

## **PROPOSTA DE CONFIGURAÇÃO DE FUNCIONÁRIOS DE UMA UNIDADE HOSPITALAR ATRAVÉS DA SIMULAÇÃO A EVENTOS DISCRETOS E MODELAGEM IDEF-SIM**

**Ana Paula Rennó da Costa**

Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)  
Avenida BPS, 1303  
anapaula.rennocosta@gmail.com

**Rafael Ferreira Costa**

Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)  
Avenida BPS, 1303  
rafaelunifei87@yahoo.com

**Fabiano Leal**

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

**Marcella Bernardo**

Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)  
Avenida BPS, 1303  
marcellabernardo.eng@gmail.com

**Wesley Gabriel de Mendonça Pinto**

Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)  
Avenida BPS, 1303  
wesleygmp@gmail.com

### **RESUMO**

O presente trabalho aplicou a metodologia de modelagem e simulação a eventos discretos em uma unidade hospitalar de Itajubá, Minas Gerais. Pretendeu-se analisar a taxa de ocupação dos funcionários e avaliar o impacto de uma nova configuração destes funcionários na quantidade de pacientes atendidos bem como no seu tempo de atendimento total. Também foi avaliado os impactos do aumento da demanda com as taxas de crescimento planejadas sendo realizados cenários. O *software* utilizado para a modelagem computacional foi o Promodel® e para tratamento dos dados Minitab® e StatFit®. Este trabalho visou explicar também o passo a passo da modelagem computacional utilizando a técnica de modelagem de processos IDEF-SIM (*Integrated Definition Methods -Simulation*). O modelo foi validado com 95% de confiança e os resultados do modelo demonstraram uma baixa taxa de ocupação dos atendentes.

**PALAVRAS CHAVE.** Simulação, IDEF-SIM, Saúde.

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

### **ABSTRACT**

This paper applied the discrete events modeling and simulation in a hospital in Itajubá, Minas Gerais. It was intended to elucidate the employee's occupancy rate and to evaluate the impact of a new staff configuration on the number of patients treated and in its total service time. It was also evaluated the impact of increased demand with planned growth rates in which scenarios were performed. The software used for computer modeling was Promodel® and for data treatment Minitab® and StatFit®. This study also aimed to explain step by step the

computational modeling used with a process mapping technique named IDEF-SIM (Integrated Definition Methods –Simulation). The model was validated within 95% confidence interval and the results highlighted the attendant's low occupancy rate.

**KEYWORDS. Simulation, IDEF-SIM, Healthcare.**

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

## 1. Introdução

Um requisito fundamental para o bem estar dos clientes em uma unidade hospitalar é o tempo de atendimento. Para se melhorar esse requisito é necessário mapear os processos dentro da unidade hospitalar, gerenciar corretamente a capacidade dos postos de trabalho, diminuir o tempo em que o paciente espera dentro do sistema, dentre outros (AKIN *et al.*, 2013). Diversos métodos têm sido aplicados para melhorar o desempenho do atendimento e dentre estes está a técnica de modelagem e simulação, método consolidado na literatura que permite modelar, simular e aperfeiçoar sistemas robustos tais quais como as de unidades hospitalares (DUGUAY E CHETOUANE, 2007; FINDLAY E GRANT, 2011; AKIN *et al.*, 2013).

De acordo com Banks (2000) a modelagem e simulação possibilita testar mudanças, controlar os parâmetros de experimentos e avaliar o desempenho dos sistemas de maneira rápida sem necessitar interferir no sistema real, economizando tempo e dinheiro. Apesar da modelagem e simulação ser indicada para estudos na área da saúde, sua aplicação ainda é restrita dado às dificuldades decorrentes da construção de modelos computacionais em área de serviços, especialmente unidades hospitalares com processos e tempos padrões pouco uniformizados.

Devido às dificuldades encontradas pelos próprios pesquisadores durante a construção do modelo computacional, este trabalho também visa detalhar as etapas do projeto de simulação. Dessa forma, o objetivo geral desse trabalho é detalhar a construção de um modelo computacional que utilize a simulação a eventos discretos numa unidade hospitalar, e posteriormente, avaliar uma nova configuração de funcionários e criar cenários levando em conta o aumento da demanda de pacientes esperada para a unidade. O trabalho se destaca por apresentar a documentação da lógica utilizada no modelo computacional através do uso da técnica IDEF-SIM, que embora seja uma técnica proposta para modelagem conceitual, neste trabalho também será utilizada posteriormente na modelagem computacional. Registrar a lógica do modelo computacional permite a replicação do modelo em outros *softwares* e um melhor entendimento do sistema simulado.

## 2. Fundamentação teórica

### 2.1. Simulação na área da saúde

A simulação, por muitas décadas tem sido uma das técnicas mais conhecidas de apoio à decisão. Segundo Albright e Winston (2007), a simulação a eventos discretos (SED) se define na representação de um item ou evento com o objetivo de simular um sistema real obtendo alternativas para tomada de decisões.

Para Montevechi *et al.* (2007), a simulação procura representar a realidade através do emprego de modelos buscando possíveis alternativas para alcançar a melhor decisão. Os modelos de simulação a eventos discretos são representados por construções matemáticas e/ou lógicas e são fundamentados em distribuições estatísticas que inserem variações randômicas dentro do modelo. As dificuldades para estudos analíticos dos sistemas na área de saúde decorrem do fato de serem dinâmicos, de grande complexidade e, abrangerem diferentes processos com forte interação influenciados por eventos aleatórios. Portanto, é nesse cenário descrito acima que a simulação se faz uma ferramenta bastante indicada.

