



## UTILIZAÇÃO DA MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE SISTEMAS NA MELHORIA DA EFICIÊNCIA OPERACIONAL DE CENTROS CIRÚRGICOS

### **Joelson Ricardo Stroparo**

PUCPR – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia da Saúde  
Rua Imaculada Conceição, 1133 – 80215-901 Curitiba PR  
Pontifícia Universidade Católica do Paraná  
[joelson.s@pucpr.br](mailto:joelson.s@pucpr.br)

### **Gerson Linck Bichinho**

PUCPR – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia da Saúde  
Rua Imaculada Conceição, 1133 – 80215-901 Curitiba PR  
Pontifícia Universidade Católica do Paraná  
[linck@ppgia.pucpr.br](mailto:linck@ppgia.pucpr.br)

### **Roberto Max Protil**

PUCPR – Programa de Pós-Graduação em Administração  
Rua Imaculada Conceição, 1133 – 80215-901 Curitiba PR  
[roberto.protil@pucpr.br](mailto:roberto.protil@pucpr.br)

## RESUMO

Este artigo tem por objetivo discutir a utilização da simulação computacional na melhoria da eficiência operacional de um centro cirúrgico localizado na cidade de Curitiba. Neste estudo foram considerados três diferentes cenários, a saber: Primeiro cenário - estudo da dinâmica de uma das seis salas de cirurgia existentes. Através da manipulação de algumas variáveis de entrada foi possível aumentar a taxa de ocupação para cirurgias ortopédicas; Segundo e Terceiro cenários - análise dos impactos que um aumento de quatro novas salas traz ao sistema, considerando no segundo cenário dados de entrada do sistema real e no terceiro cenário dados modificados. O estudo ofereceu subsídios para reduzir os principais fatores geradores de ociosidade e conseqüentemente aumentar a taxa de ocupação do setor.

**Palavras chave: Simulação computacional. Centro cirúrgico. Gestão hospitalar. Área de classificação principal: SIM - Simulação**

## ABSTRACT

The purpose of this document is debating the use of computer simulation for increasing surgical center occupation rate at a Hospital located in the city of Curitiba (Brazil). For the attainment of this work three scenarios were created. The first scenario is one of the six existing surgical rooms. It was possible to improve the orthopedic surgical occupation rate specially through changing some input variables. The two following scenarios demonstrated the impact of amplification on existing rooms, as the second scenario acknowledges input data of the model as in the real system, making it possible to obtain a better occupation rate, and the third scenario showed an improved amount of occupancy using the input data. The result analysis provided subsidies for the reduction of idleness in this sector.

**Keywords: Computer simulation. Surgical center. Hospital management. Main area: SIM - Simulation**



## 1. Introdução

No ambiente hospitalar está localizado o complexo sistema do centro cirúrgico, que é uma unidade assistencial onde são realizados procedimentos cirúrgicos, visando a atender intercorrências clínicas, com suporte da ação de uma equipe de profissionais.

Esse setor requer suporte adequado, de modo que os aspectos técnico-administrativos referentes à planta física e localização, aos equipamentos, ao regimento, às normas, às rotinas e aos recursos humanos sejam assegurados como mecanismos que subsidiem a prevenção e o controle dos riscos e sustentem, na prática, a proteção ético-legal da equipe e da instituição. Por meio destes aspectos, pode-se avaliar a grande complexidade existente, a qual tem origem no grande número de elementos externos existentes. Entre estes, pode-se citar (LANGE, 1999): grande rotatividade de pacientes e profissionais que estão envolvidos nos procedimentos clínicos, variedade de especialidades e procedimentos cirúrgicos e a integração necessária com outros setores hospitalares, dos quais são originados os pacientes, os materiais, instrumentos e equipamentos necessários às cirurgias.

Algumas situações a que os pacientes são submetidos nos ambientes cirúrgicos tornam necessária a aplicação de novas técnicas e procedimentos que facilitem a execução de tarefas nesses ambientes. Dentre essas técnicas podemos citar a modelagem e simulação de sistemas.

A simulação consiste em descrever um modelo pelos processos ou sistemas, os quais possuem parâmetros que permitem a sua configuração, oportunizando a tomada de decisão a respeito da execução prática do modelo (CARSON, 2003). A simulação de um modelo é a representação que incorpora tempo e mudanças que ocorrem em um período pré-determinado.

A modelagem de dados é capaz de compreender a realidade, baseada em fenômenos conhecidos, permitindo realizar experimentos que nos ajudem a prever o comportamento real. Determinados fatores que afetam parcialmente o sistema podem ser, no processo de modelagem do sistema, simplesmente ignorados ou tratados como entradas e saídas do referido sistema. (ROSSETTI et al., 1999).

Os modelos de simulação, por se tratarem de modelos representados por uma estrutura matemática e/ou lógica, tendem a imitar o comportamento do sistema o mais real possível. Por meio de experimentos, várias observações são realizadas para dar subsídio às várias conclusões sobre o sistema (LAW et al., 2000).

