
ANÁLISE DA CAPACIDADE OPERACIONAL DE UM CENTRO CIRÚRGICO: MODELAGEM MATEMÁTICA APLICADA AO DIMENSIONAMENTO E ALOCAÇÃO DE RECURSOS

DOI: 10.5700/578

ARTIGO – PRODUÇÃO E OPERAÇÕES

Mery Blanck

Doutoranda em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre-RS, Brasil
Mestre em Administração pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Pesquisadora do GESID – Grupo de Estudos em Sistemas de Informação e de Apoio à Decisão
E-mail: mery.blanck@ufrgs.br

Recebido em: 26/04/2013

Aprovado em: 1/7/2015

Denise Lindstrom Bandeira

Doutora em Administração pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre-RS, Brasil
Mestre em Administração pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Professora da Escola de Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Pesquisadora do GESID – Grupo de Estudos em Sistemas de Informação e de Apoio à Decisão
E-mail: dlbandeira@ufrgs.br

RESUMO

Este trabalho tem como escopo a análise da capacidade de atendimento de um Centro Cirúrgico, por meio de modelagem matemática e de pesquisa aplicada realizada em um hospital de Porto Alegre (RS). O objetivo foi identificar se o dimensionamento atual do Centro Cirúrgico comportaria ou não um aumento do volume de pacientes, sob alocação ótima das salas cirúrgicas, mantendo-se os padrões de tempo dos procedimentos cirúrgicos. Seguiu-se a metodologia de pesquisa-diagnóstico, a partir da qual foi desenvolvido um modelo de programação linear inteira. O modelo foi testado com dados reais obtidos de registros do hospital, de forma a validar a simulação do cenário atual, e, subsequentemente, executado com base na previsão de aumento da demanda cirúrgica, o que originou dois cenários futuros. Os resultados do experimento sugerem que o aumento de número de salas do Centro Cirúrgico não se configura como mandatório para comportar a nova demanda prevista. Cabe ressaltar que, diferentemente de outros trabalhos, o diferencial deste estudo consiste em modelar a alocação a partir de características presentes em determinados ambientes do Centro Cirúrgico, uma vez que, na prática, alguns procedimentos cirúrgicos exigem uma infraestrutura específica não disponível em todas as salas do bloco. Considerar, portanto, esta particularidade torna-se um atributo importante dessa ferramenta que se propõe a auxiliar no gerenciamento da capacidade operacional do centro cirúrgico.

Palavras-chave: Planejamento da Capacidade, Centro Cirúrgico Hospitalar, Dimensionamento de Recursos, Modelagem Matemática.

ANALYSIS OF THE OPERATIONAL CAPACITY OF A SURGICAL CENTER: MATHEMATICAL MODELLING APPLIED TO SCALING AND RESOURCE ALLOCATION

ABSTRACT

The scope of this paper covers the analysis of the capacity of the surgical center through mathematical modelling and research conducted in a hospital in Porto Alegre (RS). The study aimed to identify if the current scaling of the Surgical Center could hold, or not, an increased volume of patients, under optimal allocation of operating rooms, keeping the time patterns of surgical procedures. The authors used the diagnostic research methodology in order to develop an integer linear programming model. The model was tested with real data obtained from hospital records in order to validate the simulation of current scenario and subsequently performed based on the forecast of surgical demand increase, giving rise to two future scenarios. The results of the experiment suggest that increasing the number of rooms of the Surgical Center is not set as mandatory to hold the new anticipated demand. It is noteworthy that, unlike other works, the differential of this study is that the modelling of allocation considers features found in some environments of Surgical Center, since, in practice, some surgical procedures require specific infrastructure not available in all rooms of the Surgical Center. Thus, considering this feature becomes an important attribute of this tool that aims to support the operational capacity management of surgical rooms.

Key words: Capacity Planning, Surgical Center, Resource Scaling, Mathematical Modelling.

ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DEL SISTEMA OPERATIVO DE UN CENTRO QUIRÚRGICO: MODELOS MATEMÁTICOS APLICADOS AL DIMENSIONAMIENTO Y ASIGNACIÓN DE RECURSOS

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo el análisis de la capacidad de atención de un Centro Quirúrgico, a través de modelos matemáticos y de investigación aplicada, realizado en un hospital de Porto Alegre (RS). El objetivo fue identificar si el dimensionamiento actual del Centro Quirúrgico comportaría o no un aumento del volumen de pacientes, bajo una óptima asignación de las salas quirúrgicas, manteniéndose las pautas de tiempo de los procedimientos quirúrgicos. Se siguió la metodología de investigación-diagnóstico, a partir de la cual fue desarrollado un modelo de programación lineal entera. El modelo fue probado con datos reales obtenidos de registros del hospital, de forma a validar la simulación del escenario actual, y, posteriormente, ejecutado basándose en la previsión de aumento de la demanda quirúrgica, lo que dio origen a dos escenarios futuros. Los resultados del experimento sugieren que el aumento del número de salas del Centro Quirúrgico no se configura como obligatorio para comportar la nueva demanda prevista. Cabe resaltar que, diferentemente de otros trabajos, la diferencia de este estudio consiste en modelar la asignación a partir de características presentes en determinados ambientes del Centro Quirúrgico, una vez que, en la práctica, algunos procedimientos quirúrgicos exigen una infraestructura específica que no se dispone en todas las salas del bloco. Considerar, por lo tanto, esta particularidad se torna un atributo importante de esa herramienta que se propone auxiliar en la administración de la capacidad del sistema operativo del centro quirúrgico.

Palabras-clave: Planificación de la Capacidad, Centro Quirúrgico Hospitalario, Dimensionamiento de Recursos, Modelos Matemáticos.

1. INTRODUÇÃO

Na prática da gestão organizacional, a busca pelo uso racional do potencial produtivo está relacionada diretamente à otimização do aproveitamento dos recursos disponíveis, sejam eles humanos, materiais ou financeiros. Em muitas situações, porém, empresas possuem um potencial capacidade produtiva, mas não adequadamente aproveitada, sejam elas hospitais, transportadoras ou escolas. A otimização, então, sendo um campo da ciência do gerenciamento que encontra a maneira ideal de utilização e distribuição de recursos para atingir os objetivos organizacionais (RAGSDALE, 2010), deve ser objeto de busca permanente dos gestores.

Contudo, hospitais são organizações complexas, difíceis de serem geridas, o que reforça a importância de ferramentas de apoio à tomada de decisão para esses ambientes (MACHADO, 2003). O Centro Cirúrgico (CC), especialmente, local de um dos processos mais complexos do ambiente hospitalar, apresenta altos custos de investimento para implantação, operação e manutenção (POSSARI, 2009), mas configura-se como um grande gerador de receitas para a organização (MASTRANTONIO; GRAZIANO, 2002; PERROCA; JERICÓ; FACUNDIN, 2007).

Mas esse também é um desafio para a gestão, uma vez que a utilização da capacidade cirúrgica encontra-se entre as principais medidas de eficiência de uma organização hospitalar (NEPOTE; MONTEIRO; HARDY, 2009). O CC, portanto, deve estar preparado para aumentar sua capacidade assistencial sem sobrecarga de serviço (COSTA, 2006).

Todavia, o aumento dessa eficiência apresenta dificuldades para sua realização efetiva, visto que salas cirúrgicas são recursos relativamente escassos, os quais podem, com um agendamento mal-elaborado ou uso não otimizado, oportunizar conflito e competição (STEPANIAK *et al.*, 2012). Concomitantemente, essa maximização de utilização não pode declinar da promoção e garantia de um atendimento com segurança, tanto em caráter eletivo quanto de emergência, aos pacientes.

