



MODELO DE SIMULAÇÃO PARA MELHORIA NA GESTÃO DA CAPACIDADE DE ATENDIMENTO EM HOSPITAL DE EMERGÊNCIA

Ernane Rosa Martins (IFG)-ernane01@gmail.com

Resumo:

Em uma unidade de emergência hospitalar os serviços envolvem processos complexos, de alto risco e custo elevados, por isto a rapidez no atendimento e a agilidade no encaminhamento dos pacientes que necessitam de atendimentos médicos é fator fundamental. O excessivo tempo de espera por atendimento é um dos principais problemas de muitos hospitais públicos brasileiros. Neste contexto, este artigo propõe um modelo de simulação para investigar e avaliar cenários alternativos para melhorar a qualidade do atendimento dos pacientes, reduzindo o tempo de espera em um hospital no município de Anápolis. O modelo poderá ser utilizado como ferramenta de apoio à tomada de decisão na alocação de recursos e na avaliação do impacto de mudanças no sistema.

Palavras Chave:

Modelagem, simulação.

1. Introdução

A natureza do serviço prestado e a necessidade crescente de contenção de custo são complicadores do gerenciamento dos processos administrativos de hospitais (HAMES, 1991). Estes fatores podem ser a causa da falta de qualidade no serviço prestado gerando longas filas de espera para o atendimento no sistema de saúde (BITTAR, 1996).

O estudo e compreensão de processos administrativos complexos têm sido feito com o auxílio da simulação computacional. A simulação de processos administrativos requer a elaboração de um modelo que leva em consideração todos os aspectos do problema real. Quando o modelo do problema real é transferido para o ambiente de simulação





computacional as diversas situações do modelo podem ser testadas antes de serem implementadas na prática com inúmeras vantagens. Várias modificações podem ser introduzidas com facilidade e o modelo recriado pode ser novamente testado. Os principais gargalos do modelo podem ser bem estudados inclusive com testes estatísticos o que possibilita uma tomada de decisão com embasamento científico. No caso de um modelo administrativo hospitalar a simulação computacional é uma ferramenta poderosa para a análise do fluxo de pacientes (HARREL et al, 2002).

Um modelo de simulação hospitalar pode ser usado para criar procedimentos e testar o fluxo, visando assegurar que os recursos sejam utilizados ao máximo e de forma consistente com as necessidades dos pacientes (HARREL et al, 2002).

O presente trabalho tem como objetivo propor um modelo de simulação para investigar e avaliar cenários alternativos para melhorar a qualidade do atendimento dos pacientes, reduzindo o tempo de espera em um hospital no município de Anápolis.

Este artigo está estruturado nas seguintes seções. 2 - Revisão de literatura, com a formação de uma base conceitual e teórica, que fornece subsídios para a compreensão dos principais conceitos abordados. 3 - Metodologia, onde são apresentados os procedimentos metodológicos de investigação, utilizados pelo pesquisador. 4 - Solução proposta, onde é apresentado o estudo de caso realizado. Por fim, são apresentadas as considerações finais e referências.

2. Revisão de literatura

Nesta seção, é apresentada a revisão bibliográfica dos principais temas abordados no trabalho: 2.1. Modelagem e simulação computacional; 2.2. Aplicações da simulação computacional na área da saúde; 2.3. Simulação utilizando o software ARENA.

2.1. Modelagem e simulação computacional

É possível definir simulação como sendo uma técnica de estudar o comportamento e reações de determinados sistemas através de modelos, ou seja, a realização de





III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

experimentos amostrais em um modelo de um sistema. Assim, os testes são realizados no modelo, ao invés de serem no sistema real, por ser mais fácil e com um menor custo (HILLIER, 1988).

De acordo com White Jr. e Ingalls (2009), um modelo é uma entidade que é usada para representar alguma outra entidade para algum propósito definido. Em geral os modelos são abstrações simplificadas que abrange apenas o âmbito e os detalhes simplificados para atender o objetivo do estudo (WHITE JR. E INGALLS, 2009).

Segundo Carson (2004), a representação de um sistema ou processo pode ser considerada um modelo. A modelagem de um sistema ou processo com a inserção do tempo e as mudanças apresentadas é considerada um modelo de simulação. Carson (2004) reforça que o uso de um modelo de simulação é de extrema importância no que diz respeito a experimentar, avaliar e comparar alternativas de um sistema.

Para Alves e Menezes (2010) “para se estudar um sistema de qualquer natureza, é preciso descrevê-lo por meio de um modelo e isto vale para sistemas socioeconômicos, mecânicos, elétricos, biológicos etc”. Um modelo pode ser de natureza matemática que é composto por equações, inequações bem como relações lógico-matemáticas. Algumas vezes, na tentativa de se descrever um sistema através de um modelo matemático seja tão complexo, que não existe representação analítica, desta forma, a simulação computacional torna-se uma ferramenta valiosa na obtenção de uma resposta para um problema (ALVES E MENEZES, 2010).

De acordo com Chwif e Medina (2007) “um modelo é, assim, uma abstração da realidade, que se aproxima do verdadeiro comportamento do sistema, mas sempre mais simples que o sistema real”.

Por fim, os modelos de simulação conseguem baratear e agilizar as estimativas do desempenho de configurações de um sistema e/ou alternativas de procedimentos operacionais (BARTON, 2004).

Na figura 1 são apresentadas algumas vantagens e desvantagens da simulação segundo alguns autores.



