**Modelagem e análise de novos metros para a população em crescimento: uma abordagem baseada em simulação.**

**RESUMO**

O METROREC precisa de constante aperfeiçoamento para ser eficiente no seu principal negócio: o Transporte de seres humanos. O principal objetivo é avaliar alterações no Crescimento da população e se preparar melhor para o aumento de demanda esperado para os próximos anos. Vão ser simulados e analisados dois novos cenários, os quais incluíram ampliação do número de metros disponíveis nos horários de pico e simulação da quebra de um metro. No primeiro modelos de simulação tentaremos mostraram que em geral as alterações sugeridas trarão benefícios para a população e que colocando mais um metro a restruturação das atividades internas do METROREC pode vir a acompanhar em 2 a 5 anos o numero de passageiros. Isto reduzirá o tempo de espera do passageiro pelo metro e também a própria taxa de ocupação das cadeiras dos vagões, além de atender bem à comunidade até 2019.No segundo cenário faremos o inverso voltaremos no tempo e mostraremos que em 2 a 3 anos se o numero de metros for o mesmo o serviço aos passageiros da cidade de Recife será um caos trazendo infinitos transtornos a população que usa o transporte metroviário de passageiro.

O fluxo de atendimento aos passageiros para execução do transporte é composto das seguintes etapas (subprocessos):

• Preparação: esta etapa começa com a recepção de passageiros nas Estações de metro (subúrbio centro e centro subúrbio).

• Chegada do Metro: o tempo desta etapa é computado a partir do momento em que o Metro para na estação do metro (x) até o momento em que ele abre as portas do Metro.

• Saída do Metro: nesta etapa registra-se o tempo em que o metro fica com as portas abertas para entrada de todos os passageiros e o maquinista dê partida.

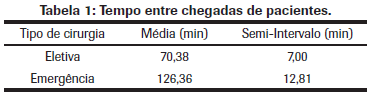
• Término da Viagem: essa fase compreende o momento em que o Metro encerra o seu percurso.

**1. Modelagem atual do sistema de Metro**

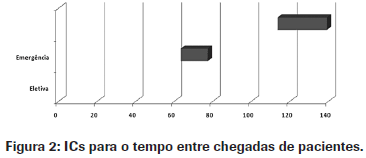
As informações referentes ao Metro foram obtidas através de entrevistas com funcionários do Metro de 15 de setembro a 31 de outubro de 2013. Especificamente, foram coletadas as seguintes informações sobre cada procedimento: (a) Estações Utilizadas; (b) Horário de entrada de passageiro(manha, tarde ou noite); (c) Percurso; (subúrbio centro)(centro subúrbio); (d) Hora do termino do percurso; e (e) Hora da saída do passageiro.

**4.1 Análise dos dados coletados**

A primeira variável a ser analisada refere-se à distribuição do intervalo de tempo entre chegadas de pacientes ao centro cirúrgico. Considerou-se o uso do centro cirúrgico somente nos dias úteis e no período das 6:00 às 22:00 horas por ser o horário mais crítico, ocorrendo tanto cirurgias de emergências quanto eletivas. Cabe ressaltar que entre o horário de 19:00 e 22:00 horas são realizadas apenas 7% do total de cirurgias eletivas e 17% do total de cirurgias de emergência. A [Tabela 1](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-65132009000200005&script=sci_arttext#tab1) mostra os tempos médios e semi-intervalos de confiança do tempo entre chegadas de pacientes.



Ao se analisar o intervalo de confiança (IC) calculado para cada tipo de cirurgia ([Figura 2](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-65132009000200005&script=sci_arttext#fig2)), percebe-se que eles não se sobrepõem e, portanto, tais variáveis devem ser tratadas como distintas (terão distribuições probabilísticas próprias).



Considerando que os procedimentos cirúrgicos são diferenciados de acordo com a especialidade, é importante analisar se existe variação de tempo de execução para cada especialidade médica considerada. As especialidades com maior ocorrência nas amostras são, em ordem decrescente, a especialidade de ortopedia (57%), cirurgia geral (34%) e neurologia (3%). As outras dez especialidades somadas correspondem aos aproximados 6% restantes. Diante dessa constatação, o conjunto de dados obtido foi agrupado considerando a especialidade como característica comum às seguintes amostras: cirurgia geral, neurologia, ortopedia e outras. Definidas as amostras, deve-se, então, calcular os intervalos de confiança para cada atividade executada no fluxo de atendimento. A [Tabela 2](http://www.scielo.br/img/revistas/prod/v19n2/a05tab02.gif) apresenta os valores dos ICs dos tempos de execução das atividades executadas na sala de cirurgia calculados para as especialidades e o tempo total de ocupação de sala também para as especialidades estudadas. A [Figura 3](http://www.scielo.br/img/revistas/prod/v19n2/a05fig03.gif) apresenta os respectivos gráficos.