## 2. Metodologia

Após a realização de reuniões com os integrantes da equipe hospitalar, tendo como foco o monitoramento e acompanhamento dos processos atualmente executados, bem como sua melhoria, foi possível representar a interação entre o centro cirúrgico, demais setores hospitalares relacionados (unid. de internamento e central de mat.), profissionais e o paciente.

Essa fase, também denominada por levantamento de dados e requisitos, pode ser caracterizada como a fase *in loco*, onde as visitas ao centro cirúrgico do hospital ocorreram frequentemente, pois foi necessário realizar entrevistas, conhecer e vivenciar o problema, obtendo assim conclusões sob um ponto de vista crítico.

### 2.1 O estudo do mapa cirúrgico

A elaboração do mapa cirúrgico permite disponibilizar as atividades realizadas em um determinado período (GHELLERE, 1993). A partir do mapa, ocorre a verificação da disponibilidade de leitos de internamento e suas respectivas reservas, adequação do ambiente cirúrgico, reserva de equipamentos e instrumentos necessários ao procedimento, aquisição/transporte dos materiais a serem utilizados nas cirurgias, bem como o preparo dos pacientes após sua internação.

Segundo Stroparo e Bichinho (1994) para a confecção do mapa, é necessária a existência dos avisos de cirurgias, que são informativos de execução das cirurgias feitas pelos médicos. O preenchimento pode ser em dois momentos: quando o paciente já está internado na instituição, ou quando o médico verifica a necessidade da intervenção cirúrgica pela consulta clínica. Nos avisos, as principais informações encontradas são: dados pessoais do paciente, cirurgião e equipe envolvidos na execução do procedimento, data e horário preferencial para a cirurgia, especialidade cirúrgica, procedimentos a serem realizados, equipamentos, instrumentos e materiais necessários à execução do procedimento.

Pela visualização dos avisos e da disponibilidade das salas cirúrgicas, equipamentos, instrumentos e demais materiais necessários, é realizada uma análise do número de cirurgias já programadas para cada dia, turno e especialidade, permitindo, assim, confirmar o agendamento solicitado por meio deste, ou sugerir novas datas e horários para a execução da cirurgia (STROPARO et al, 1994).

## 2.2 Parâmetros e variáveis

A partir do estudo do mapa cirúrgico e das características do setor, foram definidos as variáveis e parâmetros necessários para implementar a simulação. As variáveis foram divididas em dois grupos. O primeiro utilizado para a definição do escopo do trabalho e o segundo, na implementação da ferramenta.

Os parâmetros referem-se as características do modelo que não variam durante a simulação, todavia influenciam em muitos momentos os valores das variáveis, as quais, como o próprio nome define, são características que sofrem variações durante o momento de sua definição, e podem portanto, de acordo com características preliminares, em determinados momentos de execução do modelo, apresentar valores diferenciados. Os parâmetros utilizados na simulação foram: especialidade clínica do(s) procedimento(s), procedimento(s) a serem executados, sala cirúrgica, dias da semana e horários possíveis de serem executados os procedimentos cirúrgicos, total de salas por especialidades disponíveis, horário de início limite de procedimentos cirúrgicos no período da manhã, horário de início limite de procedimentos cirúrgicos no período da tarde, tipo e quantidade de profissionais envolvidos durante o ato cirúrgico, tipo de atendimento (eletivo ou emergência).

A lista de variáveis utilizada é formada por: tempo de limpeza da sala, tempo de recuperação pós-anestésica, tempo de execução do procedimento cirúrgico, tempo de execução do procedimento anestésico, tempo de entrada do material e do anestesista na sala, tempo de limpeza e preparo da sala cirúrgica, tempo de traslado do paciente até o centro cirúrgico, cancelamentos existentes, tempo médios de atraso, tempo total de permanência do paciente no centro cirúrgico, disponibilidade das órteses / próteses no setor de aquisição das mesmas e totais de atendimentos agendados que foram realmente executados.

## 2.3 O sistema de informação do centro cirúrgico

No sistema desenvolvido para o centro cirúrgico, ocorre o agendamento de cirurgias por meio do aviso de cirurgia, que pode ser preenchido pelo próprio cirurgião, ou pelo responsável do centro cirúrgico. A partir daí, o mapa cirúrgico é elaborado. Antes do início deste trabalho, toda a parte referente ao agendamento acontecia de forma manual, utilizando-se apenas ferramentas processadoras de texto e planilhas eletrônicas. Esse sistema foi implementado dentro do já existente sistema de informação hospitalar.

## 2.4 Modelagem do sistema

Para o correto desenvolvimento de um modelo por uma ferramenta de simulação, o mesmo deve consistir dos seguintes componentes (LOWERY et al., 1999): delimitação do intervalo e tempo de execução, delimitação do escopo do modelo, procedimento utilizado para tomada e distribuição dos tempos e definição do downtime.

#### **2.4.1 Delimitação do intervalo e tempo de execução**

O intervalo utilizado para execução dos procedimentos acompanhou o horário real do setor, sendo de segunda a sexta feira das 7h às 12h e das 13h às 18h e, nos sábados, das 7h às 12h. Esses horários correspondem ao grupo de pacientes eletivos, sendo que os últimos procedimentos da fila do período podem exceder o horário limite, portanto, funciona apenas como limitador do início de execução. O tempo de processamento do modelo foi de 30 dias, para possibilitar, dessa forma, a comparação dos dados encontrados com os reais.

