

Rudy de Barros Ahrens
(Organizador)

**COLETÂNEA NACIONAL SOBRE ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO 3: GESTÃO DA PRODUÇÃO**

Atena Editora
Curitiba – Brasil
2017

2017 by Rudy de Barros Ahrens

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Edição de Arte e Capa: Geraldo Alves

Revisão: Os Autores

Conselho Editorial

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho (UnB)

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior (UFAL)

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto (UFPEL)

Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall'Acqua (UNIR)

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson (UTFPR)

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior (UEPG)

Profª Drª Lina Maria Gonçalves (UFT)

Prof. Dr. Takeshy Tachizawa (FACCAMP)

Profª Drª Ivone Goulart Lopes (Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice)

Prof. Dr. Carlos Javier Mosquera Suárez (UDISTRITAL/Bogotá-Colombia)

Prof. Dr. Gilmei Francisco Fleck (UNIOESTE)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

C694

Coletânea nacional sobre engenharia de produção 3: gestão da produção / Organizador Rudy de Barros Ahrens. – Curitiba (PR): Atena Editora, 2017.
--

644 p. : il. ; 11.487 kbytes

Formato: PDF

ISBN 978-85-93243-23-3

DOI 10.22533/at.ed.2330404

Inclui bibliografia

1. Administração de produção. 2. Engenharia de produção. 3. Gestão da produção. I. Ahrens, Rudy de Barros. II. Título.

CDD-658.5

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

2017

Proibida a reprodução parcial ou total desta obra sem autorização da Atena Editora

www.atenaeditora.com.br

E-mail: contato@atenaeditora.com.br

Capítulo XXX

MODELAGEM DOS PROCESSOS DE AQUISIÇÃO DE UMA ORGANIZAÇÃO HUMANITÁRIA DO ESTADO DE SANTA CATARINA

Victor Jacobsen, Fabiana Santos Lima e Ricardo Villarroel Dávalos.....425

Capítulo XXXI

O DESAFIO DO DIMENSIONAMENTO DA CAPACIDADE DE UMA UNIDADE DE PRONTO ATENDIMENTO: CONTRIBUIÇÕES DA OTIMIZAÇÃO ESTOCÁSTICA

Ana Carolina Pereira de Vasconcelos Silva, Daniel Bouzon Nagem Assad, Thaís Spiegel e Antônio Márcio Tavares Thomé.....439

Capítulo XXXII

O IMPACTO NA PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO DEVIDO À INTEGRAÇÃO DAS CAMADAS DE CONTROLE AVANÇADO E DE SCHEDULING NA INDÚSTRIA DE PROCESSOS

Eugênio Pacelli Costa, Paulo Rogério Politano, Maurício Figueiredo, Wu Hong Kwong.....453

Capítulo XXXIII

OTIMIZAÇÃO DA CAPACIDADE PRODUTIVA DO SETOR DE ACABAMENTO DE UMA INDÚSTRIA DE CONFECÇÃO LOCALIZADA EM FORTALEZA-CE

Camila Dáfine de Lima, Marina Arruda Araújo, Lara Barreira Ferreira e Maxweel Veras Rodrigues.....466

Capítulo XXXIV

PERCEPÇÕES DE GERENTES E SUBORDINADOS SOBRE KAIZEN EM UMA MULTINACIONAL MINERADORA DE FERRO

Paulo Evangelista dos Santos Júnior, Diego Luiz Teixeira Boava, Fernanda Maria Felício Macedo Boava e Natália Luisa Felício Macedo.....480

Capítulo XXXV

PREVISÃO DE DEMANDA: UM ESTUDO PRÁTICO EM EMPRESAS PARAIBANAS

Helen Silva Gonçalves, Alyne Dantas de Carvalho e Alane Maria Miguel Oliveira.....495

Capítulo XXXVI

REDES INTERORGANIZACIONAIS, APLS/CLUSTERS E SUAS VANTAGENS NO MUNDO MODERNO

Rafael Guedes Ferreira.....507

Capítulo XXXVII

REVISÃO DA LITERATURA DE DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS: PRINCIPAIS DETERMINANTES OBTIDOS ATRAVÉS DE UMA PESQUISA EMPÍRICA

CAPÍTULO XXXI

O DESAFIO DO DIMENSIONAMENTO DA CAPACIDADE DE UMA UNIDADE DE PRONTO ATENDIMENTO: CONTRIBUIÇÕES DA OTIMIZAÇÃO ESTOCÁSTICA

**Ana Carolina Pereira de Vasconcelos Silva
Daniel Bouzon Nagem Assad
Thaís Spiegel
Antônio Márcio Tavares Thomé**

O DESAFIO DO DIMENSIONAMENTO DA CAPACIDADE DE UMA UNIDADE DE PRONTO ATENDIMENTO: CONTRIBUIÇÕES DA OTIMIZAÇÃO ESTOCÁSTICA

Ana Carolina Pereira de Vasconcelos Silva

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro,
Puc-Rio, Departamento de Engenharia Industrial
Rio de Janeiro - RJ