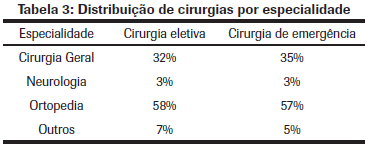
Analisando-se os valores referentes aos intervalos de confiança dos tempos das atividades do fluxo de atendimento do centro cirúrgico, percebe-se que em sua maioria os intervalos coincidem, não se podendo afirmar com 95% de certeza que eles sejam diferentes (adotou-se 95% como nível de confiança neste projeto). A única exceção foi a etapa de anestesia, em que se obtiverem intervalos de confiança diferentes para as especialidades de cirurgia geral e ortopedia. Entretanto, também se pode constatar que a especialidade de neurologia e o agrupamento denominado "outras" possuem um intervalo bastante amplo.

A amplitude do intervalo é inversamente proporcional ao tamanho da amostra, ou seja, quanto menor a amostra, maiores serão os limites do intervalo de confiança. Assim, julga-se necessário manter as amostras agrupadas por especialidade, visando dar maior representatividade ao modelo de simulação.

**4.2 Construindo modelo do cenário atual**

Para o tempo entre chegada de pacientes para realização de cirurgias, obteve-se tanto para cirurgias eletivas quanto de emergência a distribuição exponencial com média 70,4 minutos e 126 minutos, respectivamente. É importante salientar que todas as análises estatísticas, de modelagem e de simulação foram feitas no software Arena e seu respectivo analisador de dados (*Input Analyzer*).

A distribuição das quantidades de cirurgias foi efetuada de acordo com o percentual de cada uma pelo total de cirurgias que entram no sistema. Essa distribuição é diferenciada de acordo com o tipo de cirurgia e está apresentada na [Tabela 3](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-65132009000200005&script=sci_arttext#tab3).



A variável de tempo de uso das salas cirúrgicas por especialidade compreende os tempos de execução das tarefas desde a entrada do paciente na sala de cirurgia até o momento em que ocorre a limpeza desta, quando, então, a sala estará disponível para a realização de um novo procedimento cirúrgico. Não existe, para cada execução, o registro dos tempos gastos na tarefa de limpeza das salas. Como esta atividade não possui variação dependente do tipo nem da especialidade da cirurgia, considerou-se, com base na experiência dos executores dessa atividade, como sendo uniformemente distribuído entre 10 e 30 minutos. Analisando-se os tempos de execução das demais etapas do fluxo de atividades da sala operatória, obtiverem-se as distribuições de probabilidade apresentadas na [Tabela 4](http://www.scielo.br/img/revistas/prod/v19n2/a05tab04.gif). (Cabe lembrar que se utilizou o software estatístico *Input Analyzer,* o qual utiliza o erro Quadrático e os testes *Chi Quadrado* e *Kolmogorov-Smirnov (KS)* para encontrar a melhor distribuição probabilística para os dados de entrada.)

A [Figura 4](http://www.scielo.br/img/revistas/prod/v19n2/a05fig04.gif) mostra o modelo de simulação do cenário atual criado no software Arena (detalhes específicos de implementação não foram descritos para manter a concisão do artigo).

**4.3 Significância e comparações de desempenho**

Para realização dos experimentos de simulação é importante definir o número de replicações necessárias com base em um determinado nível de confiança (adotou-se 95%). Para tal, usou-se um método baseado em Law e Kelton (1991) o qual mostrou que pelo menos 95 réplicas deveriam ser usadas. Adotou-se então 100 replicações.

As variáveis (indicadores de desempenho) utilizadas nas análises serão:

a. Tempo de espera por sala cirúrgica - cirurgia de emergência (KPI1).

b. Quantidade de cirurgias na fila de espera - cirurgia de emergência (KPI2).

c. Tempo total do paciente no sistema - CCHUC (KPI3).

d. Taxa de ocupação média das salas de cirurgia (ocupação do CCHU): percentual do tempo em que cada sala de cirurgia permanece ocupada por um procedimento cirúrgico (KPI4).

e. Percentual de cirurgias de emergência realizadas por dia (das 6:00 às 22:00) - KPI5.