De acordo com Harper (2004) e Eldabi e Young (2007) os principais motivos para se utilizar a simulação em unidades hospitalares é o fornecimento de uma metodologia de projeto compatível com o desenvolvimento dos serviços internos e melhora do atendimento, e isto ocorre principalmente pelo fato da mesma gerar uma ligação com métodos utilizados em processos industriais há muito tempo. De acordo com Chemweno *et al.* (2014) a simulação na área da saúde

pode ajudar a fornecer informações sobre o impacto das mudanças operacionais no atendimento em hospitais.

O uso da simulação na área da saúde como ferramenta de apoio à tomada de decisões vem aumentando, mais notadamente em hospitais da Inglaterra, sendo utilizada nas mais variadas situações tais como: diminuição dos tempos de espera dos pacientes em setores de emergência; melhora da utilização dos recursos disponíveis dentro dos hospitais; análise dos processos/fluxos operacionais e seu dimensionamento efetivo (WORTHINGTON, 1991; BEECH, BROUGH e FITZMONS, 1990; BRAILSFORD, 1994).










## 2.2. Modelagem através da técnica IDEF-SIM

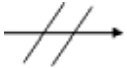

Para começar um projeto de simulação deve-se definir claramente o sistema no qual se pretende simular. Portanto a construção do modelo conceitual é o aspecto fundamental no desenvolvimento de um modelo de simulação, embora muitos livros e analistas ultrapassem esse passo (CHWIF; MEDINA 2007).

Leal, Almeida e Montevechi (2008) propuseram uma nova técnica de modelagem conceitual, denominada de IDEF-SIM (*Integrated Definition Methods - Simulation*), que utiliza e adapta elementos lógicos de técnicas de modelagem, permitindo assim a elaboração de modelos conceituais com informações úteis ao modelo computacional. Além desta utilização, a técnica permite ainda uma documentação de modelos computacionais (LEAL *et al.*, 2009). O presente artigo utiliza esta técnica tanto para modelagem conceitual quanto para a documentação da lógica utilizada no modelo computacional.

Os elementos utilizados para compor a técnica IDEF-SIM foram selecionados das técnicas de modelagem já consagradas: IDEF0, IDEF3 e fluxograma. Embora as técnicas IDEF sejam aptas à modelagem de sistemas, quando utilizadas em projetos de simulação elas deixam de registrar aspectos importantes por não terem sido estruturadas para projetos de simulação. Na tabela 1 tem-se os elementos utilizados no IDEF-SIM, bem como seus símbolos e técnica de origem:

Tabela 1 – Elementos utilizados na técnica IDEF-SIM

Elementos	Simbologia		Técnica de origem
Entidade			IDEF3
Funções			IDEF0
Fluxo da entidade			IDEF0 e IDEF3
Recursos			IDEF0
Controles			IDEF0
Regras para fluxos paralelos e/ou alternativos		Regra E	IDEF3
		Regra OU	
		Regra E/OU	
Movimentação			Fluxograma
Informação explicativa			IDEF0 e IDEF3

Fluxo de entrada no sistema modelado		
Ponto final do sistema		
Conexão com outra figura		

- a) Entidade: são os itens a serem processados pelo sistema, representando matéria prima, produtos, pessoas, documentos, entre outros;
- b) Funções: representam os locais onde a entidade sofrerá alguma ação, como postos de trabalho, esteiras de movimentação, filas e estoques, postos de atendimento;
- c) Fluxo da entidade: direcionamento da entidade dentro do modelo, caracterizando os momentos de entrada e saída da entidade nas funções;
- d) Recursos: representam elementos utilizados para movimentar as entidades e executar funções, representando pessoas ou equipamentos;
- e) Controles: regras utilizadas nas funções, como sequenciamento, regras de filas, programações, entre outros;
- f) Regras para fluxos paralelos e/ou alternativos: estas regras são chamadas de junções, na técnica IDEF3. Dois ou mais caminhos, após uma função, podem ser executados juntos (junção E), ou de forma alternativa (junção OU), ou permitindo ambas as regras (junção E/OU);
- g) Movimentação: representa um deslocamento de entidade;
- h) Informação explicativa: utilizado para inserir no modelo uma explicação;
- i) Fluxo de entrada no sistema modelado: define a entrada ou criação das entidades dentro do modelo;
- j) Ponto final do sistema: define o final de um caminho dentro do fluxo modelado;
- k) Conexão com outra figura: utilizado para dividir o modelo em figuras diferentes.

### 3. Metodologia de Pesquisa

Nesta pesquisa a metodologia utilizada será a mesma proposta por Montevechi *et al.* (2010), que se constitui em três fases: concepção (modelo conceitual), implementação (modelo computacional) e análise (modelo operacional).

O modelo conceitual foi construído através da técnica de modelagem IDEF-SIM. O modelo computacional foi desenvolvido no *software* ProModel® por proporcionar fácil visualização do sistema através da animação gráfica. Posteriormente, a documentação do modelo computacional também foi elaborada utilizando o IDEF-SIM. A documentação do modelo computacional se difere do modelo conceitual por conter toda a lógica utilizada na simulação da unidade hospitalar estudada. Posteriormente há o processo de validação do modelo e sua análise com a criação de dois cenários avaliando o impacto do aumento da demanda na unidade hospitalar nos próximos três e cinco anos.

