

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**MODELO DE AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO PARA A TEORIA DAS
RESTRIÇÕES APLICADO EM SERVIÇOS HOSPITALARES DE
URGÊNCIA E EMERGÊNCIA**

THIAGO MAGALHÃES AMARAL
Orientadora: Profa. Ana Paula Cabral Seixas Costa, DSc.

RECIFE

Dezembro/2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**MODELO DE AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO PARA A TEORIA DAS
RESTRIÇÕES APLICADO EM SERVIÇOS HOSPITALARES DE
URGÊNCIA E EMERGÊNCIA**

THIAGO MAGALHÃES AMARAL

Trabalho apresentado à Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, como requisito para obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção.

Orientadora: Ana Paula Cabral Seixas Costa, DSc.

RECIFE

Dezembro/2013

Catálogo na fonte
Biblioteca Margareth Malta, CRB-4 / 1198

A485m Amaral, Thiago Magalhães.
 Modelo de avaliação multicritério para a teoria das restrições aplicado
em serviços hospitalares de urgência e emergência / Thiago Magalhães
Amaral. - Recife: O Autor, 2013.
 xvi, 171 folhas, il., gráfs., tabs.

 Orientadora: Profa. DSc. Ana Paula Cabral Seixas Costa.
 Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2013.
 Inclui Referências e Apêndice.

 1. Engenharia de Produção. 2. PROMETHEE II. 3. Teoria das
restrições. 4. Simulação. 5. Serviços hospitalares. I. Costa, Ana Paula
Cabral Seixas. (Orientadora). II. Título.

UFPE

658.5 CDD (22. ed.)

BCTG/2014-012

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA
DE TESE DO DOUTORADO DE

THIAGO MAGALHÃES AMARAL

***“MODELO DE AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO PARA A TEORIA DAS
RESTRIÇÕES APLICADO EM SERVIÇOS HOSPITALARES DE
URGÊNCIA E EMERGÊNCIA”***

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PESQUISA OPERACIONAL

A comissão examinadora, composta pelos professores abaixo, sob a presidência do(a) primeiro(a), considera o candidato **THIAGO MAGALHÃES AMARAL APROVADO**

Recife, 17 de dezembro de 2013

Profa. ANA PAULA CABRAL SEIXAS COSTA, Doutora (UFPE)

Profa. DANIELLE COSTA MORAIS, Doutora (UFPE)

Prof. ADIEL TEIXEIRA DE ALMEIDA FILHO, Doutor (UFPE)

Profa. PATRÍCIA SILVA LESSA, Doutora (UFPE)

Profa. CRISTINE MARTINS GOMES DE GUSMÃO, Doutora (UFPE)

“A diferença entre sonho e realidade é
a quantidade certa de tempo e trabalho.”

Willian Douglas

“Desafiar as hipóteses básicas é essencial
para criar ideias revolucionárias.”

Eliyahu Goldratt.

Dedico este trabalho aos meus pais
e aos meus avós por terem me
mostrado que a minha maior
herança seria a minha educação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus, o criador, por ter me concedido a permissão de estudar um pouco mais sobre as suas criações e por me fazer entender que a cura de nossos males está antes de tudo na nossa fé.

À minha família, Antonieta Magalhães, Fernando Amaral, Fernanda Magalhães (principalmente pela ajuda com os artigos, tese e impressões), Guilherme Magalhães, Ralph Magalhães de Siqueira e a todos os meus parentes pelo apoio, incentivo durante esta jornada e pela compreensão dos momentos nos quais tive que me ausentar.

Agradeço em especial, à minha orientadora, Profa. Dra. Ana Paula Cabral Seixas Costa pela oportunidade de ter me repassado um pouco do seu vasto conhecimento a respeito da Engenharia de Produção, e, é claro, sobre a vida. Pelo empenho e paciência em todos os momentos difíceis, e, sobretudo por estar sempre próxima de mim, mesmo estando a 721 km de distância.

A todos os meus amigos, em especial a Daniel Ferreira e a Fernanda Anjos, além de meus colegas, alunos (em especial a Diego, Gabriella e Ariane) e amigos de trabalho da Universidade Federal do Vale do São Francisco pelo estímulo e amizade durante o período de doutorado. Em especial, a Vinícius Tinôco pela força no início, e a William de Siqueira por me ajudar e apoiar em todos os momentos difíceis.

Aos meus mestres da UFPE que tiveram alguma participação direta e indireta neste trabalho, especialmente ao Prof. Fernando Menezes Campello de Souza, PhD por ter mostrado o poder da biologia e da engenharia, e ao Prof. Adiel Teixeira de Almeida Filho, PhD e a Profa. Dra. Danielle Costa Morais por terem feito parte do meu comitê e por terem ajudado durante as várias partes deste projeto. A todos os funcionários do PPGEF, e em especial a Juliane e Bárbara pela simpatia e ajuda nos momentos mais burocráticos.

Gostaria também de agradecer a minha banda predileta – U2 – por ter feito canções tão lindas e por ter diminuído a minha sensação de solidão durante esses quatro anos. Eu não tenho dúvida que se pudesse colocar uma música nos anexos de minha tese, essa música seria “*Beautiful Day*”.

Muito obrigado,

Thiago Magalhães Amaral

RESUMO

Os altos índices de mortalidade, excessivos tempos de espera, constantes queixa de usuários, sobrecarga das equipes de saúde, altos custos, saturação de pacientes aguardando por atendimento e a diminuição da qualidade dos serviços prestados são alguns problemas correlacionados à superlotação dos Departamentos de Emergência (DE). É comum verificar superlotação em hospitais ao redor do mundo e principalmente em países em desenvolvimento como o Brasil. Existem muitas ferramentas da Produção Enxuta que podem ser utilizadas para diminuir a superlotação hospitalar, como por exemplo, a Teoria das Restrições ou *Theory of Constraints* (TOC). Além disso, os Métodos de Análise de Decisão Multicritério (MCDA) podem ser usados para ordenar alternativas de decisão envolvendo múltiplos critérios em ambientes complexos tais como: hospitais, clínicas ou outras instituições de saúde. Este trabalho visa à integração entre a TOC e os Métodos MCDA através de um novo modelo de decisão chamado de *Multi-criteria Evaluation for the Theory of Constraints* (ME-TOC) o qual auxilia a resolução de problemas que envolva a tomada de decisão a respeito da gestão de recursos hospitalares. A ME-TOC também possui pilares na Engenharia de Métodos e na Simulação de Eventos Discretos. Ela permite que diferentes critérios sejam incorporados ao processo decisório para resolver gargalos produtivos em DE. Ademais, a ME-TOC incorpora as incertezas naturais dos sistemas hospitalares traduzindo seus processos estocásticos através das técnicas de simulação e do estudo das filas de paciente nas emergências. Este modelo foi justificado, testado e validado com dados experimentais de um hospital público na cidade de Petrolina – PE. O estudo de caso explorou o uso do método PROMETHEE II para resolver problemas relacionados à gestão da capacidade e os resultados mostraram como melhorar a tomada de decisão em DE considerando as preferências e julgamentos do decisor. Seis meses após a implementação das melhores alternativas no hospital, o tempo de espera durante os períodos de superlotação foram reduzidos em 78,56%. A utilização dos recursos melhorou aproximadamente em 55,50%. Eliminar restrições em DE significa obter um fluxo mais rápido, menos pacientes em processo, além de um crescimento na qualidade dos serviços hospitalares.

Palavras chaves: PROMETHEE II, Teoria das Restrições, Simulação, Serviços Hospitalares.

ABSTRACT

High mortality indices, excessive waiting times, patients' dissatisfaction, staff overload, high costs, saturation of Patient-in-Process (PIP) and decreasing the quality of health care services are frequent concerns that are correlated to overcrowding in many Emergency Departments (ED). It is very often to verify overcrowding in hospitals worldwide and, especially, in developing countries such as Brazil. There are many Lean Production tools that could be implemented to minimize hospital overcrowding, e.g., the Theory of Constraints (TOC). Furthermore, the Multiple Criteria Decision Analysis (MCDA) can be used to rank decision alternatives involving multiples criteria in complex environments such as: hospital, clinics or in other health care organizations. This work proposes integrating TOC and an MCDA method, thereby creating a new model called Multi-criteria Evaluation for the Theory of Constraints (ME-TOC), which supports problem-solving with regard to decision making involving hospital resources management. ME-TOC also has pillars in Methods Engineering and Discrete Event Simulation (DES). ME-TOC allows different criteria to be incorporated into the decision making process to solving productive bottlenecks in EDs. Furthermore, ME-TOC incorporates the natural uncertainties of hospital systems translating its stochastic processes through simulation techniques and queues studies in ED. This model was justified, tested and validated with experimental data from a public hospital in Petrolina - PE. The case study explored using PROMETHEE II to solve problems related to capacity management and the results showed how to improve decision making in an ED considering the Decision Maker's (DM's) preferences and judgments. Six months after implementing the best alternatives in the in the hospital, waiting time during periods of overcrowding had been reduced by 78.56%. Resource utilization improved by around 55.50%. Eliminating ED constraints means to get a faster flow, less patients in process, and also a gradual rise in the quality of the hospital services.

Key words: PROMETHEE II, Theory of Constraints, Simulation, Hospital Services.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Fases da Segunda Parte da Pesquisa.	16
Figura 3.1: Processo de produção hospitalar. Adaptado de Slack <i>et al.</i> (2002).	27
Figura 3.2: Processo de Simulação. Adaptado de McLaughlin e Hays (2008).	37
Figura 3.3: Representação de Eventos e Fluxogramas no ARENA. Adaptado de Prado (2008).	39
Figura 3.4: Geração de alternativas. Fonte: Pereira <i>et al.</i> (1994, p. 41).	43
Figura 3.5: Funções para os critérios utilizando PROMETHEE. Fonte: Dias <i>et al.</i> (1998). ...	54
Figura 3.6: Representação do fluxo de saída (esquerda) e de entrada (direita). Fonte: Brans e Mareschal (2005, p.173).	55
Figura 3.7: Projeção dos pesos no Plano GAIA. Fonte: Brans e Mareschal (2005, p. 179). ...	61
Figura 3.8: Fluxograma do PROMETHEE aplicado à decisão em grupo. Baseado em Alencar (2006).	63
Figura 4.1: As cinco eras da TOC. Fonte: Adaptado de Watson <i>et al.</i> (2007).	65
Figura 4.2: Um sistema com uma restrição física.	70
Figura 4.3: Hospital com Restrição de Mercado.	70
Figura 4.4: Etapas do processo de melhoria contínua da TOC.	74
Figura 4.5: Identificando uma restrição.	75
Figura 4.6: Exploração e Utilização do Recurso. Fonte: Adaptado de Ronen <i>et al.</i> (2006). ...	76
Figura 4.7: O mecanismo Tambor-Pulmão-Corda: Aplicação em um hospital.	80
Figura 4.8: Medidas de Desempenho da TOC.	83
Figura 4.9: Exemplo de uma ARA aplicada em ambiente hospitalar.	85

Figura 4.10: Cinco passos da TOC integrados às ferramentas da Produção Enxuta.....	88
Figura 4.11: Número de publicações de MCDA em saúde ente os anos de 1960-2011. Fonte: Diaby et al. (2013).	93
Figura 4.12: Número de publicações por tópico de pesquisa de MCDA em saúde durante 1960-2011. Fonte: Diaby <i>et al.</i> (2013).	94
Figura 5.1: O Ciclo de Melhoria Contínua da ME-TOC - Versão Condensada.....	98
Figura 5.2: Os Seis Passos da ME-TOC - Versão Estendida.	99
Figura 6.1: Mapeamento do processo de produção do setor de emergência do Hospital Público. Sistema Macro.....	108
Figura 6.2: Identificação do Falso Gargalo considerando apenas os tempos médios de processamento.	115
Figura 6.3: Modelo de Simulação do Sistema Macro da Emergência.....	117
Figura 6.4: Relação entre os tempos médios reais e simulados pelo ARENA.....	119
Figura 6.5: Utilização do Recurso para cada processo.....	122
Figura 6.6: Mapeamento dos Processos da Sala Azul.	123
Figura 6.7: Modelo de Simulação do Sistema Micro da Emergência no ARENA.	124
Figura 6.8 (a), (b), (c) e (d): Diferentes momentos do <i>workshop</i> realizado.	127
Figura 6.9: Fluxo Líquido gerado pelo <i>software Visual PROMETHEE</i>	136
Figura 6.10: Plano GAIA gerado pelo <i>software Visual PROMETHEE</i>	138
Figura 6.11: Variação sazonal da quantidade de pacientes atendidos em 2011.	146

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1: Relações Básicas de Preferência.	47
Quadro 3.2: Estruturas Básicas de Sistemas de relações de Preferência com Incomparabilidade.	48
Quadro 4.1: TOC nas abordagens da manufatura e da saúde (setor hospitalar).....	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 6.1: Funções de Densidade de Probabilidade.	113
Tabela 6.2: Variação sobre os dados de entrada. Simulação de sazonalidades do Sistema. ..	118
Tabela 6.3: Variação sobre a quantidade de recursos referentes à VarSA.	118
Tabela 6.4: Valores de TMP, TMP Mínimo, TMP Máximo, TME, TME Mínimo, TME Máximo, TM Total em minutos e QP para toda a Emergência.	120
Tabela 6.5: Resultados dos KPIs do Sistema Macro para 1000 Replicações.	121
Tabela 6.6: Funções de Densidade de Probabilidade da Sala Azul.	124
Tabela 6.7: Valores do TMPS, TMPS Mínimo, TMPS Máximo, TMES, TMES Máximo e TMT para 1000 replicações.	125
Tabela 6.8: Resultados da Simulação do Sistema Micro para 1000 replicações.	125
Tabela 6.9: Escala Semântica para o peso dos critérios.	131
Tabela 6.10: Matriz de Avaliação das Alternativas.	132
Tabela 6.11: Avaliação dos Critérios.	132
Tabela 6.12: Matriz de Avaliação Normalizada.	133
Tabela 6.13: Peso dos Critérios.	133
Tabela 6.14: Matriz Preferência.	134
Tabela 6.15: Matriz de Preferência Agregada.	135
Tabela 6.16: Matriz de Fluxos.	136
Tabela 6.17: Intervalo de estabilidade.	139

Tabela 6.18: Protocolo de Manchester.	140
Tabela 6.19: Utilização e Tempo de Espera para o Recurso Médico na Sala Azul.	142
Tabela 6.20: Funções de Densidade de Probabilidade da Sala Azul após Implementação da Alternativa.	144
Tabela 6.21: Valores do TMPS, TMPS Mínimo, TMPS Máximo, TMES, TMES Máximo e TMT para 1000 replicações para a 2ª coleta.....	144
Tabela 6.22: Resultados da Simulação do Sistema Micro para 1000 replicações para a 2ª coleta.....	144
Tabela 6.23: Comparação do tempo de espera e da utilização do recurso médico na Sala Azul antes e depois da implementação da ME-TOC.	145

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

5FS	<i>Five Focused Steps</i>
A	Alta
ABEPRO	Associação Brasileira de Engenharia de Produção
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
APICS	<i>Advancing, Productivity, Innovation, and Competitive Success</i>
APR	Árvore de Pré-Requisitos
ARA	Árvore da Realidade Atual
ARF	Árvore da Realidade Futura
AT	Árvore de Transição
AVC	Acidentes Vascular Cerebral
B	Baixa
BSPR	<i>Basic System of Preference Relations</i>
CCPM	<i>Critical Chain Project Management</i>
COM	<i>Critical Path Method</i>
CREMESC	Conselho Regional de Medicina de Santa Catarina
CSPR	<i>Consolidated System of Preference Relations</i>
CT	Contabilidade de Transferência
DDN	Diagrama de Dispersão de Nuvem
EAS	Estabelecimentos Assistenciais de Saúde
ELECTRE	<i>Elimination Et Choix Traduisant la Réalité</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
ET&M	Estudo de Tempos e Movimentos
EUA	Estados Unidos da América
FAHP	<i>Fuzzy Analytical Hierarchy Process</i>
FIFO	<i>First In, First Out</i>
FMCG	<i>Fast Moving Consumer Goods</i>
FMEA	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>
GAIA	<i>Geometric Analysis for Interactive Aid</i>
GDSS	<i>Group Decision Support System</i>
GIS	<i>Geographical Information System</i>
HAHP	<i>Fuzzy Analytical Hierarchy Process</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDEF3	<i>Integrated DEFinition for Process Description Captured Method</i>
IDSUS	Índice de Desempenho do SUS
INCA	Instituto Nacional do Câncer
Ipea	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
KPIs	<i>Keys Performance Indicators</i>
LIFO	<i>Last In, First Out</i>
M	Média
MA	Muita Alta

MAUT	<i>Multiple Attribute Utility Theory</i>
MB	Muito Baixa
MCDA	<i>Multiple Criteria Decision Analysis</i>
ME-TOC	<i>Multi-Criteria Evaluation for the Theory of Constraints</i>
MFV	Mapeamento de Fluxo de Valor
MRP	<i>Material Requirement Planning</i>
MRP II	<i>Manufacturing Resource Planning</i>
OPT	<i>Optimized Production Technology</i>
PCP	Planejamento e Controle da Produção
PE	Pernambuco
PERT	<i>Program Evaluation and Review Technique</i>
PIB	Produto Interno Bruto
PMP	Plano Mestre de Produção
PO	Pesquisa Operacional
PP	Processo de Pensamento
PROMETHEE	<i>Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation</i>
QP	Quantidade de Pacientes
RRC	Recurso com Restrição de Capacidade
SED	Simulação de Eventos Discretos
SHUE	Serviços Hospitalares de Urgência e Emergência
SUS	Sistema Único de Saúde
TA	<i>Throughput Accounting</i>
TMES	Tempo Médio de Espera nas Filas do Sistema
TMPS	Tempo Médio de Processamento no Sistema
TMT	Tempo Médio Total
TOC	<i>Theory of Constraints</i>
TP	<i>Thinking Process</i>
TPC	Tambor-Pulmão-Corda
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
TT	Tempo Total
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
UTI	Unidades de Tratamento Intensivo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Definição do Problema	2
1.2. Relevância do Estudo.....	5
1.3. Objetivos.....	5
1.3.1. Objetivo Geral	5
1.3.2. Objetivos Específicos	6
1.4. Justificativa	6
1.5. Estrutura do Trabalho	9
2. METODOLOGIA	11
2.1. Natureza da Pesquisa	12
2.2. Campo de Atuação.....	13
2.3. Sujeitos da Pesquisa.....	14
2.4. Partes, Fases e Etapas da Pesquisa.....	14
2.5. Definição das Variáveis	18
2.6. Procedimento de Coleta de Dados	18
2.6.1. Número de ciclos a serem cronometrados	19
3. BASE CONCEITUAL	21
3.1. Serviços de Saúde	21
3.2. Conceito de Hospital.....	22
3.3. Distinção entre os Serviços de Emergência e Urgência Hospitalar.....	24
3.4. Superlotação Hospitalar	25
3.5. Gestão de Operações de Serviços de Saúde.....	26
3.5.1. Planejamento, Programação e Controle da Produção Hospitalar	28
3.5.2. Ferramentas para Melhoria de Desempenho	30
3.5.2.1. Mapeamento de Processos	31
3.5.2.2. Teoria das Restrições	33
3.5.2.3. Teoria das Filas	34
3.5.2.4. Simulação	36
3.5.2.5. Engenharia de Métodos.....	40
3.6. Apoio à Decisão Multicritério	41

3.6.1.	Elementos Básicos na MCDA	41
3.6.1.1.	Atores no Processo Decisório	41
3.6.1.2.	Alternativas	42
3.6.1.3.	Critério	44
3.6.1.4.	Escalas	44
3.6.1.5.	Problemáticas	45
3.6.2.	Modelagem das Situações de Preferências	45
3.6.2.1.	Relações de Preferência	46
3.6.2.2.	Sistema de Relações de Preferência	47
3.6.2.3.	Relação de Dominância.....	48
3.6.2.4.	Limiares de Indiferença e de Preferência	49
3.6.3.	Métodos Multicritério.....	49
3.6.3.1.	Família de Métodos PROMETHEE	51
3.6.4.	Decisão em Grupo	61
4.	REVISÃO DE LITERATURA	64
4.1.	Teoria das Restrições (TOC)	64
4.1.1.	Era do OPT: algoritmo secreto	65
4.1.2.	Era “A Meta”	68
4.1.2.1.	Tipos de Restrição	69
4.1.2.2.	Ferramentas para Identificação das Restrições em Serviços de Saúde	71
4.1.2.3.	Processo de Melhoria Contínua da TOC para Restrições Físicas	73
4.1.2.4.	Método Tambor-Pulmão-Corda	78
4.1.3.	Era “A síndrome do Palheiro” – articulando as medidas da TOC.....	80
4.1.3.1.	Indicadores Globais – Medições de Resultado	81
4.1.3.2.	Indicadores Locais.....	82
4.1.4.	Era “Não é sorte” – Processos de Pensamento	83
4.1.4.1.	Processo de Melhoria Contínua da TOC para Restrições Não Físicas	84
4.1.5.	Era “Corrente Crítica” – TOC e gerenciamento de projetos	86
4.1.6.	O Futuro da TOC	86
4.2.	MCDA Aplicada à Saúde.....	91
5.	MODELO DE AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO PARA A TEORIA DAS RESTRIÇÕES	95
5.1.	Estrutura do Modelo	95

5.2.	Os Seis Passos da ME-TOC.....	97
6.	APLICAÇÃO DO MODELO E ANÁLISE DE RESULTADOS	105
6.1.	Caracterização e Problemática do Hospital Público em Estudo	105
6.2.	1ª Fase da ME-TOC: Identificação das Restrições do Problema.....	106
6.2.1.	Desenvolvimento do Mapeamento de Processos	106
6.2.2.	Estudo de Tempos e Movimentos	110
6.2.2.1.	Número de ciclo a ser cronometrado.....	111
6.2.3.	Medição do fluxo de pacientes	112
6.2.4.	Simulação do Modelo	114
6.2.4.1.	Equívocos ao se Determinar o Gargalo de Sistemas.....	114
6.2.1.	Verificação e Validação do Modelo de Simulação do ARENA.....	116
6.2.5.	Identificação do Gargalo no Sistema Macro da Emergência	119
6.2.6.	Análise do Sistema Micro da Emergência.....	122
6.3.	2ª Fase da ME-TOC: Aplicação da MCDA.....	126
6.3.1.	Treinamento de Funcionários do Hospital.....	126
6.3.2.	Aplicação do Método MCDA.....	127
6.3.2.1.	Avaliação da Matriz de Decisão.....	130
6.3.2.2.	Aplicação do método PROMETHEE II	131
6.4.	3ª Fase da ME-TOC – Exploração.....	137
6.4.1.	Análise do Plano GAIA	137
6.4.2.	Análise de Sensibilidade.....	138
6.4.3.	Plano de Ação	139
6.5.	4ª Fase da ME-TOC – Subordinação	142
6.6.	5ª Fase da ME-TOC – Elevar a Capacidade da Restrição	143
6.7.	6ª fase da ME-TOC.....	143
6.8.	Discussões Finais	145
7.	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	149
7.1.	Conclusões	149
7.2.	Sugestões para Trabalhos Futuros	150
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	152
	Apêndice A.....	171

1. INTRODUÇÃO

A acelerada expansão e o dinamismo dos negócios envolvidos no setor de serviços de saúde estão exigindo dos gestores tomadas de decisões cada vez mais rápidas e bem sucedidas para resolver os principais gargalos produtivos. Os serviços hospitalares têm amplo destaque neste setor e englobam hospitais públicos e privados que demandam ferramentas adaptadas para a gestão de seus recursos devido às características intrínsecas de seus processos produtivos. Um dos principais objetivos da gestão hospitalar é aproveitar da melhor maneira possível os recursos produtivos transformadores (estruturais, materiais e humanos) assim como aqueles a serem transformados como clientes/pacientes.

Desta forma, técnicas da Engenharia de Produção, amplamente utilizadas no setor industrial, estão sendo adaptadas para os serviços de saúde. Existem diversas ferramentas da Pesquisa Operacional (PO) e da Gestão de Operações que podem ser implementadas nos sistemas de produção hospitalar para melhorar a eficiência e eficácia de processos, reduzir custos e o tempo de permanência, e, conseqüentemente, satisfazer as necessidades dos clientes/pacientes. Algumas dessas ferramentas são, por exemplo, *Six Sigma*, Teoria das Filas, *Just-in-Time*, Programação Linear, Simulação ou mais recentemente a Teoria das Restrições ou *Theory of Constraints* (TOC) (MAZZOCATO *et al.*, 2012).

A TOC representa um método de gerenciamento no qual os esforços são concentrados em descobrir e solucionar restrições que impedem a empresa de atingir suas metas ou até mesmo de maximizar os lucros (GOLDRATT, 2010). Para tanto, Goldratt (2010) denominou de fatores limitantes (restrições), os recursos cujas capacidades são limitadas, devendo ser nestes a maior preocupação de toda organização (PALOMINO, 2012). Existem diversos recursos com capacidade limitada nos Serviços Hospitalares de Urgência e Emergência (SHUE) que devem ser o foco da gestão hospitalar tais como: o número reduzido de médicos, equipamentos biomédicos, leitos, medicamentos, etc.

A dinâmica dos sistemas de produção hospitalar está diretamente relacionada aos gargalos que os compõem, uma vez que estes determinam o fluxo de pacientes e a capacidade máxima de produção de um hospital (GUERREIRO, 1996). Para Camacho e Guerreiro (2011), essa relação fundamenta-se no fato de que a identificação dos recursos que restringem a

capacidade produtiva seja o ponto crucial para a implementação de ações que venham a otimizar o processo de produção e, conseqüentemente, tornar ótimo os resultados financeiros de um hospital. O envolvimento humano na produção hospitalar, a variabilidade e complexidade das doenças tornam difícil a padronização dos procedimentos e processos, além da identificação de gargalos produtivos.

A TOC tem se mostrado uma ferramenta eficaz e capaz de solucionar problemas relacionados a gargalos de produção em serviços hospitalares (SABADDINI *et al.*, 2006a), entretanto a mesma poderia ser aperfeiçoada se métodos de Análise de Decisão Multi-Critério, ou *Multiple Criteria Decision Analysis* (MCDA) fossem adicionados ao ciclo de melhoria contínua chamado de Cinco Passos da TOC (ou *5FS – Five Focused Steps*). Desta forma, faz-se necessário o desenvolvimento de novos modelos que associe diferentes filosofias e metodologias para auxiliar o processo de tomada de decisão e a gestão dos recursos escassos (STEIN, 2003).

Este trabalho visa à integração da TOC com as ferramentas da MCDA com o intuito de avaliar alternativas para resolver gargalos produtivos em SHUE, visto que não existe na literatura um método formal com tal abordagem.

Neste capítulo, serão definidos o problema, a relevância do estudo, o objetivo geral assim como os específicos, a justificativa e estrutura do trabalho.

1.1. Definição do Problema

No Brasil, a disponibilidade de serviços de saúde pública ou privada não chega a ser tão eficiente como deveria. A grande demanda por esses serviços e a péssima gestão dos recursos produtivos geram incertezas em todo o sistema de saúde, o qual não consegue garantir a assistência de saúde plena aos brasileiros com efetividade.

Um dos problemas frequentemente encontrado nos SHUE brasileiros (e particularmente em cidades interioranas do Nordeste) refere-se ao grande número de pacientes em filas de espera. Estas filas estão associadas à saturação operacional das urgências e emergências, à ocupação total de leitos, ao tempo de espera para atendimento acima de uma hora e à sobrecarga de trabalho das equipes de saúde. Além disso, Bittencourt e Hortale

(2009) destacaram que o atraso para o diagnóstico e terapia também contribui para o aumento do tempo de permanência no SHUE e estão fortemente correlacionados às altas taxas de mortalidade.

Segundo Sabbadini *et al.* (2006b), a existência de muitos pacientes na fila de espera decorre da ineficiência dos gestores hospitalares em gerenciar seus procedimentos e recursos acarretando numa diminuição da qualidade de atendimento e, conseqüentemente, num aumento dos custos operacionais por paciente.

Conforme revela pesquisa do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), os maiores gargalos encontrados no Sistema Único de Saúde (SUS) dizem respeito às filas nos hospitais e postos de saúde, à demora entre o agendamento e à realização de consultas e exames, e, principalmente, à falta de médicos (BRASIL, 2012a).

Esta pesquisa constatou que a maior queixa dos brasileiros é a falta de médicos, reclamação de 57,9% dos entrevistados, seguida pela demora para o atendimento nos Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS) (35,9%). Para 34,9%, a demora para conseguir consulta com especialistas é o maior defeito do SUS. "A pesquisa confirma o que vem sendo observado ao longo dos anos: o principal problema da saúde no Brasil é o acesso", afirma Gastão Vagner de Souza, médico sanitário e professor do departamento de medicina preventiva e social da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Um dos principais problemas de acesso está relacionado ao tratamento ineficiente da atenção básica de saúde, o que superlota as emergências de alta complexidade.

Outra revelação da pesquisa confirma que um dos problemas do SUS é a demora no atendimento e não a falta de qualidade, pois 72,4% dos usuários avaliaram positivamente os serviços do SUS. Os entrevistados apontaram possíveis melhorias no SUS, onde 48,4% dos usuários ressaltaram a necessidade de contratar novos médicos e outros 34,8% sugeriram reduzir o prazo entre agendamento e realização da consulta.

As queixas de pacientes nas cidades interioranas de Pernambuco, como Petrolina, são ainda mais frequentes, visto a árdua tarefa de fixação no sertão de alguns médicos com especialidades em neurologia, traumatologia, radiologia, dermatologia, etc. O que motivou este trabalho foram as visíveis filas e o longo tempo de espera para atendimento nos hospitais públicos de Petrolina que prestam serviços de urgência e emergência.

No Brasil, o Índice de Desempenho do SUS (IDSUS) avalia o acesso e a qualidade dos serviços de saúde nos diferentes níveis de atenção (básica, especializada ambulatorial e hospitalar de urgência e emergência). Esse índice verifica a infraestrutura e a capacidade dos serviços ofertados à população (BRASIL 2012b). O IDSUS em Petrolina foi avaliado em 5,05 estando abaixo do nível nacional (5,47) e do nível estadual (5,29). As piores avaliações, que contribuíram para um baixo índice do IDSUS em Petrolina, estão correlacionadas à atenção ambulatorial, de urgência e emergência em hospitais de alta complexidade.