#### **2.4.2 Delimitação do escopo do modelo**

Este estudo foi desenvolvido em apenas uma das salas do centro cirúrgico, tendo em vista que isso possibilitou obter uma visão detalhada dos processos / fluxos operacionais executados. De acordo com a especialidade e o procedimento cirúrgico a ser executado, alguns detalhes podem vir a ser diferentes. Portanto, apenas um dos diversos processos / fluxos existentes no centro cirúrgico tornou-se o foco do trabalho, tendo em vista o escopo não ser todo o setor, mas apenas as cirurgias e salas do grupo ortopédico. Essa escolha ocorreu pelo fato do Hospital Universitário Cajuru (HUC) ser especializado em traumatologia, dentro da qual seria possível ainda optar pelo tipo de atendimento, sendo as opções: atendimentos eletivos e de emergência. Para fins de levantamento do histórico dos procedimentos executados, e também como o hospital tinha uma maior taxa de ocupação de pacientes atendidos pelo SUS, não foram contabilizados os pacientes de convênios particulares. Com base no grupo de procedimentos ortopédicos foi realizado um estudo em uma série temporal, que se iniciou em 1998 e foi até o final de 2001. Nesse período foram realizados 10036 procedimentos em pacientes eletivos segurados pelo SUS. Do total de procedimentos realizados, apenas 6 correspondem a 31% (3111 procedimentos) e outros 253 aos 69%. Sendo assim, o detalhamento dos processos foi feito a partir daqueles seis.

#### **2.4.3 Procedimento utilizado para tomada e distribuição dos tempos**

Para tomada dos tempos foram realizadas visitas ao centro cirúrgico, durante as quais foi definido o fluxo operacional que contém os processos significativos a modelagem. A partir desse fluxo, foram analisadas todas as variáveis envolvidas, definindo-se seus tempos a partir da avaliação dos tempos médios entre chegada e saída de cada entidade do modelo.

#### **2.4.4 Definição do downtime**

Um componente importante do modelo é o tempo de manutenção, também conhecido como downtime, que se refere aos intervalos de tempo quando nenhuma atividade estiver acontecendo (cirurgia, limpeza ou montagem da sala), normalmente devido a retardos (pessoal, paciente ou equipamento não disponível) ou discrepâncias entre o horário da cirurgia marcada e o efetivo. É reconhecido que a grande maioria dos centros cirúrgicos possui uma taxa de ocupação que varia entre 80% a 85% (RINDE, 1976). Neste trabalho, utilizou-se a análise dos tempos médios de atraso reais dos procedimentos como sendo o downtime.

#### **2.5 Características do modelo**

A partir da realização do estudo que definiu o processo, foi possível realizar a tomada dos tempos relativos a este, os quais foram utilizados na elaboração da simulação. Um fluxo contendo os processos significativos ao processo de simulação é apresentado na figura 1. Tal fluxo não se refere à totalidade das entidades do modelo, tendo em vista que algumas delas não são significativas ao processo de simulação, como, por exemplo, o processo de preenchimento do formulário da saída de sala, realizado pelo circulante.