### 4. Concepção

A organização em estudo é uma unidade hospitalar e está localizada na cidade de Itajubá e seu regime de funcionamento é de 24 horas em três turnos: manhã, tarde e noite. O objetivo prático é dimensionar a taxa de ocupação dos funcionários nesta unidade hospitalar durante o período diurno (07:00hs as 19:00hs). Além deste objetivo prático, pretende-se analisar o impacto de um aumento da demanda previsto para os próximos três e cinco anos sobre as variáveis de saída tempo de atendimento e número de atendimentos.

Conforme a figura 1, a primeira etapa do trabalho consistiu em modelar todo o processo que se pretende simular. O modelo conceitual auxiliou na coleta de dados e agilizou a construção do modelo computacional.

O IDEF-SIM do modelo conceitual está demonstrado nas figuras 1 e 2. Inicialmente a entidade paciente chega e pode ser atendida por três atendentes diferentes. A ordem de atendimento é FIFO (*First in, First Out*), ou seja, os primeiros que chegam são os primeiros a serem atendidos. Nestes balcões de atendimento, com capacidade de atender um paciente por vez, se escolhe em qual das quatro áreas se gostaria de ter o direcionamento dentro da unidade, escolhendo-o dentre a triagem, ortopedia, enfermaria ou internação.