Daniel Bouzon Nagem Assad

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro,
Puc-Rio, Departamento de Engenharia Industrial
Rio de Janeiro - RJ

Thaís Spiegel

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, UERJ
Departamento de Engenharia Industrial
Rio de Janeiro - RJ

Antônio Márcio Tavares Thomé

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro,
Puc-Rio, Departamento de Engenharia Industrial
Rio de Janeiro - RJ

RESUMO: Projetar operações em saúde refere-se a um objeto complexo, de nível estratégico, que engloba, por exemplo, tomar decisões sobre o tamanho da unidade de saúde. No que tange ao dimensionamento de recursos para unidades hospitalares, o cenário brasileiro é limitado a instrumentos normativos que presumem um dimensionamento médio e agregado. O presente artigo utiliza um modelo de programação matemática estocástica para dimensionar a capacidade, associada à quantidade de recursos humanos, de uma unidade de pronto atendimento tipo III (UPAIII). Como resultado, a inviabilidade do cálculo do valor da solução estocástica (VSS), que mede o benefício obtido em se considerar a incerteza para obtenção da solução, indica que uma decisão de contratação baseada na demanda média (solução determinística) geraria impossibilidade de atendimento ao cenário da alta demanda ao nível de serviço estabelecido. Evidencia, portanto, uma fragilidade nos instrumentos normativos e expõem-se alternativas para o mesmo através da construção de um modelo matemático estocástico.

PALAVRAS-CHAVE: gestão de operações em saúde, dimensionamento de capacidade, programação matemática estocástica, unidade de pronto atendimento.

1. INTRODUÇÃO

Em várias regiões do mundo, a indústria da saúde está enfrentando um dilema devido aos baixos padrões de qualidade dos serviços ofertados e, ao mesmo tempo, forte pressão para aumentar eficiência e produtividade e reduzir custos (VAHATALO & KALLIO, 2015; SPIEGEL & ASSAD, 2016). No que diz respeito

aos custos, no Brasil, cada entrada de um paciente representa aproximadamente US \$ 76,50 em uma unidade de emergência e US \$ 56,50 por consulta médica (incluindo exames médicos adicionais) (GUIMARÃES JR et al., 2015).

Por princípio constitucional, a população tem direito à saúde, sendo esse um dever do Estado, sem a previsão de limites (BRASIL, 1988). No entanto, mesmo considerada a pertinência desse direito universal, diferenças e dificuldades pragmáticas surgem à medida que se questiona de onde saem os recursos necessários para sustentar tal direito (TIEGHI, 2013). Afinal, conforme definido por Hollnagel et al. (2013, p.59), a assistência à saúde é “um sistema aberto, extenso e amplamente efetivo, caracterizado por grande volume de pessoas, comportamentos emergentes e adaptativos ao longo do tempo”.

Neste contexto, projetar operações em saúde refere-se a um objeto complexo, de nível estratégico, que engloba, por exemplo, tomar decisões sobre o tamanho da unidade de saúde e sua localização, quais linhas de cuidado serão disponibilizadas, qual a política de estoque de materiais hospitalares, qual sistema de TI implantar conforme o aparato regulatório, entre outras (SPIEGEL et al., 2016). Já a gestão refere-se às decisões e ações que ocorrem dentro dos limites definidos pelo projeto do sistema operacional. Tratam-se, por exemplo, de atividades como a implementação de políticas, procedimentos e estratégias, tomada de decisões contingentes, coordenação de processos, identificação e solução de problemas, resposta a incerteza e aos problemas imprevistos e o incentivo às pessoas (SPIEGEL, 2013). Em alguns casos particulares, como as unidades hospitalares de emergência, soma-se que o sistema fica sujeito a picos de demanda desencadeados por eventos externos e, portanto, não controláveis, onde cada paciente apresenta um conjunto único de necessidades (SMITH et al., 2007). Dessa forma, esse sistema precisa ser projetado para lidar com variabilidades em um cenário em que existe uma incompatibilidade entre os investimentos e sua demanda em potencial (HALL, 2013).

Com relação ao dimensionamento de recursos humanos para unidades hospitalares, o cenário brasileiro é delimitado principalmente por instrumentos normativos do Ministério da Saúde e resoluções dos conselhos médico e de enfermagem. O dimensionamento imposto por instrumentos normativos presume uma demanda fixa e categorizada por tipo de unidade (tipo I, tipo II e tipo III), sem considerar as variabilidades e especificidades da unidade em questão (perfil da demanda, característica dos profissionais que atuam na unidade, disponibilidade de recursos em tempo real, entre outras). Frente a esta potencial inconsistência, o presente artigo se propõe a utilizar uma ferramenta de modelagem matemática para definir, por programação linear estocástica, a quantidade de recursos humanos necessários em diferentes cenários. Na busca por este objetivo, reconhece que o processo de atendimento do paciente na unidade de pronto socorro está sujeito a incertezas, tais como quantidade de pacientes que são admitidos no hospital ao longo do dia, o percentual de cada tipo de paciente (classificados por gravidade clínica) e a duração do atendimento (SILVA et al, 2016).