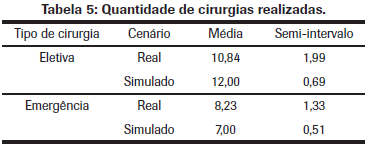
f. Percentual de cirurgias eletivas realizadas por dia (das 6:00 às 22:00) - KPI6.

As comparações de desempenho entre os cenários serão feitas através de teste de hipóteses. Os resultados serão obtidos na forma de intervalos de confiança: *IC = média ± semi-intervalo*. Quando há sobreposição dos intervalos de uma grandeza, diz-se que não se pode afirmar que há diferença entre elas, dentro de um nível de confiança de 95%. Caso contrário, pode-se afirmar com 95% de certeza que as grandezas são diferentes.

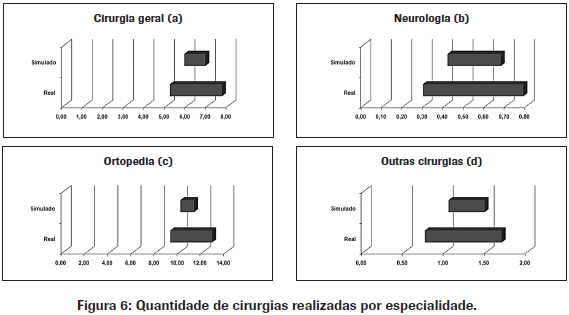
O primeiro nível hierárquico do modelo no Arena está mostrado na [Figura 5](http://www.scielo.br/img/revistas/prod/v19n2/a05fig05.gif).

**4.4 Validação do modelo de simulação do cenário atual**

O modelo de simulação do cenário (situação) atual precisa ser validado para que se tenha confiabilidade nos resultados experimentais e, na sequência, possa-se fazer conjecturações e análises em cenários alternativos. A [Tabela 5](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-65132009000200005&script=sci_arttext#tab5) apresenta os valores obtidos para a quantidade média de cirurgias verificadas no cenário real, calculado diretamente dos dados coletados, e os valores calculados referentes ao número de cirurgias (cenário simulado).

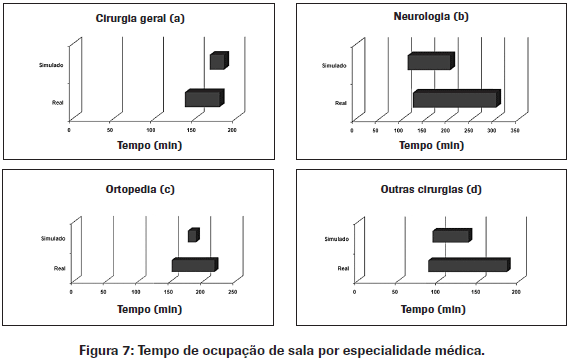


Efetuando-se a análise comparativa dos intervalos de confiança para a variável *quantidade de cirurgias por tipo*, constata-se que os intervalos de confiança são coincidentes, tanto para as cirurgias eletivas quanto para as cirurgias de emergência. Pode-se então concluir que, com 95% de certeza, o modelo de simulação representa o cenário real, pois gera resultados compatíveis com os resultados reais atuais do centro cirúrgico. Fez-se também uma análise (validação) considerando-se a *quantidade média de cirurgias realizadas,* conforme especialidade médica. Novamente, conforme ilustrado na [Figura 6](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-65132009000200005&script=sci_arttext#fig6), o modelo de simulação criado representa significativamente o atual centro cirúrgico.



Efetuando-se a análise comparativa dos intervalos de confiança para a variável *quantidade de cirurgias por especialidade*, constata-se que os intervalos de confiança são novamente coincidentes, creditando-se, mais uma vez, a confiabilidade ao modelo simulado construído.

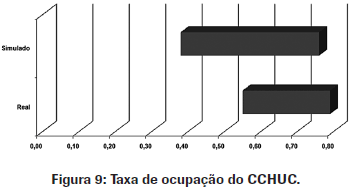
A [Figura 7](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-65132009000200005&script=sci_arttext#fig7) apresenta os valores obtidos para o tempo médio de ocupação da sala de cirurgia por especialidade médica.