Nesse contexto de complexidade, a ideia de utilizar modelos para a solução de problemas e

análise de decisão oferece inúmeros benefícios, como, por exemplo: melhor alocação de recursos, agilização de serviços e a tomada de decisão, melhora da qualidade de atendimento, delineamento de alternativas para a solução de problemas, análise de investimentos, redução de desperdícios e gastos desnecessários, e identificação de restrições dos sistemas.

Neste caso, a construção de modelos matemáticos para representação simulada de parte da realidade torna-se ferramenta de significativa importância, uma vez que pode auxiliar na previsão da demanda ou do volume de pacientes a serem atendidos, na análise do padrão de desempenho, no dimensionamento de recursos, como uma configuração ótima de *layout* (número de técnicos x número de atendimentos x tempo de atendimento), número de salas, equipamentos ou equipe de enfermagem (BORBA; RODRIGUES, 1998). Outras aplicações de modelos nesse contexto incluem, ainda, a alocação ótima de horários para diferentes classes de pacientes (CREEMERS; BELIËN; LAMBRECHT, 2012), a definição de pessoal necessário para o atendimento de redes de filas nos departamentos de emergência (IZADY; WORTHINGTON, 2012) ou a modelagem da capacidade de assistência médica por meio de melhor predição dos tempos de serviços (HARPER; KNIGHT; MARSHALL, 2012).

Nesse ambiente organizacional, estudos comprovam que não é possível obter economia de escala quando organizações hospitalares operam com taxa de ocupação inferior a 70% (ABEL-SMITH, 1996). Assim, a modelagem fornece informações importantes para decisões relativas ao dimensionamento do CC uma vez que ampliações precipitadas na infraestrutura podem ocasionar um aumento desproporcional ao aumento do volume de atendimento, impossibilitando a obtenção de economia de escala.

Dessa forma, sendo o CC um setor de singular importância para a organização hospitalar, em virtude dos serviços ali prestados e dos recursos envolvidos, a finalidade deste experimento é oferecer subsídio que possa auxiliar na gestão de recursos desta etapa complexa de tratamento dos pacientes. O que se busca responder é se seria possível aumentar a eficiência no gerenciamento

da capacidade de alocação de salas do CC com o uso de ferramenta para análise de cenários. Particularmente, neste experimento pretende-se responder às questões: A capacidade de alocação do CC é utilizada de modo eficiente? A capacidade atual de alocação atende às demandas presentes e futuras do hospital? É possível identificar qual capacidade de alocação será necessária futuramente e quando?

Com base nessa motivação, o objetivo deste estudo é construir um modelo computacional que auxilie na identificação do dimensionamento e alocação ótimos do CC de uma organização hospitalar. Objetivamente, a finalidade é modelar a alocação do bloco cirúrgico para prever o comportamento sob determinada carga. O modelo possui como característica a competência para geração de diferentes cenários, permitindo que a avaliação desses cenários ofereça à organização a possibilidade de adequar sua capacidade de atendimento futuro à sua demanda.

Cabe ressaltar, ainda, que se trata de uma pesquisa aplicada. Dessa forma, ela apresenta “um resultado prático visível em termos econômicos ou de outra utilidade que não seja o próprio conhecimento” (SCHWARTZMAN, 1979:1). Assim, a importância deste estudo está na possibilidade de aplicação prática dos resultados, que possibilitará à organização desenvolver seu processo de gerenciamento da capacidade do CC com o auxílio de uma ferramenta de uso comum. Isso traria como benefício a chance de a organização evitar tempestivamente uma eventual sub ou superoferta de infraestrutura, o que impactaria diretamente seu planejamento financeiro.

O restante deste artigo está organizado da seguinte maneira: na seção 2 tem-se o referencial teórico, na seção 3, o método da pesquisa, na seção 4, os resultados obtidos na experimentação do modelo a partir de dados dos cenários atual e futuro, na seção 5 é apresentada a discussão sobre os resultados comparativos desses cenários e, na seção 6, conclui-se com as considerações finais, que contemplam sugestões de pesquisas futuras.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A essência da pesquisa operacional é a construção de modelos matemáticos, os quais nos permitem obter conhecimento e entendimento

sobre o objeto ou problema de decisão que está sendo estudado, com vistas em melhorar a análise da decisão (RAGSDALE, 2010). Dessa forma, a modelagem computacional deve ser entendida como a ação de representar a realidade de maneira simplificada, mediante equações matemáticas (COLIN, 2007), para possibilitar uma simulação válida, razão pela qual precisa das características relevantes da situação em estudo (RAGSDALE, 2010).

Tradicionalmente, no entanto, a pesquisa operacional diz respeito a um processo de otimização sujeito a uma série de restrições e que ao longo dos anos vem sendo aplicado para a solução de uma variedade de problemas, desde o planejamento da produção, logística e mineração de dados, até o gerenciamento de energia, finanças e telecomunicações (PESCH; WOEGINGER, 2012). Entretanto, mais recentemente pesquisadores têm se debruçado sobre problemas de PO derivados de novas aplicações e ambientes, como questões relativas a agendamentos em sistemas descentralizados, bioinformática e processos de gestão operacional hospitalar, tornando a assistência médica não apenas uma área importante para utilização da pesquisa operacional, mas também um contexto no qual a pesquisa vem amplificando seu espectro continuamente (PESCH; WOEGINGER, 2012).

Especificamente na pesquisa voltada à área hospitalar, diversos estudos enfatizam a importância da otimização da alocação do bloco cirúrgico, visto o crescimento da demanda por tratamentos cirúrgicos e o número limitado de salas cirúrgicas disponíveis nos hospitais (VAN HOUDENHOVEN *et al.*, 2008; VANTEENKISTE *et al.*, 2012), além do fato de serem estas salas as unidades hospitalares mais caras (BAUMGART *et al.*, 2008).

Essa busca pela otimização é realizada, em muitos casos, por meio da análise de índices operacionais associados à sala de operação. O índice de ocupação da sala cirúrgica descreve a razão entre a utilização possível e a utilização real das salas cirúrgicas, contemplando os tempos dos procedimentos cirúrgicos e, em muitos casos, os tempos dos procedimentos pré e pós-cirurgia (GROTE *et al.*, 2008), mas as pesquisas referem e investigam ainda outros índices operacionais que medem a otimização, resistência ou sobrecarga

dessas unidades hospitalares (NEPOTE; MONTEIRO; HARDY, 2009).

Outros estudos buscam avaliar a otimização da carga de trabalho e do rendimento do paciente por meio da proposição de um número ótimo de salas de operação de processamento paralelo nos casos de transferência e uso de unidades de cuidado pós-anestesia (SOKAL *et al.*, 2006), ao passo que alguns analisam a otimização da utilização da sala cirúrgica considerando o fluxo e a cooperação entre processos e atividades envolvidas (RIEDL, 2003; JOAQUIM; VIEIRA, 2009; SILVA; ARNDT, 2013) ou da identificação de lacunas e ineficiências operacionais desses processos (GIROTTI; KOLTZ; DRUGAS, 2010).

A definição dos níveis ótimos de pessoal de enfermagem em salas de cirurgia, especialmente quando há incerteza sobre a carga de trabalho diária, tem sido também foco de estudos nos últimos anos (HE *et al.*, 2012), assim como a investigação do impacto nos custos totais para os hospitais do atraso na disponibilidade das salas cirúrgicas, quando a demanda se aproxima da capacidade total (DHUPAR *et al.*, 2011), ou da postergação ou cancelamento de procedimentos cirúrgicos (LAU *et al.*, 2010).