Figura 1 – Vantagens e desvantagens da simulação

Vantagens da simulação	Desvantagens da simulação
<p>Uma das vantagens claras na utilização da simulação é conseguir alterar determinados parâmetros do sistema e observar o resultado, servindo, ao final, como auxílio na tomada de decisão sobre futuras alterações no sistema real.</p> <p>Do ponto de vista de Law (2000), as vantagens da simulação são as seguintes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sistemas complexos que contenham elementos estocásticos que não conseguem ser tratados adequadamente por técnicas analíticas podem ser, na maioria das vezes, estudados por simulação; - Fornece um controle melhor sobre as condições experimentais do que seria possível na experimentação no sistema real; <p>Autores como CHUNG (2004) destacam outras vantagens na utilização do modelo por simulação:</p> <ul style="list-style-type: none"> - A experimentação pode ocorrer em um curto período de tempo, em virtude do apoio computacional; - Menor necessidade de análise, uma vez que os pacotes de softwares disponíveis no mercado facilitam a análise dos dados; - Facilidade da demonstração dos modelos, em virtude da alta capacidade gráfica dos pacotes de softwares disponíveis no mercado para a simulação. 	<p>Durante o processo de simulação do sistema, deve-se ter uma atenção redobrada para que o modelo seja o mais fiel possível. Caso isso não aconteça, os resultados encontrados não serão confiáveis. ROBINSON (2004) descreve outras desvantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Custo elevado, uma vez que o software tem um alto custo de aquisição; - Contratação de consultores para a construção do modelo, o custo pode ser ainda mais alto; - Consome muito tempo e os benefícios podem não ser imediatos; - A maioria dos modelos para simulação requer uma quantidade significativa de dados. <p>Além destas desvantagens, Law (2000) descreve alguns pontos que devem ser observados, pois são considerados como armadilhas na modelagem de um sistema:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Falha na definição de um conjunto claro de objetivos; - Nível inapropriado de detalhes no modelo; - Falha por falta de interação com a gerência regularmente; - Conhecimento insuficiente de simulação e estatística por parte do analista; - Software inapropriado;

Fonte: Fonte do autor

2.2. Aplicações da simulação computacional na área da saúde

O campo da área da saúde vem sendo muito discutido no que diz respeito à simulação computacional (HARREI et al, 2002). Os hospitais, centros de traumatologia e outros serviços médicos, formam um grande campo de estudo, muitas aplicações de simulação computacional estão sendo desenvolvidas, os quais se destacam os trabalhos da figura 2:

Figura 2 – Aplicações de simulação computacional

Sabbadini et al (2006)	Utilizou a simulação computacional para identificar os gargalos do Hospital Municipal de Emergência Henrique Sérgio Gregori (HMEHSG), que mudando o fluxo de tratamento de pacientes, e acrescentando uma enfermeira na triagem conseguiu através do estudo, reduzir o tempo de espera em fila pelos pacientes em estado de urgência.
Gonçalves et al (2005)	Utilizou a simulação computacional em uma clínica médica. Gonçalves identificou que o gargalo se encontrava no sistema de marcação de exames da tomografia computadorizada o que atrasava todo o processo de tratamento de pacientes e com a simulação computacional, permitiu uma análise mais detalhada do problema, fazendo com que o gestor possuísse total domínio do dia-a-dia da clínica. Através do estudo, a marcação dos exames teve uma redução de 30 para 22 dias, com uma diminuição de 25% do tempo de espera, comprovando a eficácia da simulação computacional.
Osidach e Fu (2003)	Utilizaram a simulação computacional para originar qual layout e composição de equipe de atendimento apresentaria os maiores benefícios e menores custos para uma central móvel de exames que atua no controle e prevenção de doenças e saúde dental nos Estados Unidos.
Barnes e Quiason (1997)	Utilizou a simulação computacional no University Hospital and Medical Center at Stony Brook em New York Estados Unidos para remodelagem do setor de atendimento a procedimentos pré-operatórios. Com a simulação pode-se observar o melhor cenário com os melhores resultados no que diz respeito a custos e qualidade.



Fonte: Fonte do autor

A simulação computacional está cada vez mais presente no ambiente hospitalar, por poder recriar através de modelos, o sistema real, sendo que qualquer modificação no sistema de gestão possa ser testado computacionalmente antes de ser implementado. Harrel et al (2002), destaca que a simulação computacional é uma ferramenta poderosa para se analisar o fluxo de pacientes entre os departamentos. Um hospital pode utilizar um modelo de simulação para desenvolver procedimentos para gerenciar o fluxo e assegurar que os recursos estão sendo utilizados ao máximo de formas consistentes com as necessidades dos pacientes (HARREL et al, 2002).

Um hospital onde o atendimento é em nível de urgência e emergência, a rapidez e qualidade no atendimento se tornam fatores críticos de sucesso para a recuperação do paciente. Neste sentido não é tarefa fácil a sua gestão, pois, um hospital de urgência e emergência, incorre de serviços que envolvem processos complexos, e elevados custos para sua operação. Desta forma, é necessário que os gestores se preocupem com a aplicação eficiente dos recursos. A área da saúde possui grande complexidade no que tange a questão dos recursos, pois estes geralmente são escassos e de alto custo, desta forma a eficiente gestão da capacidade de atendimento tem papel importante (SABBADINI et al 2006).

2.3. Simulações utilizando o software ARENA

O ARENA é um software estatístico pertencente à Rockwell Software. A modelagem no Arena acontece em um ambiente que engloba lógica e animação com ferramentas poderosas de análise estatística.

Segundo Fioroni (2007) o funcionamento conceitual de um modelo no Arena acontece da seguinte maneira: o usuário descreve, durante a construção do modelo, todos os elementos estáticos como recursos e outros, e também as regras de comportamento a serem seguidas. Ao se iniciar a simulação, os elementos dinâmicos (entidades) entram no modelo, interagem com os elementos estáticos e circulam conforme as regras que foram modeladas.





O software ARENA adota uma estrutura de templates que representam um conjunto de ferramentas de modelagem que permitem descrever o comportamento do processo em estudo de forma visual e interativa, sem a necessidade de programação.

3. Metodologia

O método de pesquisa adotado foi o estudo de caso. Yin (2005) diz que o estudo de caso é um tipo de pesquisa empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto de vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente evidentes. Em geral o estudo de caso é a estratégia preferida quando questões do tipo “como” e “por que” são colocadas, quando o investigador tem pouco controle sobre os eventos e quando o foco é um fenômeno contemporâneo entre algum contexto da vida real (YIN, 2005).