Um fluxo eficiente de pacientes pode melhorar significativamente a qualidade da assistência em saúde e, até mesmo, melhorar a situação financeira da instituição. O interesse em se estudar o fluxo de pacientes em hospitais tem sido estimulado pelas constantes superlotações dos departamentos de emergência. Nos Estados Unidos da América (EUA), a média do tempo de espera na emergência cresceu 33% entre 1997 e 2000 (MCLAUGHLIN E HAYS, 2008).

Tanto as instituições de saúde privadas, quanto às sem fins lucrativos observam um crescimento da demanda por seus serviços, e concomitantemente, uma redução de orçamentos e de investimentos privados e estatais. Dessa forma, pressionando gestores hospitalares a buscarem uma otimização do uso dos recursos com capacidade restrita.

Muitos gestores hospitalares estão compreendendo, cada vez mais, que o sucesso em um ambiente altamente competitivo não é alcançado apenas com investimentos de inovação tecnológica, ou ainda, utilizando-se recursos mais baratos. É essencial investir em uma forma diferente de se gerir, e para tal, faz-se necessário desenvolver novas metodologias de gestão hospitalar para melhorar o desempenho de hospitais públicos e privados (RONEN *et al.*, 2006).

Com base na problemática do setor produtivo hospitalar, uma questão é relevante: Como os métodos de MCDA poderiam ser integrados ao ciclo de melhoria contínua da TOC para a avaliação de alternativas a fim de corrigir os principais gargalos produtivos em hospitais de urgência e emergência?

1.2. Relevância do Estudo

As novas ferramentas de gestão das operações em saúde necessitam de embasamento teórico que subsidiem a tomada de decisão, principalmente quando são tratadas questões como melhoria de processos de serviços de saúde que lidam com a vida de pessoas. É de extrema importância que as instituições de ensino e pesquisa colaborem para que sejam desenvolvidas novas técnicas de gestão, ou ainda, que ampliem as metodologias daquelas ditas como tradicionais, como é o caso da filosofia de gestão da TOC, que atualmente vem passando por profundas evoluções.

Dessa forma, a importância do modelo de avaliação multicritério proposto neste trabalho foca na integração entre a filosofia da TOC com os métodos MCDA para apoiar a tomada de decisão dos gestores hospitalares. Espera-se que este novo modelo forneça um ordenamento das alternativas de forma estruturada, integrando as preferências dos decisores e os diferentes critérios a fim de resolver os principais gargalos produtivos de urgências e emergências hospitalares. Espera-se também que haja uma melhor compreensão sob os aspectos estocásticos presentes na interação entre os recursos transformadores e a serem transformados neste tipo de serviço. Essa interação é naturalmente incerta, variável e altamente complexa.

Ademais, este trabalho é relevante, pois trata de uma abordagem multimetodológica em serviços hospitalares de urgência e emergência os quais são carentes de estudos, sobretudo por parte da Engenharia de Produção.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo Geral

O objetivo do presente trabalho é propor e aplicar um modelo que integre a MCDA à TOC para melhor avaliar alternativas que corrijam gargalos produtivos no âmbito dos serviços hospitalares de urgência e emergência.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Identificar e mapear processos relacionados ao fluxo interno de pacientes, materiais e de informações em um hospital que preste serviços de urgência e emergência;
- Realizar simulações computacionais a fim de compreender a natureza probabilística existente entre os diversos recursos e processos hospitalares;
- Aplicar um método multicritério para a ordenação de alternativas para atuar sob o principal gargalo produtivo;
- Verificar e validar o modelo desenvolvido.

1.4. Justificativa

Para se justificar a adoção da TOC e da MCDA neste trabalho, é necessário analisar estudos encontrados na literatura separadamente, visto que não existe um método formal que integre essas duas metodologias e que seja evidentemente aplicado ao contexto dos SHUE.

Por exemplo, Camacho e Guerreiro (2011) utilizaram os princípios da TOC em uma unidade de internamento hospitalar. Após a identificação do recurso restritivo, eles conseguiram melhorar a contribuição da unidade no resultado global da empresa em aproximadamente doze vezes.

Gupta e Kline (2008) aplicaram a TOC em um Centro de Tratamento de Dependentes Químicos. Eles identificaram, como principal restrição, o tempo de espera para a consulta com um psiquiatra. Após modificarem o *layout* do centro de saúde e subordinar todo o sistema às duas restrições, eles conseguiram reduzir a taxa de não comparecimento ao psiquiatra de 43% para 20%.

Outro caso de sucesso da aplicabilidade da TOC foi realizado por Gonçalves *et al.* (2006) em um trabalho pioneiro no Instituto Nacional do Câncer (INCA), no Rio de Janeiro. A teoria possibilitou a identificação e exploração de gargalos no fluxo de tratamento de pacientes. A restrição foi identificada no setor de diagnóstico, e mais especificamente nos exames de imagem. Todos os outros recursos foram subordinados ao gargalo encontrado e como resultado, obteve-se uma redução de 25% de tempo entre o registro do paciente e o início do tratamento efetivo.

Desse modo, percebe-se que a aplicação da TOC no setor de serviços hospitalares pode ser extremamente significativa, uma vez que, ao se identificar os recursos restritivos (gargalos), podem-se melhorar processos críticos que influenciam diretamente na finalidade de um hospital: atender pacientes com qualidade e, ao mesmo tempo, obter lucros, no caso dos privados.

Aplicar métodos para melhorar a tomada de decisão em sistemas de saúde pode ser útil para evitar problemas de superlotação e filas de pacientes. Além disso, tomar decisões em um contexto de serviços de saúde não difere conceitualmente de outros campos (DIABY *et al.*, 2013), pois os gestores hospitalares frequentemente decidem a respeito da gestão de recursos e da capacidade de um hospital, por exemplo. Eles julgam qual deve ser a capacidade de leitos disponíveis no futuro, qual a melhor distribuição das equipes de saúde pelos departamentos, qual a aquisição de novos equipamentos biomédicos e de outros recursos necessários para tornar o hospital competitivo no mercado. Decidir a respeito de alocação de recursos hospitalares finitos não é uma atividade trivial, e decisões incorretas podem trazer riscos e consequências aos serviços de saúde prestados a comunidade (DIABY *et al.*, 2013).

Apesar da MCDA ser vastamente usada para suportar a tomada de decisão no domínio da engenharia e do marketing, ela também pode ser aplicada para melhorar a tomada de decisão dos sistemas de saúde (DIABY *et al.*, 2013; MIREILLE *et al.*, 2008; BALTUSSEN e STOLK, 2006; BELTON e STEWART, 2002).

A MCDA tem sido citada recentemente em aplicações envolvendo a utilização de recursos hospitalares. Recentemente, Lienert *et al.* (2011) aplicaram MCDA para remover produtos farmacêuticos de esgotos em um hospital suíço. Eles analisaram 68 e 50 alternativas respectivamente, incluindo osmose reversa, ozonização, carbono ativo e separação de urina como alternativas para a remoção. Eles avaliaram 26 tomadores de decisão e mostraram a importância em se usar os métodos MCDA para se resolver problemas de processos hospitalares.

Vahidnia *et al.* (2009) criaram um método MCDA combinando GIS (Geographical Information System) com FAHP (Fuzzy Analytical Hierarchy Process) para determinar o lugar ótimo para a instalação de um hospital na zona urbana de Teerã em Israel. Como resultado, eles obtiveram um método (baseado em linguagem *fuzzy*) capaz de integrar o GIS e

as ferramentas do FAHP para calcular e classificar os critérios, e para avaliar os fatores de decisão e seus respectivos impactos em cada lugar (alternativa).

Bilsel *et al.* (2006) apresentaram um modelo de avaliação para a medida de desempenho de *sites* de hospitais turcos. Eles avaliaram diversas alternativas em função de sete critérios a partir da aplicação dos métodos AHP (Analytic Hierarchy Process) e PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation). Eles obtiveram os *rankings* de ordem parcial e de ordem completa através de um procedimento usando estes dois métodos.

Claro que, a escolha de cada método MCDA depende fundamentalmente da problemática a ser resolvida, das preferências individuais, dos tipos de critérios, da maneira como será conduzida a modelagem de preferência da multidisciplinaridade, etc. A escolha do modelo MCDA a ser usado dependerá da aceitabilidade do(s) decisor(es) (CAMPOS, 2011). É importante que a escolha do método multicritério não seja apenas pautada em relação à popularidade ou facilidade de aplicação de um software (CAMPOS, 2011; HALOUANI *et al.*, 2007).

Antes de exibir o modelo proposto neste trabalho, algumas características da problemática estudada influenciaram na escolha do método, pois o método multicritério:

- Deveria solucionar problemas de ordenamento de alternativas;
- Deveria permitir o processamento de informações imprecisas decorrente da atribuição dos diferentes critérios;
- Deveria já ter sido usado no contexto dos serviços de saúde;
- Deveria pertencer à família de métodos de sobreclassificação;
- Precisaria ser didático e facilmente assimilado pelo(s) decisor(es).

O PROMETHEE II foi escolhido para este trabalho em específico, considerando as características citadas acima, pois além de se tratar de um método de sobreclassificação vastamente utilizado em problemáticas de ordenação, apresentava diversas aplicações conforme mencionadas na Seção 3.6.3.1. Este método foi selecionado também por ser capaz de avaliar alternativas através da comparação relativa, ou seja, quando uma alternativa não é julgada como “boa” sozinha, sendo necessário que seja avaliado o desempenho dela em relação às outras.

Adicionalmente, o PROMETHEE II admite a incomparabilidades entre alternativas e fornece uma pré-ordem completa apresentando a melhor alternativa ou um conjunto das melhores alternativas (BILSEL *et al.* (2006), DU BOIS *et al.* (1989)). O PROMETHEE II por ser um método de sobreclassificação não pressupõe a existência de apenas uma única “melhor alternativa”. Apesar de poucas aplicações no contexto dos serviços de saúde (ou mais especificamente nos serviços hospitalares), podem-se destacar aplicações do PROMETHEE em alguns trabalhos tais como em: D’Avignon e Mareschal (1989) para a determinação do nível de especialização de hospitais no Quebec (Canadá); Urli e Beaudry (1995) que utilizaram o PROMETHEE e o AHP para alocação de recursos financeiros em saúde entre os hospitais canadenses. Ambos mostraram como o método pode ser intuitivo e acessível para melhorar a tomada de decisão hospitalar. Outras aplicações da MCDA em saúde serão descritas na Seção 4.2.

1.5. Estrutura do Trabalho

O trabalho está estruturado em sete capítulos, sendo eles:

- Introdução;
- Metodologia;
- Base Conceitual;
- Referencial Teórico;
- Modelo de Avaliação Multicritério para a TOC;
- Aplicação do Modelo e Análise dos Resultados;
- Conclusão e Sugestões para Futuros Trabalhos.

O 1º Capítulo aborda a apresentação das características gerais da pesquisa, sendo ressaltados: a formulação do problema, a relevância do estudo, os objetivos (geral e específicos) e a justificativa.

A metodologia empregada na execução do estudo será definida no Capítulo 2. Em seguida, serão apresentados a base conceitual para estruturar o modelo proposto, assim como o referencial teórico nos Capítulos 3 e 4 respectivamente.

O 5º Capítulo é dedicado à proposta do modelo de decisão estruturado em seis passos para se alcançar os objetivos descritos na Seção 1.3 e resolver a problemática descrita na Seção 1.1.

No 6º Capítulo, um estudo de caso é apresentado. Ele desencadeia os resultados e discussões para validar o modelo proposto.

Por último, o Capítulo 7 aborda as principais conclusões, considerações, limitações, assim como sugere a continuidade para trabalhos futuros.

2. METODOLOGIA

Inicialmente, é importante esclarecer que o propósito desse trabalho não parte de frutos de pesquisas baseadas em relações empíricas ou hipotético-dedutivas. Trata-se da proposição de um modelo de apoio à decisão integrado à TOC aplicado aos serviços hospitalares de urgência e emergência.

Conforme descrito por Souza (2005) *apud* Alencar (2006), um modelo “é uma representação dos aspectos essenciais de um processo ou de um sistema, susceptíveis de fornecer informações a respeito desse sistema, de uma forma que seja utilizável”. Alencar (2006) também ressalta a importância de que o processo de construção de modelos deve obedecer a certos padrões referentes ao grau de complexidade do sistema e ao grau de acesso, que os pesquisadores têm a certas informações.

É importante também a distinção entre modelo e método. A investigação científica depende de um conjunto de procedimentos técnicos e intelectuais para obter evidências necessárias para se alcançar os objetivos. Essa investigação é denominada método científico, e está associada à linha de raciocínio utilizada no processo de pesquisa (GIL, 2002). Cervo *et al.* (2007) afirmam que método refere-se a um conjunto de processos aplicados na investigação e demonstração da verdade e é a base para que se alcance as conclusões do estudo proposto. O método científico tem como suporte a descrição, observação, a comparação, a análise e síntese e os processos de dedução e indução (CERVO *et al.*, 2007).

Cervo *et al.* (2007) afirmam ainda que não se pode inventar um método pois ele depende fundamentalmente do objetivo final da pesquisa. Eles afirmam também que esses métodos são evolutivos, e, gradativamente, se transformam em verdadeiros métodos científicos, os quais são um conjunto ordenado de procedimentos que se mostram eficientes ao longo da história para a busca do saber.

Este capítulo tem como objetivo mostrar a natureza da pesquisa, assim como o campo de atuação, as técnicas fontes de evidência necessárias para atingir os objetivos da tese, os principais sujeitos envolvidos, as fases da pesquisa e suas etapas, as variáveis e o procedimento de coleta de dados.

2.1. Natureza da Pesquisa

Cervo *et al.* (2007) caracterizaram a pesquisa como sendo “uma atividade voltada à investigação de problemas teóricos ou práticos por meio do emprego de processos científicos”. Eles ressaltam também que ela é constituída por três elementos básicos: problema, método científico e solução. As pesquisas podem ser classificadas em teórica, metodológica, empírica e prática segundo Demo (2000). Ele define que:

- a) Pesquisa teórica tem como objetivo a construção de teorias, ideias, ideologias, polêmicas. O pesquisador tem como objetivo o saber, buscando a satisfação de uma necessidade intelectual e o aprimoramento dos fundamentos teóricos;
- b) Pesquisa metodológica tem como objetivo o desenvolvimento de métodos e procedimentos que são adotados como científicos;
- c) Pesquisa empírica aborda uma face empírica e fatural da realidade, de preferência mensurável produzindo e analisando dados;
- d) Pesquisa prática objetiva a utilização prática em termos de conhecimentos científicos para fins explícitos de intervenção.

A partir destas definições, este trabalho pode ser considerado metodológico, pois um dos objetivos é a proposição de um modelo que integre a TOC e a MCDA, assim como aplicado, já que contribui para fins práticos, ou seja, buscando soluções para problemas concretos, como a resolução de problemas relacionados ao fluxo de pacientes em emergências hospitalares.

Em relação à abordagem, este trabalho possui um enfoque quali-quantitativo, pois procura coletar dados para testar hipóteses por meio de medição numérica e de análise estatística com a finalidade de estabelecer padrões de comportamento, além de analisar dados obtidos qualitativamente (CAMPOS, 2011, RODRIGUES, 2011). Em outras palavras, as características da engenharia de métodos e da simulação de eventos discretos possuem base quantitativa, enquanto os aspectos da análise multicritério consideram as preferências subjetivas do decisor, ou seja, com enfoques qualitativos.

Para Rampazzo (2005), a pesquisa descritiva busca descobrir, com a maior precisão possível, a frequência com que um fenômeno ocorre, sua relação, conexão com outros fenômenos, natureza e características, sem a manipulação do pesquisador. O estabelecimento de relações entre as variáveis e a preocupação com a atuação prática do propósito do estudo são diretrizes da pesquisa descritiva (GIL, 2002). Esse trabalho também pode ser considerado descritivo, pois um dos objetivos visa compreender a natureza existente entre os diversos recursos e processos hospitalares nos SHUE e uma vez que busca identificar quais situações, eventos, atitudes ou opiniões estão manifestadas em um ambiente hospitalar de alta complexidade.

Campos (2011) e Gomes (2007) destacam que o problema multicritério pode ser visto sob dois enfoques: prescritivo e construtivo. O construtivo é aquele em que existe uma estruturação da decisão interativamente entre o analista e o decisor. Há uma evolução do processo decisório pela troca de informações entre o analista e os integrantes do processo. O prescritivo prover uma descrição de todos os elementos do problema e pode considerar inclusive a descrição sobre as preferências dos decisores. Neste trabalho o enfoque multicritério é construtivo, visto que os elementos do processo decisório (tais como alternativas e critérios) foram coletados através de *workshops* e entrevistas, sempre havendo uma grande interação entre o analista e os principais agentes de decisão do hospital estudado.

Esta tese tem como meio um estudo de caso, pois visa novas descobertas de aspectos que não foram previstos previamente. O estudo de caso exige do pesquisador um balanceamento entre a parte intelectual e a capacidade de observação, além de moderação no que tange à generalização dos resultados (SOARES, 2011). O estudo de caso realizado em um hospital público situado na cidade de Petrolina – PE objetivou estudar o real funcionamento do setor de emergência e urgência (GIL, 2002; LAKATOS e Marconi, 2005).

2.2. Campo de Atuação

O campo de atuação desta pesquisa é o setor terciário da economia. Especificamente, serão analisados os serviços de urgência e emergência hospitalar em um hospital público da

cidade de Petrolina-PE. Esse hospital foi escolhido devido a sua alta complexidade¹ e por ser alvo de queixas frequentes por parte dos pacientes em relação à superlotação. Além do mais, o hospital escolhido oferece serviços em traumato-ortopedia, possui centro de radiologia básico e leitos de Unidade de Tratamento Intensivo (UTI). Pode-se dizer então que a escolha do hospital foi determinística. Maiores detalhes sobre as características do hospital escolhido serão descritos na Seção 6.1.

2.3. Sujeitos da Pesquisa

São sujeitos ativos da pesquisa: médicos, técnicos, assistentes administrativos e enfermeiros visto que interferem diretamente no processo de produção dos SHUE e se comportam como seus principais recursos humanos transformadores. Os diretores são considerados também sujeitos ativos uma vez que tomam decisão que influencia diretamente na resolução de problemas/gargalos em todo o hospital.

Os pacientes são considerados agentes passivos e serão tratados apenas como “entidades” do sistema ou recursos a serem transformados. Em nenhum momento serão colhidos dados de pacientes como: nome, peso, altura, enfermidade; ou será feito algo que venha comprometer sua integridade física e/ou moral. Eles terão apenas seus tempos cronometrados em cada processo da emergência hospitalar.

2.4. Partes, Fases e Etapas da Pesquisa

Esta pesquisa está dividida em duas partes principais. A primeira objetiva realizar um levantamento bibliográfico e de material relacionado ao tema para fundamentar a revisão da

¹ O Ministério da Saúde define que “Centros de Alta Complexidade são hospitais que possuem alta tecnologia e alto custo envolvido, e objetivam proporcionar à população acesso a serviços qualificados, integrando-os aos demais níveis de atenção à saúde (atenção básica e de média complexidade)” (BRASIL, 2012b).

literatura e a base conceitual do trabalho, principalmente no que diz respeito à MCDA e aos princípios da TOC. Essa revisão terá como base o conhecimento científico existente sobre estes assuntos e será conduzida mediante consulta a livros, monografias, dissertações, teses, publicações em periódicos e artigos científicos devidamente atualizados (RODRIGUES, 2011; SOARES, 2011). A pesquisa bibliográfica procura realizar a fundamentação teórica para o desenvolvimento do modelo multicritério que será proposto mais adiante, assim como fornecer uma base para o entendimento das aplicações e resultados mais recentes a respeito tanto dos métodos multicritérios quanto da teoria das restrições. O estudo sobre os aspectos básicos da MCDA foi descrito na base conceitual, enquanto o estudo bibliográfico da TOC e da MCDA em saúde será descrito no capítulo denominado por Revisão de Literatura. Ambos são complementares para o pleno entendimento do modelo.

Em um segundo momento, será desenvolvido um modelo e em paralelo, uma pesquisa de campo com o objetivo de analisar *in loco* o sistema de urgência e emergência hospitalar para que sejam aplicadas as lógicas do modelo desenvolvido baseadas nos princípios da TOC e da MCDA. Essa segunda parte é subdividida em cinco fases conforme mostra a Figura 2.1. A seguir, serão descritas sucintamente cada uma das fases e suas principais etapas:

1ª Fase – Identificação das restrições do problema

Nesta fase, são identificadas as restrições do setor de urgência/emergência e as diferentes inter-relações dos sub-processos através do estudo de mapeamento de processos. Os resultados dessa 1ª Fase serão utilizados como base para a geração das alternativas da 2ª Fase. A 1ª Fase é compreendida das seguintes etapas:

I – Observar o fluxo de pacientes no hospital escolhido;

II - Desenvolver um mapeamento detalhado do fluxo de pacientes do setor de urgência/emergência;

III – Realizar coleta de tempos preliminar a fim de definir o número de pacientes a ser amostrados;

IV – Medir o fluxo de pacientes durante uma semana com uma amostragem definida estatisticamente e aleatoriamente;

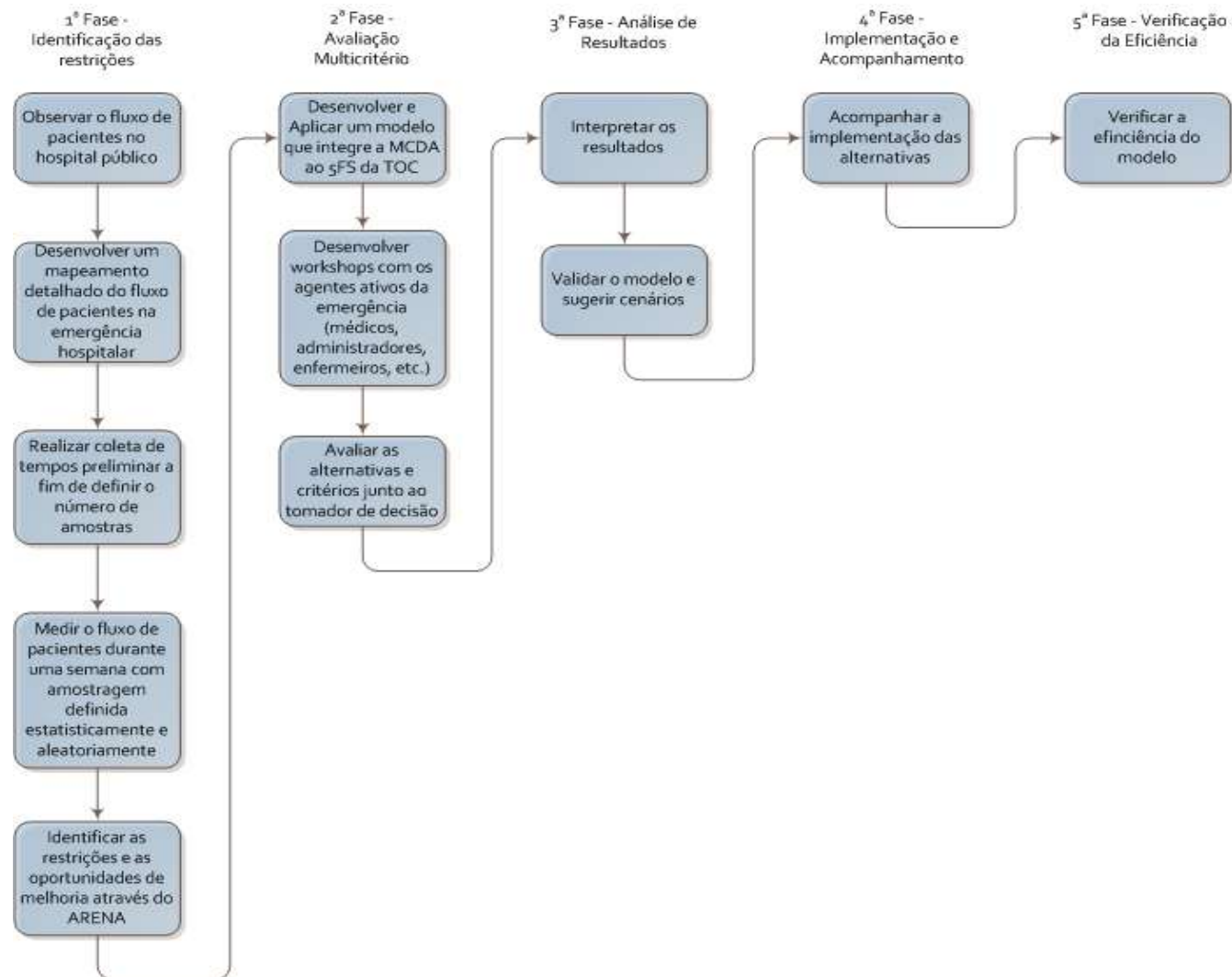


Figura 2.1: Fases da Segunda Parte da Pesquisa.

V - Identificar as restrições e oportunidades de melhorias através de simulações no *software* ARENA.

2ª Fase – Avaliação Multicritério

Nesta 2ª fase, será descrito o método MDCA a ser utilizado, assim como serão elencados os critérios e alternativas. O decisor do hospital avaliará as alternativas em função dos critérios estabelecidos. As etapas são:

I – Desenvolvimento e aplicação de um modelo que integre a MCDA ao método dos cinco passos da TOC;

II - Desenvolvimento de *workshops* com todos os “sujeitos ativos” do processo definidos na Seção 2.3.;

O *workshop* pretende possibilitar aos participantes o estabelecimento de um elo entre a temática central da pesquisa e os problemas específicos encontrados pela pesquisa (ABEPRO, 2012). Ele visa também conduzir os principais agentes tomadores de decisão (gestores hospitalar), ou ainda, aqueles que executam uma atividade direta ou indireta no processo decisório no hospital (médicos, enfermeiros, técnicos em enfermagem e radiologia, etc.) a participarem do processo mudança, gerado a partir do modelo multicritério desenvolvido neste trabalho.

III – Avaliação das alternativas e critérios segundo o(s) tomador(es) de decisão.

3ª Fase – Análise de Resultados

Esta fase tem como principal objetivo a interpretação do ranqueamento das melhores alternativas para se resolver o gargalo identificado. Em seguida, será confrontado com os resultados ótimos resultantes da simulação através dos *Keys Performance Indicators* (KPIs) ou indicadores de desempenho. Em outras palavras, pretende-se validar e sugerir cenários de mudança para o decisor em função da relação entre as alternativas “ótimas” da simulação e as “melhores” alternativas da MCDA. As duas etapas da 3ª Fase são:

I – Interpretação dos resultados;

II - Validação do modelo e sugestão de cenários a partir de um Plano de Ação.

4ª Fase – Implementação e Acompanhamento

Durante esta fase, será realizado um acompanhamento da alternativa escolhida pelo decisor, a fim de garantir que ela seja efetivamente implementada. Serão gerenciados os processos de mudança, sejam eles relacionados à mudança cultural, política ou administrativa ao longo de seis meses. É importante que exista um período pré-estabelecido para que os funcionários se adéquem às mudanças decorrentes da implementação da alternativa ou do conjunto de ações.

5ª Fase

Será verificada a eficiência do modelo a partir de uma nova coleta de dados. A eficiência será comparada através dos KPIs utilizados para individualizar o gargalo do sistema.

2.5. Definição das Variáveis

Neste trabalho, serão utilizadas oito categorias de variáveis para a identificação do gargalo hospitalar, sendo elas: as probabilidades das rotas dos pacientes para cada setor da emergência; volume de pacientes; tempos de processamento, tempos de espera; número e horas de trabalho dos principais recursos transformadores (médicos, enfermeiros e técnicos); tempo de chegada e saída de cada processo e *lead time*.

Outras variáveis foram classificadas como secundárias tais como: número de pacientes atendidos no ambulatório, número de óbitos, número de exames laboratoriais; etc.

2.6. Procedimento de Coleta de Dados

A metodologia para a coleta de dados seguiu a metodologia de estudo de tempos e movimentos de Barnes (1977). Segundo ele, o procedimento a ser seguido na execução do estudo de tempos pode variar com alguma liberdade, dependendo do tipo de operação em estudo e da aplicação dos dados obtidos. Seis passos foram adequadamente requeridos e adaptados para o presente trabalho (BARNES, 1977):

- 1 – Obter e registrar informações sobre a operação e o operador em estudo;
- 2 – Dividir a operação em elementos e registrar uma descrição completa do método;
- 3 – Observar e registrar o tempo gasto pelo operador;
- 4 – Determinar o número de ciclos a ser cronometrado;
- 5 – Verificar se foi cronometrado um número suficiente de ciclos;
- 6 – Determinar o tempo-padrão para a operação.

2.6.1. Número de ciclos a serem cronometrados

Segundo Barnes (1977) e Silva (2012), o tempo requerido à execução dos elementos de uma operação varia ligeiramente de ciclo a ciclo. Eles ressaltam que mesmo que o operador execute seu trabalho de forma constante, dificilmente ele executará todos os ciclos igualmente. Essa característica pode ser melhor evidenciada nas operações envolvendo serviços que apresentam alto índice de customização. Por exemplo, nos serviços cirúrgicos, cada paciente apresentará um tempo de processamento e/ou de *setup* que variarão de acordo com os procedimentos a serem aplicados. Nos serviços hospitalares, os recursos transformadores e aqueles a serem transformados não são padronizados, além disso, existe uma grande diversidade de equipamentos biomédicos, de funcionários com as mais distintas especialidades os quais podem contribuir diretamente na variabilidade nas leituras para uma determinada operação.

O estudo de tempos está intimamente relacionado ao processo de amostragem, ou seja, quanto maior o número de ciclos cronometrados, mais representativos serão os resultados obtidos do estudo. Existe uma forte correlação positiva entre a variabilidade das leituras e o número de observações, ou seja, quanto maior o desvio-padrão de uma atividade ou tarefa, maior será o número de observações para que se obtenha a precisão desejada (BARNES, 1977; SILVA, 2012). No caso de estudo de tempos em serviços não padronizados, é importante que se escolha o processo, atividade ou tarefa (a ser utilizada como base para o cálculo do número de ciclos) que tenha o menor desvio-padrão. Caso contrário, o número de ciclos pode tornar o estudo inviável.

