhor resultado em termos de redução do tempo de espera do paciente foi à adição de mais um médico a partir do sexto leito disponibilizado. Do sétimo leito em diante considerou-se o acréscimo de um médico e uma enfermeira. A Figura 6 apresenta os resultados obtidos.

**Figura 6: Configuração de recursos e tempo médio de espera do paciente**



Fonte: autores

Para avaliar a sensibilidade do sistema as variações no número de pacientes chegando ao sistema, realizaram-se três experimentos considerando a taxa de chegada regida por uma exponencial, conforme Tabela 3, a seguir:

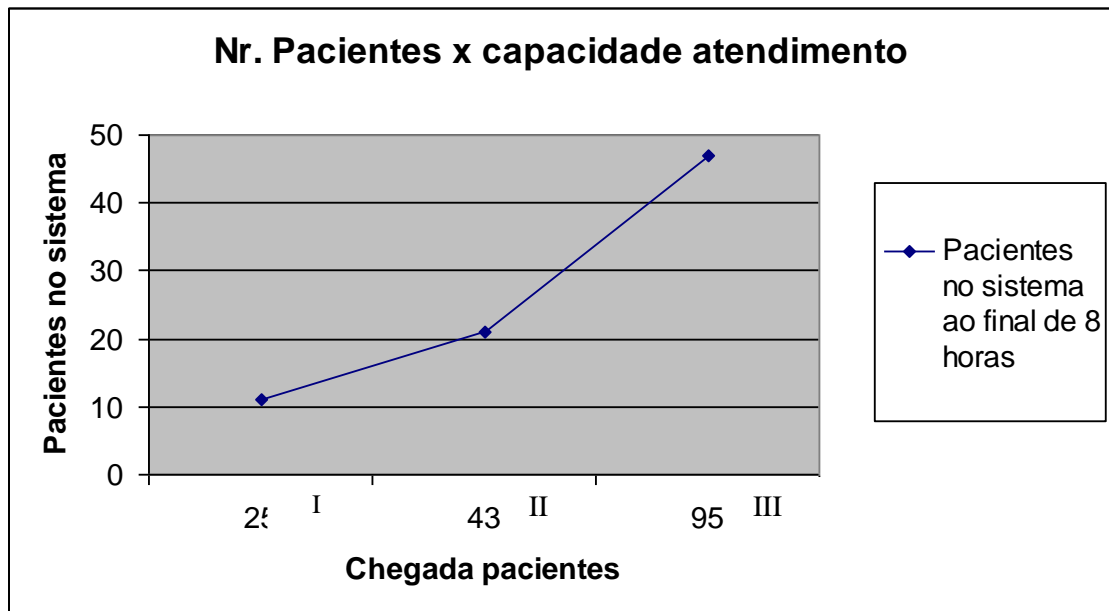
**Tabela 3: Parâmetro para análise de sensibilidade**

Descrição	Taxa de chegada
Experimento I	E (5)
Experimento II	E (11)
Experimento III	E (19)

Fonte: autores

O resultado de cada experimento está consolidado na Figura 7, mostrando que o modelo, na sua configuração atual, não comporta aumentos significativos de demanda, haja vista o grande número de pacientes, que permanecem no sistema ao final do tempo do experimento, quando o processo de chegada é expresso por uma taxa exponencial de média 19.

**Figura 7: Análise de sensibilidade do sistema ao processo de chegada**



### 3.7 Documentação, Relatório de Resultados e Implementação

Documentou-se todo o processo de elaboração conceitual e desenvolvimento do modelo o qual, juntamente com os resultados obtidos foi apresentado e entregue para os gestores do hospital. A partir desses resultados pode-se fazer uma avaliação do estado atual do SPA, assim como identificar alternativas relativas à alocação e utilização dos recursos naquela área.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A simulação a eventos discretos mostrou a aplicabilidade de pesquisa operacional (PO) no tratamento de problemas complexos em serviços de saúde. Os resultados obtidos a partir do modelo desenvolvido permitem a avaliação de alternativas de alocação e dimensionamento de recursos. A simulação é uma ferramenta eficaz para a análise e fácil compreensão de cenários complexos. Os experimentos realizados 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.

Dessa forma adicionou-se informação qualificada ao sistema, o que possibilitou uma intervenção efetiva no sentido se identificarem alternativas para minimizar o congestionamento naquela unidade, agilizar o fluxo de pacientes, contribuindo para melhorar a qualidade do atendimento a estes. No mesmo sentido os gestores do HGNI puderam verificar os benefícios da simulação a eventos discretos como um recurso de avaliação de cenários e para o suporte à tomada de decisão.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

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

**CHAGAS, C. D.** *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.

**DE OLIVEIRA, M. J. F.; TOSCANO, L. N. P.** Emergency information support system for Brazilian public hospital, In: M.S. Rauner and K. Heidenberger (Eds.), *Quantitative approaches in health care management*, Peter Lang, (2003) 235-251.

**DE OLIVEIRA, M. J. F. e ACHÃO FILHO, N.** 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.*

**GONÇALVES, A. A.** *Gestão da capacidade de atendimento em hospitais de câncer*. Dissertação (Doutorado em engenharia de produção). Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2004.

**MAGALHÃES, M. S.** (2006). *Simulação do Sistema de Admissão de Emergência do Hospital Universitário Antônio Pedro*. Dissertação de M. Sc, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

**ROSSETTI, M. D. et al.** 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.