Segundo Gil (2002): “pode-se definir pesquisa como o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos.” Com base neste princípio este trabalho foi elaborado por meio de pesquisa exploratória e bibliográfica, utilizada como base de sustentação do tema.

Gil (1999), diz que, “as pesquisas exploratórias tem como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista, a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores”.

A pesquisa bibliográfica de acordo com Oliveira (2007), “tem por finalidade conhecer as diferentes formas de contribuição científica que se realizaram sobre determinado assunto ou fenômeno”.

Quanto à natureza, a pesquisa pode-se classificar como qualitativa, que de acordo com Oliveira (2007) “não tem a pretensão de numerar ou medir unidades ou categorias homogenias.”.

De acordo com Chwif & Medina (2007), o desenvolvimento de um modelo de simulação compõem-se de três grandes etapas conforme a figura 3:

Figura 3 – Etapas de desenvolvimento do modelo de simulação





III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

a) Concepção ou formulação do modelo	Nesta etapa tem-se o entendimento do sistema a ser simulado. É necessário discussões do problema com os especialistas do setor e então ocorre a definição do escopo. Neste momento são também coletados os dados de entrada, certificando-se da importância que a qualidade destes tem em todo o modelo. Faz-se então a representação do modelo abstrato (que está na mente do analista) utilizando técnicas adequadas. Esta representação trará um modelo conceitual;
b) Implementação do modelo:	Neste momento, através do modelo conceitual é desenvolvido o modelo computacional utilizando um software de simulação comercial. O modelo computacional deve então ser comparado frente ao modelo conceitual para sua avaliação, ou seja, se o modelo está condizente com o sistema real. Durante este procedimento são feitas as validações (relativo ao modelo) e as verificações (relativo ao comportamento do modelo no computador);
c) Análise dos resultados do modelo:	Nesta etapa o modelo computacional está pronto para realização dos experimentos. Temos então o modelo experimental. A partir desse momento, são realizadas várias “rodadas” no simulador e analisados os resultados. Caso seja necessário, fazem-se alguns ajustes no modelo computacional e reinicia as “rodadas”. Após as análises dos resultados, conclusões e recomendações sobre o sistema poderão ser registradas.

Fonte: Fonte do autor

4. Solução proposta

4.1. O modelo a ser analisado

A pesquisa foi realizada em um hospital de emergências de Anápolis. A intenção da pesquisa é propor um modelo que seja capaz de responder a seguinte questão: 'é possível



melhorar a qualidade do atendimento dos pacientes, reduzindo o tempo de espera em um determinado hospital no município de Anápolis? '.

Verificou-se ultimamente que a capacidade de atendimento do hospital tem sido inferior à demanda, com o surgimento frequente de filas de espera na unidade de emergência, que geram desconforto aos pacientes.

Para o processo de chegada dos pacientes, foi feita a coleta do tempo entre chegadas de pacientes no sistema. Foram colhidas informações relativas ao seguinte dia e horário: (domingo das 14:00 às 18:00). Os dados coletados estão dispostos na figura 4, sendo os valores medidos em minutos.

Figura 4 - Tempo entre chegadas de clientes do hospital

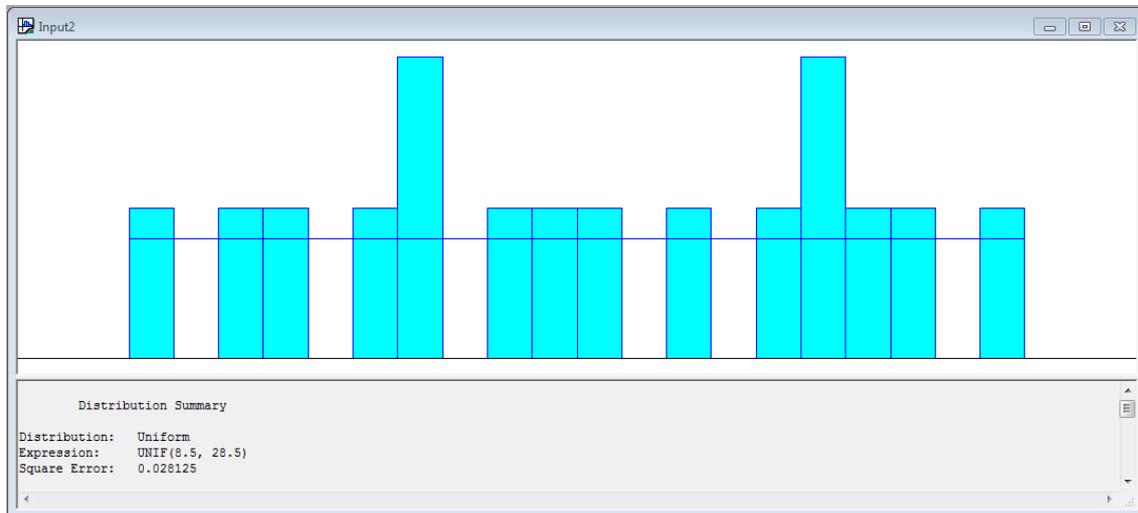
15	12	18	25
9	26	23	11
15	21	17	23
8	9	8	20
6	10	20	4

Fonte: Fonte do autor

De posse dos valores coletados, esses dados foram utilizados no software Input Analyser do ARENA. Com esse software é possível realizar os passos necessários para a determinação da distribuição de probabilidades que descreverá o comportamento desse processo.

Com os dados no Input Analyser, este realiza o tratamento dos dados, ou seja, divide os dados em classes em uma distribuição de frequências e gera o histograma resultante para essa situação. Esse histograma pode ser visto na figura 5.