2.PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA

Do ponto de vista de sua natureza, a presente pesquisa é aplicada, pois tem como objetivo gerar conhecimentos para solucionar problemas específicos e práticos. Aborda o problema de forma quantitativa, tratando as informações estatisticamente de forma que possam ser classificadas, agrupadas e analisadas (SILVA & MENEZES, 2005). Adota-se uma metodologia centralmente exploratória, que tem como objetivo tornar o problema explícito ou construir hipóteses (GIL, 2007), com levantamento bibliográfico e análise de casos e dados (HART, 1999). Com relação aos procedimentos técnicos adotados, o referencial teórico é construído com base em revisão da literatura.

O método utilizado para construção da pesquisa consiste em três etapas. A primeira refere-se à construção do referencial teórico, descrita na seção 3. A segunda consiste na construção do modelo matemático, descrita na seção 4. A seguinte, apresentada na seção 5, traz os resultados e análises que emergem da utilização de dados reais no modelo proposto.

Para construção do referencial teórico, foi utilizada como base de busca a SCOPUS com as palavras-chave (emergency) AND (departament OR hospital) AND (math* OR program* OR model*) AND (stochastic*), usando os filtros (TITLE-ABS-KEY). Dos 83 artigos resultantes da busca, foi realizada leitura de todos os resumos e, após discussão e formação de consenso entre os autores, foram selecionados 12 como relevantes e aderentes ao tema da pesquisa. Estes tiveram suas leituras realizadas na íntegra para a construção do referencial teórico.

Para formulação do modelo matemático, foram adotadas algumas premissas simplificadoras do problema, expostas na seção 4. Considerando essas premissas, o modelo determinístico foi construído contando com uma função objetivo (minimização de custo com recursos humanos e de formação de filas) e as restrições de nível de serviço (atendimento da demanda comparada à fila máxima estabelecida como parâmetro) e quantidade mínima de funcionários que devem estar disponíveis na unidade. Em seguida, foram elaborados os cenários levando-se em consideração a incerteza da demanda de pacientes, sendo estes a base para elaboração do modelo estocástico.

A base de dados utilizada foi construída pelos autores a partir de medições in loco em uma Unidade de Saúde inserida no SUS, de onde foram selecionados a demanda agregada por janelas temporais, os percentuais de cada tipo de paciente e os tempos médios de atendimento (transformados em taxas de atendimento) para parâmetros no modelo.

3.REFERENCIAL TEÓRICO

3.1.Gestão de operações de saúde

O alto volume de pacientes, os fluxos de pacientes no sistema de saúde, a

disponibilidade de insumos, equipamentos e procedimentos, o conhecimento médico cada vez mais especializado, o rápido desenvolvimento da tecnologia empurrando a fronteira do conhecimento e criando pressões para a atualização constante da engenharia clínica, a rápida elevação dos custos assistenciais, todos esses fatores tornam o projeto e a gestão das organizações de saúde um desafio sem paralelo em outros setores de atividade econômica. O resultado são filas crescentes, assistência fragmentada, usuários e profissionais insatisfeitos, pressão da sociedade por melhorias, e grande espaço para aumento da produtividade (HOPP & LOVEJOY, 2012).

Pedroso & Malik (2011) destacam, portanto, algumas questões relevantes no que diz respeito à gestão em saúde. A primeira delas é a amplitude do escopo da saúde, que vai desde a perspectiva positiva (bem-estar) até a perspectiva patológica, de forma que o impacto na vida reforça sua relevância social. Destacam também sua importância econômica, uma vez que as ineficiências na gestão de saúde significam consideráveis desperdícios de recursos financeiros. Além disso, por possuir uma cadeia de valor fragmentada, pode acarretar decisões locais que não permitem aumentar o valor gerado. Dessa forma, colocam como desafio maximizar os resultados e minimizar os custos, alinhando o projeto e gestão de operações de saúde à complexidade de seus produtos e serviços, estágio de maturidade do conhecimento médico, entre outras variáveis.