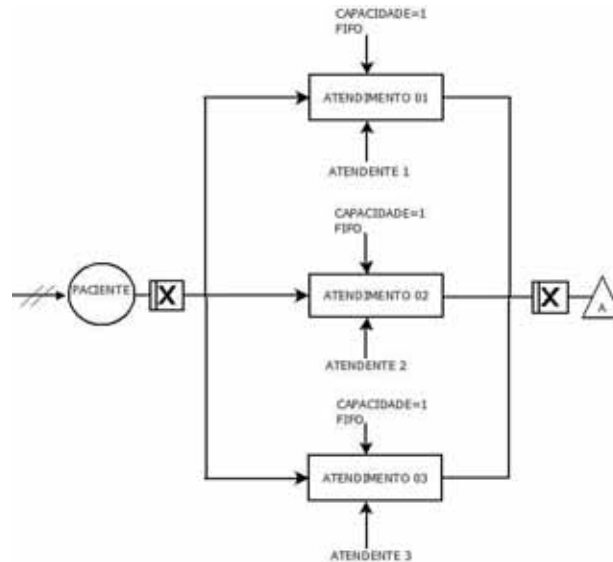


Figura 1 – Primeira parte do IDEF-SIM da unidade hospitalar pesquisada

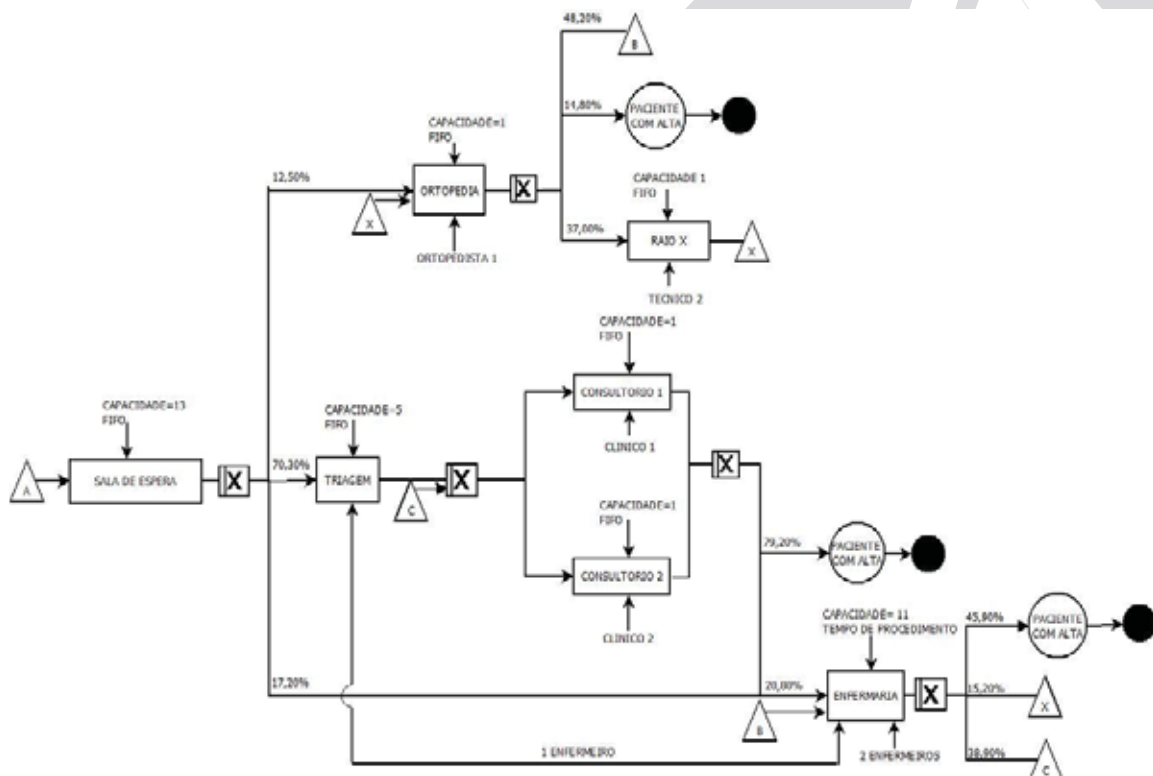


Figura 2 – Segunda parte do IDEF-SIM da unidade hospitalar pesquisada

Na figura 2 observa-se que se o paciente optar por ser atendido em um ortopedista ele terá de aguardar na sala de espera até que seu nome seja chamado. Tal operação corresponde a 12.50% dos casos totais da clínica. Após sua consulta ele pode receber alta, ser encaminhado para fazer o exame de raio-x ou ser encaminhado à enfermaria. A porcentagem de ocorrência de alta é de 14.80%, de se fazer um exame de raio-x 37.0% e de ser encaminhado à enfermaria 48.20%. Os dados de desvios dos pacientes foram obtidos analisando o banco de dados obtido da unidade hospitalar nos primeiros seis meses de 2014.

Se o paciente optar ser atendido por um clínico geral ele terá de esperar na sala de espera até que seu nome seja chamado, e isto ocorre em 70.30% dos casos. Os primeiros que chegam são os primeiros a serem atendidos e se pode atender até cinco pacientes por vez. Após esse atendimento na triagem, o paciente aguarda até que um dos consultórios seja liberado para consulta com o clínico. Ao ser atendido pelo clínico, o paciente pode receber alta em 79.20% dos casos, ou pode dirigir-se à enfermaria em 20.80% dos casos. Ao chegar à enfermaria, o paciente é colocado em uma das 11 macas disponíveis para receber então seus devidos cuidados. Esse local conta com até 03 enfermeiros como recurso, sendo que um deles se reveza entre a enfermaria e a triagem.

Se o paciente optar pela última opção restante, que é ser encaminhado à enfermaria diretamente, ele terá de esperar na sala de espera até que o seu nome seja chamado. Após o atendimento, ressalta-se que somente retornam ao clínico ou ao ortopedista aqueles que já visitaram anteriormente o ortopedista ou o clínico. Os únicos pacientes que recebem alta na enfermaria são aqueles que optaram no balcão de atendimento visitar diretamente a enfermaria, ou seja, em 45.90% dos casos totais. Antes da entidade “paciente” sair do sistema ela se transforma na entidade “paciente\_com\_alta”.

A validação do modelo conceitual foi realizada face a face segundo Sargent (2011). Sendo assim, o modelo conceitual foi validado pela enfermeira chefe que confirmou a sua representatividade real da unidade hospitalar.

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

A unidade possui um sistema de informação com banco de dados com o horário de chegada e saída dos pacientes, bem como a data destes acontecimentos. Também há neste banco de dados o horário em que cada paciente entra e sai dos consultórios, entra e sai da enfermaria e da ortopedia. Não serão utilizados os dados referentes ao turno da noite já que o objeto da modelagem e simulação são os turnos da manhã e da tarde, ou seja, das 07:00hs as 19:00hs. Foram utilizados dados referentes ao primeiro semestre de 2014. Para o atendimento, triagem e raio-x houve a coleta de dados manualmente no local. Os funcionários da unidade hospitalar se colocaram à disposição desta pesquisa e registraram eles mesmos os tempos auferidos nos processos de atendimento, triagem e raio-x.

Tabela 2 - Dados utilizados no modelo computacional

Dados	Amostra	Distribuição	Objetivo
Chegadas de entidades por dia	390	T(86.9, 173, 210)	Dado de Entrada
Atendimento 1, 2 e 3	87	N(1.8, 2.86)	Dado de Entrada
Triagem	68	N(1.3, 1.35)	Dado de Entrada
Enfermaria	6889	N(11.87, 9.81)	Dado de Entrada
Ortopedista	6661	N(15.17, 11.52)	Dado de Entrada

Consultório	4507	N(9.57, 7.02)	Dado de Entrada
Raio-x	45	N(11, 1.62)	Dado de Entrada
Saída de entidades por dia	180	N(96.7, 17.6)	Validação do Modelo

Observa-se na tabela 2 os dados utilizados no modelo computacional, o tamanho das amostras utilizadas para obtenção das distribuições, as distribuições calculadas e seus objetivos para o modelo. Nota-se a enorme quantidade de dados obtidos no banco de dados.

Para determinar as distribuições dos dados foi utilizado o teste de *Godness of Fit* no *software* Minitab®. Percebeu-se que para todos estes dados demonstrados o valor de *p-value* foi maior que 0,05 para distribuições normais. Posteriormente os dados foram também colocados no *software* StatFit® e pode-se observar que, para os dados de chegada a distribuição triangular seria bem mais adequada, sendo portanto substituída.

## 5. Implementação

O modelo computacional foi feito utilizando-se da planta baixa da unidade hospitalar e está demonstrado na figura 3.