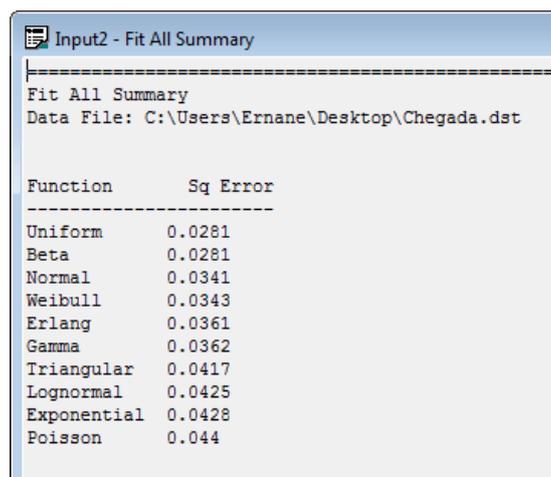
Figura 5 - Histograma para os dados do processo de chegada dos pacientes



Fonte: Fonte do autor

Para a identificação da provável distribuição de probabilidade que descreverá o comportamento do processo, o Input Analyser testa os valores inseridos com várias distribuições conhecidas, e determina o erro quadrático médio encontrado em cada teste, podendo ser acessada através da opção Fit All Summary, conforme é apresentada na figura 6.

Figura 6 - Fit All Summary



Function	Sq Error
Uniform	0.0281
Beta	0.0281
Normal	0.0341
Weibull	0.0343
Erlang	0.0361
Gamma	0.0362
Triangular	0.0417
Lognormal	0.0425
Exponential	0.0428
Poisson	0.044

Fonte: Fonte do autor

Os pacientes chegam com um intervalo de tempo uniforme distribuído conforme a expressão Uniforme (8.5, 28.5). Eles esperam numa fila para serem atendidos pela



receptionista aproximadamente 10 minutos. A seguir eles esperam até que um doutor esteja disponível para um exame, que tem uma duração com distribuição exponencial com média de 20 minutos. Após a conclusão deste exame, 50% dos pacientes retornam ao mundo exterior, 30% dos pacientes são medicados por um dos dois enfermeiros disponíveis no momento, o que toma um período de tempo de duração Normal $(10,1)$; o restante dos pacientes são encaminhados para hospitalização. O processo de admissão no hospital destes pacientes tem uma duração com distribuição exponencial com média de 6 minutos e os pacientes nele permanecem durante um período de tempo que tem distribuição Normal $(72*60, 24*60)$.

Observações:

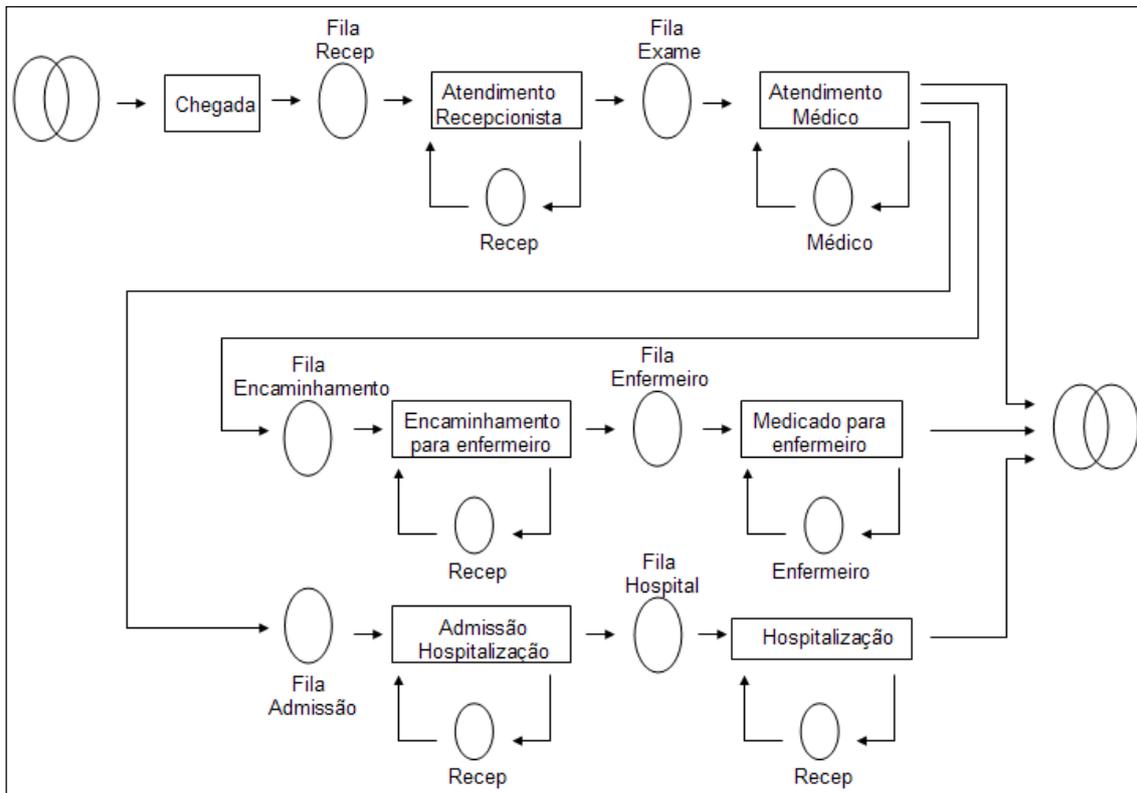
- Todos os tempos estão expressos em minutos;
- O doutor está ocioso, a menos que esteja envolvido numa consulta;
- A recepcionista está ociosa, a menos que esteja fazendo a recepção de um cliente, seu encaminhamento para medicação pelo enfermeiro ou sua admissão para hospitalização. A atividade encaminhamento para medicação tem prioridade maior do que as duas outras por ela também desempenhadas;
- Cada enfermeiro está ocioso, a menos que esteja medicando um paciente;
- O processo de encaminhamento para a medicação tem duração de aproximadamente 10 minutos.

4.2. O modelo conceitual

Através do modelo foi elaborado o DCA do problema, que é mostrado na figura 7.

Figura 7 - DCA do hospital





Fonte: Fonte do autor

No DCA da figura 7 temos a simulação do hospital, no qual verificou a existência de três tipos de pacientes: o paciente que vai ao hospital para consultar com o médico e vai embora, outro que vai para consultar com o médico e acaba sendo medicado pelos enfermeiros e o ultimo que consulta com o médico e acaba sendo hospitalizado.