Outros aspectos relacionados à análise financeira também são abordados, como a alocação da capacidade do bloco cirúrgico com base em considerações de retorno financeiro práticas, o que, muitas vezes, pode suscitar conflito entre as políticas hospitalares tradicionais e as políticas motivadas por limitações econômicas, que sugerem uma indefinição a respeito da forma pela qual a eficiência ou a alocação do bloco cirúrgico devem ser analisadas (GROTE *et al.*, 2009). De qualquer maneira, a consideração sobre essa eficiência não pode ser minimizada, e a busca de estratégias que conduzam a ela tem sido proposta pela literatura também em razão dos custos crescentes e lucros decrescentes associados a essas unidades (BAUMGART *et al.*, 2008).

Assim, o planejamento e o agendamento das salas cirúrgicas de um hospital são um conhecido desafio dentro do campo da pesquisa operacional aplicada ao serviço de saúde; entretanto, seu impacto na prática é ainda compreendido como bastante limitado, visto que a organização e cultura de um hospital e as características

inerentes a seus processos podem impôr questões de implantação específicas que afetam o sucesso de abordagens de planejamento (VAN OOSTRUM; BREDENHOFF; HANS, 2010).

De toda forma, estudos sugerem que o esforço para evitar a subutilização ou superutilização do bloco cirúrgico por meio do planejamento de sua otimização deve ser observado e perseguido sempre que possível (GROTE *et al.*, 2010).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O método adotado pelo estudo está fundamentado nos moldes de uma pesquisa-diagnóstico seguida de experimento e no uso de modelagem matemática para descrever e representar a alocação de salas de um centro cirúrgico de um hospital brasileiro. Seguem a consequente validação e a análise de sensibilidade do modelo.

No que se refere à condução do experimento, esta foi definida a partir da execução das seguintes etapas: (1) definição e planejamento – por meio da formulação e análise do problema; da determinação da organização a ser estudada; e da formulação do modelo conceitual; (2) coleta e análise dos dados – por meio do protocolo de coleta de dados; da coleta e registro dos dados; e do tratamento dos dados (classificação, estratificação e análise estatística); (3) modelagem e experimentação – com a tradução e validação do modelo; a modelagem de cenários; e a experimentação dos cenários; (4) discussão – de modo a realizar a análise dos resultados da modelagem e a análise comparativa dos cenários; (5) conclusão – para apresentar a síntese conclusiva, limitações e sugestões de pesquisas futuras.

Com relação aos dados, estes foram coletados mediante pesquisa documental nos registros da organização, compreendendo informações institucionais e descritivas de procedimentos; entrevistas semiestruturadas com ocupantes dos cargos associados ao objeto deste estudo; pesquisa documental em artigos de mídia com dados secundários sobre o contexto no qual se estabelecem as organizações hospitalares; e registros administrativos de dados operacionais das atividades do CC.

4. RESULTADOS

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos em cada etapa do projeto de pesquisa, contemplando: (1) definição e planejamento; (2) preparação, coleta e análise dos dados; e (3) modelagem e experimentação.

4.1. Definição e planejamento

Na etapa de definição e planejamento da pesquisa, identificou-se o contexto a ser estudado mediante levantamento de informações gerais sobre a organização, incluindo características de sua infraestrutura e objetivos perseguidos, a partir do que formulou-se o problema a ser resolvido e o modelo conceitual, para posterior análise de cenários.

4.1.1 Organização estudada

Do ponto de vista organizacional, o hospital deste estudo de caso, aqui referido apenas como “HPT” para fins de confidencialidade, possui um número fixo de diferentes departamentos e um Centro Cirúrgico (CC) comum a todos. Cada departamento possui seu próprio grupo de cirurgiões e sua própria ala com um número determinado de leitos para recuperação de seus pacientes. Cada grupo de cirurgiões está envolvido em uma única especialidade médica, que engloba algumas patologias similares; usualmente, o hospital possui um número de cirurgiões igualmente qualificados, os quais se intercalam no atendimento cirúrgico de seus pacientes. O CC em comum compreende 15 salas de operação, em sua grande maioria idênticas, que são compartilhadas por todos os grupos para a realização de cirurgias.

Assim, enquanto os leitos hospitalares são alocados para cada ala de forma fixa, as salas de cirurgia são oferecidas aos grupos de cirurgiões de forma distribuída por tempo. Claramente, então, salas de cirurgia são os recursos compartilhados mais importantes, seguidos dos leitos.

A Instituição é considerada um hospital de grande porte de Porto Alegre (RS). Atua nos modelos de atendimento particular e conveniado, por meio de 40 empresas parceiras, oferecendo serviços de 31 especialidades, clínicas e cirúrgicas, 19 tipos de exames diagnósticos e tratamentos, 263 leitos para internação e 36 leitos em salas de recuperação.

A instituição está em pleno processo de transformação estrutural e apresenta um planejamento cujas metas são:

- a) garantia da qualidade – com a redução de erros médicos e melhoria contínua dos processos, visando o aumento do *marketshare* por meio do incremento da competitividade;
- b) melhoria no acesso – com a ampliação do setor de emergência e do número de convênios atendidos, possibilitando o incremento da demanda mediante o oferecimento de novos produtos a mercados ainda não atendidos;
- c) economia de custos – com o aumento da eficiência e da taxa de ocupação, visando evitar gastos desnecessários, por meio de proposições de valor social e também econômico.

4.1.2. Formulação e análise do problema

A partir do objetivo de melhoria no acesso aos serviços, o HPT assume, implicitamente, a ideia de que deverá administrar um aumento de demanda com o consequente aumento da capacidade de atendimento. Com a reforma das instalações em andamento, o HPT deverá, em breve, abrir as portas de um novo setor de Emergência, cuja estimativa de atendimento prevê o dobro de sua capacidade atual, o que certamente trará implicações para o CC. Entretanto não está previsto, até o momento, um aumento do número de salas cirúrgicas.

Dessa forma, este trabalho se propõe a analisar a capacidade de atendimento da demanda cirúrgica atual pelo CC do HPT, identificando se já está sendo utilizada a alocação ótima das salas, com o objetivo de verificar se o CC terá condições de assimilar a nova demanda originada no setor de Emergência sem a ampliação de sua infraestrutura. Em caso negativo, é proposta, mediante a análise de cenários, a configuração ótima que mantenha uma alta taxa de ocupação do CC, de maneira a evitar alocação deficitária de suas salas e, conseqüentemente, aumento de custos e diminuição da rentabilidade da Instituição. Para tanto, o primeiro cenário a ser modelado é o atual, pois assim é possível identificar se os resultados exibidos pelo modelo correspondem ao contexto real. A partir dessa análise, poder-se-á verificar a taxa de ocupação atual do CC nos dias e períodos de atendimento.

Após isso, o modelo é executado com os dados relativos à demanda projetada aumentada, possibilitando identificar o impacto na taxa de ocupação do CC se se mantiver o contexto atual, ou seja, infraestrutura, dias e períodos usuais de atendimento.