Segundo Barnes (1977), o desvio-padrão da distribuição por amostragem da média é dado por:

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma'}{\sqrt{N}} \quad (1)$$

Onde:

$\sigma_{\bar{x}}$ = desvio-padrão da distribuição por amostragem da média

σ' = desvio-padrão do universo original;

N = N° efetivo de observação do elemento.

$\sigma_{\bar{x}}$ também pode ser representado por através da Equação 2, ou seja:

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\frac{1}{N} \sqrt{N \sum X^2 - (\sum X)^2}}{\sqrt{N'}} \quad (2)$$

O erro (ε) está associado a quanto à média dos valores ($\bar{x}$) observados para um determinado elemento diferirá, ou seja:

$$\varepsilon \bar{X} = 2\sigma_{\bar{x}} \quad (3)$$

Substituindo (2) em (3) tem-se:

$$N' = \frac{4 \frac{1}{N^2} (N \sum X^2 - (\sum X)^2)}{\varepsilon^2 \left(\frac{\sum X}{N} \right)^2} \quad (5)$$

Onde N' é o número de ciclos a ser cronometrado o qual depende dos elementos amostrados inicialmente, e do erro relacionado ao intervalo de confiança determinado. Os resultados, tanto da aplicação dos passos desenvolvidos por Barnes (1977) quanto do número de ciclos a ser cronometrado, serão descritos na Seção 6.2.2.1.

Este capítulo mostrou os detalhes concernentes à metodologia desenvolvida neste trabalho, principalmente no que tange à natureza e fases da pesquisa, assim como suas etapas e o procedimento de coleta de dados. As fases da segunda parte da pesquisa foram ajustadas à medida que o trabalho foi sendo desenvolvido. O próximo capítulo apresentará os principais conceitos que darão base a este trabalho.

3. BASE CONCEITUAL

Este capítulo visa apresentar os principais conceitos correlatos à temática dos serviços de saúde, gestão de operações em saúde, simulação, engenharia de métodos e do apoio à decisão multicritério. Esses conceitos são essenciais para a construção do modelo (Capítulo 5) e para o pleno entendimento do trabalho desenvolvido.

3.1. Serviços de Saúde

Os serviços têm grande importância no desenvolvimento econômico de um país e possui grande proporção do Produto Interno Bruto (PIB). No Brasil, 68% do PIB é constituído pelas atividades relacionadas à prestação de serviços (SILVA, 2012).

Segundo Kotler (1998, p. 455), serviço é toda atividade ou benefício, essencialmente intangível, que uma parte pode oferecer a outra e que não resulte na posse de algum bem. A prestação de um serviço pode ou não estar ligada a um produto físico. Serviços são, via de regra, intangíveis, inseparáveis, variáveis e perecíveis.

Fitzsimmons e Fitzsimmons (2000) descreveram que os serviços possuem sete características básicas, sendo elas:

1. O cliente é um participante no processo dos serviços;
2. A produção e o consumo acontecem simultaneamente;
3. A capacidade é perecível com o tempo e não pode ser estocado;
4. A escolha do local do serviço é obtida a partir da localização dos clientes;
5. Intensidade do trabalho – em serviços, normalmente o trabalho é voltado mais para as pessoas que aos produtos;
6. Intangibilidade;
7. Dificuldades na avaliação dos resultados.

Dentre os diversos tipos de serviço, destacam-se aqueles relacionados à saúde. O conceito de serviços de saúde compreende todo o contado direto – consultas médicas, hospitalizações – ou indireto – realização de exames ambulatoriais (TRAVASSOS E

MARTINS, 2004). Os serviços de saúde são um resultado da interação entre o indivíduo e os profissionais de saúde.

Os serviços de saúde consomem uma proporção considerada do PIB de muitos países e é uma das maiores preocupações da gestão pública e da sociedade. Versely (2009) ressalta que os gastos com saúde estão projetados em torno de 21% do PIB para 2020 nos EUA. Esse aumento advém principalmente do crescimento da expectativa de vida das pessoas.

No Brasil, a participação das atividades de saúde foi, em média, de 6,1% durante os anos de 2007-2009. Em média 4,5% dos postos de trabalho e de 7,8% das remunerações do país estavam em atividades voltadas à prestação de serviços de saúde. Segundo dados do IBGE, os gastos correntes com saúde atingiram R\$ 283,6 bilhões em 2009, um aumento de 10,1% em relação a 2007. Nesse mesmo período, o PIB brasileiro teve um crescimento de 4,9% (BRASIL, 2012c).

Nota-se, então, um crescimento desproporcional entre as despesas gastas com saúde e o PIB gerado no Brasil. Essa desproporção, a má gestão da saúde brasileira, e o anseio da população por serviços de saúde de qualidade fazem com que novos modelos de gestão de operações em saúde sejam requeridos, principalmente por parte dos administradores hospitalares. Para melhor entender a natureza dos serviços de saúde descritos neste trabalho, é necessário o estabelecimento de alguns conceitos correlacionados aos serviços hospitalares.

3.2. Conceito de Hospital

O Conselho Regional de Medicina de Santa Catarina (CREMESC) através da Resolução nº. 110/2007 adotou os seguintes conceitos (LUBK, 2008):

- a) art.1º Considerar Estabelecimento de Assistência Médica o local ou ambiente físico, tecnicamente adequado para atender suas finalidades explicitadas no objeto social, destinado à prestação de assistência médica à população em regime de internação ou não;
- b) art.2º Adotar as seguintes definições para os Estabelecimentos de Assistência Médica:
 - I) Pronto Atendimento: Estabelecimento de Assistência Médica disponível a população 24 horas com capacidade diagnóstica e de encaminhamento/remoção dos pacientes para locais de maiores recursos técnicos quando necessário;
 - II) Pronto Socorro: Estabelecimento de Assistência Médica estruturado para prestar atendimento em regime de plantão no local durante 24 horas, a situações de urgência-emergência;

III) Hospital: Estabelecimento de Assistência Médica destinado ao diagnóstico e tratamento médico da população, em regime de internação, podendo dispor de assistência ambulatorial, especialidades médicas ou outros serviços;

IV) Serviços hospitalares: Unidades técnico-operacionais que compõem a estrutura organizacional de um Hospital, denominados e divididos de acordo com as finalidades técnicas multiprofissionais e de acordo com as especialidades médicas oficiais.

É importante frisar que a definição e funções do hospital possuem grandes variações conforme alguns autores. Por exemplo, Cherubin e Santos (1997) e Cabral (2007) destacaram o Informe Técnico 122, de 1957 da Organização Mundial de Saúde o qual definiu que:

O hospital é a parte integrante de um sistema coordenado de saúde, cuja função é dispensar à comunidade completa assistência à saúde, tanto curativa quanto preventiva, incluindo serviços extensivos à família, em seu domicílio e ainda um centro de formação para os que trabalham no campo da saúde e para as pesquisas biossociais.

Outra definição (de cunho mais quantitativo) aparece no Manual de Acreditação Hospitalar proposta pela Organização Pan-Americana de Saúde (CABRAL, 2007):

São todos os estabelecimentos com pelo menos cinco leitos, para internação de pacientes, que garantem um atendimento básico de diagnóstico e tratamento, com equipe médica organizada e com prova de admissão e assistência permanente prestada por médicos. Além disso, considera-se a existência de serviço de enfermagem e atendimento terapêutico direto ao paciente durante 24 horas, com disponibilidade de serviços de laboratório e radiologia, serviço de cirurgia e/ou parto, bem como registros médicos organizados para a rápida observação e acompanhamento dos casos.

O hospital é uma instituição cujo objetivo é prestar assistência (seja ela integrada ou continuada) à saúde da população para uma determinada região (CABRAL, 2007). Cherubin e Santos (1997) e Cabral (2007) listaram as unidades e seus respectivos elementos que compõem um hospital, sendo os principais:

- Unidade de Administração – conjunto de elementos onde são desenvolvidas as atividades administrativas do hospital (contabilidade, finanças, qualidade, etc.);
- Unidade de Internação – conjunto de elementos voltados à acomodação de pacientes internados contendo quarto hospitalar, enfermaria, isolamento, leito hospitalar, posto de enfermagem, sala de expurgo, etc.;
- Farmácia Hospitalar – conjunto de dependências destinadas à manipulação, recepção, guarda, logística, controle de medicamentos, drogas e outros insumos farmacêuticos para o uso do hospital e dos pacientes;

- Almoxarifado – local destinado para a recepção, guarda, controle e distribuição dos materiais necessários ao funcionamento do hospital;
- Unidade de Terapia Intensiva – conjunto de dependências destinadas ao tratamento intensivo de pacientes em estado grave;
- Ambulatório – unidade integrada ou em muitas vezes isoladas do hospital que se destina ao tratamento de pacientes que não necessitam de internação ou de atendimento de urgência e/ou emergência;
- Unidade de Radiodiagnóstico – conjunto de dependências onde se concentram equipamentos biomédicos de imagem para fins de diagnóstico, tais como ressonância magnética, raios-x, tomografias, etc.;
- Laboratório de Patologia Clínica – conjunto de dependências voltado à realização de análises clínicas necessárias ao diagnóstico e à orientação terapêutica dos pacientes;
- Depósito de Roupas Limpas – local destinado à guarda de roupa oriunda da lavanderia;
- Depósito de Roupas Sujas – local destinado temporariamente à guarda de roupa usada;
- Engenharia Clínica – local destinado à gestão e manutenção preventiva e corretiva de equipamentos biomédicos;
- Unidade de Centro Cirúrgico – conjunto de elementos destinados ao desenvolvimento de atividades voltadas à cirurgia, constituído de sala cirúrgica, área de transferência, secretaria, centro de recuperação, centro de materiais esterilizados, etc.

Outras definições das unidades que compõem um hospital (necrotério, dispensário, medicina nuclear, maternidade, etc.) podem ser encontradas em Cabral (2007). Para entender as diferenças entre os diversos serviços hospitalares, é importante distinguir os serviços de emergência e de urgência.

3.3. Distinção entre os Serviços de Emergência e Urgência Hospitalar

O Dicionário de Língua Portuguesa Michaelis (2007) define urgência como sendo derivada do latim *urgentia* e que significa: qualidade do que é urgente; pressa; rapidez, brevidade; aperto; necessidade imediata. Todavia, define emergência (derivada do latim *emergentia*) como: ato de emergir; ocorrência perigosa; situação crítica; necessidade imediata, urgência (...). Essas definições podem ser confundidas tanto em dicionários que traduzem

ambos vocábulos para uma “necessidade imediata”, quanto por profissionais de saúde. A má interpretação dos dois conceitos pode ocasionar no encaminhamento incorreto de pacientes para os setores de emergência e urgência.

Para este trabalho, foram adotados os conceitos definidos pela Resolução do Conselho Federal de Medicina 1451 de 10/03/1995, que estabelece estruturas para prestação de atendimento nas situações de urgência e emergência:

Parágrafo Primeiro - Define-se por URGÊNCIA a ocorrência imprevista de agravo à saúde com ou sem risco potencial de vida, cujo portador necessita de assistência médica imediata.

Parágrafo Segundo - Define-se por EMERGÊNCIA a constatação médica de condições de agravo à saúde que impliquem em risco iminente de vida ou sofrimento intenso, exigindo, portanto, tratamento médico imediato.

Essa mesma resolução determina ainda que a equipe médica do Pronto Socorro deverá, em regime de plantão no local, ser constituída, no mínimo, por profissionais das seguintes áreas: Anestesiologia; Clínica Médica; Pediatria; Cirurgia Geral; Ortopedia.

Ela determina ainda que a sala de emergência deverá, obrigatoriamente, estar equipada com: Material para reanimação e manutenção cardio-respiratória; Material para oxigenação e aspiração; Material para procedimentos de urgência. Os recursos técnicos mínimos disponíveis, em funcionamento ininterrupto, para o Pronto Socorro, deverão ser: Radiologia; Laboratório de Análises Clínicas; Centro Cirúrgico; Unidade de Terapia Intensiva; Unidade Transfusional; Farmácia Básica para Urgência; Unidade de Transporte Equipado. Ela estabelece que o Pronto Socorro deverá permanecer à disposição da população em funcionamento ininterrupto. Romani *et al.* (2009) apresentam outras abordagens para as duas terminologias. Outro importante conceito que frequentemente será abordado, neste trabalho, refere-se à superlotação hospitalar.

3.4. Superlotação Hospitalar

Segundo Bittecourt e Hortale (2009), a superlotação dos SHUE é um fenômeno global e presente tanto em países desenvolvidos quanto subdesenvolvidos como o Brasil.

A superlotação é considerada como sendo a situação que revela a saturação do limite operacional do SHUE. São causas de superlotação no SHUE (WEISS *et al.*, 2004 e BITTECOURT e HORTALE, 2009):

- 100% de ocupação dos leitos;
- Pacientes acamados nos corredores por falta de leitos;
- Não recebimento de ambulância por saturação operacional;
- Salas de espera lotadas;
- Tempo de espera para atendimento médico acima de uma hora;
- Pressão e falta de motivação das equipes assistenciais;

Bittecourt e Hortale (2009) destacam ainda que o tempo total de permanência (tempo de espera somado ao tempo de processamento) é o principal indicador de superlotação hospitalar. Eles observaram que a principal causa é a falta de leitos, e a principal consequência é o atraso para o diagnóstico e tratamento efetivo do paciente. Sprivulis *et al.* (2006) mostraram que existem uma relação linear entre a superlotação no SHUE e o aumento da mortalidade durante o período de internação do paciente no hospital.

Ainda existem poucos estudos referentes ao desempenho dos processos nos SHUE, sobretudo com o foco em superlotação relacionado ao estudo das restrições. Foster (2005) e Bittecourt e Hortale (2009) ressaltam que quando esses estudos são realizados, utilizam apenas o caráter observacional, e não o experimental.

Foster (2005) recomenda que os trabalhos envolvendo superlotação em SHUE sejam baseados em análise de séries temporais e/ou estudos randomizados. Além do mais, ele destaca a importância em se avaliar tais serviços não apenas com o indicador de tempo médio de permanência do paciente no hospital. Esta recomendação é uma das características primordiais adotadas neste trabalho.

3.5. Gestão de Operações de Serviços de Saúde

Os serviços de saúde estão passando atualmente por muitas mudanças. Os custos, a multiplicidade e complexidade dos serviços estão crescendo, e em paralelo, existe o aumento

da expectativa de vida da população. Todo esse crescimento exige da Gestão de Operações de Serviços de Saúde, produtos e serviços de saúde com alta qualidade, com processos de produção otimizados e que sejam repassados aos pacientes a custos mínimos. Essas novas necessidades podem ser conseguidas a partir da eliminação de gargalos dos sistemas produtivos de saúde e pela melhor utilização de recursos.

Segundo Cardoso e Erdmann (2001) e Slack *et al.* (2002), pacientes, informações e materiais são os recursos a ser transformados, enquanto os recursos transformadores (equipe de saúde, infraestrutura e equipamentos) agem sobre aqueles que serão transformados durante um determinado período de tempo. Slack *et al.* (2002) ressaltam que qualquer operação produtora tanto de bens, quanto de serviços possui um processo de transformação. Esse processo refere-se ao uso de recursos para mudar o estado ou condição de algo para produzir uma saída do sistema. A Figura 3.1 mostra a relação existente entre *inputs*, transformação e *output* em um sistema de produção hospitalar.

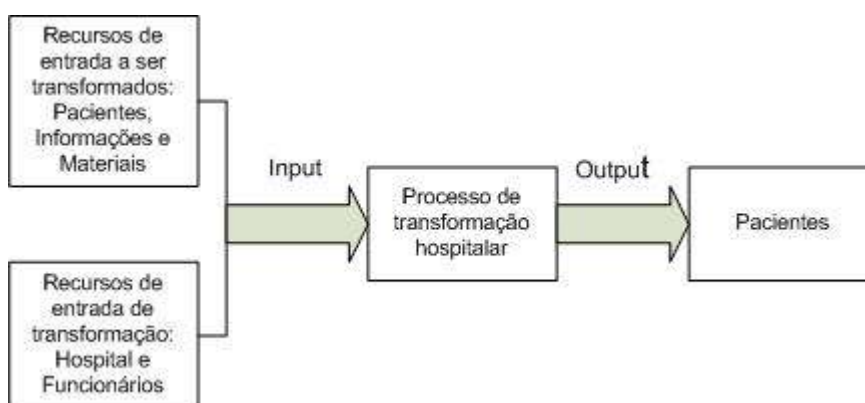


Figura 3.1: Processo de produção hospitalar. Adaptado de Slack *et al.* (2002).

Os recursos transformadores e aqueles que serão transformados são considerados as entradas (*inputs*) do sistema. Este tipo de processo de transformação possui algumas etapas padronizadas, mas se configura como sendo altamente customizado, visto que cada paciente é uma entrada distinta no sistema. Isto torna a matriz de transformação do hospital bastante complexa e altamente especializada, exigindo técnicas para o correto Planejamento e Controle da Produção (PCP). A matriz de transformação pode ser traduzida como um processo cirúrgico, uma vacina tomada, o atendimento prestado pela recepcionista do hospital, a entrega de lençóis limpos e desinfetados, etc., ou seja, tudo aquilo que contribui para que o paciente/cliente seja “transformado”. A saída do sistema de transformação (*output*) é o próprio serviço ou produto entregue. O *output* pode ser interpretado como sendo uma terapia,

diagnóstico, a cura de uma doença, vacina, etc. Para cada *input* distinto, o sistema hospitalar fornecerá um *output* com características diferentes que deverá ter, como objetivo comum, a satisfação das necessidades do paciente/cliente.

Para atender as necessidades de pacientes são necessárias novas ferramentas de gestão baseadas em teorias e técnicas da Gestão de Operações. Surgiu então, a Gestão de Operações de Serviços de Saúde que é responsável por planejar, programar, operar, controlar e melhorar processos e sistemas que produzam produtos e/ou serviços de saúde (MCLAUGHLIN e HAYS, 2008).

3.5.1. Planejamento, Programação e Controle da Produção Hospitalar

Planejar, para os administradores de produção hospitalar, significa desenvolver uma atividade preliminar que defina quais produtos e serviços serão produzidos pelo hospital, assim como suas respectivas quantidades, quais recursos transformadores serão utilizados e o tempo necessário para a produção dos mesmos.

Corrêa *et al.* (2009) observam a necessidade de se planejar a capacidade futura devido à inércia intrínseca dos processos decisórios, a qual é entendida como sendo o tempo necessário até a decisão surtir efeito. Se fosse possível decidir a respeito dos processos produtivos hospitalares (como por exemplo, alterações da capacidade de atendimento de emergência, ampliação da complexidade dos equipamentos biomédicos, disponibilidade de médicos em blocos cirúrgicos) de forma instantânea, não seria necessário planejar. Existem diversas formas de planejamento hospitalar. Podem-se destacar os planejamentos de produtos/serviços, da capacidade e o Plano Mestre de Produção (PMP).

Cabe ao gestor do hospital planejar qual deve ser o portfólio de serviços e produtos que o hospital produzirá e avaliá-los quanto à aceitabilidade, riscos, viabilidade, concorrência, etc. Esse tipo de planejamento deve ser associado à pesquisa de mercado, ou seja, deve ser compatível com a previsão de demanda.

O planejamento da capacidade é baseado também na análise de mercado e nas definições das linhas estratégicas do hospital. Este tipo de planejamento deve prever a quantidade máxima de produtos e serviços que podem ser produzidos no hospital por unidade

de tempo, a quantidade necessária de funcionários, a complexidade e tamanho do parque tecnológico envolvendo equipamentos biomédicos, infra-estrutura de rede, etc. É considerado um planejamento a longo prazo.

O PMP hospitalar é responsável por detalhar a sequência da produção, levando em consideração elementos tais como: relação equipes de saúde *versus* equipamentos biomédicos, relação equipes de saúde *versus* pacientes, tempos de operações, etc. Ele mostra quais “itens” serão produzidos, e quanto de cada um, para um determinado período de tempo, normalmente a curto prazo. É comum ver tal planejamento nos blocos cirúrgicos, onde se sequencia os pacientes a serem operados em um quadro branco com o nome, tipo de cirurgia, prioridade, previsão de duração, etc.

Chegar a um PMP que compatibilize as necessidades de produção hospitalar com a capacidade máxima disponível é uma tarefa complexa, principalmente quando se trabalha com operações customizadas e em regime intermitente (MOREIRA, 2008). O PMP também é utilizado para se avaliar as necessidades imediatas da capacidade produtiva de um hospital, além de poder estabelecer prioridades na programação a curto prazo, como por exemplo, nos procedimentos cirúrgicos eletivos onde os mesmos recursos - equipamento biomédico, equipe de saúde e salas cirúrgicas - são compartilhados entre diversos pacientes.

Cardoso e Erdmann (2001) ressaltam que para o planejamento da produção hospitalar ser eficiente e eficaz é necessário que ele seja programado e controlado. O planejamento, programação e controle da produção é uma função de apoio de coordenação das várias atividades de um hospital de acordo com os planos de produção, de modo que os programas preestabelecidos possam ser atendidos com economia e eficiência, e objetivando a satisfação final do cliente/paciente.

Cardoso e Erdmann (2001) definem que os objetivos da programação são: cumprir os cronogramas estabelecidos, alocar os recursos produtivos, prever e contornar os pontos críticos na produção, prever a capacidade ociosa, otimizar o sequenciamento da produção e a lucratividade.

Moreira (2008) definiu que o controle fiscaliza as atividades sobre produtos e serviços. O controle deve ainda ter como prioridade controlar a produção para que a mesma não se

desvie dos requisitos pré-estabelecidos pela qualidade de conformação do produto e do processo.

Atualmente, os desafios e oportunidades dos hospitais demandam de seus líderes mudanças na forma de lidar com as operações. Focar nas melhorias das operações pode reduzir custos, aumentar a segurança, melhorar a taxa de retorno e permitir ao hospital a se manter competitivo no mercado.

Há algum tempo atrás, muitas organizações voltadas a este tipo de serviço focavam em algumas estratégias tais como: reter os melhores talentos médicos ou comprar equipamentos biomédicos mais modernos. Este tipo de pensamento está defasado. Os novos métodos para maximizar os processos produtivos, a capacidade de prestar serviços de saúde inovadores que atendam os novos anseios da sociedade é agora a chave para o sucesso de organizações voltadas à prestação de serviço hospitalares.

Quando se observa um sistema produtivo industrial, é relativamente mais fácil analisar padrões, métodos produtivos, cronometrar tempo, realocar recursos, etc. Entretanto, quando se estuda sistemas produtivos hospitalares é necessário levar em consideração que esses sistemas possuem especificidades completamente distintas. Dessa forma, os gestores hospitalares se deparam com a necessidade de adaptar conceitos e métodos da gestão industrial para a gestão de operações de serviços de saúde que sejam capazes otimizar processos produtivos, reduzir custos e de melhorar a qualidade. As ferramentas para melhoria de desempenho são estratégias adotadas para melhorar o fluxo de pacientes em hospitais de urgência e emergência.

3.5.2. Ferramentas para Melhoria de Desempenho

Existem diversas ferramentas da Pesquisa Operacional (PO) que podem ser usadas para auxiliar a tomada de decisão nas distintas fases de resolução de um problema, como por exemplo: durante a identificação das restrições do problema; geração, determinação e avaliação de possíveis ações; escolha e implementação das melhores alternativas; revisão do problema. (MCLAUGHLIN e HAYS, 2008).

A análise de problemas pode consumir muito tempo, recursos, assim como pode requerer diferentes pontos de vista, cenários e soluções. Dentre as diversas ferramentas para melhoria de desempenho, serão utilizadas para este trabalho o Mapeamento de Processos, a TOC e as técnicas de Simulação. Os Métodos de MCDA serão utilizados para auxiliar a tomada de decisões durante a 2ª Fase da 2ª parte da pesquisa e serão conceitualizados na Seção 3.6.3.

3.5.2.1. Mapeamento de Processos

O Mapeamento de Processos se baseia em conceitos e técnicas que quando empregados corretamente permitem documentar todos os elementos que compõem um processo a fim de corrigir qualquer um desses elementos, além analisar as atividades agregadoras e as não agregadoras de valor (MELLO, 2008).

Medeiros (2011) destaca que, para se entender a lógica dos processos é necessário distinguir a hierarquia entre processos, subprocessos, atividades e tarefas. A palavra processo tem origem no termo latim *processus* e é relacionada ao conjunto de atividades sucessivas de um fenômeno natural ou de uma operação artificial. Um processo de produção de serviços de saúde pode ser considerado como um conjunto de operações necessárias para modificar as características de clientes/pacientes, lhes acrescentado valor que corresponde a um incremento relativo de saúde. Subprocessos é a parte, que inter-relaciona de forma lógica com outro subprocesso, realiza um objetivo específico em apoio a um macro processo e contribui para a missão deste. Atividades ocorrem dentro de processos ou subprocessos. São geralmente desempenhadas por uma unidade (máquina ou pessoa) para produzir um resultado particular. Tarefa é considerada uma parte específica do trabalho, podendo ser um único elemento e/ou um subconjunto de uma atividade.

Os hospitais orientados por processos estão surgindo como uma forma inovadora de se gerir as operações, sendo capazes de abandonar as antigas estruturas por funções predominantes nos hospitais do século XX. Medeiros (2011) ressalta o fato de atualmente as empresas estarem procurando se organizar por processos, a fim de buscar maior eficiência na produção de produtos e serviços. Ele destaca ainda, que uma organização conseguirá

visualizar seus processos e observar como eles realmente funcionam, quando ela estabelecer medidas de controle sob os mesmos.

O Mapeamento de Processos proporciona às organizações prestadoras de serviços de saúde estruturar sequências de trabalho, visando à análise, simplificação e o aperfeiçoamento de processos. Este tipo de mapeamento pode ser usado para descrever, através de diagramas, a essência dos processos hospitalares. Medeiros (2011) observa ainda, a importância em modelar o processo para descobrir componentes importantes e sensíveis às melhorias, que permitirão com que o processo seja mudado no tempo ou no espaço, através do uso de técnicas simulação e pela engenharia de métodos.

Segundo Mclaughlin e Hays (2008), o Mapeamento de Processos é uma das sete ferramentas da qualidade e uma parte integrante de ferramentas/metodologias como o *Six Sigma*, a Produção Enxuta ou *Lean Production*, *Balanced Scorecard* e a Análise do Tipo e Efeito de Falha, ou do inglês *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*.

Nenhum serviço hospitalar pode existir sem um processo organizacional bem definido e que tenha valor para o cliente/paciente. Segundo Pinho *et al.* (2007), existem diferentes técnicas para realizar o Mapeamento de Processos, tais como: Fluxograma, Mapa de processos, Mapofluxograma, *Blueprint* e IDEF3 (*Integrated DEFINition for Process Description Captured Method*). O Fluxograma foi selecionado como técnica para este trabalho.

3.5.2.1.1. Fluxograma

Fluxograma de processo é uma técnica utilizada para registrar o processo de uma maneira compacta e de fácil visualização e entendimento (BARNES, 1987; MELLO, 2008). Geralmente, ele inicia com a entrada de matéria-prima (podendo ser o próprio cliente no caso de serviços) na “fábrica” (ou célula produtiva) e segue o caminho de produção do produto ou serviço, passando pelas operações de transformação e inspeção até sua saída como produto ou serviço acabado.

Segundo Slack *et al.* (2002), o fluxograma é uma técnica de mapeamento que permite o registro de ações de algum tipo e pontos de tomada de decisão que ocorrem no fluxo real.

O fluxograma permite: verificar como se conectam e relacionam os componentes de um sistema facilitando a análise de sua eficiência e eficácia; identificam as restrições e deficiências; e proporciona o entendimento de qualquer alteração que se proponha ao sistema (MELLO, 2008).

3.5.2.2. Teoria das Restrições

A filosofia de gestão conhecida como Teoria das Restrições ou TOC (*Theory of Constraints*) foi criada em 1979 pelo físico israelense Eliyahu Goldratt. Ele definiu como restrição qualquer coisa que limita um sistema a atingir maior desempenho em relação a sua meta. Ele afirmou que existe pelo menos uma restrição que limita uma organização de alcançar seus objetivos. Goldratt desenvolveu um método chamado de *Five Focused Steps* (5FS) ou Cinco Passos da TOC, compreendendo nos seguintes passos (GODRATT & COX, 1995):

- Passo 1 - Identificar quais restrições limitam o sistema ou processo de alcançar os objetivos organizacionais;
- Passo 2 - Decidir como explorar a restrição: explorar da melhor maneira possível, a restrição anteriormente identificada.
- Passo 3 - Subordinar a exploração dos recursos: o elo mais fraco da corrente determina sua resistência, não sendo de grande valia melhorar as condições dos outros elos. Os demais recursos devem fornecer o necessário, nem mais nem menos, daquilo que a restrição precisa consumir.
- Passo 4 - Elevar a capacidade da restrição: é o mesmo que reforçar o elo mais fraco da corrente, aumentando a capacidade de processamento do recurso restritivo.
- Passo 5 - Se nos passos anteriores alguma restrição for quebrada, voltar ao passo 1.

Maiores detalhes sobre a metodologia da TOC serão descritos no Capítulo 4 dedicado à revisão de literatura. É importante destacar alguns conceitos relativos à Teoria das Filas e aos Sistemas Probabilísticos, para que haja o entendimento das técnicas de simulação.

3.5.2.3. Teoria das Filas

Enquanto nos ambientes de manufatura, as matérias-primas esperam em linha para ser processadas; nos ambientes envolvendo serviços, são os clientes que esperam nas filas para ser “processados”. As filas existem porque os recursos transformadores necessários são limitados. As filas trazem aborrecimento, perda de tempo e dinheiro. Uma das que mais traz transtornos são as filas para atendimento hospitalar, pois a condição de saúde do paciente pode trazer um agravamento à situação de espera. A Teoria das Filas é usada para se determinar o melhor balanço entre serviços, satisfação do cliente e os aspectos econômicos envolvidos (GRÜNBERG, 2007). Moreira (2007) define Teoria das Filas como sendo um corpo de conhecimentos matemáticos aplicado ao fenômeno das filas.