O modelo apresenta seis tipos de filas: fila para atendimento com a recepcionista (assim que o paciente chega ao hospital), fila para ser atendido pelo médico, fila para ser encaminhada para o enfermeiro, fila para ser medicado com o enfermeiro, fila para ser admitido na hospitalização e outra para ser hospitalizado (aguardando leito desocupado).

Temos alguns processos relacionados com o modelo do hospital, sendo eles: chegada ao sistema, atendimento com a recepcionista, atendimento com o médico, encaminhamento para ser atendido pelo enfermeiro, ser atendido pelo enfermeiro, ser admitido no hospital e aguardar para hospitalização.



III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

É temos quatro recursos no modelo, sendo eles: uma recepcionista, um médico, dois enfermeiros e cinco leitos.

Após entendermos a respeito das filas, processos e recursos existentes no modelo do hospital, podemos entender como os três tipos de pacientes caminham dentro dele.

O primeiro paciente chega ao sistema e aguarda ser atendido pela recepcionista em uma fila. Após o atendimento o mesmo é encaminhado para ser atendido pelo médico, onde aguarda em outra fila, esperando que o recurso médico esteja liberado. Após ser atendido pelo médico, o paciente deixa o sistema.

Outro tipo de paciente é aquele que realiza o mesmo procedimento do anterior, mas após a consulta com o médico o mesmo aguarda em uma fila para que a recepcionista possa encaminhá-lo para o enfermeiro. Após o paciente ser atendido pela recepcionista ele aguarda em uma nova fila até que o recurso enfermeiro esteja liberado. Após o paciente ser medicado pelo enfermeiro ele deixa o sistema.

Temos um último tipo de paciente que é aquele que realiza a consulta com o médico e em seguida é encaminhado para a recepcionista para que possa ser admitido para hospitalização. No caso o paciente aguarda em uma fila para que consiga a admissão. Após este processo o mesmo deverá permanecer em outra fila, aguardando que um leito no hospital desocupe para ser hospitalizado.

4.3. A implementação

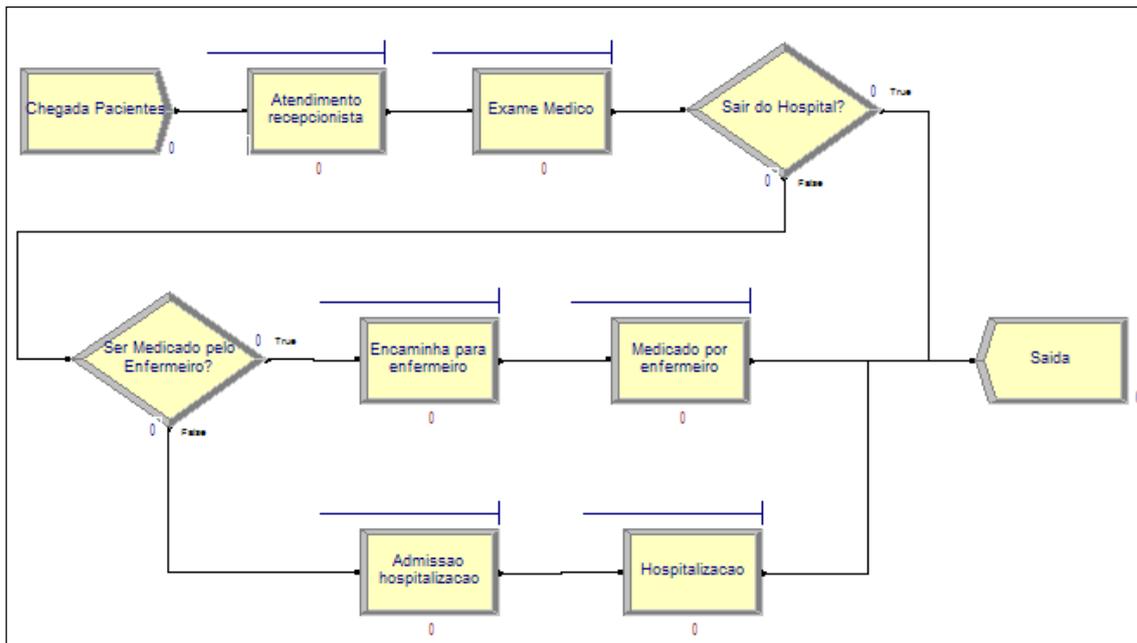
Para o modelo programado utilizou-se o ambiente de programação ARENA. Este ambiente foi escolhido devido à facilidade de utilização e por este conter relatórios que mostram as principais particularidades do sistema como: tempo médio de espera nas filas, média de utilização dos recursos, tempo total gasto no sistema, quantidade de entidades que entraram e saíram do sistema, etc.

4.4. Modelo computacional



A partir do modelo conceitual, foi desenvolvido um modelo computacional, que é apresentado na figura 8.

Figura 8 - Modelo programado do hospital



Fonte: Fonte do autor

4.4. Resultados da execução do modelo programado

Antes da execução da simulação do modelo programado, devem-se configurar alguns valores no setup do software Arena. O primeiro deles é o tamanho de cada replicação, ou seja, qual o tempo de funcionamento do sistema. O segundo seria a quantidade de replicações necessárias para se alcançar o nível de confiança e a precisão determinada no problema.

Como foram coletados dados no domingo das 14:00 às 18:00, em um total de 4 horas de coleta de dados (240 minutos), este valor deverá ser adicionado junto às configurações do modelo programado, antes de se realizar a simulação. Já para o numero de replicações foi estipulado 10 replicações, se necessário este valor poderá ser alterado.

Quando executado o software ARENA gera um relatório detalhado com informações importantes sobre o comportamento do sistema.



III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

Os principais parâmetros do sistema que foram analisados são apresentados na figura 9. Serão mostrados os parâmetros referentes à média aritmética dos valores encontrados nas 10 rodadas.