A partir do conjunto de dados fornecido pelo HPT, foram identificadas as ocorrências dos

procedimentos segundo a especialidade e a qualificação: tipo de procedimento, caráter do atendimento (cirurgia eletiva ou urgente) forma de atendimento (particular ou convênio) e local de atendimento (sala do ambulatório ou CC). Dessa forma, conforme o código do procedimento, tem-se que:

Tabela 1 – Porcentuais de ocorrência dos procedimentos por qualificação

Especialidade	Caráter do Atendimento		Forma de Atendimento		Local do Atendimento	
	Eletiva	Urgente	Partic.	Conv.	Amb.	CC
Cirurgia do Aparelho Digestivo e Órgãos Anexos	96,27	3,73	5,69	94,31	5,19	94,81
Cirurgia Plástica e Reconstructora	99,26	0,74	8,24	91,76	72,39	27,61
Ortopedia e Traumatologia	96,71	3,29	4,94	95,06	1,13	98,87
Cirurgia Plástica Estética	99,90	0,10	98,56	1,44	1,34	98,66
Urologia	97,99	2,01	9,33	90,67	6,47	93,53
Angiologia – Cirurgia Vascular e Linfática	95,17	4,83	1,53	98,47	31,68	68,32
Ginecologia e Obstetria	99,09	0,91	2,42	97,58	0,61	99,39
Neurocirurgia	97,39	2,61	2,14	97,86	-	100,00
Oftalmologia	100,00	-	-	100,00	1,20	98,80
Otorrinolaringologia	100,00	-	8,96	91,04	0,84	99,16
Demais	96,72	3,28	11,69	88,31	18,91	81,09
Totais	97,64	2,36	15,27	84,73	17,56	82,44

Fonte: Elaborada pelas Autoras.

Cabe ressaltar que os porcentuais de ocorrência de cada tipo de procedimento referem-se ao número total de procedimentos, ou seja, aos 100%, enquanto os porcentuais analíticos, relativos à forma de atendimento e caráter, referem-se ao total de cada especialidade. A linha de total exibe a participação de cada qualificador de procedimento – caráter eletivo ou urgente, atendimento particular ou convênio – no montante total de procedimentos analisados.

4.1.3. Formulação Matemática

Conjuntos

P : procedimentos cirúrgicos, com elementos $p \in P$ numerados conforme codificação da Classificação Brasileira Hierarquizada de Procedimentos Médicos (AMB, 2010) e da Terminologia Unificada de Saúde Suplementar (ANS, 2009), sendo $P = \{13000004, 14000008, \dots, 99999900\}$

C : identificador do caráter do procedimento, com elementos $c \in C$, sendo $C = \{0, 1\}$

Esta pesquisa propõe a utilização de um modelo matemático discreto que recai sobre uma função a ser maximizada, sujeita a restrições, e que é composta de parâmetros e variáveis de decisão. Os parâmetros contemplam conjuntos de dados, elementos envolvidos no processo de construção do Mapa Cirúrgico simulado, e dados fixos que informam ao modelo os valores de requerimentos, restrições ou forma de relacionamento entre os conjuntos.

- F : identificador da forma de atendimento, com elementos $f \in F$, sendo $F = \{0, 1\}$
- L : identificador do local do procedimento, com elementos $l \in L$, sendo $L = \{0, 1\}$
- D : conjunto de dias da semana, com elementos $d \in D$, sendo $D = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$
- S : conjunto de salas cirúrgicas, com elementos $s \in S$, sendo $S = \{6A, 6B, 6C, 6D, 7A, 7B, 7C, 7D, 7X, 7Y, 7Z, 8A, 8B, 8C, 8D\}$

Parâmetros

- Y_{sd} : procedimentos realizados na sala s no dia d
- β_s : número médio de procedimentos realizados na sala s
- δ_{pf} : tempo médio do procedimento p e forma de atendimento f
- λ_l : duração média da higienização de sala cirúrgica em local l
- Z_{pcfld} : procedimentos p realizados, de caráter c , da forma f , no local l , no dia d ; calculados em função de δ_{pf} e λ_l
- α_{pcfld} : ocorrência média do procedimento p , de caráter c , da forma f , no local l , no dia d
- K_{sd} : horas diárias alocadas na sala s no dia d
- γ_{sd} : horas diárias disponíveis para alocação da sala s no dia d

As variáveis de decisão são incógnitas a serem determinadas pela solução do modelo. Estas variáveis são definidas conforme abaixo, sendo

compreendidas como a alocação do procedimento cirúrgico p , de caráter c , com forma de atendimento f , em local l , no dia d , na sala s :

$$X_{pcflds}, \quad (1)$$

A função objetivo do modelo é dada por:

$$\text{Maximizar} \quad \sum_{p \in P} \sum_{c \in C} \sum_{f \in F} \sum_{l \in L} \sum_{d \in D} \sum_{s \in S} \quad (2)$$

Sujeita às seguintes restrições:

$$Y_{sd} \geq \beta_s \quad \forall s \in S, d \in D \quad (3)$$

$$Z_{pcfld} \geq \alpha_{pcfld} \quad \forall p \in P, c \in C, f \in F, l \in L, d \in D \quad (4)$$

$$K_{sd} \leq \gamma_{sd} \quad \forall s \in S, d \in D \quad (5)$$

$$X_{pcflds} \geq 0 \quad | \quad X \in \mathbb{N} \quad (6)$$

Neste caso, os valores das variáveis (1) retornadas por meio da execução do modelo comporão o Mapa Cirúrgico simulado, com base na função objetivo (2), que visa maximizar o tempo de alocação das salas cirúrgicas em determinado período da semana.

Com relação às condições para execução do modelo, estas restrições dizem respeito ao número de procedimentos realizados em cada sala cirúrgica (3), ao número de procedimentos de determinado caráter, forma e local realizados (4), ao tempo de alocação diária de cada sala (5) e à necessidade de a variável de decisão retornar um número natural (6).

4.2. Dados do modelo

O planejamento da coleta foi elaborado em reunião com funcionários responsáveis pelo CC e pelo setor de TI do HPT, na qual foram identificados os dados existentes e aqueles a serem produzidos para a formulação do modelo, assim como a viabilidade de sua extração a partir do sistema de gestão de cirurgias instalado na organização.

Constatou-se a inexistência de dados referentes aos horários de início e término de atividades específicas realizadas dentro da Sala Cirúrgica, como hora de entrada e saída do paciente da sala e hora de início e término da anestesia, informação que tornaria o cálculo da duração das atividades e procedimentos mais analítico, oferecendo a possibilidade adicional de experimento de otimização das atividades realizadas no CC.

Obtiveram-se, entretanto, os horários de início e término do procedimento cirúrgico, o que permite responder à questão proposta por esta pesquisa de forma plenamente satisfatória.

4.2.1. Coleta e registro dos dados

Para a execução do modelo foram utilizados dados reais referentes a procedimentos cirúrgicos realizados nas 15 salas do CC do HPT, no período de 01/01/2012 a 31/07/2012, e que correspondem a: (a) código do procedimento; (b) nome do procedimento; (c) médico-cirurgião; (d) convênio; (e) setor; (f) sala; (g) caráter do procedimento; (h) porte do procedimento; (i) data/hora início prevista; (j) duração prevista; (k) data/hora de entrada; (l) duração real; (m) data/hora início real; (n) data/hora término real.

Entretanto, como não existem, no sistema de gestão de cirurgias da organização, dados específicos relativos aos tempos da atividade de limpeza das salas, foi estimada uma média de 15 minutos para essa atividade, exclusivamente para as salas cirúrgicas, a partir de informações fornecidas por uma funcionária representante do setor que administra o CC. Para o registro, com vistas no posterior tratamento e processamento dos dados, que inclui a análise estatística e a transformação destes em informação a ser utilizada pelo modelo, os dados foram armazenados em planilha eletrônica *Microsoft Excel®*, contabilizando 11.535 elementos para análise.

4.2.2. Tratamento dos dados

Primeiramente, foi realizada a avaliação de consistência das informações, com o objetivo de identificar e corrigir a falta de apontamento em algum campo nos registros de procedimentos realizados no CC. A incompatibilidade entre campos, por equívocos no cadastramento ou qualquer outro motivo, também foi corrigida antes que se procedesse à análise estatística dessas informações.