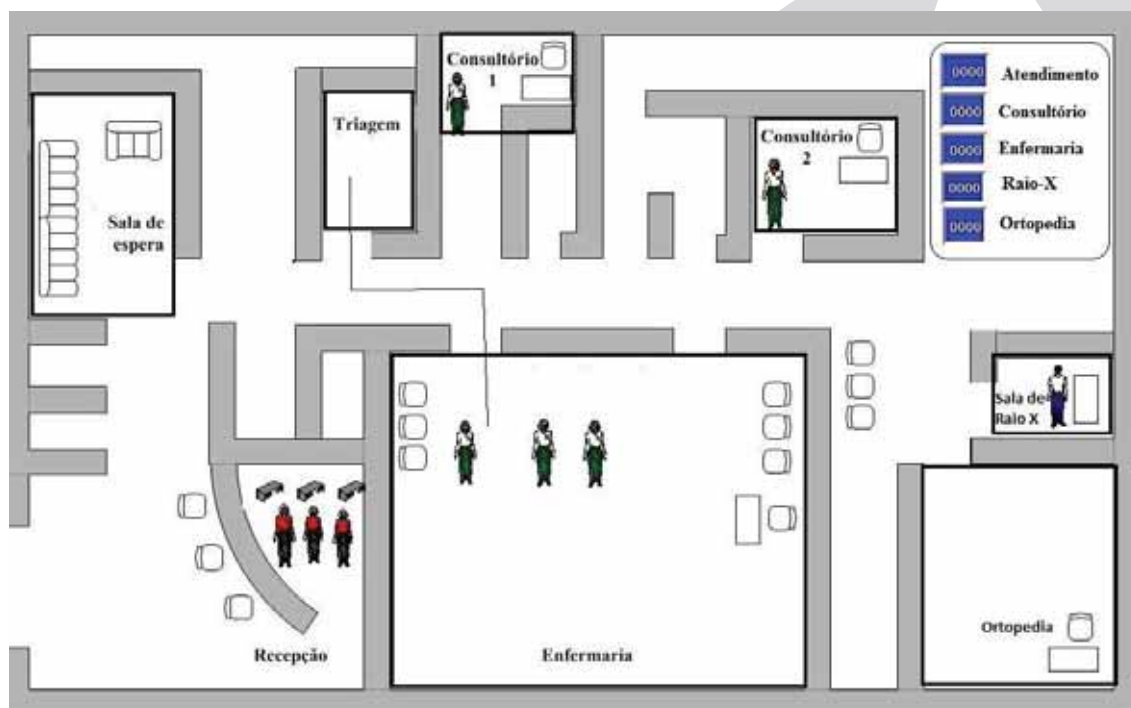


Figura 3 - Modelo computacional utilizando software Promodel®.

Para a construção do modelo computacional se utilizou o software Promodel®. Entre os comandos utilizados neste projeto de simulação pode-se destacar:

- a) Ciclo de chegada dos pacientes ao longo do dia na unidade: para as 12 horas simuladas por dia se calculou a porcentagem relativa de pacientes que chegavam à unidade hospitalar naquela específica hora, permitindo assim uma melhor representação da concentração de pacientes que era observada na hora do almoço e no final da tarde na unidade.
- b) CALHOUR e criação de uma variável auxiliar “Pacientes\_entrada”: esse comando retorna a hora do dia da simulação. Foi utilizado para que a simulação não se encerrasse as 19:00hs mas somente quando os pacientes que por ventura ainda estivessem esperando na sala de espera fossem todos atendidos. Criou-se esta variável “pacientes\_entrada” sendo incrementada na fila de atendimento até as 19:00hs e decrescendo na sala de espera após as 19:00hs. Desta maneira, quando o valor desta variável for igual a zero, a simulação termina.

A aplicação do IDEF-SIM para a documentação do modelo computacional destaca informações diferentes das utilizadas nas etapas de concepção e implementação de um projeto de simulação. Para que a verificação do modelo computacional melhor ocorresse, um novo IDEF-SIM documentando exatamente a programação utilizada no software Promodel® foi desenvolvido, observado na figura 4. Observa-se que o paciente passa pelos mesmos três atendentes e espera na sala de espera igualmente para ser atendido na ortopedia, na triagem ou na enfermaria. Há a introdução de filas virtuais com capacidade infinita antes de todos os processos na unidade hospitalar, assim os recursos não ficam travados por entidades que estão estacionadas aguardando serem atendidas nos processos subsequentes. Este artifício aumenta consideravelmente o número de pacientes com alta durante o dia na simulação, aproximando-o mais da realidade. Na ortopedia, nos consultórios e na enfermaria se demonstra agora os diferentes fluxos e porcentagens de desvio pelos quais o paciente pode passar dentro da unidade hospitalar.