A última variável a ser analisada é a taxa de ocupação das salas de cirurgia. A [Figura 8](http://www.scielo.br/img/revistas/prod/v19n2/a05fig08.gif) apresenta os valores obtidos pela simulação e os valores coletados (reais). Constata-se que em cinco salas de cirurgia os intervalos de confiança são coincidentes. Apenas no intervalo de confiança da taxa de ocupação da sala 1 não ocorre coincidência entre os valores obtidos no cenário real e no cenário simulado. Cabe, então, efetuar uma análise mais detalhada da situação específica da sala 1.

O uso da sala de cirurgia 1, a princípio, destina-se aos procedimentos de emergência, porém o que se verifica é que esse tipo de procedimento tem prioridade no uso de qualquer sala de cirurgia e, portanto, essa norma não é necessariamente seguida. Consequentemente, não se consegue estipular uma regra lógica para a ordem de utilização das salas. Situação semelhante é relatada por Stroparo (2005), que constatou existir distorção entre a taxa de ocupação por especialidade médica do cenário real e do modelo simulado.

Analisando-se as taxas de ocupação, considerando-se as salas de cirurgia como um conjunto único (CCHUC), tanto para o modelo real como para o modelo simulado, obtêm-se os valores apresentados na [Figura 9](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-65132009000200005&script=sci_arttext#fig9). Nesta pode-se constatar a sobreposição dos intervalos de confiança, não se podendo afirmar, portanto, que há diferença significativa entre a taxa de ocupação do cenário real com o seu respectivo cenário simulado.



Com base na comparação e análise de todas as variáveis apresentadas, conclui-se que o modelo de simulação oferece credibilidade e é um modelo representativo do sistema real, isto é, o modelo criado pôde ser validado.

**4.5 Simulando aumento de demanda (cirurgias) no centro cirúrgico**

No modelo de simulação desenvolvido é fácil aumentar a frequência de chegada dos pacientes no centro cirúrgico e, desta forma, estimar o impacto que o aumento de demanda trará ao desempenho do centro, isto é, na ocupação das salas cirúrgicas, nos tempos de utilização e nas quantidades de cirurgias realizadas por dia.

O cenário atual possui um tempo entre ocorrências de cirurgias que segue distribuição exponencial com média de 126 minutos (EXPO(126)) para as cirurgias de emergência e EXPO (70,4) minutos para as cirurgias eletivas. Para se analisar o aumento de demanda no centro deve-se reduzir o intervalo de tempo entre ocorrência de cirurgias. Para isto, inclui-se um fator α na expressão do tempo

entre cirurgias, passando-se a ter *α*.*EXPO(126)* para o tempo entre cirurgias de emergência e *α.EXPO(70,4)* para o tempo entre cirurgias eletivas. A taxa de chegadas de cirurgias de emergência é então 1/*α*.*EXPO(126)*, assim, para se analisar um aumento de 50% de demanda, a nova taxa passará a ser [(1+0,50)\*1/ *EXPO(126)*] =1/0,667\* *EXPO(126)* → *α = 0,6667.*

Desta forma, os quatro padrões de demanda analisados são representados como:

Demanda no ano de 2004: *α* *= 1*;

Aumento de 50% de demanda: *α = 0,6667.*

Aumento de 100% (dobro) na demanda: *α = 0,5.*

Aumento de 200% na demanda: *α = 0,3333.*

Os resultados das simulações (indicadores de desempenho ou *KPIs*) da configuração atual do centro cirúrgico para os quatro padrões de demanda considerados estão dados na [Tabela 6](http://www.scielo.br/img/revistas/prod/v19n2/a05tab06.gif).

No padrão de demanda de 2004, não se espera muito tempo por uma sala cirúrgica quando ocorre uma cirurgia de emergência (KPI1) - cerca de 5,37 minutos depois que o paciente entrou no CC. Também praticamente não há cirurgia de emergência em espera (KPI2): 0,06. A taxa de ocupação do CCHUC (KPI4) crescerá de 56% para 89% quando a demanda for o dobro da demanda de 2004. Nesta situação, os enfermeiros, anestesistas e médicos estarão trabalhando praticamente sem parar, em ritmo frenético, durante as oito horas do seu expediente. Isto certamente não será bom para eles, mas, principalmente, não será bom para os pacientes. Assim, a situação fica ruim com um aumento de 50% na demanda e inaceitável com mais de 100% de acréscimo.