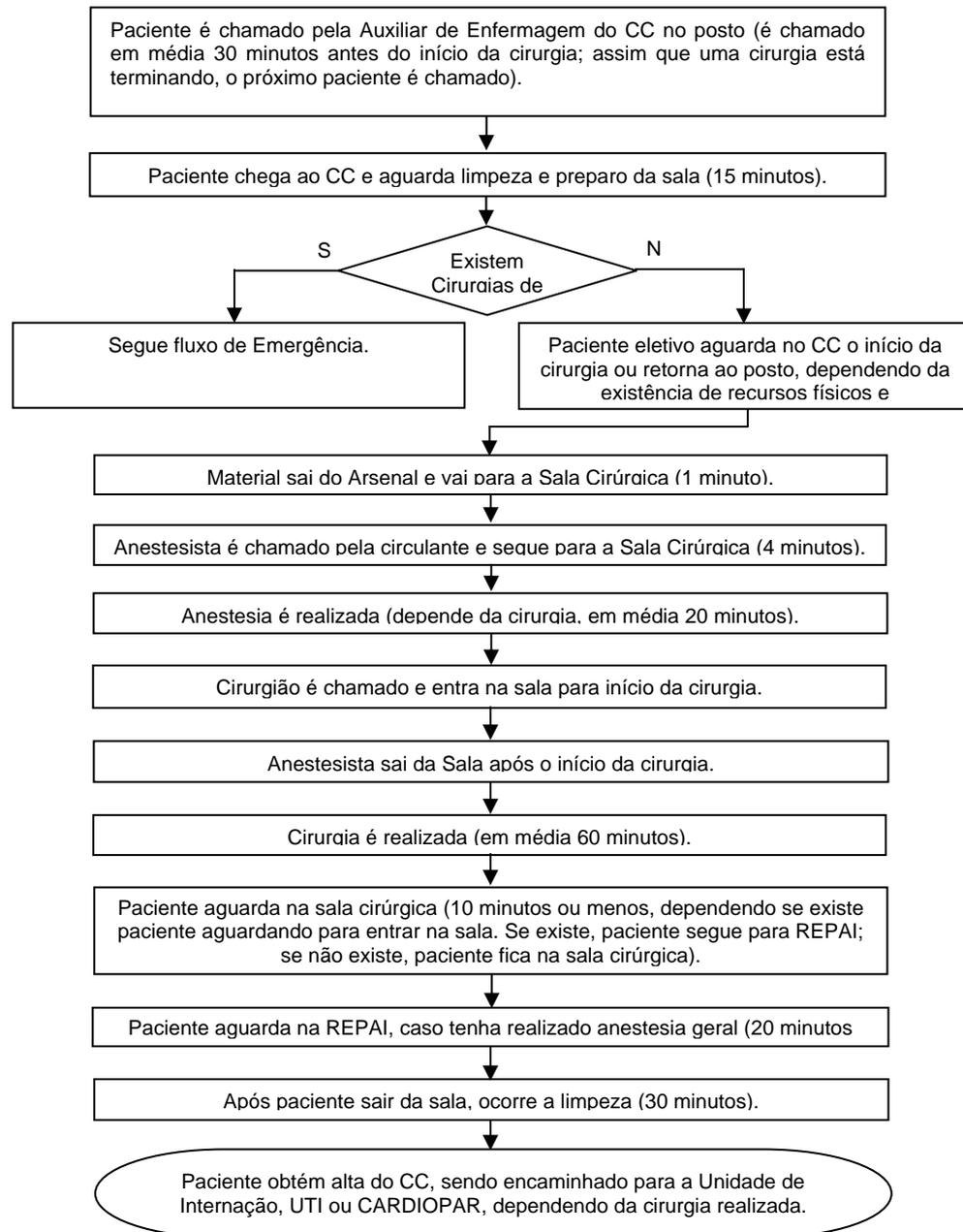
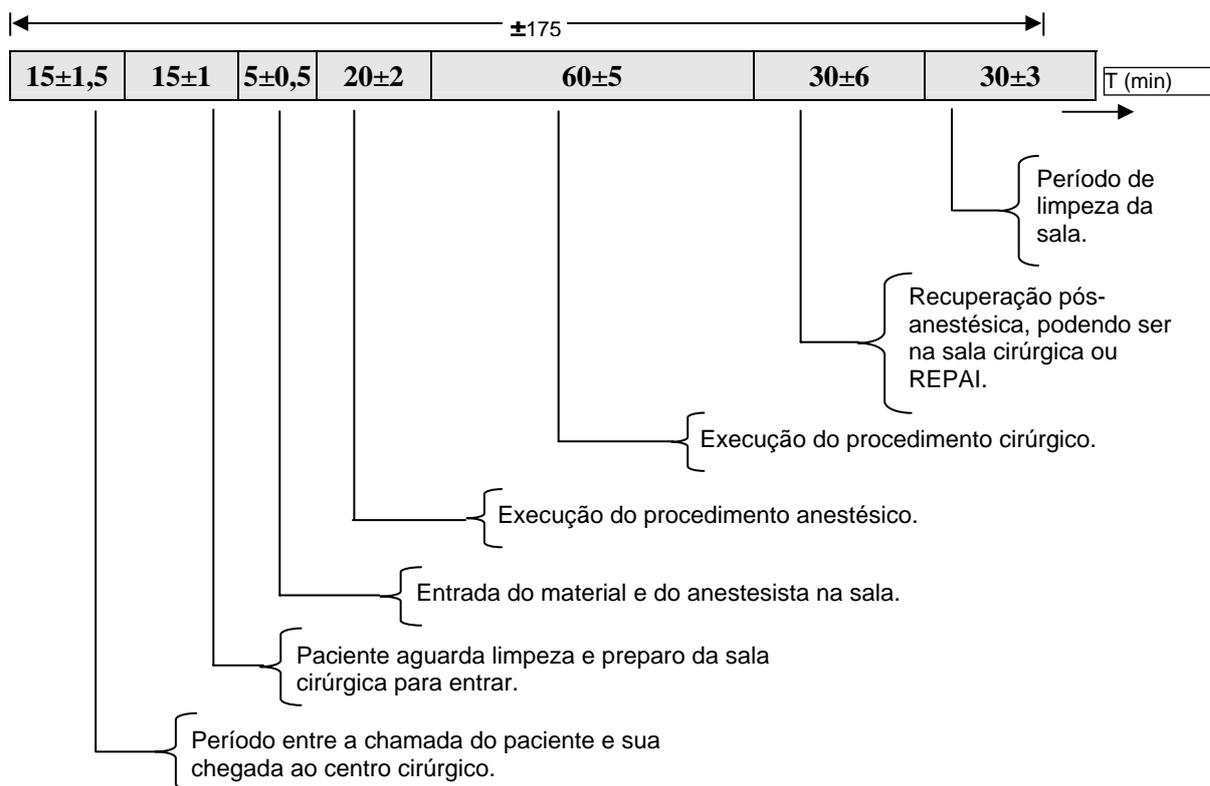


Figura 1: Fluxo com os tempos médios.