Após esta etapa, os 11.535 procedimentos foram tabulados e consolidados com o auxílio do *software Microsoft Excel®*, sendo classificados, logo a seguir, segundo a orientação da Classificação Brasileira Hierarquizada de Procedimentos Médicos (AMB, 2010) e da Terminologia Unificada de Saúde Suplementar (ANS, 2009), nas 31 especialidades médicas. Obtiveram-se, a partir dessa classificação, as tabelas de: (a) nomenclatura de procedimentos por especialidade médica; (b) procedimentos realizados no período; (c) procedimentos realizados no período via convênio e particular; (d) procedimentos realizados no período de caráter eletivo e urgente; (e) procedimentos realizados no período em salas ambulatoriais ou cirúrgicas do CC; (f) tempo de atendimento dos procedimentos/sala/caráter; (g) ocupação diária das salas por tempo de procedimento; (h) procedimentos, realizados no período, por especialidade.

A seguir, foi analisada a distribuição de frequência dos procedimentos executados, a partir da qual foi identificada maior assiduidade de dez especialidades, que correspondem a 77,30% do

total de procedimentos realizados. As demais especialidades foram agrupadas computando-se os restantes 22,7% do total. Os percentuais de

ocorrência de cada categoria encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 – Ocorrência das especialidades (%)

Código	Descrição do Procedimento	Ocorrência em %
43000000	Cirurgia do Aparelho Digestivo e Órgãos Anexos	13,71
54000000	Cirurgia Plástica e Reconstructora	12,93
52000000	Ortopedia e Traumatologia	10,01
99999900	Cirurgia Plástica Estética	9,03
56000000	Urologia	8,18
39000000	Angiologia – Cirurgia Vascular e Linfática	7,36
45000000	Ginecologia e Obstetrícia	5,72
49000000	Neurocirurgia	3,65
50000000	Oftalmologia	3,62
51000000	Otorrinolaringologia	3,09
11111111	Demais	22,70
Totais		100,00

Fonte: Elaborada pelas Autoras.

A análise estatística dos dados coletados, assim como daqueles obtidos no modelo simulado, foi realizada com um nível de confiança de 95%, obtendo-se as médias de duração, em minutos, de cada especialidade, para atendimento ambulatorial e cirúrgico, conforme pode ser observado na Tabela 3.

Tal procedimento possibilita que, futuramente, possa ser realizado experimento com os valores mínimos dos intervalos, para possível análise da capacidade de alocação máxima do CC, e com os valores máximos, para aproximação do modelo com o cenário real, caso se apresentem diferenças significativas nos resultados comparativos entre ambos.

Tabela 3 – Médias de duração dos procedimentos

Código	Descrição do Procedimento	Duração Média em Minutos – n.c. 95%	
		Proc. Cirúrgicos	Proc. Ambulatoriais
43000000	Cirurgia do Aparelho Digestivo e Órgãos Anexos	128,30	38,21
54000000	Cirurgia Plástica e Reconstructora	135,10	34,79
52000000	Ortopedia e Traumatologia	128,82	29,76
99999900	Cirurgia Plástica Estética	164,75	35,57
56000000	Urologia	99,97	31,44
39000000	Angiologia – Cirurgia Vascular e Linfática	105,00	40,36
45000000	Ginecologia e Obstetrícia	107,20	65,25
49000000	Neurocirurgia	95,44	-
50000000	Oftalmologia	44,50	30,04
51000000	Otorrinolaringologia	105,19	28,66
11111111	Demais	105,23	34,70

Fonte: Elaborada pelas Autoras.

Tabela 4 – Cenário Atual Simulado: Ocorrências dos procedimentos por qualificação (%)

Salas	Médias Diárias		Eficiência
	Número de Procedimentos	Tempo de Ocupação em minutos	% ocupação
Cirúrgicas	44	5.770,00	66,78
Ambulatoriais	9	321,92	14,90
Totais	53	6.091,92	56,41

Fonte: Elaborada pelas Autoras.

Tabela 5 – Cenário Atual Simulado: Médias diárias analíticas de utilização do CC

Salas	Médias Diárias		Salas	Médias Diárias	
	Número de Procedimentos	Tempo de Ocupação em minutos		Número de Procedimentos	Tempo de Ocupação em minutos
6A	4	486,60	7A	3	716,12
6B	3	431,46	7B	3	429,90
6C	4	539,25	7C	3	479,95
6D	3	683,70	7D	4	705,10
8A	4	469,94	7X	3	109,76
8B	2	287,64	7Y	4	139,16
8C	5	110,44	7Z	2	73,00
8D	6	429,90			

Fonte: Elaborada pelas Autoras.

Comparando-se as médias diárias de ocupação das salas, o número de procedimentos realizados e a eficiência dessa alocação, retornados pelo experimento (tabelas 4 e 5), com os valores obtidos pela análise estatística dos dados

coletados (tabelas 6 e 7), observa-se uma aproximação significativa, o que sugere a validação do modelo para a continuidade da análise da capacidade cirúrgica com o experimento de cenários futuros.

Tabela 6 – Cenário Atual: Médias diárias consolidadas de utilização do CC

Salas	Médias Diárias		Eficiência
	Número de Procedimentos	Tempo de Ocupação em minutos	% Ocupação
Cirúrgicas	44	5.885,93	68,12
Ambulatoriais	9	333,94	15,40
Totais	53	6.220,87	57,60

Fonte: Elaborada pelas Autoras.

Tabela 7 – Cenário Atual: Médias diárias analíticas de utilização do CC

Salas	Médias Diárias		Salas	Médias Diárias	
	Número de Procedimentos	Tempo de Ocupação em minutos		Número de Procedimentos	Tempo de Ocupação em minutos
6A	4,02	424,80	7A	3,98	460,63

6B	3,41	400,77
6C	3,68	394,27
6D	2,84	357,57
8A	3,82	527,32
8B	3,83	506,17
8C	3,97	505,52
8D	2,70	314,90

7B	3,89	445,33
7C	3,83	466,95
7D	4,89	421,68
7X	4,64	166,01
7Y	2,98	100,54
7Z	1,93	67,39

Fonte: Elaborada pelas Autoras.

4.2.3. Modelagem e Análise de Sensibilidade

A modelagem dos panoramas futuros contemplou o objetivo de experimento de três proposições:

- (1) cenário A: de aumento da demanda cirúrgica emergencial em 50%;
- (2) cenário B: de aumento da demanda cirúrgica por convênio em 30%;
- (3) cenário C: de locação máxima da capacidade cirúrgica.

A partir desses derivados é analisada a proposição de novos contextos, com vistas na

identificação da alocação ótima do CC nestas novas condições de demanda.

Cenário A

Nas condições propostas para o cenário A, tem-se um aumento da demanda emergencial em 50%, o que implica também, por consequência, alterações nas demais distribuições qualificadoras de procedimentos. Isso significa que um aumento no número de procedimentos urgentes provoca um aumento no número de procedimentos particulares ou por convênio e no número de procedimentos ambulatoriais ou cirúrgicos, de acordo com sua distribuição porcentual. Essas alterações podem ser conferidas na Tabela 8.