**5. MODELAGEM E ANÁLISE DE NOVOS CENÁRIOS PARA O CCHUC**

Quatro novos cenários para o CCHUC são propostos e analisados por meio de simulação computacional (Seção 1). Esses cenários são criados a partir de duas alterações possíveis de serem efetuadas no atual sistema:

• Alteração no fluxo das atividades internas do CC, e

• Ampliação na quantidade de salas operatórias.

Devido aos custos financeiros, o hospital considera inicialmente somente a possibilidade de implementação dos cenários I, II ou IV.

**5.1 Alterando-se o fluxo de atividades**

A reestruturação nas etapas do fluxo de atendimento poderá ser feita através da criação de um ambiente com a instalação de leitos para a realização de atividades que na configuração atual são executadas dentro da sala de cirurgia, mas que podem ser facilmente feitas em outro local. Especificamente, considera-se que as atividades de preparação, anestesia e de alta da sala cirúrgica podem ir para outra área do centro cirúrgico, desocupando as instalações de uma sala de cirurgia. Permanecerão as atividades de cirurgia e término da anestesia como as únicas atividades a serem realizadas dentro da sala de cirurgia.

Essas novas salas têm um custo financeiro de implantação muito menor que o custo de implantação de uma sala de cirurgia, e por isso esta ideia é bastante atraente à direção do hospital, além de ser de fácil e rápida implementação. A capacidade de atendimento dessas novas salas é traduzida pelo número de leitos instalados. No total, o projeto prevê a instalação de quatro leitos na sala de indução anestésica, onde serão efetuadas as atividades de preparação e anestesia, e mais seis leitos na sala de RPAI, onde será realizada a fase de alta.

Permanecerá computada no tempo de ocupação da sala de cirurgia a atividade de limpeza, sendo que o término dessa etapa continuará definindo a liberação da sala para a utilização por um novo procedimento.

Em relação ao modelo original, algumas diferenças básicas serão:

a. Transferência do paciente da sala de indução anestésica para a sala de cirurgia.

b. Transferência do paciente para a sala de recuperação, quando se conclui o término da anestesia.

c. A atividade de limpeza poderá ser efetuada em paralelo com a atividade de alta de sala, pois nesse momento o paciente já deixou a sala de cirurgia.

A enfermeira chefe do CCHUC estimou que a duração de cada uma das atividades *a* e *b*, acima descritas, deve ficar em torno de três minutos, nunca sendo inferior a um minuto e nem superior a cinco minutos. De acordo com Freitas Filho (2001), a distribuição teórica de probabilidade mais indicada para esse caso é a distribuição triangular, pois existe a estimativa do valor mais provável e se conhecem o limite inferior e o superior. Consequentemente, a expressão a ser utilizada é triangular - TRIA (1, 3, 5) minutos. O modelo de simulação para os cenários com mudança no fluxo (II e IV) é dado na [Figura 10](http://www.scielo.br/img/revistas/prod/v19n2/a05fig10.gif).

**5.2 Resultados das simulações - identificação das melhores alternativas para o CCHUC**

A análise comparativa é feita com os dados de 2004, sem perder de vista o aumento de demanda já ocorrido e que ocorrerá ainda mais nesses próximos anos. Portanto, para fins de comparação, considera-se a situação (desempenho) de 2004 como referência, mesmo porque os indicadores neste ano eram de fato bons e foram disponíveis ao estudo. Sendo assim, um determinado indicador será considerado bom se seu valor estiver próximo (ou for melhor que) ao valor de comparação (2004). A [Tabela 7](http://www.scielo.br/img/revistas/prod/v19n2/a05tab07.gif) resume os resultados das simulações para todos os cenários analisados frente aos diferentes padrões de demanda possíveis.

Portanto, qual deve ser a melhor alteração no centro cirúrgico de forma a se ter o *tempo de espera por sala cirúrgica* em torno de 5,4 minutos (como era em 2004)? Para hoje (α=0,667), a resposta seria implantar a configuração II, III ou IV. Entretanto, um projeto de expansão hospitalar deve considerar um aumento de demanda para, pelo menos, três anos à frente. Desta forma, deve-se pensar em um aumento de demanda total de, pelo menos, 100% a partir de 2004 (aprox. 50% a partir de 2007). Pensando-se em uma estimativa de demanda para 2010/2011, as análises comparativas serão feitas principalmente considerando-se um aumento de 100% na demanda.