De acordo com Litvak (2009), o fluxo de um sistema hospitalar pode ser afetado por variabilidades naturais e artificiais. As naturais são aquelas cujos parâmetros não são mensuráveis, dentre elas a variabilidade profissional (assimetria de conhecimento, experiência dos profissionais de saúde), a variabilidade clínica (pacientes entram com doenças e quadros clínicos diferentes, e apresentam respostas diferentes mesmo quando submetidos ao mesmo tratamento) e a variabilidade de fluxo (pacientes não chegam a uma taxa determinada, mas sim quando necessitam de assistência médica). As variabilidades naturais são, portanto, de natureza aleatória e devem ser gerenciadas no dia a dia. As variabilidades artificiais possuem parâmetros mensuráveis, tais como as atreladas a práticas de agendamento (um agendamento que vise maximização da ocupação de recursos, por exemplo, pode gerar conflito com o atendimento do paciente de emergência, acarretando o cancelamento de uma ou mais cirurgias eletivas), gerenciamento do fluxo do paciente (tratar o fluxo de pacientes de emergência em um hospital de forma agregada não distinguindo pacientes com quadros mais graves pode aumentar as taxas de óbito) e disponibilidade de recursos (a indisponibilidade de leitos de CTI ou enfermaria, equipamentos, recursos humanos, entre outros, pode aumentar filas, acarretar cancelamentos de cirurgias e aumentos das taxas de óbito). Tratam-se, portanto, de variabilidades de natureza não aleatória e devem ser eliminadas.

3.2.Unidade de Pronto Atendimento tipo III

Uma Unidade de Pronto Atendimento possui uma característica peculiar: pacientes simplesmente “aparecem”, estando sujeito a picos agudos desencadeados por eventos externos e, portanto, não controláveis onde cada paciente apresenta um conjunto único de necessidades (SMITH et al., 2007). De acordo com a Portaria nº 2648 do Ministério da Saúde (Brasil, 2011), a UPA 24h é o estabelecimento de saúde de complexidade intermediária situado entre a Atenção Básica à Saúde e a Rede Hospitalar. Assim sendo, deve compor uma rede organizada de atenção às urgências, sendo implantada em locais/unidades estratégicas para a configuração da rede de atenção às urgências, em conformidade com a lógica de acolhimento (pré-classificação) e de classificação de risco, observadas as seguintes diretrizes: (i) funcionar de modo ininterrupto nas 24 (vinte e quatro) horas do dia e em todos os dias da semana, incluídos feriados e pontos facultativos; e (ii) possuir equipe multiprofissional interdisciplinar compatível com seu porte. A portaria nº 342, de 4 de março de 2013 (BRASIL, 2013) define um número mínimo de médicos para cada porte de UPA 24h. Para a UPA porte III, objeto de estudo da presente pesquisa, define-se 6 médicos para o atendimento de 7 às 19 horas e 3 médicos para atendimento de 19 às 7 horas. Para este porte, considera-se um atendimento médio de 350 pacientes por dia.

3.3.Programação matemática na área da saúde

O alto volume de pessoas chegando ao departamento de emergência é uma das questões mais relevantes na gestão de saúde. As causas, a natureza e a definição do problema mudaram de forma contínua e novas soluções têm surgido (MAZIER et al., 2010). A amplitude de variação da demanda no contexto de atendimento de emergência é estudada no âmbito quantitativo há quase cinco décadas. Em 1970, por exemplo, Shonick (1970) propôs abordar a utilização dos recursos de emergência com um modelo estocástico sujeito a uma variável aleatória, qual seja: a quantidade de pacientes de emergência. Este modelo foi testado para diferentes curvas de demanda e teve como objetivo encontrar a melhor utilização dos recursos do hospital.

Lamiri et al. (2008) propõe um modelo matemático estocástico para tratar ambas as demandas de pacientes eletivos e de emergência, de forma a minimizar os custos relativos para cirurgia de pacientes eletivos. Diversos modelos são propostos destacando a importância do fator estocástico para os casos de modelagem em emergência (Mazier et al., 2010), principalmente da demanda (Boutsioli, 2010; Chockalingam et al., 2010; Feng et al., 2015) com objetivo de otimizar a utilização de recursos críticos (Hammami, 2003; Ahmed & Alkhamis, 2009 e Tancrez et al., 2012), recursos humanos (Feng et al., 2015; Chen & Wang, 2016) e de diminuir o tempo médio de permanência do paciente na unidade (Chen

& Wang, 2016).

Omar et al. (2015) afirmam que a capacidade de atendimento de um departamento de emergência depende principalmente da disponibilidade de recursos humanos e leitos para os pacientes. Dessa forma, propõem um modelo estocástico de programação inteira mista que se resolve por uma abordagem de aproximação pela média dos tempos de espera e os resultados são avaliados por um modelo de simulação de eventos discretos.

Gillard & Knight (2014) apontam que apesar da maioria dos modelos levarem em consideração variações estocásticas nos seus dados de entrada, nem todos consideram variações sazonais e os demais efeitos estocásticos que possam existir ao longo do processo de atendimento. Neste contexto, reforçam que um grande desafio da gestão na saúde envolve o planejamento sob incerteza e propõem uma técnica que combina séries temporais e teoria de filas para melhorar os algoritmos existentes que tem como objetivo dimensionar o staff (médicos do quadro fixo da unidade).