Tabela 8 – Cenário A: Porcentuais de ocorrência dos procedimentos por qualificação

Descrição do Procedimento	% Caráter		% Forma		% Local	
	Eletiva	Urgente	Partic.	Conv.	Amb.	CC
Cirurgia do Aparelho Digestivo e Órgãos Anexos	94,53	5,47	5,65	94,35	5,22	94,78
Cirurgia Plástica e Reconstructora	98,93	1,07	8,28	91,72	72,34	27,66
Ortopedia e Traumatologia	95,14	4,86	4,94	95,06	1,11	98,89
Cirurgia Plástica Estética	99,81	0,19	98,56	1,44	1,34	98,66
Urologia	96,96	3,04	9,34	90,66	6,51	93,49
Angiologia – Cirurgia Vascular e Linfática	92,98	7,02	1,61	98,39	31,76	68,24
Ginecologia e Obstetrícia	98,64	1,36	2,41	97,59	0,60	99,40
Neurocirurgia	96,24	3,76	2,11	97,89	-	100,00
Oftalmologia	100,00	-	-	100,00	1,20	98,80
Otorrinolaringologia	100,00	-	8,96	91,04	0,84	99,16
Demais	95,15	4,85	11,69	88,31	18,9	81,10
Totais	96,51	3,49	15,18	84,82	17,56	82,44

Fonte: Elaborada pelas Autoras.

Executando o modelo de programação linear inteira em condições de otimalidade, obtiveram-se os resultados exibidos nas tabelas 9 e 10.

Tabela 9 – Cenário A: Médias diárias consolidadas de utilização do CC

Salas	Médias Diárias		Eficiência
	Número de Procedimentos	Tempo de Ocupação em minutos	% Ocupação
Cirúrgicas	46	6.034,05	69,84
Ambulatoriais	10	362,28	16,77
Totais	56	6.396,33	59,23

Fonte: Elaborada pelas Autoras.

Tabela 10 – Cenário A: Médias diárias analíticas de utilização do CC

Salas	Médias Diárias		Salas	Médias Diárias	
	Número de Procedimentos	Tempo de Ocupação em minutos		Número de Procedimentos	Tempo de Ocupação em minutos
6A	5	670,36	7A	5	601,15
6B	3	431,46	7B	3	467,39
6C	3	444,02	7C	3	360,69
6D	2	230,67	7D	5	479,00
8A	4	573,20	7X	4	150,30
8B	4	719,00	7Y	3	104,37
8C	4	486,79	7Z	3	107,61
8D	5	570,32			

Fonte: Elaborada pelas Autoras.

Cenário B

Nas condições propostas para o cenário B, tem-se um aumento do atendimento via convênios

em 30%, o que implica, também, alterações nas demais distribuições (Tabela 11).

Tabela 11 – Cenário B: Porcentuais de ocorrência dos procedimentos por qualificação

Descrição do Procedimento	% Caráter		% Forma		% Local	
	Eletiva	Urgente	Partic.	Conv.	Amb.	CC
Cirurgia do Aparelho Digestivo e Órgãos Anexos	94,45	3,55	4,44	95,56	4,93	95,07
Cirurg. Plástica e Reconstructora	99,32	0,68	6,46	93,54	69,00	31,00
Ortopedia e Traumatologia	96,90	3,10	3,84	96,16	1,08	98,92
Cirurgia Plástica Estética	99,90	0,10	98,09	1,91	1,34	98,66
Urologia	98,08	1,92	7,33	92,67	6,17	93,83
Angiologia – Cirurgia Vasculare Linfática	95,45	4,55	1,18	98,82	30,00	70,00
Ginecologia e Obstetrícia	99,18	0,82	1,88	98,12	0,59	99,41
Neurocirurgia	97,43	2,57	1,65	98,35	-	100,00
Oftalmologia	100,00	-	-	100,00	1,11	98,89
Otorrinolaringologia	100,00	-	7,03	92,97	0,88	99,12
Demais	96,86	3,14	9,24	90,76	18,09	81,91
Totais	97,72	2,28	12,17	87,83	14,00	86,00

Fonte: Elaborada pelas Autoras.

Executando o modelo de programação linear inteira em condições de otimalidade, para este

cenário B, obtiveram-se os resultados exibidos nas tabelas 12 e 13.

Tabela 12 – Cenário B: Médias diárias consolidadas de utilização do CC

Salas	Médias Diárias		Eficiência
	Número de Procedimentos	Tempo de Ocupação em minutos	% Ocupação
Cirúrgicas	58	7.502,33	86,83
Ambulatoriais	12	422,85	19,58
Totais	70	7.925,18	73,38

Fonte: Elaborada pelas Autoras.

Tabela 13 – Cenário B: Médias diárias analíticas de utilização do CC

Salas	Médias Diárias		Salas	Médias Diárias	
	Número de Procedimentos	Tempo de Ocupação em minutos		Número de Procedimentos	Tempo de Ocupação em minutos
6A	6	716,12	7A	5	595,89
6B	3	443,80	7B	5	695,47
6C	4	573,72	7C	4	573,20
6D	5	714,31	7D	7	658,50
8A	4	503,99	7X	3	104,10
8B	4	719,00	7Y	3	249,10
8C	5	632,10	7Z	2	69,65
8D	6	676,23			

Fonte: Elaborada pelas Autoras.

Cenário C

Diferentemente dos cenários A e B anteriores, nos quais o modelo trabalha unicamente com igualdade na definição das restrições de procedimentos para que realize a distribuição de um número exato de procedimentos, conforme a demanda calculada projetada, nas condições propostas para o Cenário C parte-se da condição de igualdade na busca pela alocação ótima do CC.

Isso significa identificar a utilização máxima das 15 salas cirúrgicas e ambulatoriais, no período das 12 horas diárias de atividade, contabilizando

720 minutos por sala e 10.800 minutos totais diários, respeitadas as ocorrências mínimas de cada especialidade e de qualificadores dos procedimentos.

O objetivo desta experimentação é identificar o limite atual para atendimento cirúrgico diário do CC, dentro das condições de infraestrutura atual oferecidas, com 12 salas cirúrgicas e 3 ambulatoriais.

Os resultados deste experimento de programação linear em condições de 5% de aproximação inteira constam nas tabelas 14 e 15.

Tabela 14 – Cenário C: Médias diárias consolidadas de utilização do CC

Salas	Médias Diárias		Eficiência
	Número de Procedimentos	Tempo de Ocupação em minutos	% Ocupação
Cirúrgicas	65	8.252,99	95,52
Ambulatoriais	62	2.143,23	99,22
Totais	127	10.396,22	96,26

Fonte: Elaborada pelas Autoras.

Tabela 15 – Cenário C: Médias diárias analíticas de utilização do CC

Salas	Médias Diárias		Salas	Médias Diárias	
	Número de Procedimentos	Tempo de Ocupação em minutos		Número de Procedimentos	Tempo de Ocupação em minutos
6A	5	719,92	7A	6	706,33
6B	6	720,00	7B	6	716,12
6C	5	695,40	7C	5	627,70
6D	5	719,10	7D	7	673,51
8A	6	720,00	7X	20	711,17
8B	4	689,35	7Y	22	719,33
8C	5	646,60	7Z	20	712,73
8D	5	618,96			

Fonte: Elaborada pelas Autoras.

5. DISCUSSÃO

Com a análise comparativa das informações oferecidas por este estudo, observa-se, em um primeiro momento, que os resultados tanto da análise estatística (Tabela 6), de 57,60%, como da modelagem do cenário real (Tabela 4), de 56,41%, exibem uma ocupação média deficitária do CC, sugerindo que o hospital comportaria o atendimento da demanda aumentada nos dois cenários A e B projetados.

Uma observação interessante, que diz respeito aos percentuais totais de utilização do CC, relaciona-se com a economia de escala que se apresenta apenas na modelagem do cenário B, a qual exibe uma taxa de ocupação total superior a 70%. Isso sugere que, no cenário atual, e mesmo com aumento de demanda cirúrgica emergencial em 50%, os custos do hospital com relação ao CC ainda não atingiram um ponto de equilíbrio favorável. Entretanto, essa capacidade produtiva não aproveitada pode, com o replanejamento dos

recursos ou processos, possibilitar um ganho potencial significativo.