Figura 9 - Principais parâmetros do problema hospital

	Parâmetro	Valor Obtido
1	Replication ended at time	2400.0 Minutes
2	Pacientes.NumberIn	151
3	Pacientes.NumberOut	124
4	Pacientes.WIP	14.552
5	Recepcionista.Utilization	.69444
6	Leito.Utilization	.96859
7	Medico.Utilization	.32957
8	Enfermeiro.Utilization	.01623
9	Atendimento recepcionista.Queue.WaitingTime	14.459
10	Medicado por enfermeiro.Queue.WaitingTime	.0000
11	Admissão hospitalizacao.Queue.WaitingTime	17.162
12	Exame Medico.Queue.WaitingTime	1.7991
13	Hospitalizacao.Queue.WaitingTime	.0000
14	Encaminha para enfermeiro.Queue.WaitingTime	5.5611
15	Atendimento recepcionista.Queue.NumberInQueue	.75813
16	Medicado por enfermeiro.Queue.NumberInQueue	.00000
17	Admissao hospitalizacao.Queue.NumberInQueue	.15494
18	Exame Medico.Queue.NumberInQueue	.09433
19	Hospitalizacao.Queue.NumberInQueue	11.295
20	Encaminha para enfermeiro.Queue.NumberInQueue	.09462

Fonte: Fonte do autor

4.5. Interpretações dos resultados

Nesta seção são apresentadas as interpretações dos resultados na figura 10.





III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

Figura 10 – Interpretações dos resultados

Resultados	
1	No 1º. Parâmetro tem-se o tempo do sistema que foi simulado em cada rodada. Como cada replicação executada era de 10 dias com 4 horas/dia, tem-se: $10 * 4 * 60 = 2400$ minutos. O valor 60 da expressão foi utilizado para mudar o valor resultante em horas para minutos.
2 e 3	Pelos parâmetros de número 2 e 3 mencionados, entraram 151 pacientes no sistema e saíram 124. O motivo dos números serem diferentes é pelo fato da simulação executar até um tempo pré-determinado (2400 minutos), sendo finalizado após esse tempo ter decorrido. Nesse caso quando a simulação dessa rodada finalizou e 27 pacientes ainda estavam no sistema.
4	O parâmetro 4 indica a média do número de pacientes que estão em processo no sistema (Pacientes.WIP), que é de 14,552 pacientes.
5 a 8	Os parâmetros 5 a 8 informam a respeito de como os recursos: Recepcionista, Leito, Médico e Enfermeiro estão sendo utilizados no sistema. Os valores podem variar de um valor zero (não há utilização do recurso) até o valor um (utilização do recurso durante 100% do tempo): <ul style="list-style-type: none">- Recepcionista.Utilization: .69444;- Leito.Utilization: .96859;- Medico.Utilization: .32957;- Enfermeiro.Utilization: .01623.





III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

9 a 14	<p>Os parâmetros 9 a 14 procuram informar o tempo gasto pelos pacientes nas respectivas filas do sistema durante a última simulação.</p> <ul style="list-style-type: none">- Atendimento recepcionista.Queue.WaitingTime: 14.459 minutos Tempo gasto pelo paciente na fila aguardando ser atendido pela recepcionista.- Medicado por enfermeiro.Queue.WaitingTime: .0000 minutos Tempo gasto pelo paciente na fila aguardando ser medicado por enfermeiro. O valor 0 significa que todos os pacientes que são enviados para serem medicados não precisam aguardar na fila, ou seja, o número de pacientes que chegam para medicação com o enfermeiro é sempre menor do que o número de enfermeiros presentes, não precisando assim aguardar na fila.- Admissao hospitalizacao.Queue.WaitingTime: 17.162 minutos Tempo gasto pelo paciente aguardando ser admitido para hospitalização.- Exame Medico.Queue.WaitingTime: 1.7991 minutos Tempo gasto pelo paciente na fila para aguardar o exame médico.- Hospitalizacao.Queue.WaitingTime: .0000 minutos Tempo gasto pelo paciente na fila aguardando um leito ser
---------------	---





III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

	<p>desocupado. O tempo igual a 0 significa que sempre existe leito vago para os pacientes que precisam ser hospitalizados, evitando assim possíveis filas.</p> <ul style="list-style-type: none">- Encaminha para enfermeiro.Queue.WaitingTime: 5.5611 minutos <p>Tempo gasto pelo paciente aguardando na fila para ser encaminhado para o enfermeiro.</p>
15 a 20	<p>Os parâmetros de 15 a 20 informam, em média, a respeito de quantos pacientes se encontram nas respectivas filas de atendimento presentes no processo.</p> <ul style="list-style-type: none">- Atendimento recepcionista.Queue.NumberInQueue: .75813 <p>Quantidade, em média, de pacientes presentes na fila para ser atendida pela recepcionista.</p> <ul style="list-style-type: none">- Medicado por enfermeiro.Queue.NumberInQueue: .00000 <p>Neste sistema não existe fila para os pacientes que são medicados pelos enfermeiros, sendo assim não teremos números de pacientes na fila.</p> <ul style="list-style-type: none">- Admissao hospitalizacao.Queue.NumberInQueue: .15494 <p>Número de pacientes na fila para admissão para hospitalização.</p> <ul style="list-style-type: none">- Exame Medico.Queue.NumberInQueue: .09433 <p>Número de pacientes na fila para realizar exame médico.</p> <ul style="list-style-type: none">- Hospitalizacao.Queue.NumberInQueue: 11.295 <p>Número de pacientes na fila para hospitalização.</p> <ul style="list-style-type: none">- Encaminha para enfermeiro.Queue.NumberInQueue: .09462 <p>Número de pacientes na fila para ser encaminhado para enfermeiro.</p>

Fonte: Fonte do autor

Para determinar o tempo total médio de permanência em filas de espera de cada um dos tipos de pacientes durante a sua estadia no hospital (50% só consulta, 30% consulta e medicação, 20% consulta e hospitalização) deve ser realizado os seguintes cálculos:

1) Determinar o tempo médio de permanência em filas de espera para os pacientes que só realizam consultas:

Os pacientes que só realizam consultas no hospital devem entrar em duas filas, uma para aguardar o atendimento com a recepcionista e outra fila para ser consultado com o



médico. Iremos, portanto, realizar uma soma dos tempos dessas duas filas para cada simulação. Teremos 10 valores e então iremos fazer a média aritmética para encontrar o tempo médio de permanência no sistema para pacientes que somente realizam a consulta. Os valores dos tempos de permanência nas filas são mostrados na figura 11.