4.CONSTRUÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO

Nesta seção apresenta-se a construção do modelo matemático, a partir dos índices, parâmetros e variáveis utilizados da Tabela 10 e das restrições que devem ser respeitadas. Em seguida, são elencadas algumas premissas adotadas que representam simplificações da realidade para a modelagem realizada.

Tabela 10- Índices, parâmetros e variáveis utilizados no modelo matemático

Índices:	Parâmetros:	Variáveis:
<i>p</i> : posto de trabalho	<i>demanda_posto</i> _{p,r,t,s}	<i>QTD_PROFSSIONAL</i> _p : quantidade de profissionais por posto
<i>r</i> : risco do paciente	<i>taxa_profissional</i> _{p,r}	
<i>t</i> : janelas de tempo	<i>custo_profissional</i> _p	
<i>s</i> : cenário	<i>quant_min_profissional</i> _p	<i>FILA_POSTO</i> _{p,r,t,s} : fila de pacientes de cada tipo em cada posto por período em cada cenário
	<i>necessidade_salas</i> _p	
	<i>fila_maxima</i> _{p,r}	
	<i>probabilidades</i> _s	<i>FILA_AUX</i> _{p,r,t,s} : fila artificial que absorve ociosidade
	<i>prioridade</i> _r	
	<i>custo_total</i>	
		<i>EO_custo_e_nivel_servico</i>

Função objetivo:

$$\text{Min } \sum_{p,s} \text{custo}_{\text{profissional}_p} \cdot \text{QTD}_{\text{PROFSSIONAL}_p} + \sum_{p,r,t,s} \text{prioridade}_r \cdot \text{probabilidade}_s \cdot \text{FILA}_{\text{POSTO}_{p,r,t,s}} \quad (1)$$

Sujeito à:

$$\text{demanda_posto}_{p,r,t,s} \cdot \text{probabilidade}_s - (\text{taxa_profissional}_{p,r} \cdot \text{QTD_PROFSSIONAL}_p) \leq$$

$$fila_maxima_{p,r}; \forall p, r, s, t \quad (2)$$

$$QTD_PROFISSIONAL_p \geq quant_min_profissionais_p; \forall p \quad (3)$$

$$\begin{aligned} & FILA_POSTO_{p,r,t,s} - FILA_AUX_{p,r,t,s} \\ & = demanda_posto_{p,r,t,s} \\ & - (taxa_profissional_{p,r} \cdot QTD_PROFISSIONAL_p); \forall p, r, s, t \quad (4) \end{aligned}$$

$$QTD_PROFISSIONAL_p, FILA_POSTO_{p,r,t,s}, FILA_AUX_{p,r,t,s} \geq 0 \quad (5)$$

A equação (1) representa a direção de minimização do modelo. Assim, deseja-se minimizar os custos totais dos profissionais alocados na unidade e as filas formadas por demandas maiores que a capacidade de atendimento. A equação (2) representa a formação de fila máxima em cada posto, evidenciadas pela diferença entre a demanda do posto e sua taxa de atendimento. Assim, adotando-se como parâmetro um valor para a fila máxima, estabelece-se uma restrição que representa o nível de serviço mínimo que se pretende atingir. A equação (3) diz respeito à necessidade de uma quantidade mínima de funcionários que deve ser obedecida de forma a garantir o funcionamento da unidade de saúde. A equação (4) trata-se do balanço entre fila e taxa de atendimento, para acompanhamento da formação de fila em cada posto. As equações indicadas em (5) tratam do domínio das variáveis que emergem do modelo.

Como premissas adotadas, tem-se que (i) as taxas de atendimento dependem apenas do posto e do tipo de paciente; (ii) todo paciente de qualquer tipo é atendido no mesmo período em que entrou (no máximo em 4 horas); (iii) o paciente não desiste do atendimento até o atendimento médico; (iv) o risco do paciente é conhecido a priori e o “erro” de atribuição é possível somente no primeiro posto para o caso de paciente de risco azul classificado como verde; (v) o paciente não desiste do atendimento até o atendimento médico. Essas premissas são importantes para justificar a aderência do modelo.

5.RESULTADOS E ANÁLISES

O modelo matemático foi implementado na ferramenta AIMMS e seus resultados foram utilizados para os cálculos das medidas de qualidade da solução estocástica (BORTOLOSSI & PAGNONCELLI, 2006). A intenção é medir de forma precisa o quão longe se está da informação perfeita (cálculo do EVPI) e o quanto de otimalidade está sendo perdida ao se desprezar a incerteza (cálculo do VSS) (OLIVEIRA, 2013).

Cálculo das medidas:

EVPI (Expected Value of Perfect Information): mede o valor máximo que o tomador de decisões estaria disposto a pagar pela informação completa (e precisa) sobre o que acontecerá no futuro.