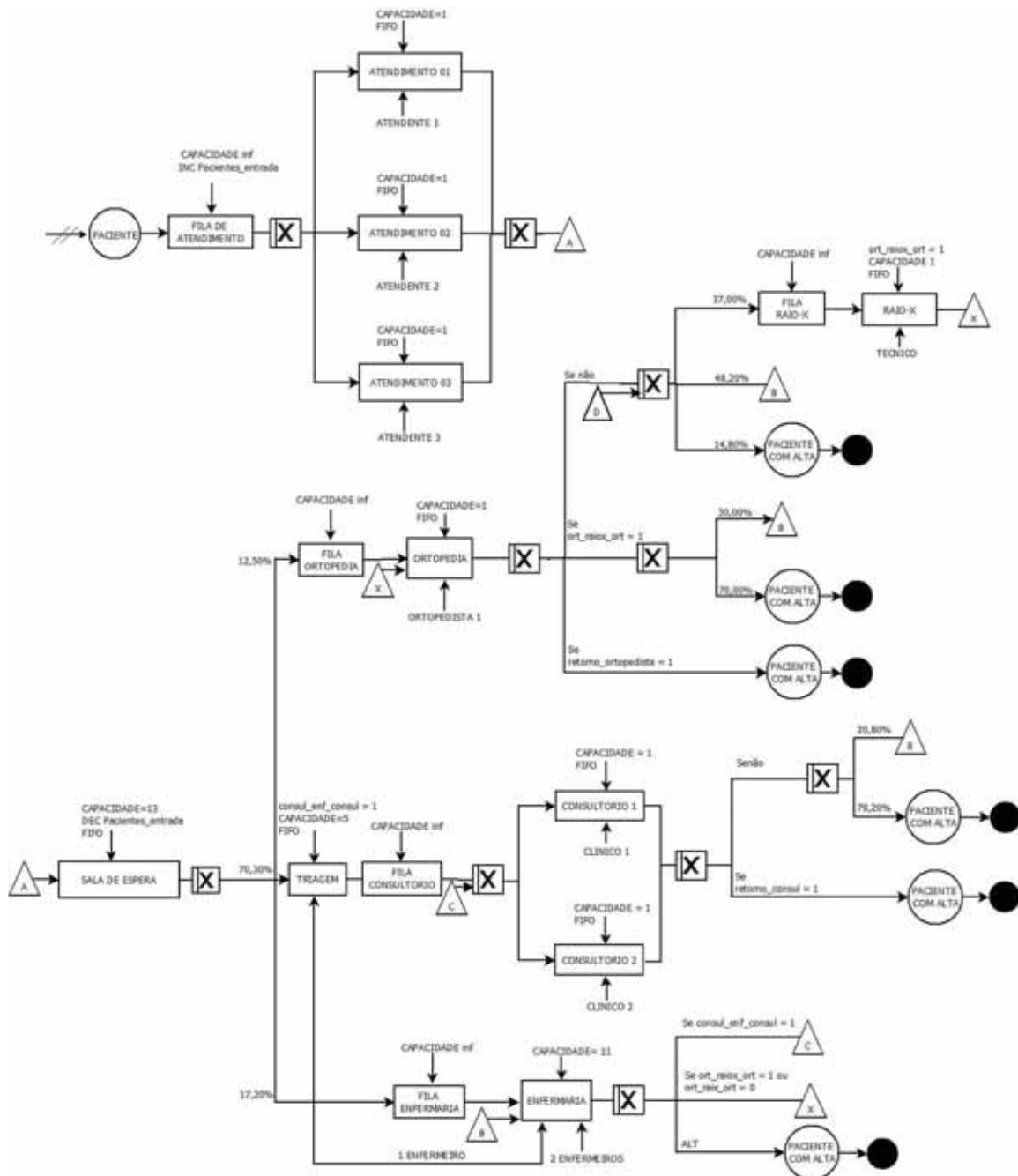


Figura 4 - IDEF-SIM com a documentação do modelo computacional.

Ainda na figura 4 se observa que no primeiro fluxo há a possibilidade do paciente seguir para o raio-x, para a enfermária ou receber alta. Se o paciente se dirigir ao raio-x ele recebe no local um atributo nomeado `ort_raiox_ort`, sendo este igualado a 1. O paciente que entra no raio-x retorna sempre direto à ortopedia, pois tem prioridade sobre aqueles que ainda estão na fila da ortopedia. Na ortopedia então, a lógica permite diferenciar o paciente que retornou do raio-x daquele que entrou pela primeira vez. Se o atributo `ort_raiox_ort` for igual a 1, o paciente seguirá para uma roteamento diferente num novo bloco no *software* Promodel®. Neste novo roteamento, ele se dirige somente para a enfermária ou recebe alta. Na ortopedia ainda há uma lógica para identificar o paciente que se dirigiu à enfermária e retornou à ortopedia. Se o paciente tiver o atributo `retorno_ortopedista` igual a 1 ele deverá exclusivamente receber alta, e este atributo é dado ao paciente na enfermária, descrito posteriormente.

O paciente que se deslocou à triagem aguarda depois na fila dos consultórios até algum deste tornar-se vazio. Na triagem o paciente ganha o atributo `consul_enf_consul`, igualado a 1, e este será usado posteriormente na enfermaria para distinguir os pacientes que passaram pelos consultórios dos demais. Terminada a consulta, o paciente poderá se deslocar para a enfermaria ou receber alta. Nos consultórios há uma lógica de programação que permite diferenciar os pacientes que retornaram ao consultório daqueles que lá estão pela primeira vez. O paciente se dirige à enfermaria e ganha o atributo `retorno_consul` igualado a 1. Desta forma, nos consultórios se `retorno_consul` é igual a 1 o paciente recebe alta diretamente.

Os pacientes podem seguir diretamente para a enfermaria. Estes pacientes, como não passaram pelo consultório e nem pela ortopedia, não recebem nenhum atributo e recebem alta diretamente. Já os pacientes que vieram da ortopedia e passaram pelo raio-x, ou seja, possuem o atributo `ort_raix_ort` igualado a 1, estes recebem mais um atributo, o `retorno_ortopedista` igualado a 1 e retornam à ortopedia. Estes pacientes neste momento também têm o atributo `ort_raiox_ort` igualado a zero para não se misturarem com os pacientes que estão na ortopedia advindos do raio-x. Após passar pela terceira vez na ortopedia esse paciente enfim recebe alta. Já os pacientes que vieram do consultório, na enfermaria recebem mais um atributo, o `retorno_consul` igualado a 1, e seguem para um dos consultórios disponíveis no momento. Ao chegar no consultório, como dito anteriormente, se o paciente tiver então o atributo `retorno_consul` igual a 1 ele recebe alta diretamente.