Figura 11 - Tempo total de cada simulação para consulta

	Tempo fila recepcionista	Tempo fila médico	TOTAL
1ª Simulação	18,429	1,986	20,415
2ª Simulação	14,843	1,182	16,025
3ª Simulação	15,394	1,301	16,695
4ª Simulação	12,101	0,695	12,796
5ª Simulação	15,045	1,406	16,451
6ª Simulação	21,374	0,602	21,976
7ª Simulação	9,455	1,480	10,935
8ª Simulação	14,271	1,860	16,131
9ª Simulação	7,426	0,889	8,315
10ª Simulação	14,459	1,799	16,258

Fonte: Fonte do autor

Média aritmética dos tempos encontrados em cada simulação:

$$\frac{20,415 + 16,025 + 16,695 + 12,796 + 16,451 + 21,976 + 10,935 + 16,131 + 8,315 + 16,258}{10} = 15,599$$

Portanto, o paciente que vai para o hospital somente se consultar fica em média 15,599 minutos.

2) Determinar o tempo médio de permanência em filas de espera para os pacientes que realizam consultas e são medicados:

Os pacientes que realizam consultas e são medicados enfrentam quatro filas: fila para ser atendido pela recepcionista, fila para realizar exame com o médico, fila para ser encaminhado para enfermeiro e fila para ser atendido pelo enfermeiro.

Portanto devemos encontrar o tempo de cada paciente em cada simulação e em seguida realizar a média aritmética dos valores encontrados. Os valores dos tempos de permanência nas filas são mostrados na figura 12.

Figura 12 - Tempo total de cada simulação para consulta e medicação

	Fila Recep	Fila médico	Fila encaminhamento	Fila enfermeiro	TOTAL
1ª Sim	18,429	1,986	5,450	.000	25,865
2ª Sim	14,843	1,182	0,077	.000	16,102
3ª Sim	15,394	1,301	5,691	.000	22,386
4ª Sim	12,101	0,695	5,158	.000	17,954
5ª Sim	15,045	1,406	4,902	.000	21,353
6ª Sim	21,374	0,602	5,270	.000	27,246
7ª Sim	9,455	1,480	5,370	.000	16,305
8ª Sim	14,271	1,860	3,678	.000	19,809
9ª Sim	7,426	0,889	3,861	.000	12,176
10ª Sim	14,459	1,799	5,561	.000	21,819

Fonte: Fonte do autor

$$\frac{25,865 + 16,102 + 22,386 + 17,954 + 21,353 + 27,246 + 16,305 + 19,809 + 12,176 + 21,819}{10} = 20,101$$

O paciente que permanece no hospital para realizar consulta e medicação fica em média 20,101 minutos no sistema.

3) Determinar o tempo médio de permanência em filas de espera para os pacientes que realizam consultas e são hospitalizados:

Os pacientes que vão para o hospital para realizarem uma consulta e a hospitalização aguardam em quatro filas, sendo elas as seguintes: fila para ser atendido pela recepcionista, fila para realizar a consulta com o médico, fila para ser admitido no hospital e fila para hospitalização (aguardar leito).

Devemos encontrar o tempo total gasto pelo paciente em cada simulação para em seguida realizar a media aritmética dos valores encontrados. Os valores dos tempos de permanência nas filas são mostrados na figura 13.

Figura 13 - Tempo total de cada simulação para consulta e hospitalização



III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

	Fila Recep	Fila médico	Fila admissão	Fila hosp	TOTAL
1ª Sim	18,429	1,986	18,764	.000	39,179
2ª Sim	14,843	1,182	15,176	.000	31,201
3ª Sim	15,394	1,301	16,893	.000	33,588
4ª Sim	12,101	0,695	15,018	.000	27,814
5ª Sim	15,045	1,406	13,573	.000	30,024
6ª Sim	21,374	0,602	17,223	.000	39,199
7ª Sim	9,455	1,480	12,948	.000	23,883
8ª Sim	14,271	1,860	13,346	.000	29,477
9ª Sim	7,426	0,889	7,851	.000	16,166
10ª Sim	14,459	1,799	17,162	.000	33,42

Fonte: Fonte do autor

$$\frac{39,179 + 31,201 + 33,588 + 27,814 + 30,024 + 39,199 + 23,883 + 29,477 + 16,166 + 33,42}{10} = 30,395$$

O paciente que vai para o hospital para se consultar e for hospitalizada gasta, em média 30,395 minutos.

4.6. Simulações com novos parâmetros para o problema

Após ter sido verificado os parâmetros do sistema para os recursos (quantidade de recepcionistas, médicos, enfermeiros e leitos) e processos que são encontrados no sistema real, foram alterados as variáveis do sistema para verificar se podem ser feitas melhorias com o intuito de minimizar o custo (diminuir a quantidade de recepcionistas, médicos, enfermeiros e leitos) ou melhorar o atendimento (aumentar a quantidade de recepcionistas, médicos, enfermeiros e leitos). De acordo com os resultados obtidos pode-se verificar se as mudanças são ou não compensatórias.

1) Alterando o número de recepcionistas.

Aumentou-se o número de recepcionistas no sistema de uma recepcionista para três, verificando as alterações nos principais parâmetros. Os novos resultados são mostrados na figura 14.

Figura 14 - Principais parâmetros depois da alteração da quantidade de recepcionistas





III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

	Parâmetro	Valor Obtido
1	Recepcionista.Utilization	.23488
2	Atendimento recepcionista.Queue.WaitingTime	.12615
3	Admissao hospitalizacao.Queue.WaitingTime	.2191
4	Encaminha para enfermeiro.Queue.WaitingTime	.0000
5	Atendimento recepcionista.Queue.NumberInQueue	.00679
6	Admissao hospitalizacao.Queue.NumberInQueue	.00205
7	Encaminha para enfermeiro.Queue.NumberInQueue	.0000

Fonte: Fonte do autor

Observa-se que após alterar a quantidade de recepcionistas no sistema, a utilização da mesma diminuiu de 69% para 23%.