EVPI = |RP – WS| (Valor esperado da informação perfeita)

- RP (resource problem): consiste da solução do modelo estocástico, considerando todos os cenários simultaneamente. Também chamada de solução aqui-e-agora (here-and-now).
- WS (wait-and-see): solução espere-e-veja, caso se pudesse esperar pela realização da incerteza antes de tomar uma decisão ótima (“bola de cristal”). Considera uma média ponderada (com a probabilidade de cada cenário ocorrer) do modelo determinístico para cada cenário.

VSS (Value of Stochastic Solution): mede o benefício obtido em se considerar a incerteza para obtenção da solução, quando comparada ao que se teria feito sem levar em conta a incerteza;

$VSS = |EEV - RP|$ (Valor da solução estocástica)

- EEV (valor esperado da solução): calcula-se a solução do modelo determinístico no cenário médio e fixa-se essa solução para cada um dos 3 cenários de demanda, para que essa solução possa ser avaliada considerando a incerteza.

Figura 8 – Cálculo do EVPI

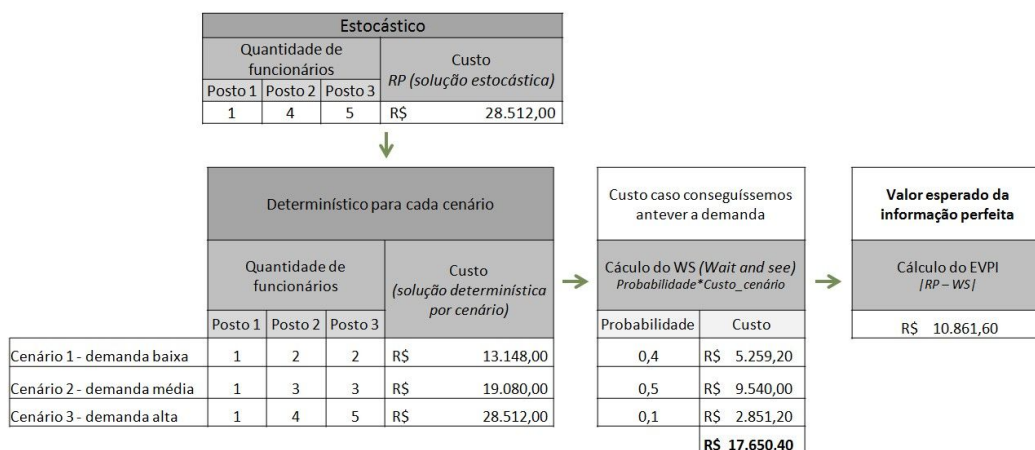
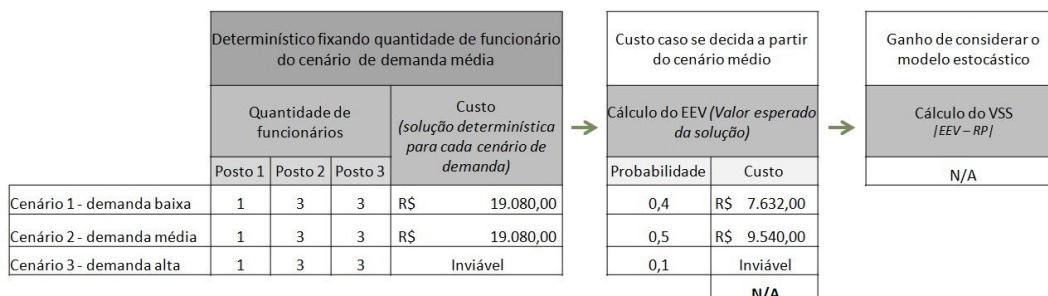


Figura 9 – Cálculo do VSS



O cálculo do EVPI (Figura 8) releva o valor máximo que deve ser investido para se obter a informação perfeita. Indica, portanto, que se deveria gastar até R\$ 10.861,60 com previsão de demanda para se reduzir os custos totais de profissionais até aqueles gerados pelo wait-and-see (“bola de cristal”).

Construir o modelo estocástico se justifica na medida em que o resultado de um modelo determinístico para uma demanda média (decisão tomada a partir da demanda mais provável) não atenderia ao cenário de alta demanda (vide inviabilidade para o cenário 3 no cálculo do VSS – Figura 9). A inviabilidade indica que não é possível medir o benefício obtido em se considerar a incerteza para obtenção da solução o que evidencia a importância, para este caso, de se considerar cenários de demanda para gerar um planejamento de capacidade que garanta melhor atendimento a um nível de serviço definido a priori.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo realizado permitiu descrever o problema de dimensionamento de recursos humanos para atendimento da demanda do paciente de urgência e emergências de uma UPA e explicitar a fragilidade dos instrumentos normativos que, atualmente, são os parâmetros que regem o funcionamento destas unidades. No caso, evidenciou-se a quantidade ótima de funcionários para atendimento da demanda considerando suas variações e o problema de se tomar uma decisão de contratação a partir da demanda média, o que permite discutir a pertinência do marco regulatório e propor melhorias ou alternativas para o mesmo.