Evidentemente, o cenário C, que exibe uma alocação forçada, apresenta porcentual máximo de 96,26% de utilização (Tabela 14), o que indica que a infraestrutura do CC do HPT apresenta, ainda, margem para atendimento da demanda crescente.

No cenário real, as salas do CC apresentam médias de alocação díspares (Tabela 16), o que orienta para a necessidade de uma revisão dos critérios de planejamento da distribuição das salas, que incluiria a análise tanto dos indicadores de tempo reservado e real utilizado pelas equipes cirúrgicas, como de início previsto e início real dos procedimentos, de forma a identificar o tempo intervalar ocioso entre as cirurgias. Este tempo não utilizado impacta significativamente no porcentual de eficiência na utilização do CC, pois se torna tecnicamente indisponível para alocação pelo sistema de agendamento de cirurgias.

Tabela 16 – Comparativo de ocupação porcentual entre cenários

Salas	Médias % Diárias de Ocupação				
	Cenário Real	Cenário Real Modelado	Cenário A Modelado	Cenário B Modelado	Cenário C Modelado
6A	59,00	67,58	93,11	99,46	99,99
6B	55,66	59,93	59,93	61,64	100,00
6C	54,76	74,90	61,57	79,68	96,58
6D	49,66	94,96	32,04	99,21	99,88
8A	73,24	65,27	79,61	70,00	100,00
8B	70,30	39,95	99,86	99,86	95,74
8C	70,21	15,34	67,61	87,79	89,81
8D	43,74	59,71	79,21	93,92	85,97
7A	63,98	99,46	83,49	82,76	98,10
7B	61,85	59,71	64,92	96,59	99,46
7C	64,85	66,66	50,10	79,61	87,18
7D	58,57	97,93	66,53	91,46	93,54
7X	23,06	15,24	20,88	14,46	98,77
7Y	13,96	19,33	14,50	34,60	99,91
7Z	9,36	10,14	14,95	9,67	98,99

Fonte: Elaborada pelas Autoras.

Embora o modelo tenha se apresentado significativamente aderente ao cenário real em 97,93% com relação à eficiência na alocação, em 100% no número de procedimento alocados e em 97,92% no que diz respeito ao tempo alocado, mostrando-se plenamente capaz de simular cenários futuros diversos, aproximações maiores podem ser possíveis mediante o refinamento dos tempos de intervalo para limpeza, definidos conforme o procedimento, em vez do tempo-padrão de 15 minutos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresenta os resultados de uma pesquisa aplicada cuja finalidade concentrou-se no uso da programação linear para desenvolvimento de um modelo computacional que possibilitasse a identificação do dimensionamento e alocação ótimas do Centro Cirúrgico da organização hospitalar HPT.

A metodologia empregada partiu de uma pesquisa-diagnóstico na qual foi identificado o contexto a ser estudado, por meio do levantamento de informações gerais sobre a organização e, particularmente, sobre a dinâmica do CC e sua problemática. Isso incluiu a identificação das características de sua infraestrutura, de sua utilização e dos objetivos a serem perseguidos, a partir do que formulou-se o problema a ser resolvido e o modelo conceitual, para experimento dos cenários atual e de aumento

de demanda prevista pela organização com a abertura de um novo setor de Emergência. As etapas metodológicas seguiram a definição e planejamento da investigação no contexto específico do CC; a coleta e análise dos dados sobre os procedimentos cirúrgicos realizados; a modelagem, validação do cenário atual e experimento de cenários futuros de demanda aumentada de utilização do CC, finalizando com a discussão dos resultados destas simulações.

A discussão revelou que o uso da modelagem computacional e o experimento de cenários são comprovadamente ferramentas importantes para a análise da capacidade produtiva e a tomada de decisão em Centros Cirúrgicos, especialmente em razão do grande número de variáveis envolvidas nesses processos. O diferencial da modelagem é a possibilidade que ela oferece de solução de problemas de alto grau de complexidade, que resultam na inflação da quantidade de variáveis físicas a manipular e controlar, e que, por isso, inviabilizam sua prototipação através da experimentação real. Adicionalmente, a modelagem computacional é interessante como ferramenta de gestão organizacional porque busca superar a incerteza na evolução do problema sob análise e sobre as variáveis deste problema.

Esta pesquisa, por sua vez, procurou analisar os resultados de uma aplicação bastante corrente na indústria e que trata da modelagem sob a ótica da análise da capacidade operacional, mas, neste

caso, de um Centro Cirúrgico Hospitalar. A motivação envolveu a extrema importância e o alto custo do setor e, portanto, sua necessidade premente não apenas de eficácia, mas também de eficiência, para que possa atender o maior número de pacientes.

O modelo computacional desenvolvido comprovou não apenas sua competência para simular a realidade simplificada de alocação de um Centro Cirúrgico de um hospital de grande porte de Porto Alegre, como também sua capacidade para projetar cenários de alocação diferenciada de demanda cirúrgica, contribuindo como ferramenta de apoio à decisão no que diz respeito à infraestrutura do Centro Cirúrgico e, potencialmente, aos processos envolvidos na alocação dos ambientes disponibilizados por ele.

Adicionalmente, o diferencial deste trabalho, em relação aos demais aqui referidos e que buscam analisar a capacidade operacional de centros cirúrgicos, é ele modelar a alocação a partir de características presentes em determinadas salas. Habitualmente, esses estudos utilizam índices operacionais do centro cirúrgico, como taxa de ocupação, índice de sobrecarga, índice de otimização e outros indicadores calculados de forma agregada a partir da soma dos tempos de todas as salas do centro cirúrgico. Isso certamente distorce os resultados para análise, uma vez que, na prática, alguns procedimentos cirúrgicos exigem determinada infraestrutura não disponível em todas as salas do bloco, tornando aquelas que dispõem desses equipamentos específicos recursos raros dentro de um conjunto de recursos escassos. Considerar, portanto, essa particularidade no planejamento da capacidade de alocação do centro cirúrgico, aspecto contemplado neste estudo, torna-se um atributo importante da ferramenta que visa contribuir para a melhoria do gerenciamento da capacidade alocacional.

Motivada por esta pesquisa, a busca de estudos sobre o tema sugere que a modelagem matemática como instrumento de apoio à decisão vem sendo utilizada há bastante tempo em instituições hospitalares de outros países, especialmente a simulação computacional para o setor de emergência, a qual pode oferecer uma visão mais analítica sobre os processos de atendimento nesse ambiente. Entretanto, comparativamente a outros países como Estados Unidos e Alemanha, a

análise do referencial teórico indica que uma intensificação de estudos brasileiros sobre a aplicação da pesquisa operacional em ambientes hospitalares ainda é necessária.

Sugere-se, assim, para pesquisas futuras, a modelagem dos processos envolvidos na operacionalização das salas, com o levantamento dos tempos intermediários de todas as atividades envolvidas em cada procedimento realizado no CC, a fim de que se investigue se existem possibilidades de melhoria na duração dos mesmos, para agilizar a alocação do CC como um todo.

7. REFERÊNCIAS

ABEL-SMITH, B. The control of health care costs and health reform in the european community. As reformas dos sistemas de saúde. In: ENCONTRO NACIONAL DA APES, 4., 1996, Lisboa. *Anais...* Lisboa: Associação Portuguesa de Economia da Saúde, 1996. p. 9-25.

AMB. Associação Médica Brasileira. *Classificação Brasileira Hierarquizada de Procedimentos Médicos, 2010*. Disponível em: <http://www.amb.org.br/teste/cbhpm/cbhpm_2010.pdf>. Acesso em: 20 maio 2012.