Outros fatores podem compor o tempo total de duração do procedimento; entretanto, devido às suas frequências de ocorrência, os mesmos não são considerados. Entre eles pode-se citar o fato de algum profissional envolvido no processo não estar presente no centro cirúrgico no momento exato de sua atuação.

A figura 2 apresenta as etapas de um processo de cirurgia com seus respectivos tempos médios e desvio padrão.



**Figura 2: A execução da cirurgia no tempo.**

Após a definição do fluxo a ser simulado e a definição das variáveis envolvidas, o foco do trabalho passou a ser a utilização do *software* Promodel. Entre as bibliotecas existentes pode-se citar o MedModel, que é voltada à área de saúde e sistemas relacionados, e foi utilizada para o desenvolvimento e a simulação do modelo.

Para a efetiva simulação do modelo, dois fatores são fundamentais: estudo das variáveis significativas e tomada do tempo de interação entre as mesmas. As variáveis foram definidas através da análise do fluxo operacional que contém os processos significativos à modelagem, conforme mostrado anteriormente, e os seus respectivos tempos foram originados a partir dos seus tempos médios.

Utilizando a planta baixa do centro cirúrgico e a biblioteca de gráficos existente no MedModel, foi criado um modelo computacional que representa os principais componentes físicos do setor em estudo, bem como a interação entre os mesmos.

### 3. Discussão dos resultados

A validação do modelo foi realizada pela comparação entre os resultados reais coletados no centro cirúrgico no mês de março de 2004, obtidos por meio do SIH, com os dados fornecidos no mesmo período pelo simulador. Após a execução, as variáveis comparadas foram: o número de procedimentos executados, a quantidade de cancelamentos ocorrida e a taxa de ocupação de uma única sala cirúrgica, considerando que todos os procedimentos do grupo ortopédico são executados somente nesse local. A tabela 3.1 exibe esses dados.

**Tabela 3.1: Comparação entre os resultados do MedModel e o SIH**

Resultados	Procedimentos			Taxa de ocupação
	Executados	Cancelados	Total	
SIH	136	68	204	66,67 %
MedModel	145	~ 70	215	67,53%

A diferença existente pode ser explicada, tendo em vista que algumas suposições e situações que ocorrem no processo real, no simulador foram desprezadas. Entre as suposições que podem ser utilizadas para desenvolvimento de um modelo de simulação temos para este modelo:

- Possibilidade de ocupação de determinada sala por uma especialidade que não estava previamente programada;
- Devido à característica do Hospital em questão ser de emergência o número de cirurgias desse tipo pode ser significativo;
- Não sendo possível o agendamento de novas cirurgias em determinadas especialidades, ocorre uma redistribuição na escala, criando uma homogeneidade no número de cirurgias;
- Para possibilitar a execução da simulação do modelo, algumas variáveis constituintes do processo real são tratadas de forma aleatória ou simplesmente foram desprezadas, pois não foi possível definir valores para as mesmas.

Portanto, os itens caracterizados acima, que não foram tratados na simulação, mas que ocorrem no processo real é a origem dos 0,86% existentes na diferença entre as taxas de ocupação, verificados na tabela 3.1.

De acordo com os diversos motivos que levam à incidência na ocorrência de cancelamentos de cirurgias, deve-se tratá-los no modelo como uma variável de ocorrência aleatória, com padrão de incidência igual a 32,47%. Esse valor teve origem a partir da análise dos dados fornecidos pelo simulador, conforme mostrado na tabela 3.2. Na sala 1, foco deste trabalho, é possível identificar a taxa de cancelamentos pela coluna de ociosidade ( % idle ), pois representa o período que a sala poderia estar sendo utilizada.

**Tabela 3.2: Análise das taxas de ocupação**

```

Scenario      : Normal Run
Replication   : Average
Period       : Final Report (0 sec to 9 hr Elapsed: 9 hr)
Simulation Time : 9 hr
-----
LOCATIONS

Location  Scheduled  Total  Average  Average  Maximum  Current  % Util
Name      Hours      Entries Minutes Per Entry Contents Contents Contents
-----
Recepcao  9          344    16.126919 10.2734 18        10       0.00
Sala1     9          145    69.515034 0.675333 1         1        67.53
Sala2     9          72     139.970833 0.529444 1         1        52.94
.
.
.

LOCATION STATES BY PERCENTAGE (Single Capacity/Tanks)

Location  Scheduled  %  %  %  %  %  %
Name      Hours      Operation Setup Idle waiting Blocked Down
-----
Sala1     9          53.74 0.00 32.47 13.79 0.00 0.00
Sala2     9          46.14 0.00 47.06 6.80 0.00 0.00
.
.
.

```

FONTE: MedModel Output.

Observa-se, também, que o simulador trata a taxa de utilização como sendo o período em que alguma entidade permanece no setor (*operation*), mais o tempo em que o setor aguarda a chegada das entidades (*waiting*).