A modelagem realizada permitiu levar em consideração estocasticidade na demanda, sendo, portanto, uma contribuição relevante não apenas para a academia, que vem desenvolvendo modelos que se aproximam da realidade das unidades de saúde, como também para a prática, na medida em que viabiliza, através dos resultados, tomada de decisão estratégica por parte daqueles que tem como objeto Unidades de Pronto Atendimento.

No entanto, a realidade conta com estocasticidade em outras variáveis como perfil da demanda, tempos de atendimento, de forma que vale destacar a relevância de trabalhos futuros que contemplem estes desafios enfrentados na prática. Vale ainda destacar que este tipo de unidade faz parte de uma rede interconexa. Assim, são também relevantes estudos que avaliem a relação de transferência de demanda entre essas unidades que compõem o sistema de saúde.

REFERÊNCIAS

AHMED, Mohamed A.; ALKHAMIS, Talal M. **Simulation optimization for an emergency department healthcare unit in Kuwait. European Journal of Operational Research**, v. 198, n. 3, p. 936-942, 2009.

BOUTSIOLI, Zoe. **Forecasting the stochastic demand for inpatient care: the case of the Greek national health system. Health services management research**, v. 23, n. 3, p. 116-120, 2010.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado, 1988.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.648, de 7 de novembro de 2011. **Redefine as diretrizes para implantação do Componente Unidade de Pronto Atendimento (UPA 24h) e do conjunto de serviços de urgência 24 (vinte e quatro) horas da Rede de Atenção às Urgências, em conformidade com a Política Nacional de Atenção às Urgências.** Gabinete do Ministro, Brasília, DF, n. -, 8 nov. 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 342, de 4 de março de 2013. **Redefine as diretrizes para implantação do Componente Unidade de Pronto Atendimento (UPA 24h) em conformidade com a Política Nacional de Atenção às Urgências, e dispõe sobre incentivo financeiro de investimento para novas UPA 24h (UPA Nova) e UPA 24h ampliadas (UPA Ampliada) e respectivo incentivo financeiro de custeio mensal.** Gabinete do Ministro, Brasília, DF, n. -, 4 mar. 2013.

BORTOLOSSI, Humberto José; PAGNONCELLI, Bernardo Kulnig. **Uma introdução à Otimização sob Incerteza.** III Bienal da Sociedade Brasileira de Matemática, 2006.

CHEN, T. L.; WANG, C. C. **Multi-objective simulation optimization for medical capacity allocation in emergency department.** *Journal of Simulation*, v. 10, n. 1, p. 50-68, 2016.

CHOCKALINGAM, Arun; JAYAKUMAR, Krishna; LAWLEY, Mark A. **A stochastic control approach to avoiding emergency department overcrowding.** In: *Simulation Conference (WSC), Proceedings of the 2010 Winter.* IEEE, 2010. p. 2399-2411.

FENG, Yen-Yi; WU, I.-Chin; CHEN, Tzu-Li. **Stochastic resource allocation in emergency departments with a multi-objective simulation optimization algorithm.** *Health care management science*, p. 1-21, 2015.

GIL, A. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** São Paulo, Atlas, 2007

GILLARD, Jonathan; KNIGHT, Vincent. **Using Singular Spectrum Analysis to obtain staffing level requirements in emergency units.** *Journal of the Operational Research Society*, v. 65, n. 5, p. 735-746, 2014.

GUIMARÃES JR, D., JO SOARES, E., FERRAZ JR, G., MEDEIROS, D. **Attributes and circumstances that induce inappropriate health services demand: a study of the health sector in Brazil.** *BMC health services research*, v. 15, n. 1, p. 65, 2015.

HALL, R. **Patient flow: reducing delay in healthcare delivery.** Springer Science & Business Media, v.206, 2013.

HAMMAMI, S., JEBALI, A., LADET, P., & HADJ ALOUANE, A. **Approche multi-objectifs pour l'introduction de l'urgence dans le programme opératoire**, 5ème Congrès International de Génie Industriel (CIGI'03). 2003.

HART, C. **Doing a literature review: Releasing the social science research imagination**. Sage, 1998.

HOLLNAGEL, E.; BRAITHWAITE, J.; WEARS, R. **Resilient Health Care**. Surrey: Ashgate, 2013.

HOPP, W. J.; LOVEJOY, W.S. **Hospital operations**. FT Press, Upper Saddle River, 2013.

LAMIRI, M.; XIE, X.; DOLGUI, A.; GRIMAUD. **A stochastic model for operating room planning with elective and emergency demand for surgery**. *European Journal of Operational Research*, v. 185, n. 3, p. 1026-1037, 2008.