Após a construção do modelo computacional utilizando a técnica IDEF-SIM, deve-se validar o modelo. A figura 5 demonstra o passo-a-passo utilizado para obtenção da validação de um modelo computacional, conforme Leal *et al.* (2011).



Figura 5 – Guia preparado para validação de modelos de simulação

 Fonte: Leal *et al.* (2011)

Os dados referentes ao número de pacientes com alta por dia obtidos pelo software Promodel® e os números reais das saídas de pacientes por dia foram comparados neste trabalho para a validação do modelo. Os testes foram feitos utilizando o software Minitab®. Para verificar se as distribuições são normais, foi utilizado o teste *Godness of Fit* que denotou que para distribuições normais o *p-value* era maior do que 0.05, confirmando assim sua normalidade. Posteriormente se as distribuições são normais um *f-test* deve ser feito segundo a figura 5. O *p-value* obtido foi 0.914, maior do que 0.05, confirmando que suas variâncias são estatisticamente iguais. Por último, se as variâncias são estatisticamente iguais um *t-test* deve ser feito. O *p-value* obtido foi de 0.761, maior do que 0.05, sendo assim, as médias dos dados obtidos pelo software e a média dos dados reais são estatisticamente iguais.

## 6. Análise

Para definir o número de réplicas do modelo computacional este foi primeiramente replicado 100 vezes no *software* Promodel®. Os dados obtidos nessa replicação inicial foram inseridos no Minitab® e se identificou à qual distribuição estes dados pertenciam, bem como sua média e desvio padrão, representados na tabela 3.

Tabela 3 – Distribuição obtida com 100 réplicas iniciais

Dados	Réplicas	Distribuição Encontrada
Saída de pacientes com alta por dia	100	N(94.95, 16.14)

Em seguida, conforme a equação 1, calculou-se a precisão desejada para o modelo computacional. Conforme Montgomery e Runger (2003) esta fórmula é utilizada para se calcular o número de amostras que serão necessárias para a replicação do modelo e posterior construção de cenários.

$$h = z_{\alpha/2} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (1)$$

Onde:

$h$  = precisão desejada;

$S$  = desvio padrão;

$n$  = número de amostras utilizadas inicialmente;

$z_{\alpha/2}$  = valor obtido da tabela de distribuição t.

Considerando agora precisão de 1 para unidade de pacientes, isto quer dizer, valor de  $h$  igual a 1 e substituindo-o na equação 2, obtém-se o número total de 1024 replicações.

$$n^* = \left[ z \left( \frac{z}{h} \right)^2 \right] \quad (2)$$

Onde:

$n^*$  = número de replicações necessárias;

$n$  = número de replicações realizadas anteriormente;

$h^*$  = tamanho desejado da metade do intervalo;

$h$  = tamanho obtido com a metade do intervalo com a confiança utilizada para  $n$ .

O modelo computacional foi então replicado 1024 vezes e se pode verificar na tabela 4 a ociosidade dos atendentes no modelo atual. Na tabela 5 se verifica que o número de pacientes atendidos está entre 94 e 97 e o tempo médio dos pacientes dentro da unidade entre 72 e 76 min, valores estes com 95% de confiança.

Tabela 4 – Taxa de ocupação dos recursos da unidade hospitalar

	<b>Atendente 1/ 2/ 3</b>	<b>Ortopedista</b>	<b>Clínico 1/ 2</b>	<b>Enfermeiro 1/ 2/ 3</b>
<b>Atual</b>	29.7% /27.5% /15.3%	83.5%	66.5% /61.5%	70.4%/ 64.8%/ 56.2%

Tabela 5 - Dados de saída com 95% de confiança

	<b>Pacientes com alta</b>	<b>Tempo médio no sistema</b>
<b>Atual</b>	Entre 94 e 97	Entre 72 min e 76 min

Os cenários propostos avaliaram o impacto do aumento da demanda esperado para a unidade hospitalar nos próximos três e cinco anos, 30% e 55% respectivamente. Estas previsões de aumento da demanda foram sugeridas pelo diretor geral da unidade hospitalar. A baixa taxa de ocupação dos atendentes influenciou na proposta dos cenários futuros, dessa forma utilizou-se apenas um atendente no modelo computacional simulado nos dois cenários.

Com 1024 replicações, observa-se nas tabelas 6 e 7 a taxa de ocupação dos funcionários bem como o tempo e o número de atendimentos na unidade nos dois cenários. Percebeu-se que para um aumento da demanda em 30% e 55% não há necessidade de contratação de nenhum novo funcionário, muito embora a contratação de um novo ortopedista já deva ser considerada para os próximos cinco anos, haja vista a sua alta taxa de utilização, em 91.7%. Na tabela 7 se percebe que o número de pacientes com alta por dia nos próximos três e cinco anos não será muito diferente do modelo atual mesmo com o aumento da demanda, uma vez que o tempo médio no sistema aumentará consideravelmente, em torno de 67% se comparado ao modelo atual.