Para análise do tempo de execução do procedimento cirúrgico, deve-se analisar o tempo em que a entidade paciente permanece no local (*location*) objeto do estudo, no caso a sala cirúrgica 1. Esse dado é verificado na tabela 3.3. O simulador teve uma taxa de operação: o paciente estava executando o procedimento cirúrgico, igual a 38,94%. Já no processo real, o tempo de execução do procedimento equivale a 31,57% do total, observado através da figura com os tempos médios apresentada anteriormente. Essa diferença também pode ser atribuída as mesmas suposições já citadas anteriormente.

**Tabela 3.3: Análise do tempo de serviço das entidades do modelo**

```
-----  
Scenario      : Normal Run  
Replication   : Average  
Period       : Final Report (0 sec to 9 hr Elapsed: 9 hr)  
Simulation Time : 9 hr  
-----
```

ENTITY STATES BY PERCENTAGE

Entity Name	In Move Logic %	wait For Res, etc. %	In Operation %	Blocked %
Paciente	4.97	5.07	38.94	51.02
Zelador	1.69	0.00	1.25	97.07
Medico	0.93	0.00	0.10	98.97

FONTE: MedModel Output.

Após realizar a simulação do atual processo, diversas ações podem ser efetuadas sobre as variáveis envolvidas no processo de elaboração do mapa cirúrgico, que necessitam ter seus valores ajustados, possibilitando oferecer uma nova realidade ao centro cirúrgico. Para garantir a diminuição da ociosidade das salas cirúrgicas, geradas pelos fatores já citados, duas ações podem ser efetuadas.

A primeira ação é referente a realizar encaixes de cirurgias não agendadas para o mesmo dia. Para a execução desse procedimento, é necessário que o banco de dados de avisos de cirurgias seja analisado. Essa análise refere-se à verificação da compatibilidade de duração de cirurgias, equipamentos e materiais necessários e, principalmente, à disponibilidade da equipe cirúrgica e do paciente (em muitos casos, o paciente não está internado). Portanto, esse procedimento não se enquadra no escopo deste trabalho devido a dois motivos: primeiro, porque além de ser necessário à integração da ferramenta de simulação ao banco de dados, seria também necessário à implementação de técnicas de gerenciamento automatizadas que possibilitassem o encaixe, pois atualmente esse procedimento ocorre manualmente; em segundo lugar, como já citado anteriormente, a maior parte dos cancelamentos ocorre horas antes da execução do procedimento, não existindo, assim, tempo hábil para que o fluxo de execução de cirurgias eletivas seja realizado.

A outra ação possível de ser executada é o remanejamento do mapa cirúrgico. Nesse caso, a idéia seria liberar espaços na agenda da sala no fim do período ou dia. Essa ação resultaria primeiramente em possibilitar um tempo maior para análise do mapa cirúrgico do período / dia seguinte e, conseqüentemente, criar novos horários disponíveis nos períodos / dias subseqüentes. Com isso, se analisado o período do estudo e não apenas o dia do remanejamento, a taxa de ocupação do centro cirúrgico seria aumentada. Além desse aumento, como o hospital em estudo também apresenta atendimento de emergência, esse novo horário disponível poderia ser utilizado para algum procedimento deste grupo.

Devido as características citadas e do fato do mapa cirúrgico do dia estar disponível, o artifício de remanejamento foi o implementado. E, a partir desta definição, dois cenários dentro da ferramenta de simulação foram criados e executados com a finalidade de reduzir a ociosidade

das salas cirúrgicas. O primeiro cenário refere-se à realização de uma análise na fila de execução de cirurgias. A idéia é encontrar no fim dela, um procedimento com características iguais ao que está sendo cancelado. Essas características incluíram a análise da equipe clínica, ser ou não o mesmo procedimento e a disponibilidade física e pré-operatória do paciente. Caso isso seja atendido, ocorre a troca e, conseqüentemente, não ocorre ociosidade na sala durante o período. O resultado desse cenário foi a existência de quatro procedimentos que satisfazem os critérios para a troca. Já o segundo cenário foi criado realizando o adiantamento de todos os procedimentos subseqüentes ao cancelado. Nesse caso, não foram criados no simulador situações ou empecilhos que a impossibilitem; entretanto, no modelo real o que pode ocorrer é a sua não efetivação, sendo o procedimento executado no horário previsto inicialmente.

De acordo com a tabela 3.4, em situações de adiantamento não foi possível, na simulação, definir a quantidade de procedimentos que podem ser efetivamente executados devido à aleatoriedade com que os atrasos do próximo procedimento poderão ocorrer. O acúmulo desses atrasos pode impossibilitar o início da execução do procedimento na ferramenta de simulação antes do fim do período (18h). Na prática isso não ocorre, pois podem ser iniciados mesmo após o horário citado.

**Tabela 3.4: Troca de procedimentos e adiantamento da fila de execução de procedimentos**

Simulação	Períodos livres	Procedimentos que podem ser executados
Troca procedimentos	4	4
Adiantamento	70	Não definido

O total de períodos livres apresentado corresponde ao total de cancelamentos. Como citado, independente de qualquer análise, existe dentro do simulador a tarefa de adiantar os próximos procedimentos ao cancelado. Este adiantamento não é necessariamente efetivo, entretanto pode ocorrer. Caso ocorra, tem-se um preenchimento do horário, e assim como no primeiro cenário, o horário vago passa a ficar no final do período ou caso outro cancelamento ocorra, ficará posterior ao primeiro.