Todos os processos que necessitavam do recurso recepcionista foram beneficiados com o aumento do número de recepcionistas, diminuindo, portanto os tempos de esperas e o número de pacientes nas filas. Mas é importante também evitar que o recurso fique muito ocioso.

2) Alterando o número de leitos no sistema.

Alterou-se o numero de leitos de cinco para dez, verificando as alterações ocasionadas no sistema conforme a figura 15.

Figura 15 - Principais parâmetros depois da alteração da quantidade de leitos.

	Parâmetro	Valor Obtido
1	Leito.Utilization	.38744
2	Hospitalizacao.Queue.WaitingTime	.0000
3	Hospitalizacao.Queue.NumberInQueue	.0000

Fonte: Fonte do autor

Observa-se que a utilização do leito diminuiu de 96% para 38%, diminuindo também o tempo (Hospitalizacao.Queue.WaitingTime) e o número de pacientes na fila (Hospitalizacao.Queue.NumberInQueue) durante a hospitalização.

5. Considerações finais





III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

Com a realização deste trabalho, pode-se perceber que a simulação de processos reais serve tanto para analisar o desempenho atual do sistema modelado quanto para a tomada de decisão sobre se é ou não viável promover alterações no sistema. Com a simulação, podem-se alterar os parâmetros do sistema e verificar o resultado dessa alteração sem necessidade de alterar na realidade, economizando e agilizando esse processo.

O ARENA se mostrou muito versátil e de fácil utilização, além de possuir ferramentas, que possibilitam uma melhor análise e compreensão do modelo estudado. Uma ferramenta bastante interessante foi utilizada, o Input Analyser (presente no pacote de instalação do software Arena).

Ao final este artigo cumpriu o seu objetivo, de propor um modelo de simulação que possibilite investigar e avaliar diversos cenários alternativos para melhorar a qualidade do atendimento dos pacientes, reduzindo o tempo de espera em um hospital do município de Anápolis.

Este modelo poderá ser utilizado como ferramenta de apoio à tomada de decisão na alocação de recursos e na avaliação do impacto de mudanças no sistema por gestores desta instituição.

Como trabalhos futuros sugere-se a coleta de dados em outros dias da semana e horários, assim como avaliar outros cenários, a fim de realizar outras análises.

REFERÊNCIAS

ALVES, A.C.B. & MENEZES, M.A.F. **Introdução à Pesquisa Operacional**. 1 ed. – Goiânia: PUC Goiás, 2010.

BARNES, C. D., QUIASON, J. L. “**Success Stories in Simulation in Health Care**”. Winter Simulation Conference, 1997. Disponível em: <<http://www.informscs.org/wscpapers.html>> Acesso em: 16 novembro de 2014.

BARTON, R.R. **Designing simulation experiments**. Proceedings of the Winter Simulation Conference, USA, 2004.

BITTAR, O.J.N. **Produtividade em hospitais de acordo com alguns indicadores hospitalares**. Revista Saúde Pública, v. 30, p. 53-60, 1996.





III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

CARSON, J.S. **Introduction to modeling and simulation.** Proceedings of the Winter Simulation Conference, U.S.A, 2004.

CHUNG, A. A. **Modeling Handbook: A practical approach.** Boca Raton: CRC Press, 2004. 573 p.

CHWIF, L. & MEDINA, A.C. **Modelagem e simulação de eventos discretos: Teoria & Aplicações.** 2 ed. rev. Ed. do autor, 2007.

FIORONI, M.M. **Simulação em ciclo fechado de malhas ferroviárias e suas aplicações no brasil: avaliação de alternativas para o direcionamento de composições.** Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GIL, A. C.: **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GONÇALVES, A.A.; ROCHA, S.A.S.; OLIVEIRA, M.J.F.DE & LEITÃO, A.R. **Modelo de simulação aplicado na gestão de serviços de saúde.** XXV Encontro Nac. de Eng. De Produção – Porto Alegre, RS, Brasil, 29 out. a 01 de nov. de 2005.

HAMES, D.S.P. **Productivity-enhancing work innovations: remedies for what ails hospital?** Hosp e Health Serv. Admin. V. 36, p. 545-548, 1991.

HARREL, C.R; MOTT, J.RA; BATEMAN, R.E; BOWDEN; R.G & GOGG, T.J. **Simulação: Otimizando os sistemas.** Belge Engenharia e Sistemas Ltda, Instituto IMAM, São Paulo – SP, 2002.

HILLIER, F. S.; LIBERMAN, G. J. **Introdução à pesquisa operacional.** Rio de Janeiro: Campus, 1988.

WHITE JR, K. P. & INGALLS, R.G. **Introduction to simulation.** Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference.

LAW, A. M. & KELTON, W. D. **Simulation modeling and analysis.** 3. Ed. McGraw Hill Higher Education, 2000.

OLIVEIRA, M. M. **Como fazer pesquisa qualitativa.** 3.ed. Petrópolis (RJ): Vozes, 2007.

OSIDACH, V.Z. & FU, M.C. **Computer simulation of a mobile examination center.** Winter Simulation Conference, 2003. Disponível em: <http://www.informs.org/wsc03papers/241.pdf>. Acesso em: 16 novembro de 2014.





III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

ROBINSON, STEWART. **Simulation: the practice of model development and use.** Chichester: John Wiley & Sons, 2004.

SABBADINI, F.S; GONÇALVES, A.A. & OLIVEIRA, M.J.F.DE. **A aplicação da teoria das restrições (TOC) e da simulação na gestão da capacidade de atendimento em hospital de emergência.** Revista Produção On-Line, Vol 6, Num. 3, Universidade Federal de Santa Catarina, dezembro de 2006.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: Planejamento e métodos.** Porto Alegre: Bookman, 2005.