Tabela 6 – Taxa de ocupação dos recursos da unidade hospitalar

	<b>Atendente 1</b>	<b>Ortopedista</b>	<b>Clínico 1/ 2</b>	<b>Enfermeiro 1/ 2/ 3</b>
<b>Em 3 anos</b>	60.8%	88.6%	80.6%/ 77.2%	79.7% / 76.7%/ 71.3%
<b>Em 5 anos</b>	70.05%	91.7%	83.8%/ 80.8%	89.7%/ 81.5%/ 76.8%

Tabela 7 – Dados de saída com 95% de confiança

	<b>Pacientes com alta</b>	<b>Tempo médio no sistema</b>
<b>Cenário 1 - 3 anos</b>	Entre 107 e 110	Entre 99 min e 105 min
<b>Cenário 2 - 5 anos</b>	Entre 109 e 112	Entre 119 min e 127 min

## 7. Considerações finais e limitações

O presente trabalho demonstrou o passo a passo da utilização da modelagem e simulação na área da saúde. O trabalho pretendeu demonstrar a construção do modelo conceitual e do modelo computacional, bem como a sua verificação e validação. A técnica IDEF-SIM foi utilizada para melhor diferenciar o modelo conceitual e o modelo computacional empregado no

*software* Promodel®, bem como registrar a lógica utilizada para viabilizar a construção do modelo em outros *softwares*.

O presente trabalho pretendeu analisar a taxa de ocupação dos funcionários na unidade hospitalar e após análise dos resultados sugeriu uma nova configuração de funcionários utilizando apenas um atendente como recurso, já que se notou que a taxa de ocupação dos atendentes era baixa. Também foram avaliados os impactos do aumento da demanda com taxas de crescimento planejadas para os próximos três e cinco anos. Percebeu-se que há um aumento do tempo médio no sistema de quase 67% caso nenhum funcionário novo seja contratado nos próximos cinco anos.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem à CAPES pelo apoio financeiro no desenvolvimento desta pesquisa.

### **Referências**

ALBRIGHT, S. C.; WINSTON, W. L. *Management science modeling*. Thomson South-Western, 2007.

AKIN, G., IVY, J., HUSCHKA, T. R., ROHLER, T. R., MARMOR, Y. Capacity Management and Patient Scheduling in an Outpatient Clinic Using Discrete Event Simulation. **Proceedings of the Winter Simulation Conference**, 2013.

BANKS, J. Introduction to simulation. **Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference**, 2000.

BEECH, R.; BROUGH, R. L. & FITZSIMONS, B. A. The development of a decision support system for planning services within hospitals. **Journal of the Operational Research Society**, v. 41, n. 11, p.995-1006, 1990.

BRAILSFORD, S. Health care management -a case for simulation. **OR Insight**, v.8, n.2, p.4-6, abr. /jun. 1994.

CHEMWENO, P.; VINCENT T.; PINTELON L.; VAN HORENBEEK, A. Discrete event simulation case study: Diagnostic path for stroke patients in a stroke unit. **Simulation Modelling Practice and Theory**, v. 48, n. 2014, pp. 45–57, 2014.

CHWIF, L.; MEDINA, A.C. *Análise e Simulação de Eventos Discretos*. São Paulo: 2007.

DUGUAY, C.; CHETOUANE, F. Modeling and Improving Emergency Department Systems using Discrete Event Simulation. **Simulation**, v. 83, n. 4, pp. 311–320, 2007.

ELDABI, T; YOUNG, T. Towards a framework for healthcare simulation, **Proceedings of the 2007 Winter Simulation Conference**, 1454–1460, 2007.

FINDLAY, M.; GRANT, H. An application of discrete-event simulation to an outpatient *healthcare* clinic with batch arrivals. **Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference**, 2011.

HARPER, P. R.; PITT, M. A. On the challenges of healthcare modelling and a proposed project life cycle for successful implementation, **Journal Operational Resource Society**, v. 55, pp. 657–661, 2004.

LEAL, F.; SILVA, F. C; MONTEVECHI, J. A.; MARTINS, F. A. A practical guide for operational validation of discrete simulation models. **Pesquisa Operacional**, Rio de Janeiro, v. 31, n. 1, p. 57-77, 2011.

LEAL, F.; OLIVEIRA, M. L. M.; ALMEIDA, D. A. de; MONTEVECHI, J. A. B. Desenvolvimento e aplicação de uma técnica de modelagem conceitual de processos em projetos de simulação: o IDEF-SIM. In: **Anais do XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Salvador, BA, 2009.

LEAL, F.; ALMEIDA, D.A.; MONTEVECHI, J.A.B. Uma proposta de técnica de modelagem conceitual para a simulação através de elementos do IDEF. In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, XL, João Pessoa, PB, 2008. **Anais do XL Simpósio Brasileira de Pesquisa Operacional, 2008**.

MONTEVECHI, J. A. B.; LEAL, F.; PINHO, A. F.; COSTA, R. F. S.; OLIVEIRA, M. L. M.; SILVA, A. L. F. Conceptual modeling in simulation projects by mean adapted IDEF: an application in a Brazilian tech company. In: Winter Simulation Conference, 2010, Baltimore/USA, **Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference**, 2010.

MONTEVECHI, J. A. B., PINHO, A. F.; LEAL, F., MARINS, F. A. S. Application of design of experiments on the simulation of a process in an automotive industry. In: Winter Simulation Conference, 2007, Washington/USA, **Proceedings of the 2007 Winter Simulation Conference**, 2007.

MONTGOMERY, D.C. & RUNGER, G.C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. (2003) LTC Editora.

SARGENT, R. G. Verification and validation of simulation models. In: Winter Simulation Conference, 2011, Atlanta/USA, **Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference**, 2011.

WORTHINGTON, D.J. Hospital waiting lists management models. **Journal of Operational Research Society**, v.42, n.10, p.833-843, 1991.