LITVAK, E. **Managing patient flow in hospitals: strategies and solutions**. 2nd ed. Oakbrook Terrace (IL): Illinois Joint Commission Resources, 2010.

MAZIER, A.; XIE, X.; SARAZIN, M. **Scheduling inpatient admission under high demand of emergency patients**. In: *Automation Science and Engineering (CASE), 2010 IEEE Conference on*. IEEE, 2010. p. 792-797.

OLIVEIRA, F. **Introdução à otimização sob incerteza**. Aula 1 – Otimização Estocástica. 2013 Disponível em:
<http://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariaeletrica/lapsee/curso_2013_fabricio_1.pdf>

OMAR, E. R., GARAIX, T., AUGUSTO, V., & XIE, X. **A stochastic optimization model for shift scheduling in emergency departments**. *Health care management science*, v. 18, n. 3, p. 289-302, 2015.

PEDROSO, M.; MALIK, A. **As quatro dimensões competitivas da saúde**. 2013 Disponível em:
http://gvsau.de.fgv.br/sites/gvsau.de.fgv.br/files/u5/HBR_Marcelo%20e%20AMM.pdf.

SHIM, J. K.; SIEGEL, J. G. **Operations Management**. 1. ed. Barron's Educational Series. 1999

DA SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. UFSC, Florianópolis, 4a. edição, v. 123, 2005.

SHONICK, William. **A stochastic model for occupancy-related random variables in general-acute hospitals.** *Journal of the American Statistical Association*, v. 65, n. 332, p. 1474-1500, 1970.

SILVA, A. C. P. V.; ASSAD, D. B. N.; OLIVEIRA, F. L. C.; SPIEGEL, T., **Uso de simulação de eventos discretos para redimensionamento de capacidade de centro cirúrgico de um hospital de emergência.** In: XLVIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - SBPO 2016, 2016, Vitória. *Anais do XLVIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - SBPO 2016*, 2016.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção.** 3 ed. São Paulo: Atlas. 2009

SMITH, C. A; BARRY, R.; BRUBAKER, C. E. **Going lean: Busting barriers to patient flow.** Health Administration Press, 2007.

SPIEGEL, T. **Contribuições das ciências cognitivas à gestão de operações: análise do impacto da experiência nas decisões do gestor de operações.** 493f. Tese (doutorado em Engenharia de Produção), COPPE / Programa de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2013

SPIEGEL, T., & ASSAD, D. B. N., **Operations Project and Management in Trauma Centers: The Case of Brazilian Units.** In: Nilmini Wickramasinghe. (Org.). *Handbook of Research on Healthcare Administration and Management.* 1ed. IGI Global, p. 104-119, 2016.

SPIEGEL, T., CAULLIRAUX, H. M., TREISTMAN, F. E., GUIMARAES, G. E., VACCARO, G. L. R., AMORIM, L. G., PEDROSO, M. C., PEREIRA, M. A. C., GUIMARAES, R., CAMEIRA, R. F., LEIS, R. P., AZZAM, S. M (2016). **Projeto e Gestão de Operações em Saúde.** In: Cavenaghi, V., Oliveira, V. F., Másculo; F. S. (Org.). *Tópicos Emergentes e Desafio Metodológicos em Engenharia de Produção: Casos, Experiências e Proposições.* 1ed. Rio de Janeiro: ABEPRO: Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 8(15-72).

TANCREZ, J. S., ROLAND, B., CORDIER, J. P., & RIANE, F. **Assessing the impact of stochasticity for operating theater sizing.** *Decision Support Systems*, v. 55, n. 2, p. 616-628, 2013.

TANDBERG, D., & QUALLS, C. **Time series forecasts of emergency department patient volume, length of stay, and acuity.** *Annals of emergency medicine*, v. 23, n. 2, p. 299-306, 1994.

TIEGHI, A. L. **A saúde brasileira tem cura?** *Revista Espaço Aberto USP.* 2013

ABSTRACT: Designing health care operations refers to a complex object, in strategic level, which includes, for example, making decisions about the size of the health care unit. Regarding the hospitals resources dimensioning, the brazilian scenario is limited to legal instruments that assume an aggregated sizing. This paper uses a stochastic mathematical programming model to dimension capacity, associated to the amount of human resources, of an emergency unit type iii (UPAIII). As a result, the impossibility of calculating the value of stochastic solution (VSS), which measures the benefit obtained in considering the uncertainty to obtain the solution, indicates that a hiring decision based on the average demand (deterministic solution), would generate impossibility of service the high demand scenario considering an established service level. Therefore, it evidences a weakness in the normative instruments and exposes another alternative by proposing a mathematical stochastic model.

KEYWORDS: health care operations management, resources dimensioning, stochastic mathematical programming, emergency department.