De todos os cenários propostos, é claro que o cenário III (aumento do número de salas cirúrgicas de seis para dez com alteração no fluxo) dará as melhores respostas. Entretanto, como anteriormente dito, este cenário requererá os maiores investimentos financeiros. Portanto, o que se deseja realmente é saber qual dentre os cenários I, II e IV melhor atenderá o aumento de 100% na demanda.

Começando pelo indicador de desempenho mais importante, *tempo de espera por sala cirúrgica*, a situação no cenário atual (i.é, em 2004) é razoável, tendo o paciente que esperar em torno de 5,4 minutos para iniciar seu procedimento cirúrgico. É importante lembrar que outros tempos de atraso ou espera (registro de entrada, triagem, etc.) não estão incorporados neste tempo. Imaginando-se que há um aumento de demanda em torno de 15 a 20% ao ano, de 2004 até hoje já deve ter ocorrido cerca de 50% de aumento. Se nenhuma melhoria foi feita desde 2004, um paciente já deve esperarar aproximadamente 18 minutos para iniciar seu procedimento cirúrgico.

Ainda no que diz repeito ao *tempo de espera por sala cirúrgica*, as melhores alternativas de implantação continuam sendo as propostas II, III e IV, entretanto, o cenário IV apresenta um tempo de espera 24% menor que o cenário II. Pode-se, também, excluir da comparação o cenário I, pois para o aumento de 100% na demanda, *o tempo de espera por sala cirúrgica* passa a ser de 23 minutos, considerado inaceitável pelo CCHUC.

Para um aumento de demanda de 200%, i.é, demanda esperada em 2015/20016, o único cenário que traria um bom desempenho ao centro (com relação ao *tempo de espera por sala cirúrgica*) seria o cenário III. O cenário proposto III também manteria o *tempo médio total de execução de cirurgia (eletivas e de emergência)* próximo aos valores atuais. Nenhum outro indicador, de nenhum outro cenário proposto, estará bom nessa data. Sugere-se, portanto, que o hospital faça um planejamento estratégico para 2015/2016 considerando outras ampliações - possivelmente um número bem maior de salas de cirurgia aliado ao rearranjo dos fluxos.

Com relação ao *KPI*2 (*Número de cirurgias de emergência na fila de espera por sala cirúrgica*), estatisticamente não há diferença significativa entre o cenário II e o cenário IV. Entretanto, o cenário II responde de forma semelhante ao atual cenário, enquanto que o Cenário IV responde pior que o cenário atual (possivelmente haverá maior fila de espera. Mas veja que os valores, em qualquer um dos cenários, é próximo a zero (0,01 e 0,02), então, na prática, praticamente não haverá fila em qualquer um desses dois cenários.) .

Com relação ao *tempo médio total de execução de cirurgia (eletivas e de emergência)* - *KPI*3 - o cenário IV responde muito melhor que o cenário II e muito melhor que a atual situação (2004). O *tempo médio de execução de cirurgia* neste cenário é inclusive estatisticamente semelhante ao desempenho do cenário III (que, como dito anteriormente, é o melhor possível).

Com relação à *ocupação média das salas de cirurgia* (*KPI4*), no cenário atual (2004) as salas estão ocupadas 56% do tempo. Com o aumento de 100% na demanda, esta ocupação passaria a ser de 89%, inaceitável na prática. No cenário II proposto, a ocupação média deve ficar em torno de 74% e no cenário IV ficará em aproximadamente 65%. Novamente o cenário IV apresenta uma resposta muito melhor que a do cenário II e mais próxima à situação atual. Isto se deve simplesmente ao fato de que algumas atividades saíram da sala cirúrgica e foram para as salas RPAI.

Os indicadores "*% de cirurgias de emergências iniciadas e terminadas no intervalo 6:00-22:00*" (*KPI*5) e "*% de cirurgias eletivas iniciadas e terminadas no intervalo 6:00-22:00*" (*KPI*6*)* não são indicadores tão importantes quanto os dois primeiros examindados, mas merecem algumas observações. Quanto mais cirurgias terminam até às 22:00 horas, melhor para os que trabalham no hospital, principalmente para os médicos, os quais muitas vezes precisam de ir para outros consultórios e hospitais. Para as consultas agendadas, também é importante que se possa ter o procedimento cirúrgico no horário e duração esperados. Claro que as cirurgias de emergência têm preferência (e isso foi considerado nos modelos de simulação), mas às vezes cirurgias eletivas precisam ser reagendadas ou são atrasadas. Mas se estas puderem iniciar e terminar no prazo esperado, melhor para todos. O atual cenário apresenta 92% das cirurgias de emergência iniciando e terminando até às 22 horas. Nos cenários II e IV, esses valores são um pouco menores (87% e 88%, respectivamente). Novamente o cenário IV responde melhor que o cenário II, de forma parecida ao cenário III. O cenário I novamente gerou a pior resposta dentre os cenários propostos.