Com a intenção de aproveitar toda a estrutura criada, um terceiro cenário foi simulado. Neste novo cenário foi criado um ambiente de simulação, que visou demonstrar além das 6 salas atualmente em utilização dentro do HUC, adicionar outras 4 salas cirúrgicas, que apesar de já existirem fisicamente, ainda não encontram-se em uso. A intenção foi demonstrar a *performance* do sistema como um todo, o qual pode vir a ocorrer no futuro.

Nesse novo cenário não existiu a preocupação do agendamento das salas, mas apenas analisar qual o impacto da adição dessas sobre todo o conjunto, ou seja, qual é a nova taxa de ocupação, considerando o mesmo número de atendimentos e também qual o novo número de atendimentos possíveis de serem realizados com a nova estrutura física, considerando-se a taxa de ocupação do simulador de 67,53%. Como o trabalho está centrado somente no grupo de cirurgias de ortopedia, os resultados referem-se somente a esse grupo. A variável que identifica a quantidade de atendimentos foi tratada de duas formas. A primeira refere-se à análise da taxa de ocupação, utilizando o mesmo número de atendimentos, o que pode ocorrer caso a procura para execução de procedimentos cirúrgicos não aumente, conforme tabela 3.5.

Uma das características observadas refere-se ao número de cancelamentos. O simulador não exhibe, em nenhum dos cenários, a quantidade de cancelamentos, mas sim a ociosidade da sala, como citado anteriormente. Como se está analisando a situação em que a quantidade de atendimentos não aumentou, a quantidade de procedimentos executados também permanece a mesma. Com isso, a ociosidade da sala 1 aumenta, pois procedimentos dessa sala estão sendo remanejados para a sala 7 (sala atribuída ao grupo ortopédico no novo cenário) resultando em um número de cancelamentos superior ao total de atendimentos.

**Tabela 3.5: Taxa de ocupação das salas destinadas ao grupo ortopédico**

Scenario : Normal Run  
Replication : Average  
Period : Final Report (0 sec to 9 hr Elapsed: 9 hr)  
Simulation Time : 9 hr

LOCATIONS

Location Name	Scheduled Hours	Capacity	Total Entries	Average Minutes Per Entry	Average Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Util
sala1	9	1	95	68.415034	0.665333	1	1	44.19
sala7	9	1	75	69.487500	0.657443	1	1	34.88

LOCATION STATES BY PERCENTAGE (single Capacity/Tanks)

Location Name	Scheduled Hours	% operation	% Setup	% Idle	% waiting	% Blocked	% Down
sala1	9	36.86	0.00	55.81	7.33	0.00	0.00
sala7	9	28.06	0.00	59.47	12.47	0.00	0.00

\*FONTE: MedModel Output.

A tabela 3.6 foi desenvolvida realizando um comparativo do atual cenário com os dados da tabela 3.1. Nessa tabela verifica-se que tratando as salas 1 e 7 isoladamente, suas taxas de ocupação serão menores, bem como a quantidade de procedimentos será menor quando comparadas com o cenário original. Isso ocorre devido ao remanejamento que a ferramenta realiza. Entretanto, caso se faça um comparativo do cenário original com o novo, mas ao invés de se analisar as salas em separado, somar-se a quantidade de procedimentos, verificar-se-á que a quantidade de cancelamentos diminui. Essa diminuição implica que mais procedimentos dentro do centro cirúrgico estão sendo realizados e, portanto, a taxa de ocupação do setor aumentou.

**Tabela 3.6: Comparação entre os resultados dos dois cenários simulados**

Resultados		Procedimentos			Taxa de ocupação
		Executados	Cancelados	Total	
SIH		136	68	204	66,67%
Cenário original		145	~ 70	215	67,53%
Cenário de 10 salas	Sala 1	95	~ 45	215	44,19%
	Sala 7	75			34,88%

A redistribuição ocorrida permitiu que variáveis dentro do simulador, que no primeiro cenário causaram impacto negativo no número de cancelamentos, fossem influenciadas no segundo cenário, aumentando a quantidade de execução de cirurgias. O fato da taxa de ocupação ter diminuído, ocorre, pois não houve oferta de mais vagas de atendimento. Essa característica da diminuição da taxa de ocupação em um modelo real seria facilmente resolvida com a oferta de novas vagas para atendimento.

O segundo tratamento realizado no novo cenário refere-se à análise da quantidade de avisos de cirurgia possíveis de serem agendados, caso iguale-se a taxa de ocupação do novo cenário com o cenário original, ou seja, considerando os mesmos resultados obtidos na tabela 3.1 para a simulação definir qual a nova quantidade de procedimentos cirúrgicos que serão realizados e cancelados. Nesse momento, a variável que identifica a quantidade de atendimentos deixa de ser analisada a partir de dados reais e uma nova variável, identificada como taxa X ocupação é adicionada ao modelo. Com essa nova variável e definindo seu valor em 67,53, que para a ferramenta significa dizer que do total de atendimentos, 67,53% deveriam realmente ser utilizados, os dados da tabela 3.7 foram obtidos após a execução do simulador.