ANS. Agência Nacional de Saúde Suplementar. *Classificação Brasileira Hierarquizada de Procedimentos Médicos.*, 2009. Disponível em: <<http://www.tuss.org.br>>. Acesso em: 20 maio 2012.

BAUMGART, A. *et al.* Computer simulation in operating room management: Impacts on process design and performance. *Anesthesiologie & Intensivmedizin*, v. 49, p. 332-343, 2008.

BORBA, G. S.; RODRIGUES, H. Simulação computacional aplicada a sistemas hospitalares. *READ – Revista Eletrônica de Administração da UFRGS*, 8. ed., v. 4, n. 1, jul./ago. 1998. Disponível em: <http://www.read.ea.ufrgs.br/edicoes/pdf.php?cod_artigo=169&cod_edicao=32&titulo_p=PESQUISA>. Acesso em: 14 maio 2012.

COLIN, E. C. *Pesquisa Operacional – 170 aplicações em estratégia, finanças, logística,*

produção, marketing e vendas. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos, 2007. 524 p.

COSTA, M. A. *O Planejamento como tecnologia de gestão qualificando o cuidado e o ensino em saúde*. Tese (Mestrado em Ciências da Saúde) - Faculdade de Medicina da UFMG, Belo Horizonte. 2006.

CREEMERS, S.; BELIËN, J.; LAMBRECHT, M. The optimal allocation of server time slots over different classes of patients. *European Journal of Operational Research*, v. 219, n. 3, p. 508-521, 2012. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2011.10.045>>.

DHUPAR, R. *et al.* Delayed operating room availability significantly impacts the total hospital costs of an urgent surgical procedure. *Surgery*, v. 150, n. 2, p. 299-305, 2011. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.surg.2011.05.005>>.

GIROTTO, J. A.; KOLTZ, P. F.; DRUGAS, G. Optimizing your operating room: Or, why large, traditional hospitals don't work? *International Journal of Surgery*, v. 8, n. 5, p. 359-367, 2010. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijss.2010.05.002>>.

GROTE, R. *et al.* Operation room management: From degree of utilization to distribution of capacities. *Anaesthesist*, v. 57, n. 9, p. 882-892, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1007/s00101-008-1418-7>>.

GROTE, R. *et al.* The "OR Income Index" - Distribution of OR capacities based on revenue analysis. *Anesthesiologie & Intensivmedizin*, v. 50, p. 538-550, 2009.

GROTE, R. *et al.* Quality of OR planning. *Anaesthesist*, v. 59, n. 6, p. 549-554, 2010. <<http://dx.doi.org/10.1007/s00101-010-1726-6>>.

HARPER, P. R.; KNIGHT, V. A.; MARSHALL, A. H. Discrete conditional phase-type models utilising classification trees: Application to modelling health service capacities. *European Journal of Operational Research*, v. 219, n. 3, p. 522-530, 2012. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2011.10.035>>.

HE, B. *et al.* The Timing of Staffing Decisions in Hospital Operating Rooms: Incorporating Workload Heterogeneity into the Newsvendor Problem. *Manufacturing & Service Operations Management*, v. 14, n. 1, p. 99-114, 2012. <<http://dx.doi.org/10.1287/msom.1110.0350>>.

IZADY, N.; WORTHINGTON, D. Setting staffing requirements for time dependent queuing networks: The case of accident and emergency departments. *European Journal of Operational Research*, v. 219, n. 3, p. 531-540, 2012. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2011.10.040>>.

JOAQUIM, E. D.; VIEIRA, G. E. Modelagem e análise de um novo centro cirúrgico para um hospital em crescimento: uma abordagem baseada em simulação. *Production*, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 274-291, 2009. <<http://dx.doi.org/10.1590/s0103-65132009000200005>>.

LAU, H. K. *et al.* Retrospective analysis of surgery postponed or cancelled in the operating room. *Journal of Clinical Anesthesia*, v. 22, n. 4, p. 237-240, 2010. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclinane.2009.10.005>>.

MACHADO, S. E. P. Redução da taxa de cancelamento de cirurgias através da otimização do processo assistencial. Porto Alegre: Escola Nacional de Administração Pública, 2003. Disponível em: <http://inovacao.enap.gov.br/index.php?option=com_docman&task=doc_detail_s&gid=260>. Acesso em: 25 maio 2012.

MASTRANTONIO, M. A.; GRAZIANO, K. U. Proposta de um instrumento de avaliação dos padrões de qualidade de uma unidade de centro cirúrgico ajuizado por especialistas. *O mundo da saúde*, São Paulo, v. 26, n. 2, 2002.

NEPOTE, M. A.; MONTEIRO, I. U.; HARDY, E. Associação entre os índices operacionais e a taxa de ocupação de um centro cirúrgico geral. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, v. 17, n. 4, p. 529-534, 2009. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0104-11692009000400015>>.

PERROCA, M. G.; JERICÓ, M. D.; FACUNDIN, S. D. Cancelamento cirúrgico em um hospital escola: implicações sobre o gerenciamento de custos. *Revista Latino-Americana de*

- Enfermagem*, v. 15, n. 5, p. 1018-1024, 2007. <<http://dx.doi.org/10.1590/S01041169200700050021>>.
- PESCH, E.; WOEGINGER, G. Guest editorial to the special issue "Operations Research in Health Care". *European Journal of Operational Research*, v. 219, n. 3, p. 489-490, 2012. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2011.11.001>>.
- POSSARI, J. F. *Centro cirúrgico: planejamento, organização e gestão*. 4. ed. São Paulo: Iátria, 2009. 288 p.
- RAGSDALE, C. T. *Modelagem e análise de decisão*. São Paulo: Cengage Learning, 2010. 608 p.
- RIEDL, S. Modern operating room management in the workflow of surgery. Spectrum of tasks and challenges of the future. *Anaesthesist*, v. 52, n. 10, p. 957-963, 2003.
- SCHWARTZMAN, S. Pesquisa acadêmica, pesquisa básica e pesquisa aplicada em duas comunidades científicas. Jan. 1979. Disponível em: <http://www.schwartzman.org.br/simon/acad_ap.htm>. Acesso em: 15 fev. 2013.
- SILVA, J. A.; ARNDT, A. B. M. Índices operacionais e taxa de ocupação de leito de centro cirúrgico. *Acta de Ciências e Saúde*, v. 1, n. 2, p. 1-7, 2013.
- SOKAL, S. M. *et al.* Maximizing operating room and recovery room capacity in an era of constrained resources. *Archives of Surgery*, v. 141, n. 4, p. 389-393, 2006. <<http://dx.doi.org/10.1001/archsurg.141.4.389>>.
- STEPANIAK, P. S. *et al.* Human and artificial scheduling system for operating rooms. In: HALL, R. *Handbook of Healthcare System Scheduling*. Los Angeles: Springer, 2012. p. 155-175. <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4614-1734-7_7>.
- VAN HOUDENHOVEN, M. *et al.* Fewer intensive care unit refusals and a higher capacity utilization by using a cyclic surgical case schedule. *Journal of Critical Care*, v. 23, n. 2, p. 222-226, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jcrc.2007.07.002>>.
- VAN OOSTRUM, J. M.; BREDENHOFF, E.; HANS, E. W. Suitability and managerial implications of a master surgical scheduling approach. *Annals of Operations Research*, v. 178, n. 1, p. 91-104, 2010. <<http://dx.doi.org/10.1007/s10479-009-0619-z>>.
- VANTEENKISTE, N. *et al.* Reallocation of operating room capacity using the due-time model. *Medical Care*, v. 50, n. 9, p. 779-784, 2012. <<http://dx.doi.org/10.1097/MLR.0b013e3182549eb9>>.