Para a fundamentação e conceitualização da Teoria das Filas neste trabalho, faz necessário o entendimento de algumas definições envolvendo Probabilidade, sendo elas: variável aleatória, variável discreta e contínua, distribuição de probabilidade de uma variável aleatória e a função de densidade de probabilidade (MORAES *et al.* 2011). Em síntese:

- **Variável Aleatória:** uma variável é aleatória se verifica a condição de mensurabilidade para $\forall x \in R, X^{-1}((-\infty, x]) \in A$, onde $X^{-1}((-\infty, x]) = \{\omega \in \Omega : X(\omega) \leq x\}$, e o resultado Ω está associado à uma σ -álgebra A . Em outras palavras, é uma função que associa cada elemento do espaço amostral a um número real;
- **Variável Aleatória Discreta:** uma variável aleatória discreta é uma função $X: \Omega \rightarrow R$, cuja imagem é um subconjunto enumerável do conjunto dos números reais e tal que o conjunto $\{\omega \in \Omega : X = x_i\}$ é um evento para todo i . Resumindo, a variável aleatória é discreta caso assuma valores contáveis, ou seja, os possíveis resultados estão contidos em um conjunto finito ou enumerável;
- **Variável Aleatória Contínua:** Se X é uma variável aleatória contínua, então existe uma função f_x , designada por função densidade de probabilidade de X , tal que $F_x(x) = P(X \leq x) = \int_{-\infty}^x f_x dy$; onde a função de probabilidade verifica as seguintes propriedades: $0 \leq f_x(x) \leq 1$ e $\int_{-\infty}^{\infty} f_x(x) dx = 1$. Em outras palavras, é uma variável aleatória cujos valores não são contáveis e os possíveis resultados abrangem todo um intervalo de valores infinito não numerável;

- **Distribuição de Probabilidades de uma Variável Aleatória Discreta:** A distribuição de probabilidades de uma variável aleatória discreta apresenta todos os valores possíveis que uma variável aleatória pode assumir, bem como suas probabilidades correspondentes. Existem diversas funções de distribuição de probabilidade, as mais conhecidas são: Poisson, Beta, Contínua, Erlang, Exponencial, Gama, Johnson, Lognormal, Normal, Triangular, Uniforme e Weibull;
- **Função de Densidade de Probabilidade:** É a taxa de crescimento, no ponto x da sua função de distribuição. Em termos matemáticos é a derivada da função de distribuição. Existe a formação de filas em hospitais quando a procura pelo serviço (demanda) é maior que a sua capacidade produtiva. Para o estudo de filas é importante também a definição de (MORAES *et al.* 2011; ANDRADE, 2004):

- **Clientes:** São elementos que chegam ao sistema e requerem atendimento (processamento). Os clientes podem ser pessoas, matérias-primas, etc. Neste trabalho, pacientes serão entendidos como clientes ou entidades (ao se abordar aspectos de simulação);
- **Canal de atendimento:** Pessoa, processo ou máquina que realiza o atendimento ao cliente. A distribuição de Poisson é comumente utilizada para descrever a forma como os clientes chegam ao canal de atendimento, enquanto a distribuição exponencial é a mais utilizada para descrever os tempos de processamento dos serviços;
- **Modelo de chegada dos clientes ao serviço:** É determinado pelo tempo entre chegadas dos clientes ao sistema. Podem ser determinísticos ou probabilísticos;
- **Modelo de serviço ou modelo de processamento:** é especificado pelo tempo de serviço ou tempo de processamento. Pode ser determinístico ou descrito por uma variável aleatória;
- **Número de servidores:** é o número de atendentes disponíveis no sistema. É, por exemplo, o número de atendentes operando numa recepção hospitalar;
- **Capacidade do sistema:** é o número máximo de clientes que um sistema é capaz de processar;
- **Tamanho da população:** número de clientes que podem chegar ao sistema;
- **Disciplina da fila:** É o modo como os usuários são processados (atendidos) nas filas. A disciplina pode ser: FIFO (*First In, First Out*), LIFO (*Last In, First Out*), aleatória ou com prioridade.

3.5.2.4. Simulação

McLaughlin e Hays (2008) definem simulação como sendo o processo de modelar a realidade para melhor entender um fenômeno ou sistema. Ela pode ainda facilitar o entendimento de questões do tipo “o que aconteceria no sistema se...” (“*what if*”), ou seja, prevendo como se comportaria o sistema sujeito a certas condições em ambientes menos custosos ou perigosos. Leal (2003) define que simulação é a representação de um procedimento em um tempo menor do que levaria no cenário real e com menor custo.

Mello (2008) afirma que a simulação pode ser útil quando: não há um modelo analítico simples; quando os sistemas não são facilmente controláveis ou são complexos; quando está projetando um sistema novo ou considerando grandes investimentos; quando se aborda sistemas com risco considerável. Ela pode ser útil para evitar retrabalhos desnecessários e fornecer mais informações para a tomada de decisão.

As desvantagens do uso de simulação estão no fato dela consumir tempo e muitas vezes não ser capazes de facilitar a tomada de decisão em tempo hábil. Os resultados da simulação, quando apresentados em grandes volumes de dados e com efeitos de animações e gráficos, podem levar a uma confiança nos resultados acima da justificada (MELLO, 2008).

A simulação pode ser devidamente aplicada aos serviços de saúde para o cômputo da quantidade de funcionários, materiais, estudos de *layout* e balanceamento de linhas de produção, tais como em blocos cirúrgicos. Um dos focos da simulação em sistemas hospitalares diz respeito à identificação de gargalos produtivos onde ocorrem as filas com longos tempos de espera. É importante destacar o processo de simulação, a simulação de eventos discretos e o uso de softwares comerciais para simular processos produtivos.

3.5.2.4.1. O Processo de Simulação

A simulação sempre começa com o desenvolvimento de um modelo. Uma vez construído, verificado e validado, os resultados da simulação são então analisados para responder o problema inicial. A Figura 3.2 mostra o funcionamento do Processo de Simulação.

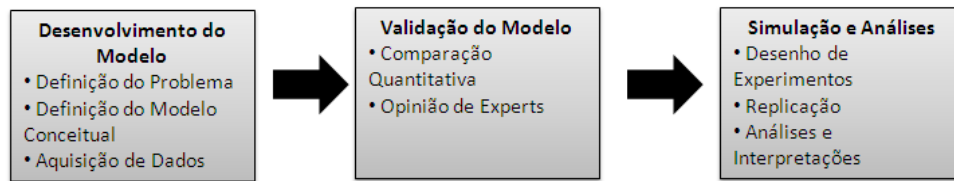


Figura 3.2: Processo de Simulação. Adaptado de McLaughlin e Hays (2008).

A fase de desenvolvimento do modelo consiste em definir o problema a ser respondido pela simulação. Durante esta fase, faz-se necessário determinar um modelo conceitual, em que são descritos: as entradas e saídas, as naturezas do sistema (seja matematicamente ou analiticamente), etc. George Box (1987) possui uma famosa citação em que ele afirma que “*All models are wrong, but some are useful*”. Esta citação mostra que todos os modelos são errados, mas alguns são úteis. Não existe modelo 100% representativo da realidade (AMARAL, 2009). Uma vez que o modelo conceitual tenha sido definido, deve-se colher dados para simular tal modelo. Os dados podem mostrar as distribuições de probabilidade de variáveis aleatórias no sistema, assim como as diferentes relações do sistema. Eles podem ser usados para verificar e validar a simulação. Verificar significa que o modelo deve estar livre de erros de lógica e síntese.

A fase de validação do modelo mostra quanto a simulação reflete a realidade. A validação pode ser obtida por diversas técnicas: Análise de Modelo, Inspeção, Validação Subjetiva, etc. Para validar modelos, pode-se usar desde resultados quantitativos da simulação, quanto a experiência de especialistas (GRÜNBERG, 2007).

Uma vez verificado e validado, o modelo de simulação é utilizado para a experimentação, em que são criados cenários, facilitando a visualização de diversas alternativas para se solucionar um problema. Nesta fase são realizadas replicações, análises e interpretações dos resultados obtidos.

3.5.2.4.2. Simulação de Eventos Discretos

Simulação de Eventos Discretos (SED) corresponde ao estudo de sistemas utilizando modelos nos quais as variáveis de estado mudam apenas em instantes discretos de tempo. A

grande vantagem em se utilizar a SED é o fato de se empregar métodos numéricos ao invés de métodos analíticos, conseqüentemente, economizando tempo e custos.

Em SED, o sistema é modelado considerando entidades, recursos e eventos que provocam alterações de estado ao longo do tempo. Além disso, este tipo de simulação tem como base o uso de distribuições de probabilidade que representam as variáveis aleatórias e possui raízes na Teoria das Filas.

A SED tem sido atualmente aplicada para sistemas de saúde e em especial para serviços hospitalares. Por exemplo, Patrick e Puterman (2007) apresentaram um método baseado em simulação para aumentar o uso de equipamentos de diagnóstico subutilizados na presença da incerteza. Eles formularam e resolveram problemas envolvendo otimização de recursos diminuindo a subutilização de equipamentos. Kolb e Peck (2008) testaram cinco conceitos de “pulmão” ou *buffer* para aliviar a pressão na sala de emergência. Eles verificaram que através da aplicação prática da simulação, houve uma melhoria na satisfação da equipe e dos pacientes. Os resultados da simulação indicaram uma redução de 22% no tempo entre a triagem e a internação do paciente. O conceito de pulmão será definido na Seção 4.1.2.4. Outros estudos recentes, envolvendo a simulação para a alocação de recursos de saúde ou melhoria do tempo de espera de pacientes, podem ser encontrados em Hoot *et al.* (2008); Zeng *et al.* (2012); Brenner *et al.* (2010); Lin *et al.* (2012); Garg *et al.* (2010).

A SDE é realizada normalmente através de *softwares* comerciais. Abordou-se neste trabalho o uso do *software* ARENA na versão acadêmica 14.0.

3.5.2.4.3. O Uso do Software ARENA para Simulação

Prado (2008) ressalta a diferença entre duas ferramentas usadas na modelagem de sistemas: teoria das filas e simulação. Ele afirma que a teoria das filas é abordada como sendo um método analítico que traduz o problema através de equações numéricas, enquanto a simulação é uma técnica que permite imitar o funcionamento de um sistema real, e normalmente é auxiliada por programas computacionais.

Existem muitas linguagem e *softwares* comerciais e não comerciais que podem ser usados em sistemas hospitalares, tais como: PROMODEL, MATLAB e ARENA. Este último

foi escolhido para este trabalho em virtude da facilidade de se descrever sistemas complexos através de blocos em uma interface gráfica orientada ao usuário e com funções importantes para este trabalho como o analisador de dados de entrada (*Input Analyzer*) e o analisador de resultados (*Output Analyzer*).

O ARENA visualiza o sistema como sendo formado por um conjunto de “estações de trabalho” que prestam serviços aos “clientes” que são normalmente chamadas de entidades. Nos resultados deste texto, será comum o termo “paciente” ser denominado por “entidade” do sistema hospitalar.

Uma das vantagens em se utilizar o ARENA para o estudo de restrições em sistemas complexos está na facilidade em se descrever as estações de trabalho e as opções de fluxo para as entidades tratadas a partir da lógica da programação de cada modelo. A Figura 3.3 mostra um evento descrito por um fluxograma básico no ARENA.

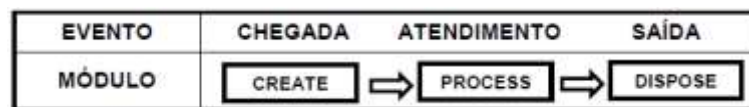


Figura 3.3: Representação de Eventos e Fluxogramas no ARENA. Adaptado de Prado (2008).

As variáveis, tais como, números de pacientes na fila de atendimento, ou pacientes que chegam ao hospital, são variáveis aleatórias descritas por distribuições de probabilidade. Prado (2008) descreve as quatro variáveis básicas utilizadas em simulação com ARENA como sendo:

1 - Variáveis Referentes ao Sistema:

- TS = Tempo Médio de Permanência no Sistema;
- NS = Número Médio de Clientes no Sistema.

2 – Variáveis Referentes ao Tempo de Chegada:

- λ = Ritmo Médio de Chegada;
- IC = Intervalo Médio entre Chegadas ou “*Time Between Arrivals*”, onde IC é dado por

$$IC = 1 / \lambda \quad (6)$$

3 – Variáveis Referentes à Fila:

- TF = Tempo Médio de Permanência na Fila ou “*Waiting Time*”;
- NF = Número Médio de Clientes na Fila “*Number Waiting*”.

4 – Variáveis Referentes ao Processo de Atendimento

- TA = Tempo Médio de Atendimento ou de Serviço, ou “*Process Time*”;
- c = Quantidade de atendentes;
- NA = Número Médio de Clientes Atendidos;
- μ = Ritmo Médio de Atendimento de cada Atendente, onde

$$TA = 1/\mu \quad (7)$$

Ele descreve ainda as seguintes relações $NS = NF + NA$ e $TS = TF + NA$ e chama de taxa de utilização de atendentes a relação entre seu tempo total ocupado e o tempo total disponível, onde:

$$\rho = \lambda/\mu. \quad (8)$$

3.5.2.5. Engenharia de Métodos

Segundo Olveira *et al.* (2005), a engenharia de métodos estuda o trabalho sistematicamente com o objetivo de desenvolver uma padronização das operações, e consequentemente, melhorar a eficiência de processo produtivos. O projeto de métodos é uma ferramenta da engenharia de métodos usada para encontrar a melhor forma de se executar uma tarefa, e é realizado a partir do levantamento, registro e análise de dados, a fim de propor melhorias ou criar um novo método para o desenvolvimento de uma determinada tarefa ou processo.

A Engenharia de Métodos é fundamental para o estudo de processos produtivos hospitalares, principalmente quando se tenta aumentar a eficiência operacional, reduzir gargalos e gerenciar a capacidade produtiva. Pode-se ainda, utilizá-la para evitar o retrabalho (comumente observado em cirurgias mal realizadas), o esforço humano e fadiga, além de ser útil para dimensionar as equipes de trabalho.

Segundo Tigrinho (2009), o Estudo de Tempos e Métodos (ET&M) pode ser definido como o estudo sistemático do trabalho com os seguintes objetivos:

- Desenvolver sistemas produtivos mais eficientes, ou seja, que consumam menos custos;
- Padronizar os métodos de produção;
- Determinar o tempo gasto por uma pessoa qualificada e devidamente treinada para executar uma tarefa ou operação específica;
- Orientar o treinamento no método especificado.

Segundo o mesmo autor, qualquer operação pode ser decomposta em um número inteiro de movimentos básicos, sendo associado a cada movimento um tempo-padrão pré-determinado. Este tempo padrão é estipulado pela natureza dos movimentos e as condições sob as quais é realizado. Através do estudo dos tempos e movimentos é possível determinar a capacidade de produção de uma máquina, pessoas ou de uma célula produtiva. Este tipo de estudo pode estabelecer padrões para os programas de produção, estimar custos de um novo produto e fornecer dados para o balanceamento de linhas (BARNES, 1977).

Tigrinho (2009) afirmar ainda, que o estudo de tempos e movimentos pode ser feito através do uso de cronômetros ou filmagens a fim de se calcular o tempo-padrão de uma determinada operação, podendo ser analisado o ritmo, movimentos improdutivos, etc.

3.6. Apoio à Decisão Multicritério

3.6.1. Elementos Básicos na MCDA

A seguir serão descritos os principais elementos básicos na MCDA:

3.6.1.1. Atores no Processo Decisório

Um decisor ou um grupo de decisores (decisão em grupo) são os responsáveis pela tomada de decisão. Entretanto, o conceito de atores (*stakeholders*) engloba indivíduos ou

grupo de pessoas, perfeitamente identificáveis, que participam direta ou indiretamente do processo decisório. Almeida (2011) faz ainda a distinção entre os diversos atores do processo decisório: Decisor, Analista e Cliente.

Em um contexto hospitalar, dentre os diversos atores (médicos, enfermeiros, gestores, engenheiros, técnicos, etc.), alguns podem identificar como os principais decisor(es). Um decisor exerce forte influência no processo de decisão e pode ser pessoas ou instituições que estabelecem os limites do problema e emitem julgamentos. É aquele sobre os quais normalmente recai o financiamento e/ou a responsabilidade legal/moral pela escolha (ALENCAR, 2006). Num hospital, por exemplo, as necessidades e preferências dos pacientes devem ser consideradas pelos decisores.

O analista de decisão fornece o suporte metodológico ao processo decisório. Engenheiros de Produção, Engenheiros Biomédicos e Administradores podem ser analistas hospitalares, pois eles têm papel fundamental como interlocutores da alta administração hospitalar com as equipes médicas e técnicas. O cliente é o intermediário entre o decisor e o analista, podendo ser, por exemplo, um assessor ou facilitador que intermedeie o trabalho entre o analista e decisor. O termo cliente aqui descrito não pode ser confundido com paciente, chamado, também, de entidade do sistema. Existem também, os terceiros, que são aqueles que não participam ativamente do processo de decisão, sendo, no entanto, afetados pelas consequências de forma direta ou indireta (Roy, 1996). Os terceiros, neste caso, poderiam ser os pacientes ou a comunidade atendida pelo hospital.

3.6.1.2. Alternativas

Um conjunto de alternativas é normalmente descrito (discretamente) como $A = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_n\}$. Almeida (2011) definiu o conjunto de alternativas como sendo estável, evolutivo, globalizado, fragmentado e sequencial:

- **Estável:** O conjunto de alternativas não varia durante o processo decisório;
- **Evolutivo:** O conjunto A pode variar devido à dinâmica do processo decisório;
- **Globalizado:** Cada elemento de A exclui o outro elemento;
- **Fragmentado:** Existe a combinação de vários elementos de A ;
- **Sequencial:** Ocorre em problemas de decisão com espaço de ações sequencial.

A definição do conjunto de alternativas e de critérios é muito importante durante o processo decisório, pois pode influenciar na escolha do método a ser aplicado.

Campos (2011) destaca as alternativas em quatro tipos:

- Reais – ações executadas, ou seja, aquelas que se concretizam;
- Fictícias – ações ainda não formalizadas;
- Realistas – caracteriza-se por ter execução viável;
- Irrealista – compreendem alternativas cuja execução não é viável

A geração de alternativas para se resolver um problema está ligada a quatro características principais segundo Pereira *et al.* (1994):

- Múltiplos atores com visões divergentes do problema;
- Aspectos do problema com muita informação;
- Diferentes técnicas de agregação de informação;
- O algoritmo utilizado para a solução do problema deve ser útil e eficiente.

Essas características estão associadas à geração de alternativas conforme mostra a Figura 3.4. Durante o processo de geração, deve-se ter o cuidado para não gerar alternativas demasiadamente, pois pode consumir tempo para realizar compensações, ou para o decisor compreender as diferentes particularidades de cada uma.

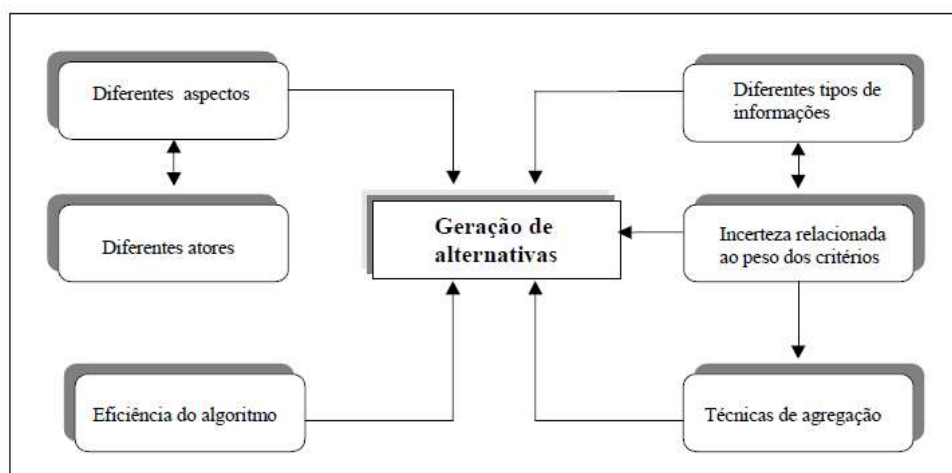


Figura 3.4: Geração de alternativas. Fonte: Pereira *et al.* (1994, p. 41).

3.6.1.3. Critério

Para a resolução de problemas, desenvolvem-se dois tipos de avaliação: intra-critério (avaliação de cada alternativa para cada critério; baseada na avaliação de consequências (*payoffs*)) e inter-critério (escolha de um método MCDA para a combinação de critérios de modo a comparar alternativas).

Segundo Almeida (2011) e Vincke (1992), critério é definido como uma função g (ou v) sobre o conjunto A , representando as preferências do decisor de acordo com um ponto de vista subjetivo ou objetivo. A definição dos critérios é constituída em uma das partes mais delicadas e importantes na formulação dos problemas de decisão, principalmente ao se utilizar métodos de MCDA.

De acordo com a estrutura de preferência verificada, os critérios classificam-se em (ALMEIDA (2011), SILVA (2008), VINCKE (1992)):

- **Critério verdadeiro:** se a estrutura de preferência é uma estrutura de pré-ordem completa (modelo tradicional) – se enquadra no modelo de agregação aditivo;
- **Semi-critério:** no caso da estrutura de preferência ser uma estrutura de semi-ordem, a qual corresponde a um modelo com limiar.
- **Critério de Intervalo:** a estrutura de preferência é uma estrutura de intervalo, ou modelo de limiar variável, quando existe uma zona de indecisão, variável ao longo da escala, entre a indiferença e a preferência estrita;
- **Pseudo-critério:** se a estrutura de preferência é uma estrutura de pseudo-ordem, modelo de duplo limiar.

3.6.1.4. Escalas

Segundo Campos (2011), as escalas têm como objetivo quantificar critérios ou atributos, ou quaisquer fatores que possam ser ordenados de forma qualitativa ou quantitativa. As principais escalas são: nominal, semântica, ordinal, intervalar e de razão ou cardinal.

3.6.1.5. Problemáticas

Quando se aplica MCDA, o resultado pretendido em determinado problema pode ser identificado utilizando-se quatro tipos de referências (ALMEIDA, 2011), (GOMES *et al.* 2002):

I - Problemática de Escolha ($P\alpha$): tem como objetivo esclarecer a decisão pela escolha de um subconjunto do espaço de ações tão restrito quanto possível;

II – Problemática de Classificação ($P\beta$): visa à alocação de cada ação a uma classe ou categoria. As diferentes categorias são definidas *a priori* a partir de normas aplicáveis ao conjunto de ações;

III – Problemática de Ordenação ($P\gamma$): visa à ordenação das ações;

IV – Problemática de Descrição ($P\delta$): objetiva esclarecer a decisão a ser tomada, por uma descrição, utilizando-se uma linguagem apropriada, sejam das ações ou de suas consequências.

Existem diversas maneiras de se formular a problemática de decisão, podendo ser escolhida um caso especial de uma delas, uma sequência, ou até mesmo uma mistura, quando se verifica que nenhuma delas é válida sozinha (ALENCAR, 2003).

3.6.2. Modelagem das Situações de Preferências

É necessário estabelecer condições que expressem as preferências do decisor, sobretudo quando se escolhe um método MCDA mais adequado para resolver determinado tipo de problema. Através da modelagem de preferências, pode-se representar a estrutura de preferências do decisor em relação às consequências. Um modelo de preferências é uma representação formal entre duas ações potenciais. O estabelecimento de um conjunto de pares ordenados é conhecido como “relação binária” (ALMEIDA, 2011). Por definição, uma relação binária R sobre um conjunto de elementos $A = \{a, b, c, d, \dots, n\}$ é um subconjunto do produto cartesiano $A \times A$. A relação R poderá ser encontrada para alguns desses pares ordenados do tipo (a,b) . Representa-se por aRb ou $R(a,b)$.

Resumidamente, a relação binária R sobre um conjunto de ações A pode apresentar, de acordo com Almeida (2011), Gomes *et al.* (2002), Roy (1996) as seguintes propriedades:

- Reflexividade – se aRa ;
- Irreflexividade – se não (aRb) ;
- Simetria – se $aRb \Rightarrow bRa$;
- Assimetria - se $aRb \Rightarrow \text{não } (bRa)$;
- Anti-simetria – se $aRb \text{ e } bRa \Rightarrow a = b$;
- Completa – se $aRb \text{ ou } bRa$;
- Transitiva, se $aRb \text{ e } bRc \Rightarrow aRc$;
- Relação de Ferres – se $aRb \text{ e } cRd \Rightarrow aRd \text{ ou } cRb$.

3.6.2.1. Relações de Preferência

Na modelagem de preferências, Roy (1996) assume que a comparação feita por um decisor entre duas ações a e b possui quatro situações básicas: (i) situação de indiferença; (ii) situação de preferência estrita; (iii) situação de preferência fraca; (iv) situação de incomparabilidade. Essas relações, segundo o mesmo autor, formam o Sistema Básico de Relações de Preferência (BSPR – *Basic System of Preference Relations*). O Quadro 3.1 mostra definições e propriedades das relações básicas de preferência.

Roy (1996) apresenta, também, outras situações caracterizadas pelos agrupamentos ou combinações das quatro situações básicas, sendo conhecidas como Sistema Consolidado de Relações de Preferência (CSPR – *Consolidated System of Preference Relations*). São representadas por: Não Preferência ($\sim$), Preferência ($\succ$), J-Preferência (J), K-Preferência (K) e Sobreclassificação (S).

O Sistema Perfeito de Relações de Preferências e o Sistema Básico de Relações Sobreclassificação como sendo casos particulares do Sistema Básico e do Consolidado (ROY, 1996).

Quadro 3.1: Relações Básicas de Preferência.

Situação	Definição	Propriedades
Indiferença (I)	Corresponde a existência de razões claras para o decisor, que justifiquem a equivalência entre duas ações.	I: relação reflexiva e simétrica
Estrita Preferência (P)	Existência de razões claras e positivas que justificam uma preferência significativa em favor de uma das duas ações identificadas	P: relação assimétrica (não reflexiva)
Fraca Preferência (Q)	Existência de razões claras e positivas que invalidam a estrita preferência em favor de uma das duas ações identificadas, mas que são insuficientes para deduzir uma estrita preferência em favor da outra ação, ou ainda indiferença entre as duas ações, não permitindo, deste modo, diferenciar nenhuma das duas situações precedentes	Q: relação assimétrica (não reflexiva)
Incomparabilidade (R)	Corresponde a ausência de razões claras e positivas que justifiquem quaisquer das três situações precedentes	R: relação simétrica (não reflexiva)

Adaptado de ROY, 1996.

3.6.2.2. Sistema de Relações de Preferência

Segundo Almeida (2011), muitas estruturas de preferência podem ser estudadas, mas apenas algumas são de real interesse durante a fase de modelagem dos problemas utilizando métodos de MCDA. Vincke (1992) ressalta que a maioria das situações envolve Preferência (P), Indiferença (I) e Incomparabilidade (R).

A incomparabilidade aparece mais frequentemente quando existem opiniões contraditórias, não muito realísticas (VINCKE, 1992). Almeida (2011) ressalta ainda que este tipo de estrutura leva à construção de pré-ordens parciais entre os elementos de um conjunto, podendo ser útil quando o decisor não está apto a efetuar todas as comparações ou não deseja fazê-las. As estruturas parciais de preferência, que aceitam incomparabilidade, são mostradas conforme o Quadro 3.2:

Quadro 3.2: Estruturas Básicas de Sistemas de relações de Preferência com Incomparabilidade.

Estrutura	Representação Funcional (g definida em A, $\forall a, b, \in A$)	Propriedades das Relações	Observações
Pré-Ordem Parcial	$aPb \Rightarrow g(a) > g(b)$ $aIb \Rightarrow g(a) = g(b)$	P: Assimétrica e transitiva; I: Simétrica, transitiva e reflexiva; R: Simétrica e não reflexiva.	Noção intuitiva de classificação com possibilidade de empate por similaridade. $R \neq 0$
Ordem Parcial	$aPb \Rightarrow g(a) > g(b)$	P: Assimétrica e transitiva; I: Simétrica, transitiva e reflexiva; R: Simétrica e não reflexiva	Noção intuitiva de classificação sem possibilidade de empate por similaridade. $R \neq 0$

Adaptado de Roy (1996).

Três conjuntos são estabelecidos para a formulação de problemas de decisão multicritério: o conjunto das alternativas (Seção 3.6.1.2), de critérios e consequências. A seguir, será abordada a relação de dominância.

3.6.2.3. Relação de Dominância

Dados dois elementos a e b de A , a domina b (aDb), se e somente se:

$$g_j(a) \geq g_j(b), j = 1, 2, 3 \dots, m$$

Em que pelo menos uma das inequações é estrita para um dos critérios. A relação de dominância é uma ordem parcial estrita, ou seja, é uma relação assimétrica e transitiva. Uma ação a é não-dominada ou eficiente, se e somente se, é impossível encontrar em A uma outra solução b que tenha uma melhor performance em relação a um critério, sem ter uma pior performance em pelo menos um outro critério (Roy, 1996). Almeida (2011) ressalta ainda que a relação de dominância é muito importante em problemas multicritérios, apesar que quase nunca ocorrerem.

3.6.2.4. Limiares de Indiferença e de Preferência

Conforme Mareschal (2012), o limiar de indiferença para um dado critério representa o maior diferença considerado como insignificante na comparação entre duas ações. Ele é explicitado por uma função $q[g(a)]$, que pode ser constante em algumas situações, e representa um limite superior (q), para a diferença $g(b) - g(a)$, tal que, qualquer valor desta diferença inferior a ele, não é suficiente para garantir a preferência estrita de b sobre a , ou até mesmo a preferência fraca (Roy, 1996).

Mareschal (2012) explica que o limiar de preferência para um dado critério corresponde a menor definição que se considera como sendo importante quando se compara duas ações. O limiar de preferência é representado por uma função $p[g(a)]$, que representa a diferença $g(b) - g(a)$, podendo ser constante em algumas situações, e representa um limite inferior (p), abaixo do qual não é suficiente para optar por uma preferência estrita de b sobre a (Roy, 1996).

3.6.3. Métodos Multicritério

Alencar (2003) ressalta em seu trabalho, o fato de que não existe um método ideal para a resolução de um problema envolvendo processos decisórios, cabendo a escolha ser feita pelo decisor em função da clareza e da pertinência das informações que o método coloca à sua disposição. O analista deve auxiliar na escolha do melhor método devido a sua experiência e conhecimento prévio.