**Tabela 3.7: Análise dos atendimentos com taxa de ocupação de 67,53%**

Scenario : Normal Run  
Replication : Average  
Period : Final Report (0 sec to 9 hr Elapsed: 9 hr)  
Simulation Time : 9 hr

## LOCATIONS

Location Name	Scheduled Hours	Capacity	Total Entries	Average Minutes Per Entry	Average Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Util
sala1	9	1	140	71.424038	0.747443	1	1	67.53
sala7	9	1	138	74.576812	0.713333	1	1	67.53

## LOCATION STATES BY PERCENTAGE (Single Capacity/Tanks)

Location Name	Scheduled Hours	% operation	% Setup	% Idle	% waiting	% Blocked	% Down
sala1	9	59.08	0.00	32.47	8.45	0.00	0.00
sala7	9	54.31	0.00	32.47	13.22	0.00	0.00

FONTE: MedModel Output.

Os dados resultantes dessa nova proposta indicam a quantidade de atendimentos de pacientes do grupo ortopédico que podem ser realizados. A diferença entre as duas salas refere-se a problemas relacionados à disponibilidade de equipamentos, instrumentos e equipe médica, tendo em vista que, em muitas situações, as mesmas variáveis devem estar em utilização no mesmo intervalo de tempo, podendo assim uma das salas não ser atendida, gerando cancelamento. Resumidamente, comparando os três cenários, temos a tabela 3.8.

**Tabela 3.8: Comparação dos resultados considerando a taxa de ocupação de 67,53%**

Cenários	Procedimentos		
	Executados	Cancelados	Total
Simulação original com uma única sala.	145	~70	215
Simulação igualando taxa de 67,53% na sala 1.	140	67	207
Simulação igualando taxa de 67,53% na sala 7.	138	66	204

As variáveis que geram a diminuição foram definidas nesse novo cenário com base nos valores do primeiro cenário, o que significa que foram aumentadas proporcionalmente à taxa de ocupação desejada. Entretanto, caso sejam redefinidas, a taxa de ocupação tende a aumentar.

#### 4. Conclusão

Após a definição, modelagem do fluxo, criação da representação gráfica por meio da ferramenta de simulação, partiu-se para a análise dos resultados que, independentemente de fatores técnicos ou clínicos, demonstraram ações a serem executadas no setor. Com os resultados fornecidos pelo MedModel, foi executada a validação do modelo, efetuando uma comparação destes dados com os dados fornecidos pelo sistema de informação do centro cirúrgico.

Com a validação executada, foram estudadas as alternativas que permitiam o remanejamento do mapa cirúrgico. Este estudo possibilitou a identificação do problema que se refere ao aumento da quantidade de procedimentos executados, permitindo melhora no agendamento dos mesmos e, clinicamente, continuar provendo um atendimento de qualidade. Para isso, foram mapeados os principais fatores geradores de ociosidade, oferecendo subsídios para as equipes técnica e clínica efetuarem melhorias na gestão de recursos. Dentre esses cabe citar o cancelamento de cirurgias e atrasos na execução de procedimentos.

A conclusão do trabalho tornou a extração de resultados satisfatórios possível de ser executada, como, por exemplo, a análise da quantidade de atendimentos em razão da expansão física do centro cirúrgico. Esses resultados possibilitam a realização de um projeto de expansão, considerando recursos físicos e humanos, de forma que erros e problemas de dimensionamento podem ser menores do que se o projeto for executado sem a análise dos resultados apresentados.

## Referências

**Carson, J. S.** (2003) Introduction to Modeling and Simulation. In: *Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference*.

**Ghellere, T.** (1993) *Centro Cirúrgico: aspectos fundamentais para enfermagem*. Florianópolis: UFSC.

**Lange, E. V.** (1999) The Benefits of Simulation Modeling in Medical Planning and Medical Design. In: *Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference*.

**Law, A. M.; Kelton, W. D.** (2000) *Simulation Modeling & Analysis*. 3th ed. New York: McGraw-Hill.

**Lowery, J. C.; Davis, J. A.** (1999) Determination of Operating Room Requirements Using Simulation. In: *Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference*.

**Rinde, A.; Blakely, T.** (1976) *Operating room resource utilization. Chicago area survey findings and recommendations*. Chicago: Chicago Hospital Council.

**Rossetti, M. D.; Trzcinski, G. F.; Syverud, S. A.** (1999) Emergency Department Simulation and Determination of Optimal Attending Physician Staffing Schedules. In: *Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference*.

**Soares, L. F. G.** (1992) *Modelagem e Simulação Discreta de Sistemas*. Rio de Janeiro: Campus.

**Stroparo, J. R.; Bichinho, G. L.** (2004) Estudo do fluxo de atendimento no centro cirúrgico por modelagem e simulação. *Congresso Latino Americano de Engenharia Biomédica*, João Pessoa, Brasil.

**Stroparo, J. R.; Bichinho, G. L.; Protil, R. M.** (2004) Estudo da taxa de ocupação do centro cirúrgico através da modelagem e simulação de sistemas. *IX Congresso Brasileiro de Informática em Saúde*, Ribeirão Preto, Brasil.