O cenário atual apresenta 86% das cirurgias agendadas (eletivas) terminando antes das 22 horas; no cenário II serão 82%; e no cenário IV, quase 85%. Novamente, o cenário IV, responde melhor que o cenário II, ficando próximo inclusive do cenário III.

Vê-se, portanto, que o cenário IV gera um melhor desempenho com relação a todos os indicadores de desempenho do centro cirúrgico. Mesmo com um custo de implantação um pouco maior que o custo necessário para o cenário II, o hospital deve restruturar as atividades internas dos procedimentos cirúrgicos e deve construir duas novas salas cirúrgicas (cenário IV) a fim de poder lidar eficientemente com o aumento de demanda esperado.

**6. COMENTÁRIOS FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

O Hospital Universitário Cajuru sabe que para mater a qualidade do serviço oferecido à comunidade da região precisa expandir rapidamente a capacidade do seu centro cirúrgico. Várias alternativas existem, mas, como em tudo, os recursos financeiros são limitados e devem ser investidos com sabedoria. Dentre as alternativas analisadas para melhoria do centro, considerou-se uma restruturação das atividades do procedimento cirúrgico e aumento do número de salas de cirurgia. A primeira alternativa basicamente tira de dentro da sala cirúrgica alguns procedimentos, transferindo-os para outras salas. Estas salas também requerem investimento, principalmente em leitos, mas são incomparavelmente menores que os necessários para construção de salas cirúrgicas. Com relação ao aumento do número de salas, o ideal seria se construir mais quatro salas, mas, devido aos limitados recursos, talvez apenas duas salas sejam possíveis de ser adquiridas.

Este projeto analisou os principais cenários de expansão que podem ser rapidamente aplicados no CCHUC. Para validação dos modelos de simulação desenvolvidos e para comparação de desempenho entre os diversos cenários considerados, utilizaram-se vários indicadores, tais como quantidade de cirurgias realizadas por tipo, quantidade de cirurgias realizadas por especialidade, tempo de ocupação de sala por especialidade, taxa de ocupação média das salas cirúrgicas, tempos de espera e percentual de término da cirurgia até as 22 horas. Nenhum dos trabalhos pesquisados que utilizaram simulação computacional no setor hospitalar considerou tantos indicadores de desempenho nas suas análises.

Na comparação dos cenários simulados, verificou-se que os modelos propostos oferecem amplas vantagens em relação ao presente cenário. Entretanto, as análises foram além da situação de 2004 e consideram aumentos de demanda na ordem de 50%, 100% e 200% em relação à demanda deste ano. Com relação a um aumento de 100% na demanda, verificou-se que o cenário I não apresentará desempenho satisfatório. O cenário III dará a melhor resposta, mas exigirá um alto investimento financeiro, mas sua implantação está fora de cogitação neste momento. Fez-se, portanto, uma análise detalhada somente entre os cenários II e IV. Pôde-se ver claramente que o cenário IV (construção de duas novas salas cirúrgicas aliadas à restruturação dos fluxos operatórios) trará melhores benefícios ao hospital do que o cenário II (construção de quatro salas cirúrgicas sem restruturação de fluxo), além de ter um custo financeiro menor.

Vários outros projetos de pesquisa podem dar continuidade a este trabalho. Pode-se por exemplo, incluir outros processos existentes em um centro cirúrgico. Pode-se incluir os processos fora do centro, como recepção e triagem. Análises futuras podem considerar recursos de pessoal (médicos e enfermeiros, por exemplo), equipamentos e materiais utilizados no centro. Pode-se também incluir uma análise de custos financeiros envolvidos no processo e custos para implantação dos novos cenários analisados, visando dar um melhor suporte às decisões a serem feitas.

Além disso, este projeto mostrou também que ferramentas baseadas em simulação computacional podem (devem?) ser utilizadas nestes tipos de projetos.

**AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro e aos funcionários do Centro Cirúrgico do Hospital Unviersitário Cajuru pela prestatividade e auxílio na execução deste projeto.