Os métodos multicritério são agrupados em três grandes famílias de abordagens que se referem aos princípios de modelagem de preferência, a saber: (i) a abordagem do critério único de síntese, (ii) a do julgamento interativo e (iii) a abordagem da sobreclassificação (Roy, 1996).

I - A abordagem do critério único de síntese

Concebida pela Escola Americana, a abordagem do critério único de síntese consiste na agregação de diferentes pontos de vista em uma única função que deve ser

subsequentemente otimizada (Roy, 1996). Significa utilizar uma função utilidade a qual é capaz de ranquear as soluções, permitindo que seja tratada tanto a problemática de escolha quanto a de ordenação. O método da Teoria da Utilidade Multiatributo ou MAUT (*Multiple Attribute Utility Theory*) é o mais conhecido e aplicado na literatura.

II - Abordagem do julgamento interativo

Um método interativo é composto de várias interações que alternam passos de cálculos, fornecendo sucessivas soluções. Eles são utilizados principalmente para solução de problemas de múltiplos objetivos que requerem uma programação matemática mais robusta (BRANS & MARESCHAL, 2002; SILVA, 2008; ALENCAR 2006). Cada interação compreende uma fase de cálculo, quando é elaborada uma solução de compromisso, e uma fase de decisão. Durante essas fases, o decisor constrói progressivamente o modelo de suas preferências.

III - Abordagem da sobreclassificação

Criada pela Escola Francesa e conhecida também como Escola Européia, consiste na construção das relações de sobreclassificação, ou *surclassement*, que representam as preferências estabelecidas pelo decisor. O fato de admitir incomparabilidade entre alternativas, a faz diferente da abordagem da Escola Americana.

Os métodos de sobreclassificação são baseados na comparação par a par entre as alternativas e são baseados nas relações de dominância. Evitam-se, desta forma, hipóteses matemáticas muito rígidas e questionamentos intrigantes ao decisor, exigidos pela teoria da utilidade multiatributo, e que introduzem uma série de dificuldades na modelagem de problemas reais (Vincke, 1992). Ao se utilizar métodos deste tipo, faz-se necessário a avaliação intercritério, a qual fornece informações sobre a importância relativa de cada critério.

Almeida (2011) divide os métodos de sobreclassificação em duas principais famílias: ELECTRE e PROMETHEE. Maiores detalhes sobre a família de métodos ELECTRE (*Elimination Et Choix Traduisant la REalité*) podem ser encontrados em Dias *et al.* (2012), Ling *et al.* (2012) e Almeida (2011). A seguir será descrita a família de métodos PROMETHEE.

3.6.3.1. Família de Métodos PROMETHEE

Os métodos da família PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation*) consistem na construção de uma relação de sobreclassificação de valores, e baseiam-se em duas fases: construção de uma relação de sobreclassificação, agregando informações entre as alternativas e os critérios, e explorando essas relações como base para a tomada de decisões (Almeida, 2011) e (Vincke, 1992). O PROMETHEE foi proposto pela primeira vez em 1982 por Brans (1982) e está, desde então, em constante evolução e adaptação para os novos problemas e multimetodologias.

O método PROMETHEE é utilizado para apoiar o decisor a resolver casos onde ele deva escolher a melhor alternativa dentre todos os critérios (PROMETHEE I) e de ordenar ou ranquear as alternativas em função dos critérios (PROMETHEE II).

3.6.3.1.1. Estrutura de Avaliação dos Métodos PROMETHEE

Um problema envolvendo multicritério, normalmente faz com que o decisor se depare com uma matriz de avaliação de alternativas em relação aos critérios. Para cada critério j , deve ser definida uma função de preferência P_j , a qual assume valores entre 0 e 1. Esta função descreve a forma como o decisor se comporta com a diferença de desempenho entre as alternativas para um dado critério, $F_j(a,b) = [g_j(a)-g_j(b)]$, onde $g_j(a)$ representa o desempenho da alternativa a no critério j (VINCKE, 1992).

Segundo Brans e Mareschal (2002), o PROMETHEE possui seis diferentes formas para a função diferença. O decisor pode representar suas preferências usando a forma mais adequada para cada critério. Almeida (2011) ressalta que, esses critérios são usados para identificar a intensidade de preferência do tomador de decisão. A escolha desta função é efetuada interativamente pelo analista e pelo decisor. Além do mais, devem-se considerar os graus de preferência em função das diferenças observadas. As seis funções diferença são:

Tipo I - Critério usual: A função assume o valor de 1 se a diferença de desempenho for positiva e assume o valor de zero se a diferença for negativa. Ou seja, qualquer diferença entre a avaliação das alternativas de um determinado critério implica numa situação de

preferência estrita. O sistema relacional de preferência é uma pré-ordem completa. A grande vantagem é a de que não se faz necessário definir parâmetros. Ou seja:

$$g_j(a) - g_j(b) > 0 \quad F(a,b) = 1 \quad (9)$$

$$g_j(a) - g_j(b) \leq 0 \quad F(a,b) = 0 \quad (10)$$

Tipo II – Quase-critério: A função assume o valor de 1 se a diferença de desempenho for maior que o limiar de indiferença pré-definido q . A função assume o valor de 0 se a diferença for menor ou igual a q . Logo:

$$g_j(a) - g_j(b) > q \quad F(a,b) = 1 \quad (11)$$

$$g_j(a) - g_j(b) \leq q \quad F(a,b) = 0 \quad (12)$$

Tipo III - Limiar de preferência: A função assume o valor de 1 se a diferença de desempenho for maior que o limiar de preferência estrita p , o qual deve ser pré-definido. Assume o valor de 0 se a diferença for menor que zero. Entretanto, se a diferença estiver entre p e 0, o valor da função é representado pela diferença dividida pelo parâmetro p . Portanto:

$$g_j(a) - g_j(b) > p \quad F(a,b) = 1 \quad (13)$$

$$0 < g_j(a) - g_j(b) \leq p \quad F(a,b) = (g_j(a) - g_j(b))/p \quad (14)$$

$$g_j(a) - g_j(b) \leq 0 \quad F(a,b) = 0 \quad (15)$$

Tipo IV – Critério em nível: A função assume o valor de 1 se a diferença de desempenho for maior que o limiar de preferência p . Por outro lado, se a diferença for menor que um limiar de indiferença q , assume, então, o valor de 0. Se for entre p e q , a função assume um valor fixo de 0,5. Isto é:

$$g_j(a) - g_j(b) > p \quad F(a,b) = 1 \quad (16)$$

$$p < g_j(a) - g_j(b) \leq q \quad F(a,b) = 0,5 \quad (17)$$

$$g_j(a) - g_j(b) \leq p \quad F(a,b) = 0 \quad (18)$$

Tipo V – Critério de preferência linear com zona de indiferença: A função assume o valor de 1 se a diferença for superior a p e assume o valor de 0 se a diferença for menor ou igual ao limiar de indiferença q . Se a diferença for um valor entre p e q , o valor da função é dado por uma equação linear do tipo:

$$g_j(a) - g_j(b) > p \quad F(a,b) = 1 \quad (19)$$

$$q < g_j(a) - g_j(b) \leq p \quad F(a,b) = [g_j(a) - g_j(b) - q]/[p-q] \quad (20)$$

$$g_j(a) - g_j(b) \leq q \quad F(a,b) = 0 \quad (21)$$

Tipo VI – Critério Gaussiano: A função assume o valor de uma distribuição normal para diferenças de desempenho positivas e assume o valor 0 para as negativas. Ou seja:

$$g_j(a) - g_j(b) > q \quad \begin{array}{l} \text{A preferência aumenta segundo} \\ \text{uma distribuição normal} \end{array} \quad (22)$$

$$g_j(a) - g_j(b) \leq q \quad F(a,b) = 0 \quad (23)$$

O critério Gaussiano pode ser calculado da seguinte forma:

$$F_i(a, b) = 1 - e^{-\left[\frac{[g_j(a) - g_j(b)]^2}{2s_i^2}\right]} \quad (24)$$

Onde s_i é um parâmetro que controla a concavidade da função de preferência Gaussiana e corresponde a um grau de preferência intermediário entre o limiar de indiferença q_i e de preferência p_i (ALMEIDA, 2011). As funções para os critérios utilizando PROMETHEE são descritas conforme a Figura 3.5.

Mareschal (2012) descreve como escolher a função de preferência corretamente para cada critério. Ele afirma que a função do tipo III e V são mais recomendadas para critérios quantitativos (por exemplo, custos, preços, etc.). A escolha dependerá se há a necessidade de introduzir um limite de indiferença, ou não. O tipo III é um caso especial do tipo V. A Gaussiana (tipo VI) é a função de preferência menos utilizada por ter parâmetros mais difíceis de serem calculados, o que poderia consumir muito tempo para a modelagem do processo decisório. As do tipo I e IV são indicadas para critérios qualitativos. Em caso de um pequeno número de níveis na escala dos critérios (por exemplo, sim/não ou até cinco níveis) e se os níveis de diferença são considerados muito diferentes para cada um, a função tipo I é a melhor

escolha. E se for necessário diferenciar as pequenas variações das grandes, o tipo IV é a mais adequada, ou seja, para níveis superiores a cinco.

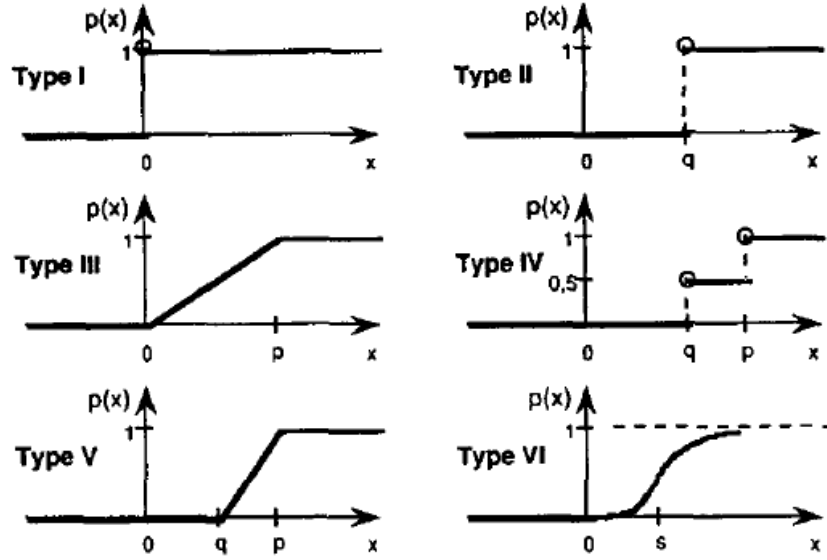


Figura 3.5: Funções para os critérios utilizando PROMETHEE. Fonte: Dias *et al.* (1998).

A próxima fase a ser calculada é o cômputo do índice de preferência ou grau de sobreclassificação, uma vez que os pesos e os critérios tenham sido definidos anteriormente.

O grau de sobreclassificação é definido por $\pi(a,b)$ a partir da intensidade de preferência e dos pesos, ou seja, é definido para todos os pares ordenados como sendo:

$$\pi(a,b) = \sum_{j=1}^n p_j F_j(a,b) \quad (25)$$

Onde $\sum_{i=1}^n p_i = 1$; com p_i sendo os pesos de cada critério representando a importância relativa dos mesmo. Segundo Alencar (2003), eles constituem a informação adicional requisitada para o enriquecimento da estrutura de preferência entre os critérios.

O grau de sobreclassificação de a sobre b , ou seja, $\pi(a,b)$, mostra o quanto que a é preferível a b sobre todos os critérios.

Pode-se afirmar que:

- $\pi(a,a) = 0$;
- $0 \leq \pi(a,b) \leq 1 \quad \forall a, b \in A$;
- $\pi(a,b) \sim 1$ significa que existe uma forte preferência global de a sobre b .

O grau de sobreclassificação define uma relação de preferência valorada que pode ser utilizada para a elaboração do ranking das alternativas. Depois de obtido o índice de preferência, são calculados o Fluxo de Saída e Entrada de sobreclassificação:

- Fluxo de Sobreclassificação de Saída $\Phi^+(a)$ da alternativa 'a':

$$\Phi^+(a) = \sum_{b \in A} \pi(a, b) \quad (26)$$

- Fluxo de Sobreclassificação de Entrada $\Phi^-(a)$ da alternativa 'a':

$$\Phi^-(a) = \sum_{b \in A} \pi(b, a) \quad (27)$$

O fluxo de Sobreclassificação de saída $\Phi^+(a)$ indica o quanto 'a' possui sobre é preferível sobre todas as alternativas 'b' dentro do conjunto A. Quanto maior $\Phi^+(a)$, melhor a alternativa. Os termos de fluxo de saída e entrada estão relacionados às representações gráficas conforme mostra a Figura 3.6.

O fluxo de Sobreclassificação de entrada $\Phi^-(a)$ indica o quanto de preferência todas as alternativas 'b' possuem sobre a alternativa 'a', dentro do conjunto A. Quanto menor $\Phi^-(a)$, melhor a alternativa 'a'.

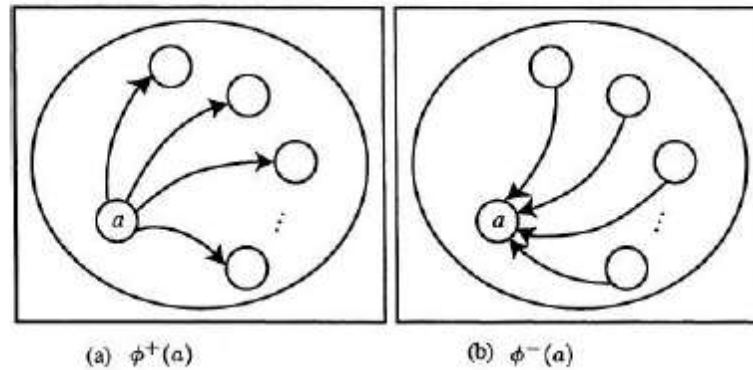


Figura 3.6: Representação do fluxo de saída (esquerda) e de entrada (direita). Fonte: Brans e Mareschal (2005, p.173).

Uma segunda forma de se obter fluxos, proposta por Brans e Mareschal (2002) *apud* Almeida (2011), visa à normalização do indicador, mantendo o índice na escala (0,1) a partir das equações a seguir:

$$\Phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \pi(a, b) \quad (28)$$

$$\Phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \pi(a, b) \quad (29)$$

Para este caso, as somas dos valores associados aos arcos serão divididas pelo número $(n-1)$ de alternativas comparadas com ‘a’.

A partir dos valores dos fluxos de entrada e saída das alternativas, é possível se definir uma pré-ordem parcial das alternativas com a utilização do método PROMETHEE I. Neste método, são construídas duas pré-ordens com os indicadores apresentados anteriormente:

- Pré-ordem decrescente de $\Phi^+(a)$;
- Pré-ordem crescente de $\Phi^-(a)$.

O método PROMETHEE II formula uma pré-ordem completa das alternativas a partir da utilização do fluxo líquido $\Phi(a)$, obtido através do Fluxo Líquido de Sobreclassificação, ou seja, o balanço entre o poder e a fraqueza da alternativa. Quanto maior $\Phi(a)$, melhor a alternativa.

O Fluxo Líquido pode ser positivo ou negativo. Sendo ele positivo, a ação sobreclassifica mais as outras do que é sobreclassificada, ou seja, expressa a vantagem dessa alternativa sobre todas as outras; caso contrário, o fluxo líquido será negativo.

O Fluxo Líquido é a diferença entre:

$$\Phi(a) = \Phi^+(a) - \Phi^-(a) \quad (30)$$

O PROMETHEE II considera as seguintes relações de preferência:

- Preferência: aPb se $\Phi(a) > \Phi(b)$;
- Indiferença: aIb se $\Phi(a) = \Phi(b)$.

3.6.3.1.2. Distinções entre os diferentes métodos da família PROMETHEE

3.6.3.1.2.1. PROMETHEE I

A principal função do PROMETHEE I é criar uma ordenação parcial entre a interseção dos Fluxos de Entrada e Saída. Essas interseções são formadas a partir de duas bases de relações: sobreclassificação e indiferença. Segundo Brans e Mareschal (2002) tem-se que:

$$\bullet \quad aPb, se \begin{cases} \Phi^+(a) > \Phi^+(b) \text{ e } \Phi^-(a) < \Phi^-(b) \\ \Phi^+(a) = \Phi^+(b) \text{ e } \Phi^-(a) < \Phi^-(b) \\ \Phi^+(a) > \Phi^+(b) \text{ e } \Phi^-(a) = \Phi^-(b) \end{cases} \quad (31)$$

$$\bullet \quad aIb, se \Phi^+(a) = \Phi^+(b) \text{ e } \Phi^-(a) = \Phi^-(b) \quad (32)$$

$$\bullet \quad aRb \text{ nos outros casos}$$

Neste caso, P, I e R são as relações de preferência, indiferença e incomparabilidade, respectivamente.

3.6.3.1.2.2. PROMETHEE II

Brans e Mareschal (2002) afirmam, ainda, que o PROMETHEE II tem como principal objetivo fornecer uma ordenação completa ao decisor. Ele cria um ranking das alternativas em ordem decrescente utilizando o fluxo líquido como já descrito anteriormente. A ordem completa é definida como:

$$\bullet \quad aPb, se \Phi(a) > \Phi(b) \quad (33)$$

$$\bullet \quad aIb, se \Phi(a) = \Phi(b) \quad (34)$$

Resumidamente, no PROMETHEE I podem ocorrer incomparabilidades, enquanto no PROMETHEE II obtém-se uma ordem completa das alternativas. Segundo Almeida (2011) uma das principais distinções entre os métodos da família do PROMETHEE e ELECTRE é o fato dos primeiros não utilizarem o conceito de discordância e/ou concordância.

3.6.3.1.2.3. PROMETHEE III

Alencar (2003) ressalta que quando os fluxos líquidos são iguais, existe indiferença no PROMETHEE I e II, mesmo quando as duas ações apresentem esses fluxos muito próximos. Segundo Brans e Mareschal (2002), o PROMETHEE III e IV foram desenvolvidos para solucionar problemas envolvendo componentes estocásticos e conseqüentemente, mais complexos. Eles afirmam ainda, que o PROMETHEE III resolve este tipo de problema substituindo os fluxos líquidos pontuais por intervalos. Eles chegaram à conclusão que, ao calcular-se o fluxo líquido associado a uma ação a , é o mesmo que compará-la com outras $n-1$, obtendo-se a média dos graus de sobreclassificação $[\pi(a, x) - \pi(x, a), x \neq a]$. Essa função é interpretada como sendo a posição esperada de a , assim que a mesma é comparada a outra ação qualquer.

Alencar (2003) mostra ainda que a variância pode ser obtida através de:

$$\sigma^2(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} [\pi(a, x) - \pi(x, a) - \Phi(a)]^2 \quad (35)$$

O intervalo do fluxo líquido correspondente à ação a é:

$$\begin{cases} \Phi_{\min}(a) = \Phi(a) - \alpha\sigma(a) \end{cases} \quad (36)$$

$$\begin{cases} \Phi_{\max}(a) = \Phi(a) + \alpha\sigma(a) \end{cases} \quad (37)$$

Em que α é um número real positivo. Alencar (2003) descreve ainda a estrutura de preferência como sendo uma ordem intervalar completa da seguinte forma:

$$\begin{cases} aPb \leftrightarrow \Phi_{\min}(a) > \Phi_{\max}(b) \end{cases} \quad (38)$$

$$\begin{cases} aIb \leftrightarrow \Phi_{\min}(a) \leq \Phi_{\max}(b) \text{ e } \Phi_{\min}(b) \leq \Phi_{\max}(a) \end{cases} \quad (39)$$

Como I não é transitiva, crer-se que exista um limiar de indiferença. Na maioria dos casos considera-se $\alpha = 0,15$.

3.6.3.1.2.4. PROMETHEE IV

O PROMETHEE IV é uma extensão do PROMETHEE II e foi criado por Brans *et al.* (1984), e é aplicado para um conjunto contínuo de ações. Os Fluxo de Entrada e Saída são definidos para o caso contínuo como sendo:

$$\Phi^+(a) = \int_A \pi(a, b) db \quad (40)$$

$$\Phi^-(a) = \int_A \pi(b, a) db \quad (41)$$

$$\Phi(a) = \Phi^+(a) - \Phi^-(a) \quad (42)$$

O conjunto de boas ações pode ser definido como sendo:

$G = \{a \in A: \Phi(a) \geq \Phi^* - \delta\}$, onde $\Phi^* = \text{Max } \Phi(a)$ e δ é um limiar dependente da precisão do cálculo e do grau de subjetividade do decisor.

3.6.3.1.2.5. PROMETHEE V

O PROMETHEE V visa estabelecer uma ordem completa entre as alternativas com o PROMETHEE II, onde após, são introduzidas as restrições identificadas no problema para as alternativas. Seguidamente, é utilizada a programação linear para resolver o problema. Trata-se, pois, de um método utilizando conceitos da PO e do MCDA.

3.6.3.1.2.6. PROMETHEE VI

Estabelece uma pré-ordem completa ou parcial entre as alternativas. Este método é usado principalmente em problemas envolvendo a obtenção de ranking e de escolha. É aplicado em situações nas quais o decisor não consegue estabelecer pesos para os critérios, e consequentemente, para obter o grau de sobreclassificação. Outros detalhes sobre o PROMETHEE VI podem ser encontrados em Brans e Mareschal (1985).

3.6.3.1.2.7. Fuzzy PROMETHEE

O emprego da lógica fuzzy em métodos de apoio à decisão é indicado quando existe incerteza, imprecisão e ambiguidade nos problemas de decisão. Essa lógica é particularmente indicada ao método PROMETHEE para a construção das funções de preferência, principalmente, quando são difíceis a definição dos parâmetros p e q . Maiores detalhes sobre o Fuzzy PROMETHEE podem ser encontrados em Moreira (2009).

3.6.3.1.2.8. Plano GAIA

O Plano GAIA (*Geometric Analysis for Interactive Aid*) foi desenvolvido por Marechal e Brans em 1988 e é usado para analisar a influência dos pesos dos critérios e alternativas visualmente (BRANS E MARESCHAL, 2013). Este tipo de plano é capaz de representar através de duas dimensões, os critérios e alternativas. Os autovalores da matriz de avaliação são calculados, e, em seguida, os dois primeiros autovetores são utilizados como médias para traçar os dados numa análise de componentes (CAMPOS, 2011).

O Plano GAIA mostra o impacto dos pesos conforme mostra a Figura 3.7 e o fluxo de sobreclassificação da alternativa a_i , no qual corresponde ao produto escalar entre o vetor de um critério singular e o vetor do seu peso. Em outras palavras, pode-se afirmar que a_i é a projeção do vetor de um critério w . Ou seja, o vetor w mostra a ordenação das alternativas obtida pelo PROMETHEE II a partir da posição relativa das alternativas. Este vetor é considerado como o eixo de decisão π . A partir dessas definições, pode-se concluir, por exemplo, que a partir da Figura 3.7, o ranking obtido é $a_4 > a_3 > a_2 > a_1$.

Campos (2011) ressaltam algumas propriedades oriundas do Plano GAIA:

- A proximidade entre as alternativas indica uma relação de similaridade entre elas, assim como a proximidade entre os critérios;
- A posição das alternativas com os critérios: o estudo da avaliação de cada alternativa em função do critério pode ser visualizado conforme sua proximidade. Quanto mais próxima uma alternativa de um determinado critério, melhor o seu desempenho segundo as preferências do decisor.

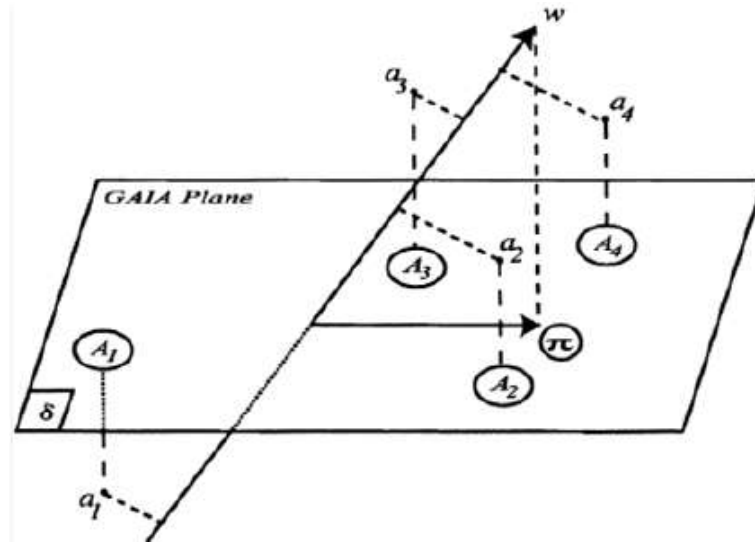


Figura 3.7: Projeção dos pesos no Plano GAIA. Fonte: Brans e Mareschal (2005, p. 179).

O Plano GAIA, também, é mais uma opção para explorar as alternativas e critérios. Ele permite com que o analista manipule os pesos relativos para que se possa analisar a influência no desempenho das alternativas (CAMPOS, 2011). Ela é uma ferramenta visual complementar a análise de sensibilidade a qual fornece os limites superiores e inferiores nos quais cada peso resulta no mesmo *ranking*, quando os outros pesos são mantidos nos seus níveis iniciais.

3.6.4. Decisão em Grupo

Em muitos hospitais, o processo de negociação e decisão em grupo são atividades rotineiras e complexas. É comum ver colegiados de diretores decidindo a respeito do planejamento da capacidade, estratégias de marketing ou sobre a implementação de certificações de qualidade no âmbito hospitalar por exemplo.

A tomada de decisão em grupo é recomendada quando há mais de um decisor com a necessidade de resolver um problema em comum. Ela objetiva obter soluções através da participação de múltiplos agentes com suas diferentes percepções sob o problema (CAMPOS, 2011).

Na decisão em grupo, todos os indivíduos procuram um objetivo comum em que há uma agregação das diferentes preferências individuais para uma única preferência coletiva (ALENCAR, 2006).

Alencar (2006) ressalta que uma das características da decisão em grupo é o fato de todos os indivíduos envolvidos no processo decisório pertencerem à mesma organização. Os Sistemas de Apoio à Decisão em Grupo (ou *Group Decision Support System* – GDSS) são utilizados para estruturação de ideias, geração de alternativas e que podem ser aplicados para facilitar a decisão em grupo. Uma alternativa é o GDSS PROMETHEE. O método possui três estágios: o preliminar, o de avaliação individual e o de avaliação global.

O primeiro estágio diz respeito à geração das alternativas e critérios, ou seja, da matriz de avaliação. Em seguida, é realizada a avaliação individual, utilizando-se a metodologia do PROMETHEE I e II (descritos na Seção 3.6.3.1). No estágio de avaliação global, uma matriz global de preferências ($n \times R$) é obtida, incluindo todas alternativas e critérios preenchidas por todos os decisores através de uma soma ponderada. Este último estágio visa à obtenção da matriz agregada de decisão (ALENCAR, 2006). Cada decisor é considerado como um critério. As informações em cada célula da coluna é o fluxo líquido da respectiva alternativa. Se existir uma distinção sobre o grau de importância relativa entre os decisores, deve-se atribuir pesos diferentes no “critério decisor” (D_1 a D_n), caso contrário, atribuem-se pesos iguais a todos. A Figura 3.8 mostra o fluxograma envolvendo a Decisão em Grupo. Maiores detalhes sobre regras de decisão em grupo e as principais técnicas que apoiam o consenso podem ser encontradas em Campos (2011).

Os principais conceitos, aqui apresentados, objetivaram fundamentar a construção do modelo que será apresentado no Capítulo 5, assim como as diversas etapas da aplicação do modelo e da análise dos resultados que serão apresentadas no Capítulo 6. O próximo capítulo descreverá a revisão de literatura deste trabalho.

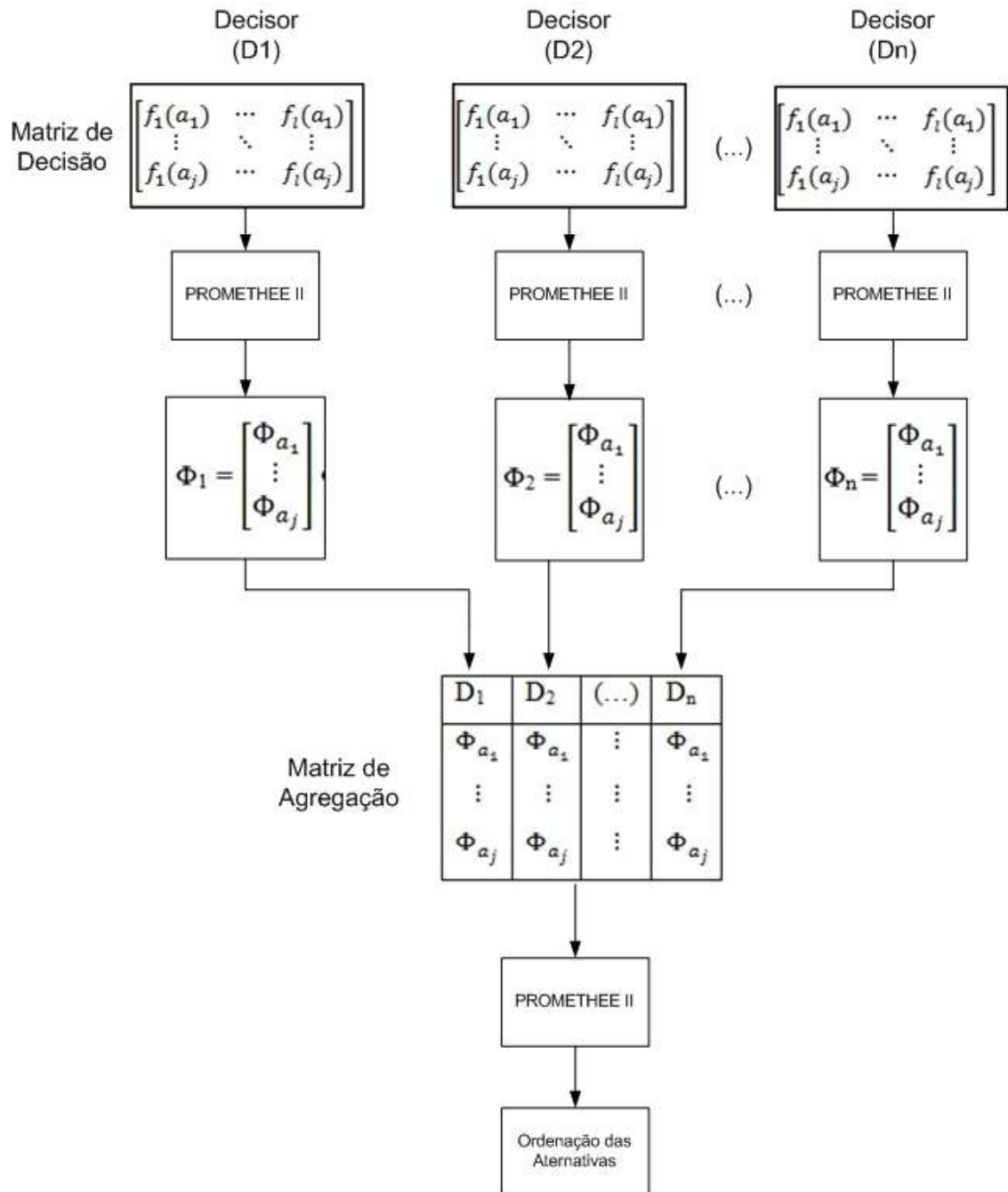


Figura 3.8: Fluxograma do PROMETHEE aplicado à decisão em grupo. Baseado em Alencar (2006).

4. REVISÃO DE LITERATURA

O presente capítulo tem como objetivo realizar uma breve revisão bibliográfica sobre a TOC e a MCDA. Serão descritas as cinco eras da TOC, assim como o que existe de mais recente em termos de multimetodologias envolvendo esta teoria. Serão apresentadas diversas aplicações no âmbito dos serviços de saúde ao longo do capítulo.

4.1. Teoria das Restrições (TOC)

Watson *et al.* (2007) analisaram mais de 400 livros, dissertações, artigos, revistas, sobre a TOC e concluíram que mais de 50% tinham sido escritos depois de 1998. Eles notaram a crescente qualidade dos artigos e a aceitação por parte da comunidade acadêmica de seus notórios benefícios. Eles destacaram alguns fatos importantes a respeito do uso da TOC em sua pesquisa bibliográfica:

- Redução em 70% do *lead time* em 32 observações;
- 65% da redução do tempo de ciclo em 14 observações;
- E 63% de aumento no fluxo de saída em 22 observações.

O volume publicado nos últimos anos tem crescido consideravelmente. Apenas na base do *Science Direct*, cerca de 2.569 trabalhos foram relacionados com a palavra “*Theory of Constraints, TOC*”, sendo aproximadamente 795 deles publicados entre 2009 e 2013 em pesquisa feita em junho de 2013. A Teoria das Restrições foi utilizada com sucesso em mais de 500 grandes companhias, como Kodak, Philips e General Eletric, Ford, Amazon, e, em empresas governamentais como NASA, Serviço de Saúde Nacional Britânico (*British National Health Service*) e a Força Aérea Israelense (WATSON *et al.*, 2007).

De acordo com Watson *et al.* (2007), a Teoria das Restrições passou por uma evolução segmentada em cinco eras. Esses períodos podem ser caracterizados pelas publicações dos livros de Goldratt, para facilitar a análise dos principais eventos de cada era, conforme mostra

a Figura 4.1 (GUERRA, 2011). A seguir serão descritas as cinco eras e suas principais aplicações no domínio hospitalar.



Figura 4.1: As cinco eras da TOC. Fonte: Adaptado de Watson et al. (2007).

4.1.1. Era do OPT: algoritmo secreto

A Teoria das Restrições iniciou por um simples pedido de ajuda de um dos amigos do Dr. Eliyahu Goldratt, que gerenciava uma fábrica de gaiolas para aves em 1979. Esse amigo pediu ao doutor assistência no desenvolvimento de uma programação para aumentar a produção. Goldratt respondeu desenvolvendo um programa que triplicou as vendas da fábrica dentro de um curto período de tempo. O novo sistema foi chamado de *Optimized Production Timetables*, posteriormente conhecido por *Optimized Production Technology* (OPT). Entretanto, Goldratt logo se convenceu de que uma programação da produção computadorizada era apenas uma pequena parcela para resolução dos problemas envolvendo o Planejamento e Controle da Produção (PCP) (WATSON *et al.*, 2007).

Segundo Corrêa *et al.* (2009), ao contrário do *Manufacturing Resource Planning* ou MRP II, o OPT não foi uma técnica que tenha caído totalmente no domínio público, visto que qualquer empresa que decidia adaptá-la, deveria fazê-lo por meio das empresas (uma nos EUA e outra na Inglaterra) que detinham os direitos de explorá-la comercialmente. Eles ressaltam, ainda, que um dos sistemas que possui a lógica do OPT embutida é o “*The Goal System*”. Além disso, o OPT deveria atuar sobre três elementos: fluxo de materiais passando por um sistema transformador (*throughput*), estoques (*inventory*) e despesas operacionais (*operating expenses*).

A filosofia do OPT reside no fato de que para uma empresa lucrar mais, é necessário se aumentar tanto o fluxo quanto reduzir estoques e despesas operacionais. Em consonância com Palomino (2012) e Corrêa *et al.* (2009), o OPT é regido por nove princípios, a saber:

1. Balancear o fluxo e não a capacidade:

A sistemática do *software* OPT possui uma ênfase no fluxo de materiais e não na capacidade dos recursos, basicamente um enfoque contrário da abordagem tradicional (MOURA JÚNIOR, 1996). Isso só pode ser feito identificando-se os gargalos no sistema, que são os recursos que vão limitar todo o fluxo do sistema.

2. O uso de um recurso não é dado por sua disponibilidade, mas sim por alguma outra restrição do sistema:

Um recurso não gargalo pode ser restringido por recursos gargalos ou por imposições de mercado (MARCHESE, 2010).

3. Utilizar e ativar um recurso não são sinônimos:

Ativar algum recurso quando sua produção não pode ser absorvida por um recurso gargalo pode acarretar perdas com estoques. Como isto não caracteriza contribuição para o alcance dos objetivos, percebe-se que não houve utilização do recurso ativado. Assim, pode-se concluir que ativação não é o mesmo que utilização de um recurso (MOURA JÚNIOR, 1996). Segundo o OPT, todos os recursos não gargalos do sistema de produção devem ser programados com base nas restrições do sistema (CORRÊA *et al.*, 2009).

4. Uma hora perdida/ganha num recurso gargalo é uma hora perdida/economizada em todo o sistema:

Uma vez que o recurso gargalo limita a capacidade do fluxo de produção, pode-se inferir que uma hora perdida neste recurso afeta todo o sistema produtivo (GOLDRATT e COX, 2002; MOURA JÚNIOR, 1996).

5. Uma hora ganha em um recurso não gargalo não representa nada, é apenas uma ilusão:

Uma hora ganha em um recurso não gargalo, não afeta a capacidade do sistema, tendo em vista que este é limitado pelo recurso gargalo (MOURA JÚNIOR, 1996).

6. O lote de transferência não deverá ser igual ao lote de processamento:

Segundo Guerreiro (1996), o lote de processamento refere-se ao lote que será processado totalmente em um determinado recurso, antes de este ser preparado para processar outro item. Já o lote de transferência designa o tamanho do lote que está sendo transferido de uma estação de trabalho para outra. Isso permite que os lotes sejam divididos, podendo reduzir substancialmente o tempo de passagem dos produtos pelo sistema.

7. Os lotes de processamento devem ser variáveis e não fixos:

A grande maioria dos sistemas tradicionais afirma que o tamanho dos lotes deve ser igual para todas as operações de fabricação de um mesmo produto. Este pensamento leva a um problema de escolha do tamanho do lote ideal, tendo em vista que cada operação possui suas particularidades e características que podem levar a cálculos diferentes. Diante disso, o OPT afirma que os lotes de processamento podem variar entre as operações (GUERREIRO, 1996; CORRÊA *et al.*, 2009).

8. Os gargalos não apenas determinam o fluxo do sistema, mas também definem os estoques:

Haja vista que os gargalos determinam o fluxo do sistema, é perceptível que este fluxo está diretamente ligado ao ganho do sistema e aos níveis de estoque, uma vez que estes são dimensionados e localizados de maneira a suprir os gargalos contra flutuações estatísticas provocadas pelos recursos não gargalos (GUERREIRO, 1996).

9. A capacidade do sistema e a programação das ordens devem ser consideradas simultaneamente, e não sequencialmente. *Lead times* é um resultado de uma programação e não pode ser assumido *a priori*:

A programação da produção deve considerar o conjunto das restrições existentes no sistema, observando-se o tratamento dado aos *lead times*, e deve ser feita após a programação (GUERREIRO, 1996). Segundo Corrêa *et al.* (2009), os praticantes do OPT argumentam que esta característica faz com que os programas gerados pelo OPT sejam mais realísticos que os programas gerados pelo MRP (*Material Requirement Planning*).

Corrêa *et al.* (2009) relatam que o OPT consegue auxiliar as empresas na redução de seus *lead times* e estoques, e reportam que algumas empresas conseguiram reduções na ordem de 30% em *lead time* e de 40 a 75% em estoques. Ressaltam ainda, que os nove princípios do

OPT trazem novos *insights* para velhos problemas, o que contribui para o melhor entendimento dos problemas e a busca de novas soluções.

Em uma analogia ao setor de saúde, a programação dos recursos deve ser guiada em função dos gargalos, como por exemplo, a falta de médicos e leitos, ou a constante superlotação das emergências. Segundo Roth e Dierdonck (1991) *apud* Santos e Maçada (1996), a aplicação do OPT na área hospitalar é bastante útil quando utilizada conjuntamente com o MRP ou com a filosofia do *Just-in-Time*, afim de combinar a necessidade de materiais com as necessidades e restrições de capacidade. Santos e Maçada (1996) ressaltam também, a importância da aplicação do OPT na gestão hospitalar como sendo estratégica, devido ao suporte para melhor dimensionar a utilização dos departamentos críticos, tais como centros radiodiagnóstico e de emergência.

4.1.2. Era “A Meta”

Com alguns problemas e críticas em relação ao OPT, como o custo alto do programa (em 1985, o preço para implantação do *software* girava em torno de dois milhões de dólares), Goldratt revelou que os princípios do OPT poderiam ser utilizados com ou sem *software* e nos mais diversos ambientes de produção e mudou, além disso, de tática (WATSON *et al.*, 2007).

Em 1984, Goldratt e Jeff Cox escreveram “A Meta” (“*The Goal*”), um romance em que o protagonista, Alex Rogo, salva sua planta com a ajuda de algumas questões apontadas por seu mentor, Jonah. O objetivo do livro, em grande parte, foi educar os trabalhadores nas instalações empregando OPT, em um esforço para fazê-los seguir os horários oriundos do OPT. Este romance se tornou um *best seller*, com várias empresas tentando implantar os conceitos nele encontrados. “A Meta” descreve uma série de heurísticas e técnicas que se tornaram a base para a TOC na prática (WATSON *et al.*, 2007). No seu enfoque mais básico, o livro descreve os Cinco Passos (5 *Focusing Steps* – 5FS), o processo pelo qual os conceitos da TOC são implementados, além da metodologia Tambor-Pulmão-Corda (TPC) descrita como técnica de programação da teoria para sincronizar a produção enquanto se tenta minimizar o inventário e o trabalho em processo. A metodologia TPC visa, principalmente, solucionar problemas relacionados às restrições físicas e de mercado.

4.1.2.1. Tipos de Restrição

Em consonância com Stein (2003), a TOC afirma que, em qualquer sistema, existe um número muito pequeno de fatores limitantes que determina seu desempenho. Os princípios da TOC visam otimizar qualquer sistema produtivo, programando-o a partir de seus recursos com restrição de capacidade (OLIVEIRA *et al.*, 2004).

Para Soares *et al.* (2009), existe pelo menos uma restrição que limita a eficiência do sistema e, para melhorar seu desempenho, é necessário que se faça uma intervenção seletiva nos principais gargalos que impedem o alcance da meta da empresa. Se nenhuma restrição limitasse o desempenho do sistema, o lucro de uma empresa com fins lucrativos seria infinito.

Segundo Blackstone (2001), Perez (1997), Watson *et al.* (2007), Ronen *et al.* (2006) e *Theory of Constraints* (2012) uma restrição é um elemento ou fator que impede um sistema e alcança o mais alto nível de desempenho em relação ao seu objetivo e são classificadas de cinco tipos:

Física: a capacidade do recurso é menor que a demanda e são normalmente encontradas em processos. São exemplos: equipamentos defeituosos, falta de pessoas, falta de espaço para produção, etc. Um exemplo, segundo Ronen *et al.* (2006), aplicado a um hospital pode ser descrito conforme a Figura 4.2.

A Figura 4.2 mostra um hospital com uma restrição do tipo física, onde o Departamento 2 é o gargalo do sistema, pois possui a menor capacidade de atendimento quando comparado aos outros dois. Nota-se, também, que ao aumentar a taxa de saída do Departamento 2, o fluxo de saída de todo o sistema é aumentado, entretanto o mesmo não acontece ao aumentar as taxas dos Departamentos 1 e 3.

As restrições físicas podem apresentar sazonalidade (pessoas acidentadas no trânsito chegam a um hospital em maior número durante períodos próximos a datas comemorativas, como natal e *réveillon*, devido à maior ingestão de bebidas alcoólicas, por exemplo).

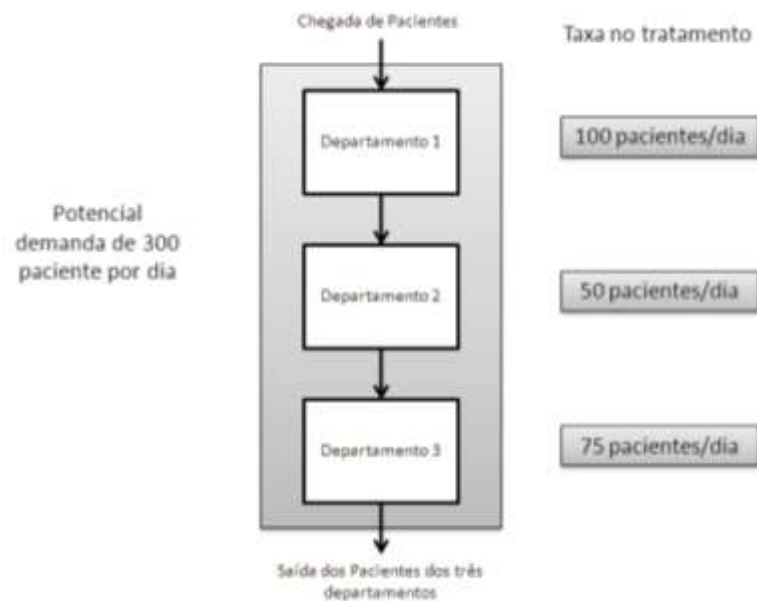


Figura 4.2: Um sistema com uma restrição física.

Fonte: Adaptado de Ronen *et al.* (2006).

Mercado: a demanda é menor do que a capacidade em se produzir o serviço ou produto. Uma restrição de mercado normalmente é mais difícil de ser resolvida quando comparadas às físicas. Por exemplo: Número baixo de usuários de um determinado hospital, comparando-se com a capacidade oferecida. A Figura 4.3 mostra um exemplo de uma restrição de mercado.

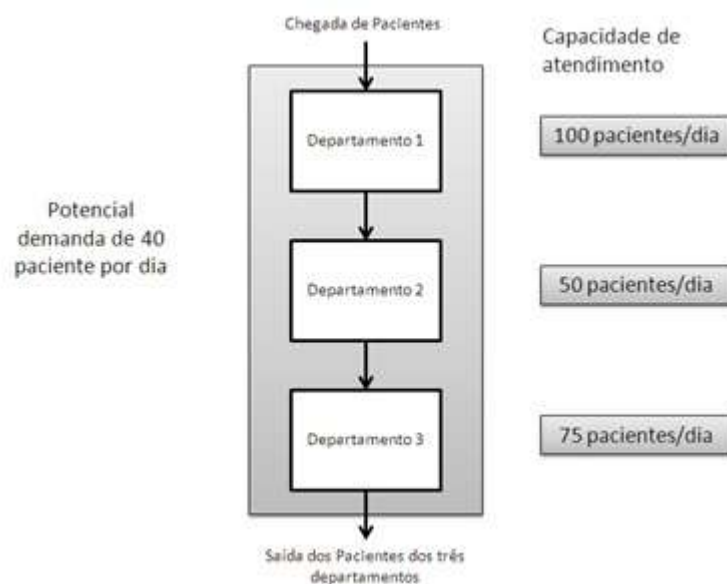


Figura 4.3: Hospital com Restrição de Mercado.

Fonte: Adaptado de Ronen *et al.* (2006).

Existem muitas formas de se melhorar as estratégias de marketing para aumentar o fluxo de clientes em uma organização, tais como: aumentar a velocidade em que as promoções são feitas, atender rapidamente as necessidades dos clientes, ampliar o número de produtos e serviços, torná-los diferenciados mantendo um alto padrão de qualidade, e principalmente, reduzindo-se custos operacionais.

Política: regras formais ou informais que limitam a capacidade produtiva do sistema. São exemplos: regras internas da própria organização de como os funcionários devem trabalhar, ou regras governamentais de como a organização deve operar em um determinado país. Este tipo de restrição apresenta maior complexidade de resolução quando comparadas às outras e normalmente não são resolvidas pelo 5FS, e sim pelos métodos do “Processo de Pensamento” da TOC que será apresentado na Seção 4.1.4.

Paradigmas: oriundas de crenças ou hábitos. Por exemplo, os maus hábitos de empregados ao utilizar determinadas máquinas numa linha de produção. Um exemplo hospitalar é o fato de técnicos em enfermagem não limparem adequadamente os respiradores nas UTIs. Este fato pode incidir diretamente no aumento das infecções hospitalares e, consequentemente na taxa de mortalidade de pacientes.

“Silenciosas” (ou *Dummy*): são aquelas que estão limitando o ganho do sistema e possuem um custo marginal muito baixo, quando comparadas a outros recursos. Por exemplo, a falta de um radionucleotídeo específico para o uso de equipamentos de imagem, tal como tomografia por emissão de pósitrons.

4.1.2.2. Ferramentas para Identificação das Restrições em Serviços de Saúde

Existem vários métodos para se identificar restrições em um sistema, sendo eles (RONEN *et al.*, 2006; TEICHGRÄBER, 2012; NG *et al.*, 2010):

I – Fazer um *tour* pela área de trabalho – utilizar a experiência de funcionários, queixas e verificar “visualmente” onde os possíveis gargalos podem estar escondidos. Por exemplo, um *tour* em uma emergência hospitalar pode indicar onde há um número maior de macas com pacientes aguardando procedimentos, e consequentemente, os recursos transformadores que estejam impedido que pacientes sejam diagnosticados e tratados.

II - Diagrama de Fluxo de Processo — é um mapeamento de fluxo usado para descrever um sistema. Ele representa estágios de um processo e os nós de decisão. É recomendável que se faça uma simplificação do processo e que no diagrama estejam presentes os tempos de processamento de cada sub-processo e os tempos de espera. O diagrama de fluxo básico do processo pode ser expandido em um diagrama bidimensional que representa as várias unidades da organização e suas respectivas operações. Ele tem uma importância na melhoria da comunicação dentro da organização e é uma ajuda visual simples que auxilia as pessoas a entenderem o fluxo de trabalho. O desenho de um diagrama de fluxo de processo, em si, proporciona às pessoas novos *insights* sobre seu processo de trabalho. Durante a etapa de construção de um Diagrama de Fluxo de Processo é provável encontrar algumas restrições do sistema.

Teichgräber (2012) descreveu como eliminar perdas usando o Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) na cadeia de suprimento de *stents* vasculares, ou seja, desde os fornecedores até a implantação do *stent* no paciente. Eles constataram que dos treze procedimentos necessários para a obtenção do *stent*, cinco não adicionavam valor à cadeia, sendo assim desnecessários. Ng *et al.* (2010) aplicaram o MFV com o *Just-in-Time* no Hospital Hôtel-Dieu Grace no Canadá e conseguiram diminuir o tempo necessário para o paciente passar da recepção até chegar na consulta médica de 111 para 78 minutos. Outros detalhes sobre o mapeamento de processos pode ser encontrado na Seção 3.5.2.1 ou em Zanchet *et al.* (2007).

III – Análise de tempo – analisar o tempo de uma entidade ao passar pelos diferentes sub-processos em um sistema permite visualizar onde a entidade está passando mais tempo, e, isto possibilita encontrar o provável gargalo do sistema. Normalmente são empregados *softwares* de simulação e métodos estatísticos para descrever o comportamento das entidades em função do tempo de processamento.

Ronen *et al.* (2006) ressaltam que o tempo de trabalho (de processamento) em ambientes hospitalares é inferior a 1% do tempo total em que o paciente passa desde a chegada até a saída de um hospital. Ele afirma que a média de um paciente em uma emergência gira em torno de quatro horas, e que alguns minutos são realmente dedicados ao “processamento” do paciente, sendo o restante, o tempo de espera nas filas nos diferentes processos de uma emergência. O tempo de resposta de um processo é proporcional à quantidade de trabalho em processamento. Em tese, quanto menor a quantidade desse tipo de trabalho, menor o tempo de

resposta. Uma quantidade maior de pacientes em processamento significa: redução na taxa de saída de pacientes do hospital, aumento de despesas operacionais, diminuição de qualidade e do controle operacional, aumento das infecções hospitalares e diminuição motivacional das equipes de saúde.

IV – Análise de Carga – também conhecida como “utilização de carga” mostra qual recurso em um sistema está sendo mais utilizado.

V – Tempo de Saída do Sistema – é a média de tempo que uma unidade passa para sair do processo. Ela inclui o tempo de processamento e de espera.

VI – Taxa de Saída do Sistema – é a média do número de unidade que podem ser processadas por unidade de tempo.

Detalhes de como outras ferramentas da Produção Enxuta podem auxiliar na identificação de restrição serão descritos na Seção 4.1.6.

4.1.2.3. Processo de Melhoria Contínua da TOC para Restrições Físicas

Goldratt criou uma sequência de cinco passos, também conhecida como o 5FS (*Five Focused Steps*) para a aplicação do Processo de Melhoria Contínua da TOC para restrições físicas (DAVIES *et al.*, 2005; WATSON *et al.*, 2007; GOLDRATT 2010; ZHANG, 2010). Esses passos permitem o desdobramento da lógica da teoria, considerando a dependência de eventos, as flutuações estatísticas e a inércia natural do sistema (CAMACHO & GUERREIRO, 2011; GOLDRATT & COX, 2002; SPECTOR, 2011; TORRES, 2009). Os cinco passos da TOC são descritos conforme mostra a Figura 4.4.

Os Cinco Passos da TOC consistem em:

I. Identificar as restrições do sistema

Segundo Sadat (2009), a TOC não mostra uma maneira clara e efetiva de encontrar gargalos em um sistema produtivo. Entretanto, conforme Palomino (2012), o primeiro passo



Figura 4.4: Etapas do processo de melhoria contínua da TOC.

Fonte: Adaptado de Goldratt & Cox (2002).

para se aplicar a TOC é identificar a quantidade de Recurso com Restrição de Capacidade (RRC). Para tanto, segundo Souza (2005), deve-se calcular a carga total, gerada pelos pedidos que deveriam ser processados durante determinado período de tempo, em cada um dos recursos utilizados. O cálculo de carga deve ser realizado segundo a organização de pedidos para cada estrutura de produto, considerando todos os estoques existentes, materiais em processo e produtos acabados.

Logo após, deve-se comparar o valor encontrado com a disponibilidade de tempo para cada recurso, calculada no mesmo intervalo de tempo e considerando o número de unidades disponíveis de cada tipo de recurso e de acordo com a programação da empresa. Se a carga atribuída a um recurso for maior que sua disponibilidade, este será um gargalo. Se houver mais de um, considera-se o mais sobrecarregado (SOUZA, 2005). A Figura 4.5 representa a identificação de um gargalo, onde uma etapa de um processo hospitalar (Diagnóstico) é identificada como a de menor capacidade produtiva, medida em pacientes por hora.

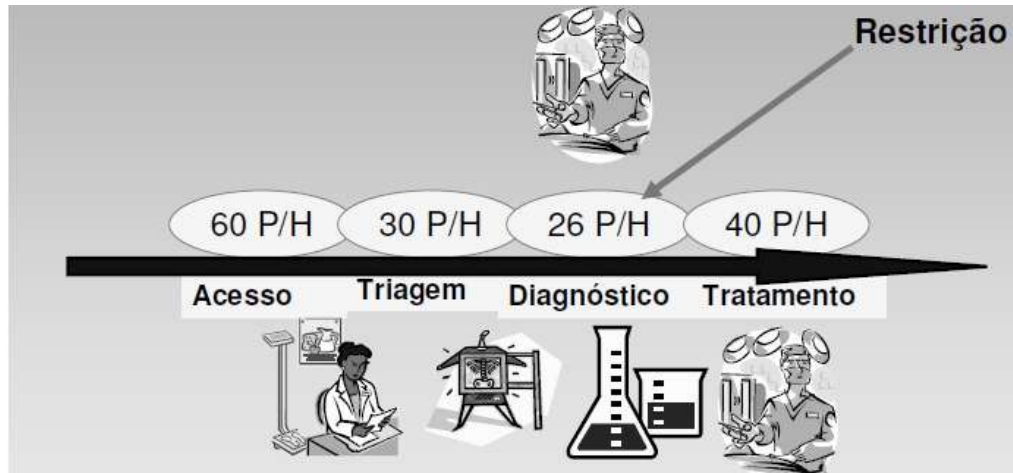


Figura 4.5: Identificando uma restrição.

Fonte: Sabbadini *et al.* (2006a).

II. Decidir como explorar a restrição do sistema

Explorar diz respeito ao meio de aproveitar a capacidade existente na restrição da melhor maneira possível, uma vez que ela determina o ritmo de todo o sistema (PALOMINO, 2011). Ela pode ser entendida, também, como sendo: “fazer melhorias para se aumentar o fluxo no gargalo, utilizando os recursos existentes”. Assim, é preciso que se maximize o desempenho da restrição e, para que isso ocorra, Palomino (2011) e Camacho & Guerreiro (2011) destacam algumas diretrizes gerais, a saber:

- Possuir um estoque de segurança no local que antecede o recurso gargalo;
- Assegurar que a restrição esteja ocupada com os produtos devidos;
- Observar aleatoriamente o gargalo e analisar como a mão de obra e os recursos estão funcionando;
- Diminuir os tempos de *setup* na restrição, o máximo possível.
- Realizar controle de qualidade para eliminar erros antes e depois do gargalo, onde devem também ser realizadas manutenções preventivas.

Segundo Ronen *et al.* (2006), a exploração de restrições possuem duas dimensões: eficiência (utilizar o gargalo próximo de 100% de sua capacidade) e eficácia (atender quais produtos/serviços devem ser atendidos com prioridade) conforme mostra a Figura 4.6.

Em paralelo, ele ressalta que é necessário eliminar, primeiramente, restrições “silenciosas” e, em seguida, as restrições políticas e as atividades duplicadas ou redundantes.

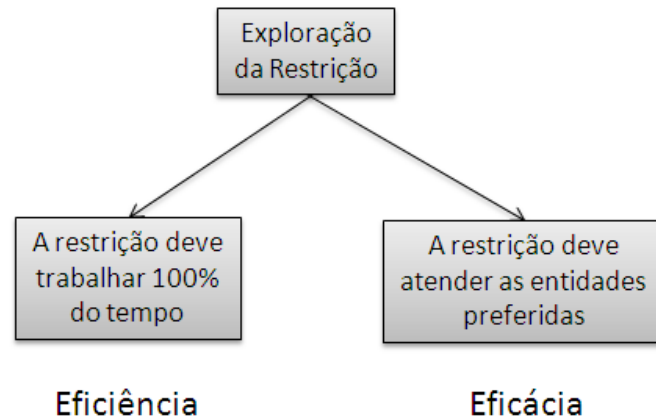


Figura 4.6: Exploração e Utilização do Recurso. Fonte: Adaptado de Ronen *et al.* (2006).

III. Subordinar qualquer outro evento à decisão anterior

Uma vez que a decisão de como explorar a restrição foi tomada, e como todo o sistema depende do ritmo do recurso gargalo, devem-se subordinar todos os outros recursos à decisão da etapa anterior, ajustando-os de maneira a operar o gargalo no máximo de sua capacidade (CAMACHO & GUERREIRO, 2011; PALOMINO, 2011; PINTO *et al.*, 2004). Se o gargalo for um operário, deve-se ter cuidado, pois obrigá-lo a operar no máximo de sua capacidade pode trazer danos à qualidade do trabalho e à saúde.

Esta etapa pode ser uma parte bastante complicada em relação ao processo de mudança, tendo em vista que, segundo Palomino (2011), envolve procedimentos gerenciais tradicionais, como medidas locais de produtividade, contabilidade de custos e sistemas de relações humanas. Muitas vezes, faz-se necessário a implementação de re-engenharia de processos para que haja a subordinação de outras atividades em função do principal gargalo.

Em um consultório odontológico, por exemplo, os dentistas são as restrições do sistema, e os outros funcionários (assistentes, secretárias e responsáveis pela higienização) devem ser subordinados a ele (em outras palavras: todos os funcionários devem prestar assistência ao dentista), pois ele determina a velocidade de produção de um consultório.

Recursos não-críticos podem ser subordinados à restrição usando o método TPC (RONEN *et al.*, 2006). A Seção 4.1.2.4 mostra maiores detalhes em relação ao método.

IV. Elevar as restrições do sistema

Se a restrição do sistema ainda existe, é imprescindível o planejamento de futuras ações para eliminá-la. Nesta etapa, busca-se aumentar a capacidade dos recursos gargalo, comprando um novo equipamento, terceirizando ou adquirindo mão de obra adicional, por exemplo (SABADDINI *et al.*, 2006a). Esta etapa é considerada como sendo a responsável pelas mudanças estruturais no sistema. A elevação do sistema pode ser obtida com ou sem investimento de capital. Pode-se, ainda, utilizar um processo de transferência de carga de uma restrição crítica para uma não crítica (RONEN *et al.*, 2006).

V. Se no passo anterior uma restrição foi quebrada, volte à primeira etapa

Como a TOC é um processo de aprimoramento contínuo, nada mais natural que depois de solucionado um gargalo, a inércia do sistema gere outros RRCs. O grande desafio nessa etapa é não deixar essa inércia se tornar o gargalo. Portanto, ao serem finalizadas as etapas de I a IV, se alguma restrição tiver sido quebrada, deve-se retornar à etapa inicial e reiniciar o ciclo de melhoria contínua (PINTO *et al.*, 2004; SABADDINI *et al.*, 2006b). É importante ressaltar que sempre existirá uma restrição no sistema.

Uma clara distinção entre o ambiente industrial e o de saúde, é o recurso a ser transformado: o ser humano. Por esse motivo, a aplicação dos princípios da TOC deve possuir algumas alterações para se moldar aos processos hospitalares. O Quadro 4.1 mostra um estudo comparativo dos cinco passos de melhoria contínua da TOC entre a área de saúde (especificamente no setor hospitalar) e de manufatura (KERSHAW, 2000).

Kershaw (2000) *apud* Gonçalves *et al.* (2006) diferencia os princípios da TOC utilizados no setor industrial do setor de saúde através da seguinte abordagem: enquanto no âmbito da manufatura procura-se uma maior produtividade, a meta na área hospitalar é atender com qualidade a maior quantidade de pacientes possível. Analogamente, uma restrição pode ser considerada como um dos processos que compõe o fluxo de atendimento de pacientes.

Quadro 4.1: TOC nas abordagens da manufatura e da saúde (setor hospitalar).

Manufatura	Passos da TOC	Saúde
A demanda pelo produto não condiz com a capacidade máxima de produção da manufatura. Existe acúmulo (falta) de estoques de matéria-prima, de produtos em processo e de produtos acabados.	Passo 1 Identificação	A demanda de pacientes não condiz com a capacidade máxima de produção do hospital. Existe acúmulo (ou falta) de medicamentos, equipamentos biomédicos, etc.
Programação da produção do produto baseada nas restrições de capacidade. Controlar os três tipos de estoques baseados nas restrições de capacidade instalada.	Passo 2 Exploração	Agendamento de pacientes baseado nas restrições de capacidade do hospital. Utilização de equipamentos biomédicos baseados nas restrições de capacidade do hospital.
Subordinar os processos produtivos do produto ao gargalo.	Passo 3 Subordinação	Subordinar os processos produtivos do serviço ao gargalo.
Reduzir tempo de <i>setup</i> . Aumentar tempo de produção do gargalo. Comprar novas máquinas que produzam mais produtos, etc.	Passo 4 Elevação	Reduzir o tempo de <i>setup</i> entre um paciente e outro. Contratar novos profissionais de saúde. Agilizar o fluxo de pacientes.
-	Passo 5 Repetir	-

Fonte: Adaptado de Kershaw (2000).

4.1.2.4. Método Tambor-Pulmão-Corda

A TOC possui um método para o estudo de restrições denominado de método Tambor-Pulmão-Corda (TPC). Segundo Umble & Srikanth (1996) *apud* Souza (2005), a lógica do TPC parte do pressuposto de que há apenas alguns poucos RRCs que irão impor o ritmo de produção de toda a organização. O livro “A Corrida” (Goldratt e Fox, 1986) descreve maiores detalhes sobre a técnica do TPC aplicada para a solução de restrições físicas. O TPC é descrito como sendo:

“**Tambor**” é a restrição e impõe o ritmo de produção do processo e determina a saída do sistema. Normalmente, a restrição (gargalo) é quem determina o fluxo e ritmo das tarefas de todo o sistema;

“**Pulmão**” é o nível de estoques necessários para manter a produção consistente. Pode também ser considerado como a quantidade de tarefas acumuladas antes de chegar ao recurso gargalo e servem para proteger o sistema contra flutuações ou atrasos. O pulmão assegura a continuidade da operação em um sistema;

“**Corda**” é o sinal gerado pela restrição indicando que alguma quantidade de estoques tem sido consumida e o seu papel é manter a saída do sistema sem gerar acúmulo de estoques, gerenciando as atividades no sistema.

Esse método consiste em garantir que a produção do RRC não seja interrompida por falta de insumos, cria-se um inventário que o protegerá contra as principais interrupções que possam ocorrer dentro de um intervalo predeterminado de tempo, o qual é chamado de Pulmão de Tempo. No intuito de impedir que haja um aumento desnecessário nos níveis de estoque em processo, os insumos são liberados para a organização no mesmo ritmo no qual o recurso restritivo o consome, fazendo analogia a uma Corda, mas com uma defasagem no tempo equivalente ao Pulmão de Tempo estabelecido (SOUZA, 2005).

De acordo com Goldratt & Cox (2002), só existem três tipos de Pulmões de Tempo. O primeiro é resultante da necessidade de se resguardar as restrições de recurso, evitando-se que o trabalho seja interrompido. É denominado, assim, de Pulmão de Recurso. A origem deste pulmão é o local que está à frente do RRC e será composto por estoques de material em processo. Outra limitação que deve ser protegida é a restrição de mercado, uma vez que se pretende sempre entregar no prazo. Para tanto, faz-se necessário um Pulmão de Mercado, ou Expedição, localizado nos armazéns de produtos acabados. Ademais, deve-se evitar que insumos que passam por um recurso restritivo fiquem esperando por insumos provenientes de recursos que não possuem restrição. Estabelece-se, assim, o Pulmão de Montagem, que deverá conter apenas produtos em processo que passaram por recursos não restritivos.

A utilização da lógica do método TPC, muito embora seja aplicada a quaisquer setores da economia, possui algumas peculiaridades no que diz respeito à manufatura e o setor de serviços hospitalares.

Segundo Ronen *et al.* (2006) o mecanismo Tambor-Pulmão-Corda pode ser utilizada para hospitais. Quem dita o ritmo da produção em um hospital normalmente é o gargalo, conhecido como o “tambor”. Em um bloco cirúrgico, por exemplo, a velocidade de operação

de um cirurgião é o ritmo para toda a equipe. Um “pulmão” em um centro cirúrgico fica localizado, normalmente, em uma sala de espera do bloco cirúrgico. Quando um paciente é posto em uma sala do bloco cirúrgico, a “corda” mandará um sinal para que outro paciente entre na sala de espera, e em seguida na sala de cirurgia. Em cirurgias simples, o “pulmão” pode ser medido dependendo da dinâmica das cirurgias do hospital. A Figura 4.7 mostra um mecanismo de aplicação do método TPC aplicado a um hospital.

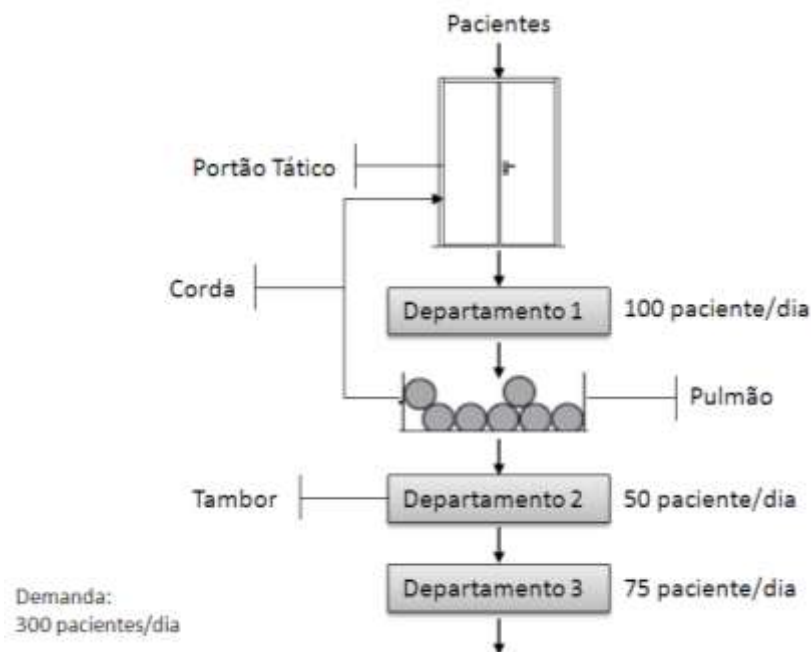


Figura 4.7: O mecanismo Tambor-Pulmão-Corda: Aplicação em um hospital.

Fonte: Adaptado de Ronen *et al.* (2006).

4.1.3. Era “A síndrome do Palheiro” – articulando as medidas da TOC

Os defensores da TOC sempre fizeram campanhas para que houvesse reformas dos custos relacionados à contabilidade empresarial. Esta campanha foi iniciada na Conferência Internacional da APICS (*Advancing, Productivity, Innovation, and Competitive Success*) em 1983, quando Goldratt anunciou publicamente que a contabilidade de custos é a “inimiga número um” da produtividade e que os estoques são perigosos, pois os mesmos retêm capital de giro que poderiam ser usados para aumentar a produtividade GOLDRATT (1983) *apud* WATSON *et al.* (2007) e THEORY OF CONSTRAINTS (2012).

Neste mesmo período, Goldratt afirmou que os princípios de contabilidade de custos quando aplicados à medição de desempenho local, ao custo do produto e a decisões de investimento de capital fornecem informações enganosas ou incorretas aos tomadores de decisão, o que pode causar a implementação de políticas ou práticas que sejam incongruentes com os objetivos da empresa.

Defensores da reforma afirmam que a contabilidade de custos tradicional sofre de suposições retrógradas que já não cabem nos sistemas de fabricação altamente flexíveis. Diante desta incongruência, Goldratt (1990) publicou dois artigos que incentivaram a renovação da contabilidade de custos e isto permitiu que fosse desenvolvido um sistema de medidas focado no processo, o qual tem como foco ações da organização que melhorem todo o desempenho organizacional. Goldratt (1990) ao escrever o livro “A Síndrome do Palheiro” descreveu as medidas de avaliação e de metas do processo de melhoria contínua da TOC (SADAT, 2009).

A TOC pressupõe que, para se ter um bom gerenciamento de uma organização, é necessário que se tenham medidas que permitam que sejam desenvolvidas regras operacionais para gerenciá-la. Goldratt criou, portanto, a Contabilidade de Transferência (CT) ou do inglês, *Throughput Accounting* (TA). A Teoria das Restrições propõe cinco indicadores globais e três indicadores locais que determinam se uma empresa está na direção ou não do alcance de sua meta (LACERDA & RODRIGUES (2007), SADAT (2009) E THEORY OF CONSTRAINTS, 2012).

4.1.3.1. Indicadores Globais – Medições de Resultado

Goldratt (1994) fundamentou os seguintes indicadores, a saber (LACERDA e RODRIGUES, 2007):

I. Retorno no Investimento: é o $(\text{Ganho} - \text{Despesa Operacional}) / \text{Investimento}$. Segundo Corbett (1997), qualquer decisão que impacte positivamente o Retorno Sobre o Investimento (RSI) consegue guiar a empresa para alcançar sua meta;

II. Lucro Líquido: é o (Ganho – Despesa Operacional); o quanto a empresa gerou de dinheiro. É uma medida absoluta de lucratividade da empresa;

III. Fluxo de Caixa: é uma medida necessária para a sobrevivência da empresa. Caso este indicador não seja atendido, nada mais importa (GOLDRATT, 1990);

IV. Produtividade: Ganho/Despesas Operacionais;

V. Retorno de Investimento: Ganho/Investimento.

Lacerda & Rodrigues (2007) ressaltam ainda que os três primeiros indicadores globais são suficientes para demonstrar o quanto a organização está ganhando dinheiro, entretanto, elas são insuficientes para julgar ações específicas na meta da organização.

Para preencher esta lacuna Goldratt (1994) criou indicadores locais:

4.1.3.2. Indicadores Locais

Os indicadores locais são divididos em Ganho, Inventário e Despesa Operacional LACERDA & RODRIGUES (2007).

I. Ganho: é definido como a taxa em que o sistema gera dinheiro através das vendas menos os custos;

II. Inventário: é todo o dinheiro que o sistema investiu em compras de coisas que tem o objetivo de vender (tem ainda um significado mais amplo quando se considera também os estoques utilizados na fabricação de produtos);

III. Despesa operacional: é todo o dinheiro que o sistema consome para transformar inventário em ganho. Além disso, a lógica da TOC afirma que não se deve levar em consideração o valor agregado, o que elimina, por si só, a confusão entre investimento e despesa (GOLDRATT & COX, 2002).

A Figura 4.8 mostra as diferentes relações entre os indicadores locais e os globais. Pode-se ressaltar que à medida que o Ganho é incrementado sem afetar de forma adversa o Inventário e a Despesa Operacional, o Retorno sobre o Investimento o Lucro e o Fluxo de Caixa aumentam de forma simultânea.

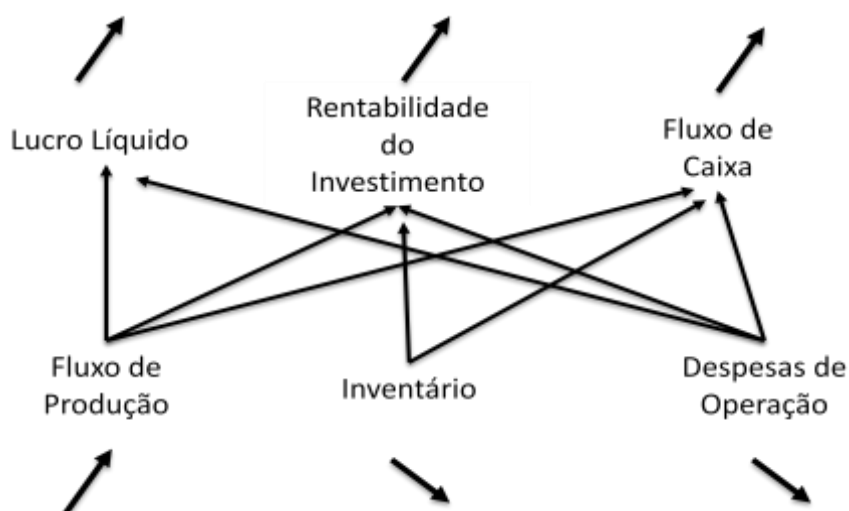


Figura 4.8: Medidas de Desempenho da TOC.

Fonte: Adaptado de Goldratt (1991) *apud* Lacerda & Rodrigues (2007).

Caso haja uma redução nos Estoques (sejam eles de matérias-primas, em processo ou de produtos acabados), pode-se reduzir consideravelmente o *lead time*, o que pode tornar a produção mais dinâmica e apta a receber um *mix* maior de produção. A redução no Inventário e nas Despesas Operacionais, ou aumento do Ganho podem melhorar os indicadores globais da organização.

A grande diferença entre a contabilidade de transparência e a tradicional reside no fato de que a TOC privilegia a redução de custos em função de um aumento no fluxo de saída do sistema, e ainda prever diferentes medidas contábeis diferentes para máquinas que, são ou não gargalos no sistema (WATSON *et al.*, 2007).

As medidas de desempenho são ferramentas de controle para guiar gestores em uma organização. Em muitas situações, o uso apropriado dos indicadores pode trazer mudanças significativas no ambiente organizacional.

4.1.4. Era “Não é sorte” – Processos de Pensamento

Em 1994, Goldratt publicou o livro “Não é sorte”. Em sintonia com a sua preferência pelo método socrático e dirigido pela auto-descoberta, “Não é sorte” não foi um livro de receitas para implementação de soluções genéricas da TOC, mas sim um roteiro para descobrir novas soluções para problemas complexos e não estruturados. Ele desenvolveu, então, o Processo de Pensamento (PP) ou *Thinking Process (TP)*. As ferramentas do PP fornecem uma rigorosa e sistemática maneira para identificação e resolução de problemas,

relacionados à gestão de políticas e aos sistemas com muitas interdependências, como por exemplo, linhas de manufatura (SCHRAGENHEIM e DETTMER, 2012).

4.1.4.1. Processo de Melhoria Contínua da TOC para Restrições Não Físicas

Para se estudar restrições não físicas, aplica-se o PP da TOC. O PP permite o desenvolvimento de habilidades para mudar os paradigmas existentes, por exemplo, nas questões políticas de uma organização. A identificação das restrições não físicas é tarefa árdua, complexa e que consome tempo e recursos (GUERRA, 2011).

O PP é realizado através de *brainstorming*² e tem o objetivo de correlacionar causas e efeitos. Theory of Constraints (2012), Guerra (2011) e Souza (2006) afirmam que para se obter melhoria contínua, deve-se responder algumas perguntas básicas: O que a organização precisa mudar? Para que mudar? E quais ações podem realizar a mudança?

Essas perguntas são respondidas através de cinco ferramentas básicas baseadas no processo de raciocínio lógico:

- Árvore da Realidade Atual (ARA);
- Diagrama de Dispersão de Nuvem (DDN);
- Árvore da Realidade Futura (ARF);
- Árvore de Pré-Requisitos (APR);
- Árvore de Transição (AT).

Para responder a primeira pergunta, pode-se utilizar a ARA que corresponde a um diagrama por meio de conexões causa-efeito, partindo do que se chama de “efeitos indesejáveis”. Segundo Guerra (2011), o objetivo é mapear as inter-relações de causa-efeito que une os efeitos indesejáveis até a obtenção do gargalo. A ARA é importante para (GOLDRATT, 1990 *apud* GUERRA 2011):

² *Brainstorming* do inglês significa tempestade de ideias. É considerada uma ferramenta para geração de novas ideias para a solução de um problema de forma criativa e em equipe. O objetivo é chegar a um consenso em que é apontada a melhor alternativa.

- Identificar o impacto de políticas, procedimentos e ações em uma determinada área ou em toda a organização;
- Comunicar, de forma clara e concisa, a causalidade dessas políticas, metodologias e ações;
- Identificar claramente o problema central frente a uma situação;
- Formar uma equipe de trabalho encarregada de resolver o problema.

A vantagem de se usar a ARA é a simplicidade da ferramenta e o foco direto no problema. Uma desvantagem da ARA é que a mesma é subjetiva, e isso é normalmente amenizado usando-se uma equipe multidisciplinar para construir a ARA. A Figura 4.9 mostra um exemplo aplicado em um ambiente hospitalar, em que as raízes do problema são: a não integração entre a logística e gestão, gargalos não utilizados adequadamente, agendamento inadequado.

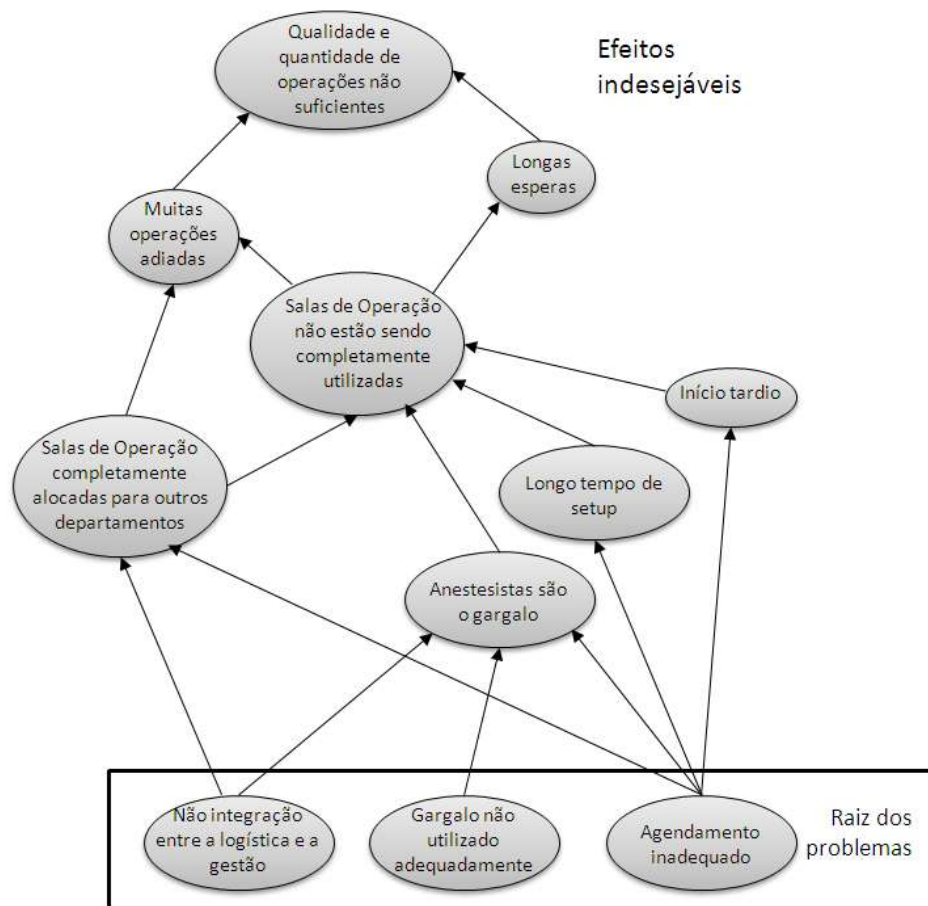


Figura 4.9: Exemplo de uma ARA aplicada em ambiente hospitalar.

Fonte: Adaptado de Ronen *et al.* (2006).

Maiores detalhes sobre as ferramentas do PP podem ser encontradas em Guerra (2011).

4.1.5. Era “Corrente Crítica” – TOC e gerenciamento de projetos

Na Conferência Internacional Jonah, em 1990, um método para a programação e controle de projetos com base na lógica da TOC chamado de Gestão de Projetos Críticos em Cadeia (*Critical Chain Project Management* – CCPM), foi introduzido. Infelizmente, o conceito de “Corrente Crítica” permaneceu sem ser estudado até que o livro “Corrente Crítica” de Goldratt surgisse em 1997. Basicamente, CCPM é a aplicação dos Cinco Passos de Focalização da TOC para gerenciamento de projetos, empregando Pulmões (da técnica TPC) nos pontos críticos de controle para uma melhorar o desempenho do projeto, protegendo contra a variação do tempo de conclusão na gestão de tarefas. Watson *et al.* (2007) também afirma que depois de se acrescentar “Pulmões” na gestão de projetos, o tempo de término através do CCPM é geralmente 25% a menos que aqueles estimados para o mesmo projeto utilizando-se o PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) ou CPM (*Critical Path Method*).

Umble e Umble (2006) aplicaram o CCPM para reduzir o tempo de espera em um departamento de acidentes e emergências em um hospital nos EUAs. Eles consideraram um paciente como sendo um “projeto” desde sua chegada até a sua saída e compararam com os modelos tradicionais de assistência. Toda semana uma equipe multidisciplinar focava a atenção para analisar o desempenho das atividades gargalos do processo. As estatísticas deste trabalho demonstraram melhorias significativas na assistência à saúde dos pacientes.

4.1.6. O Futuro da TOC

Há fortes evidências de que uma sexta era da TOC está surgindo tanto na literatura quanto através das instituições que fazem uso da mesma (WATSON *et al.*, 2007). Há um crescente número de artigos na literatura mostrando as novas multimetodologias envolvendo a TOC e outras disciplinas da Gestão de Operações, sendo a nova integração da TOC com ferramentas da Produção Enxuta merecedora de destaque e aprofundamento.

Quando se compara a TOC e a Produção Enxuta, é importante ressaltar algumas características básicas (THEORY OF CONSTRAINTS, 2012):

1 – A TOC foca na identificação e remoção de restrições que limita a saída do sistema. Além do mais, uma correta aplicação tende a crescer a capacidade de manufatura;

2 – A Produção Enxuta focaliza na eliminação de perdas do processo de manufatura. Além disso, uma aplicação adequada tende a uma redução nos custos de manufatura.

Como resultado da aplicação integrada desses dois métodos, observa-se que a efetividade, qualidade e lucratividade são significativamente aumentadas pela eliminação das perdas, que normalmente são oriundas das restrições, ou gargalos de um sistema.

A Figura 4.10 mostra os cinco passos da TOC integrados às ferramentas da Produção Enxuta. Essa integração pode ser aplicada nos seguintes passos da TOC (THEORY OF CONSTRAINTS, 2012):

1 – Aplicação da Produção Enxuta para a Identificação das Restrições

Para a identificação das restrições, podem-se aplicar:

O **Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV)** ou *Value Stream Mapping* mapea o fluxo de produção dos estados presentes e futuros, e com isso consegue identificar as restrições em um processo. Por exemplo, o tempo de ciclo e as diferentes associações de subprocessos podem ser descritos em um único mapa. A Seção 3.5.2.1 apresenta outros detalhes sobre o MFV.

O **Gemba** permite que haja um profundo entendimento sobre os problemas reais de um sistema. Conversar com os empregados que trabalham no chão de fábrica, observar o fluxo de produção, a interação entre máquinas, insumos e funcionários, são os primeiros passos para se identificar restrições e essas são as premissas do Gemba.

2 - Aplicação da Produção Enxuta para a “Exploração das Restrições”

A Produção Enxuta também é caracterizada pela ideia de que se deve fazer o melhor com os recursos disponíveis. Para tal, podem-se empregar:

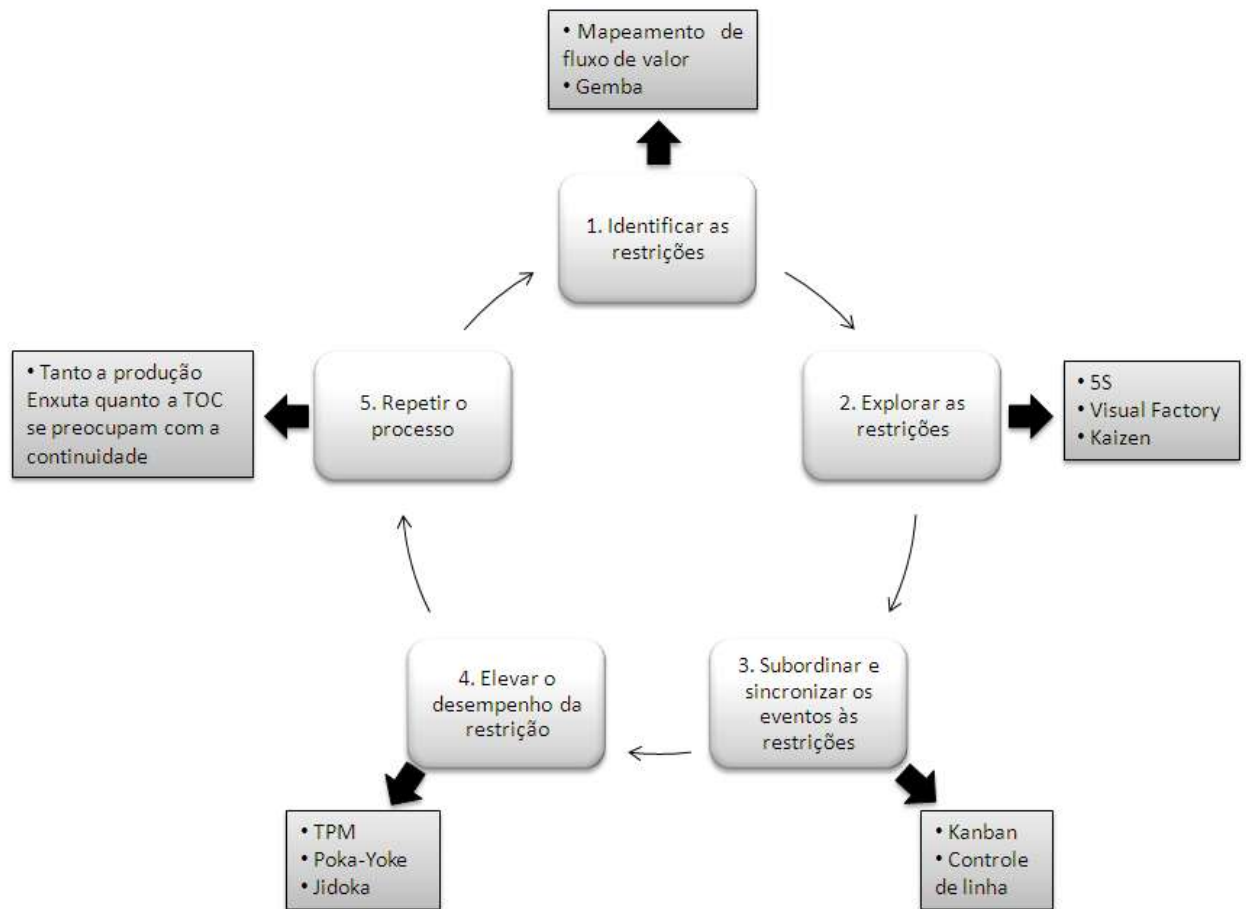


Figura 4.10: Cinco passos da TOC integrados às ferramentas da Produção Enxuta.

Fonte: Adaptado de Theory of Constraints (2012).

Os 5S – Foi desenvolvido por Hiroyoki Hirano e é considerado como sendo um programa para eliminação de desperdícios, classificação, ordem e limpeza o qual permite maior produtividade, segurança, clima organizacional, motivação e competitividade para a empresa (GUELBERT, 2008). Esses desperdícios são resultados de um ambiente normalmente mal organizado. Ele consiste em cinco elementos: *Seiri* (Classificação) – Separa o desnecessário, ou seja, elimina espaços de trabalhos inúteis; *Seiton* (Ordem) – Situar os necessários, ou seja, organizar o espaço de trabalho eficazmente; *Seiso* (Limpeza) – Suprir os supérfluos, o que quer dizer, melhorar o nível de limpeza; *Seiketsu* (Normalização) – Sinalizar anomalias, ou prevenir o aparecimento de supérfluos e a desordem; e *Shitsuke* (Manutenção) – Seguir melhorando, ou seja, incentivar esforços de padrões. A aplicação do 5S cria uma base para que haja um melhor entendimento a respeito das causas das restrições.

O **Visual Factory** é uma estratégia para fornecer informação e instruções visualmente no chão de fábrica. Faz uso de *displays* indicando o *status* da produção e trazendo atenção imediata para a solução de um problema (ou restrição). O *Visual Factory* permite que os operários visualizem as ordens dos clientes, as diferentes opções de produto, os roteiros de montagem, e trazendo uma melhoria de qualidade, redução de erros humanos e retrabalho.

O **Kaizen** significa em japonês “melhoria contínua” e é visto com um processo diário cujo propósito vai além do aumento de produtividade. É normalmente empregado em pequenos grupos em processos de manufatura e estimula os funcionários a realizarem seus trabalhos utilizando o método científico. O *Kaizen* permite a interação entre o trabalho coletivo associado ao objetivo de se aumentar a produtividade.

3 - Aplicação da Produção Enxuta para a “Subordinação à Restrição”

As ferramentas da Produção Enxuta para o controle do fluxo de produção (*Kanban*) e para a sincronização das linhas automatizadas (Controle de linha) podem ser aplicadas para a subordinação à restrição.

O **Kanban** é um método para a regulação de fluxo de materiais, que utiliza um cartão de sinalização (ou ainda luzes, caixas vazias, e até locais vazios demarcados) para a indicação onde materiais são requeridos ou para transportá-los em um ambiente de manufatura. Normalmente, são divididos em Kanbans de Produção, de Movimentação e os e-Kabans (*Kanbans* eletrônicos implementados através de *softwares* integrados como o *Enterprise Resource Planning* (ERP). Dessa forma, ele sincroniza o material principalmente nas restrições, controlando o que chega e sai em cada etapa do processo.

Controle de Linha é uma técnica sofisticada usada para sincronizar linhas automáticas, tais como as linhas FMCG (*Fast Moving Consumer Goods*) ou de Produtos de Grande Consumo, o qual subordina equipamentos de não-restrições à restrição do sistema, de forma a aumentar o fluxo de saída do sistema. Ele é uma alternativa ao método TPC.

4 - Aplicação da Produção Enxuta para a “Elevação da Restrição”

A **TPM (Total Productive Maintenance)** foca numa manutenção proativa e preventiva para maximizar o tempo operacional da restrição (seja reduzindo os tempos de ciclo, seja eliminando defeitos). Ela reduz a frequência na qual a restrição pode vir a quebrar ou parar, melhorando a qualidade e efetividade de todo o sistema.

Poka-Yoke foi concebido por Shingo em 1992 e pode ser traduzido como um “dispositivo à prova de erros”. Ele é utilizado para detecção e prevenção de erros em equipamentos. Reduzindo-se o número de defeitos, facilita a elevação da restrição. O *Poka-Yoke* pode usar os métodos de controle, alerta, posicionamento, contato, contagem e comparação. Maiores detalhes sobre este dispositivo podem ser encontrados em Calarge e Davanso (2004).

Jidoka significa automação inteligente, ou seja, ela pára o equipamento quando defeitos são detectados. Em alguns casos, uma restrição não pode ser “quebrada” sem que haja uma introdução de investimento (THEORY OF CONSTRAINTS, 2012). O *Jidoka* permite:

- Sustentar fluxos produtivos contínuos e estáveis, evitando defeitos;
- Identificar e eliminar as causas dos desperdícios causados pela não-qualidade;
- Melhorar a produtividade da restrição com ações para evitar a recorrência de problemas, através de soluções definitivas em nível sistêmico.

McLaughlin e Hays (2008) afirmam que ferramentas de melhoria podem usar diferentes métodos e metodologias. Tipicamente, eles começam com um mapeamento do processo. Eles acrescentam que a ferramenta Seis Sigma pode ser utilizada para reduzir a variabilidade do sistema e pode fornecer excelentes resultados, principalmente quando associada com outras ferramentas da Produção Enxuta, ou *softwares* de simulação para a otimização de fluxo de processos.

As aplicações da TOC cresceram na mesma velocidade que o desenvolvimento de suas multi-metodologias. Um importante avanço na literatura foi a aprofundada evolução dos conceitos da TOC considerando as diferentes técnicas da PO, tais como a programação linear e a lógica *fuzzy*, e das Ciências Administrativas nas duas últimas décadas (LUEBBE e FINCH, 1992; MABIN e BALDERSTONE, 2000; BALAKRISHNANM e CHENG, 2000;

COMAN e RONEN, 2000; BLACKSTONE, 2001; MABIN e BALDERSTONE, 2003; ARYANEZHAD e KOMIJAN, 2004; DAVIES *et al.*, 2005; MISHRA *et al.*, 2005; SOUREN *et al.*, 2005; BHATTACHARYA, 2007 e 2008; LIU, 2008; RAY *et al.*, 2010).

4.2. MCDA Aplicada à Saúde

A tomada de decisão é uma atividade muito rotineira em um hospital. Médicos estão, constantemente, tomando decisões que podem definir a vida ou a morte de pacientes; gestores hospitalares estão definindo os rumos estratégicos do hospital e lidam com as constantes dificuldades de recursos humanos, financeiros, ou ainda, de materiais; engenheiros biomédicos decidem os novos rumos e horizontes do departamento de engenharia clínica e do parque tecnológico hospitalar; etc.

Zoboli (2002) afirma que é possível identificar quatro centros de poder na estrutura hospitalar: a diretoria superior, os médicos, a administração e os outros profissionais. Ele destacou ainda, a grande influencia dos médicos no processo decisório e em relação a outros profissionais de saúde (CABRAL, 2007). A maioria dos problemas envolvendo a tomada de decisões em um ambiente hospitalar é complexa e apresenta diferentes critérios para serem avaliados durante o processo decisório.

Segundo Roy (1996), decisões são tomadas quando escolhemos fazer ou não algo. Em decisões hospitalares é preciso considerar as diferentes multiplicidades dos fatores diretos e indiretos da tomada de decisão, pois as ações a ser adotadas podem influenciar na condição de vida das pessoas. As decisões podem ser classificadas de três formas conforme baseado em Laudon e Laudon (2011):

1. Decisões não-estruturadas – são aquelas que o decisor deve usar o bom senso, capacidade de avaliação e sua perspicácia na definição do problema. Essas decisões não podem ser automatizadas e não possuem frequência ao longo do tempo. Por exemplo, reequipar os equipamentos biomédicos de uma UTI;
2. Decisões estruturadas – são aquelas que podem ser completamente automatizadas por uma sequência lógica de procedimentos sem que seja necessário o decisor intervir, diretamente. Por exemplo, manutenção preventiva de equipamentos biomédicos

descrita, previamente, em contrato com empresa terceirizada de engenharia clínica. Normalmente, a decisão de manutenção preventiva é agendada e automatizada por *softwares* de gestão, permitindo a programação exata, considerando a multiplicidade do parque tecnológico do hospital e os recursos humanos para realizá-la.

3. Decisões semi-estruturadas – são aquelas que estão entre as não estruturadas e estruturadas. Apenas parte do problema tem uma resposta clara e precisa, podendo ser resolvida por um procedimento aceito. Por exemplo, decisão sobre a elaboração de um *site* corporativo para o hospital.

O apoio à decisão multicritério oferece ao decisor alguns métodos capazes de resolver problemas levando em consideração os mais diversos pontos de vista, muitas vezes complexos e contraditórios, e os diferentes critérios associados a cada alternativa (VINCKE (1992) *apud* ALENCAR (2003)). Além do mais, a decisão multicritério é utilizada, principalmente, para o auxílio a decisões que envolvam dados não-estruturados. É frequente, durante a construção do modelo de decisão, utilizar um Método de Análise de Decisão Multicritério (ou MCDA – *Multi-Criteria Decision Analysis*).

Almeida (2011) afirma que, o MCDA abrange uma série de métodos, os quais têm como finalidade a busca do estabelecimento de estrutura de preferências de um decisor, relacionada às consequências do problema de decisão, com o objetivo de proporcionar a avaliação de alternativas que estão sendo consideradas no problema de decisão. Os métodos de decisão multicritério não visam encontrar uma solução que seja uma verdade única representada pela ação selecionada, ou ainda uma solução ótima para um problema em questão, e sim apoiar o processo de decisão, levando ao decisor tomar a melhor decisão segundo parâmetros pré-estabelecidos.

Normalmente, não existe uma solução ótima, melhor que as demais considerando, simultaneamente, todos os critérios. A subjetividade do decisor, as circunstâncias que envolvem a problemática e sua forma de apresentação são fatores que influenciam decisivamente no processo e consequentemente, no resultado obtido (ALENCAR, 2003). Canedo e Almeida (2008) ressaltam ainda que a MCDA pode ser, particularmente, útil em ambientes em que o processo de decisão é complexo, como por exemplo em sistemas de produção hospitalar, os quais envolvem muitos tomadores de decisão, e consequências que afetarão a saúde das pessoas.

Diaby *et al.* (2013) conduziram uma revisão de literatura de artigos reportando as aplicações da MCDA no setor da saúde durante o período compreendido entre 1960 e 2011, e notaram que número de aplicações neste campo cresceu exponencialmente. A Figura 4.11 mostra o crescimento das aplicações de MCDA em saúde ao longo do período.

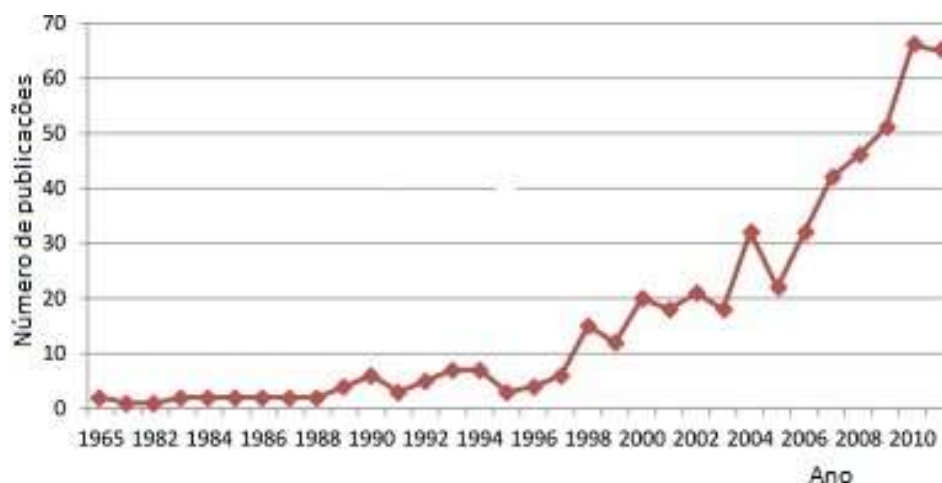


Figura 4.11: Número de publicações de MCDA em saúde entre os anos de 1960-2011. Fonte: Diaby *et al.* (2013).

A MCDA tem sido aplicada para avaliar tecnologias de saúde (DIABY *et al.*, 2013; HUSEREAU *et al.*, 2010) e problemas governamentais (NUTT *et al.*, 2010), para calcular o risco e benefícios de medicamentos (MUSSEN *et al.*, 2007; MUSSEN *et al.*, 2009) e realocar recursos escassos de saúde (LEE e KWAK, 2011; EARNSHAW e DENNETT, 2003; FLESSA, 2003, MITTON e DONALDSON, 2003; PEACOCK *et al.*, 2007; RUTA *et al.*, 2005), para realizar reengenharia de processo de saúde (KWAK e LEE, 2002), avaliar política em saúde (EPSTEIN *et al.*, 2007), decisões médica (LIBERATORE e NYDICK, 2008; ODDOYE *et al.*, 2006) e casos cirúrgicos (CARDOEN *et al.*, 2009).

Segundo Diaby *et al.* (2013), o tópico de pesquisa mais prevalente foi a aplicação de MCDA em sistemas de saúde e mais especificamente na alocação de recursos de saúde. A Figura 4.12 mostra o número de publicações por tópico de pesquisa de MCDA em saúde durante 1960-2011. Outras aplicações da MCDA em saúde podem ser encontradas em Thokala e Duenas (2012).

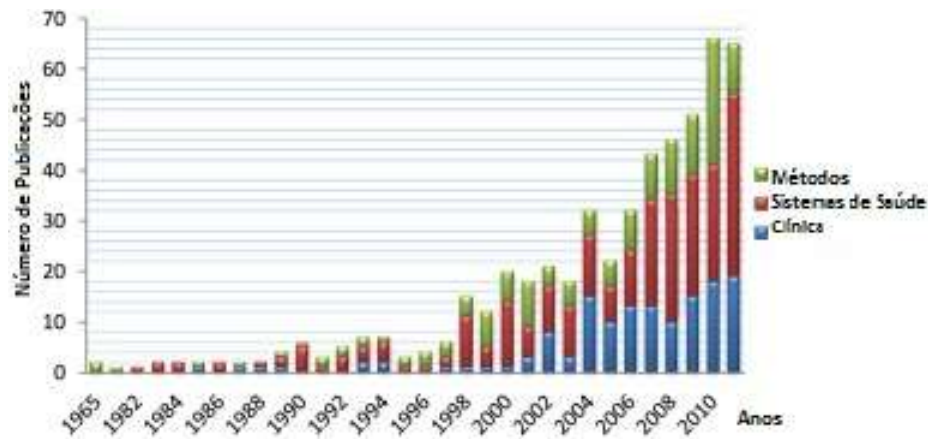


Figura 4.12: Número de publicações por tópico de pesquisa de MCDA em saúde durante 1960-2011. Fonte: Diaby *et al.* (2013).

O presente capítulo mostrou uma revisão bibliográfica sobre a TOC e a MCDA e destacou diversas aplicações no âmbito dos serviços de saúde. É importante frisar, que não existe na literatura um método (ou modelo) que integre de forma coerente a TOC com a MCDA e que seja devidamente aplicado ao contexto dos serviços hospitalares de urgência e emergência. Esta revisão é fundamental para a compreensão do próximo capítulo que formalizará um modelo que além de convergir TOC e MCDA como ferramentas principais, terá o suporte das ferramentas de simulação, da engenharia de métodos e dos conceitos probabilísticos descritos nas Seções 3.5.2.4, 3.5.2.5 e 3.5.2.3 respectivamente.

5. MODELO DE AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO PARA A TEORIA DAS RESTRIÇÕES

Este capítulo tem como objetivo a formalização de um modelo para análise de alternativas relacionada à problemática da ordenação envolvendo TOC e a MCDA. Inicialmente serão abordadas algumas especificidades envolvendo a tomada de decisão hospitalar e em seguida será proposto o modelo na sua forma condensada e estendida. Espera-se que o modelo melhore a tomada de decisão, levando em conta aspectos subjetivos e objetivos do decisor.

5.1. Estrutura do Modelo

O desenvolvimento de multi-metodologias e multi-métodos tem tido considerável importância nos últimos vinte anos (DAVIES *et al.*, 2005). Um dos benefícios desses novos arranjos está na ampliação das múltiplas perspectivas dadas a uma mesma problemática. Mingers e Brocklesby (1996) *apud* Davies *et al.* (2005) afirmam que é necessário ir além do uso de um único método, ou seja, é importante combinar vários no todo ou em partes, e a partir de diferentes paradigmas, tirar o máximo de proveito dos resultados obtidos. A combinação de métodos ou metodologias é de grande valia para resolução de gargalos produtivos de sistemas complexos, como por exemplo, nos serviços de urgência e emergência hospitalar.

Um hospital é um sistema complexo de decisões as quais envolvem desde a tomada de decisões sobre recursos físicos, financeiros, humanos, até ações que afetem diretamente e indiretamente a saúde das pessoas. Existe um pressuposto de que o decisor ou grupo de decisores hospitalares (também chamado de colegiado de decisores) venham a tomar decisões racionais baseadas em escolhas orientadas para maximizar a “satisfação” (utilidade) individual ou em grupo (sociedade). A característica do processo decisório a ser realizado individualmente ou coletivamente depende da estrutura hierárquica do hospital.

Nogueira e Gerry (2007) descreveram que no setor de saúde, as condições de decisão são consideravelmente diferentes de outros setores produtivos. Tratando-se de decisões hospitalares, normalmente, o decisor (ou decisores) não tem acesso a todas informações

necessárias e existem muitas alternativas cujos resultados e consequências são totalmente imprevisíveis, restringindo assim, a tomada de decisão.

As decisões que abordam a análise de restrições produtivas, principalmente aquelas envolvendo o planejamento da capacidade ou o planejamento e controle da produção, possuem dados semi-estruturados, estruturados e especialmente não-estruturados. Esses dados para se tornarem informações, e em seguida apoiarem a tomada de decisão precisam ser processados corretamente, e isso inclui considerar diferentes interesses e percepções do decisor sob o mesmo problema.

Ray *et. al.* (2007), (2008a), (2008b) e (2010) afirmam que muito pouco tem sido feito em relação aos aspectos envolvendo a subjetividade do tomador de decisão durante a priorização das alternativas para resolver restrições. O procedimento de seleção e análise de alternativas envolve diversos critérios que podem ser subjetivos e/ou objetivos, além de poderem ser conflitantes entre si. Athawale e Chakraborty (2010) mostram ainda que os métodos de MCDA poderiam auxiliar na resolução deste tipo de problema. A experiência humana precisa ser levada em consideração sempre que houver a necessidade de resolver conflitos com múltiplas alternativas, restrições e/ou múltiplos decisores em um processo de melhoria, tal como o 5FS da TOC.

Durante a fase de identificação e exploração da TOC, o analista (juntamente com o decisor) pode encontrar múltiplas e complexas restrições. Além disso, ele pode encontrar várias alternativas para resolver o mesmo gargalo. Entretanto, o 5FS não fornece um método eficaz focado tanto na identificação das restrições, como no ordenamento e seleção das alternativas para resolver tais restrições em um ambiente multicritério. A TOC afirma que, quando um sistema é limitado por uma única restrição, a melhor solução é selecionar uma alternativa baseada na sua taxa de saída ou, em outras palavras, selecionar a alternativa que apresente maior taxa de produção para gargalo, entretanto essa alternativa pode não ser a ideal para o decisor ou para a organização.

Alguns autores enfatizam que a aplicação da TOC pode falhar em alguns casos (LINHARES, 2009; RAY *et al.*, 2010):

I – Quando existem restrições em que o sistema de produção é não linear;

II – Em casos onde a razão de saída de cada restrição viola tanto a programação linear quanto a TOC.

O Modelo de Avaliação Multicritério para a Teoria das Restrições ou *Multi-Criteria Evaluation for the Theory of Constraints* (ME-TOC) foi proposto para suprir a necessidade de um modelo que integre a TOC e a MCDA, para avaliação de alternativas que reduzam gargalos produtivos através de um ciclo de melhoria contínua. Além do mais, esse modelo visa reestruturar a identificação de gargalos de sistemas produtivos considerando aspectos probabilísticos inerentes às incertezas naturais do problema.

A ME-TOC além da base na TOC e no MCDA, possui como pilares a Engenharia de Métodos; os Processos Estocásticos (Teoria das Filas); os Sistemas Probabilísticos; e a Simulação de Eventos Discretos. Esses pilares serão explicitados na próxima seção. O modelo de decisão proposto neste trabalho é apresentado na sua versão condensada (genérica ou abrangente) e na versão estendida a fim de agregar diferentes percepções do decisor aos 5FS da TOC.

5.2. Os Seis Passos da ME-TOC

Os Seis Passos da ME-TOC são mostrados na versão condensada e na versão estendida conforme mostram as Figura 5.1 e 5.2 respectivamente. Os Seis Passos são:

1º PASSO: IDENTIFICAR AS RESTRIÇÕES. As restrições de um sistema produtivo podem ser identificadas de diversas formas: visualmente, através da experiência de funcionários, pela análise de carga, etc. A ME-TOC é indicada para casos onde os sistemas são complexos e demandam uma análise mais aprofundada, onde estudos de tempos e movimentos, e de métodos estatísticos são requeridos. O primeiro passo é constituído por seis etapas sendo elas: Mapeamento de Processos; Aplicação da Engenharia de Métodos; Determinação das Distribuições de Probabilidade; Verificação e Validação do Modelo de Simulação; Simulação de Eventos Discretos; Determinação do Gargalo através da Análise dos Indicadores de Desempenho.

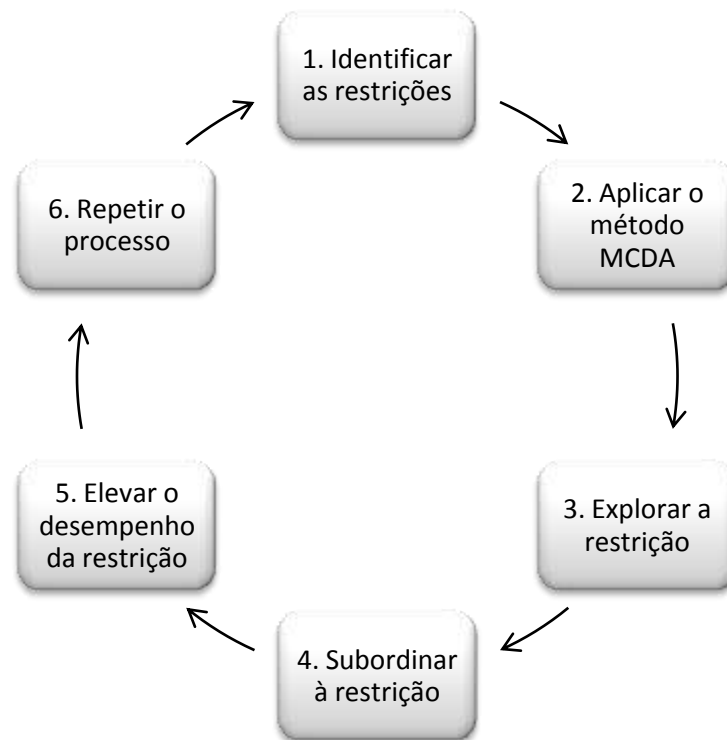


Figura 5.1: O Ciclo de Melhoria Contínua da ME-TOC - Versão Condensada.

O Mapeamento de Processos é a etapa onde o sistema é delimitado e descrito. Quanto menor o sistema, mais rápido será a identificação dos processos que o constituem. Em estudo envolvendo a produção hospitalar, os “Processos Macros” devem ser devidamente distinguidos dos Micros. São Processos Macros: A Emergência; UTI; Bloco Cirúrgico; Lavanderia; Centro de Esterilização; etc. Um Processo Macro pode também ser considerado um setor que seja facilmente delimitado. Os “Processos Micros” são aqueles em que as atividades de um operário (funcionário) podem ser definidas individualmente. São exemplos de Processos Micros: o atendimento de um médico no consultório; o atendimento de um técnico na revelação do filme radiográfico; o atendimento de uma recepcionista; etc.

Uma das vantagens da ME-TOC é poder analisar desde sistemas macros até os micros. Em outras palavras, analisam-se desde os processos, subprocessos, atividades até tarefas para se definir a causa geradora do gargalo. Esse pensamento pode levar a identificação do “gargalo do gargalo”.

Em seguida, aplica-se a Engenharia de Métodos para o estudo das variáveis aleatórias embasado por métodos estatísticos. A Engenharia de Métodos é importante para o cômputo dos tempos entre chegadas dos pacientes (entidades) à emergência, além de descrever as

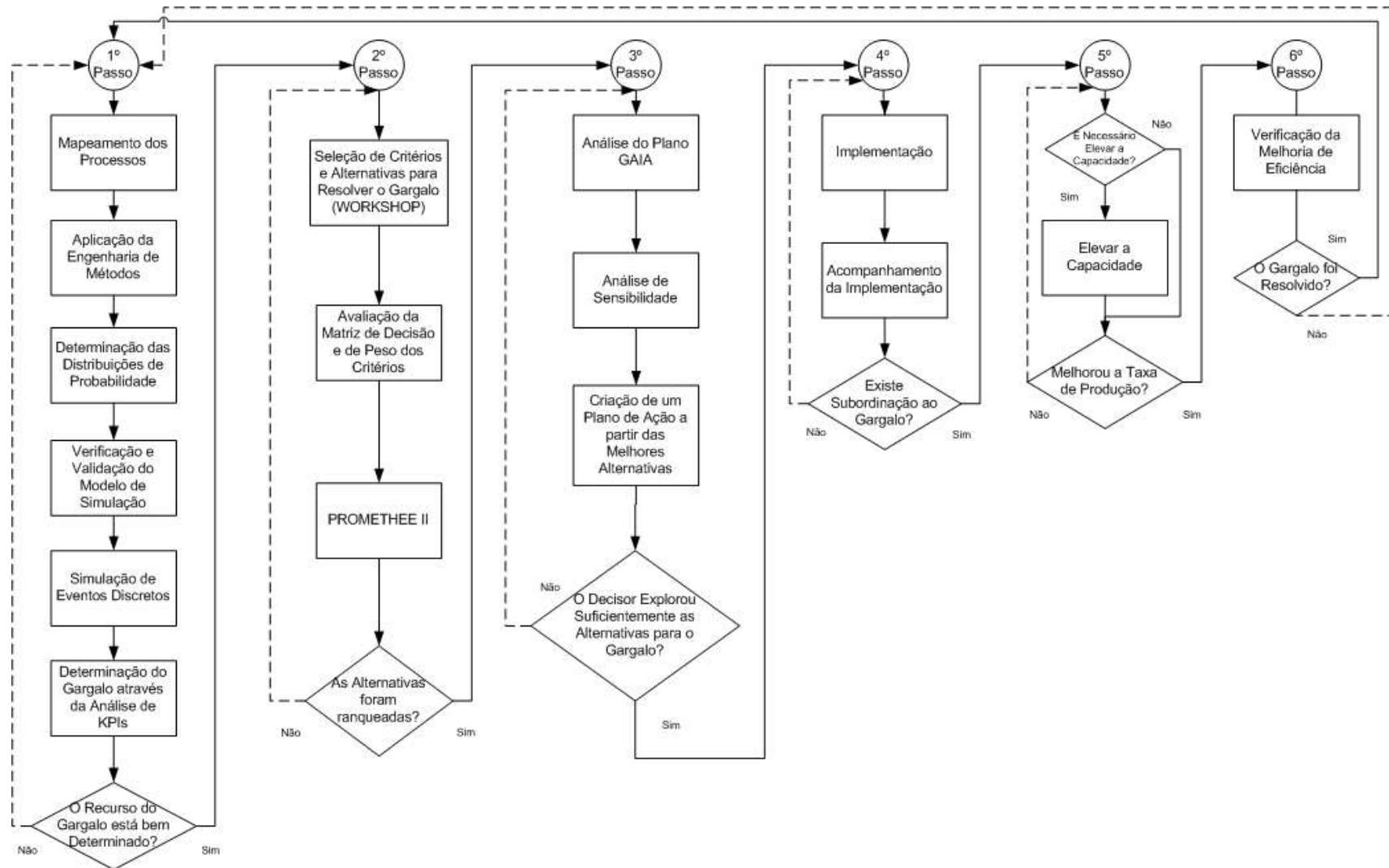


Figura 5.2: Os Seis Passos da ME-TOC - Versão Estendida.

funções de tempos de processamento dos pacientes. A Seção 3.5.2.5 apresenta maiores detalhes a respeito do uso dos conceitos envolvendo a Engenharia de Métodos.

Logo após a obtenção dos tempos, são calculadas as distribuições de probabilidades que descrevem cada um dos processos, assim como a função de chegada das entidades à emergência. Os parâmetros das funções de distribuição de probabilidade podem ser obtidos através de *softwares* como o *Matlab* ou o *Input Analyzer* do ARENA por exemplo.

Após a determinação das distribuições de probabilidade, monta-se o modelo de Simulação de Eventos Discretos. O modelo pode ser desenhado em vários *softwares* de simulação, tal como *Matlab*, *Simul8*, Promodel, ARENA, etc. Depois de desenhado, o modelo deve ser verificado e validado a fim de que as inferências estejam coerentes com a realidade do hospital. A Seção 3.5.2.4 traz mais informações a respeito das técnicas de simulação e dos tipos de verificação e validação.

Uma das premissas da ME-TOC é identificar o gargalo não apenas pelo processo que possui menor taxa de produção conforme afirmam muitos autores que utilizam a TOC, e sim por um conjunto de Indicadores de Desempenho ou KPIs para caracterizá-lo de forma precisa. O tempo de espera, o número de pacientes na fila de espera, o tempo total gasto pelo paciente na emergência são exemplos de KPIs que podem ser usados para identificar um gargalo. O 1º Passo da ME-TOC deve ser refeito em dois casos. Primeiramente, para identificar as causas geradoras do gargalo. Isso pode ser traduzido em uma análise de um Sistema Macro para um Sistema Micro, em que as atividades são melhores definidas e avaliadas. O segundo caso é quando não se consegue determinar com clareza o gargalo, mostrando que alguma etapa do 1º Passo não foi realizada com êxito.

2º PASSO: APLICAR UM MÉTODO MCDA. A primeira etapa do 2º Passo é o desenvolvimento de *workshop* com todos os agentes ativos do processo. O *workshop* tem dois objetivos: o primeiro é exibir os resultados obtidos do 1º Passo, além treinar os funcionários a respeito da filosofia da TOC e incentivá-los a serem agentes do processo de mudança; o segundo é conduzir dinâmicas para que os principais agentes tomadores de decisão diretos e indiretos (gestores/administradores; médicos; enfermeiros; técnicos) possam elencar possíveis alternativas utilizando recursos existentes para resolver o gargalo produtivo identificado. Além das alternativas, os participantes devem definir possíveis critérios para avaliar as

alternativas. A quantidade de alternativas e critérios dependerá da dimensão e complexidade do problema, assim como do ponto de vista do decisor.

É importante a definição dos critérios para que o decisor possa avaliar o conjunto de alternativas, ou seja, para que haja qualidade na tomada de decisão. Ou seja, para analisar quais relações existem entre os critérios e alternativas, pois em alguns casos os critérios podem ser subcritérios ou não serem tão significantes para o processo decisório (CAMPOS, 2011). A interação entre os agentes diretos e indiretos, juntamente, com o analista é essencial para que haja uma estruturação de todo o processo decisório, pois as preferências ou até mesmo os decisores podem mudar com o passar do tempo (CAMPOS, 2011). Pelo fato de alguns critérios terem sua mensuração dificultada, pode-se recorrer ao uso de escalar verbais do tipo *fuzzy* ou semântica para avaliar o desempenho das alternativas (CAMPOS, 2011; JATI, 2011).

Após a formalização da lista prévia de alternativas e critérios provenientes do *workshop*, avalia-se junto ao(s) decisor(es), a inclusão ou exclusão de alguns itens. Os critérios são importantes para a tomada de decisão e podem ser qualitativos ou quantitativos. Devem-se distinguir quais critérios devem ser maximizados e quais devem ser minimizados a fim de maximizar os ganhos e minimizar as perdas. A implementação de uma fase exclusiva para escolha e aplicação de um método MCDA permite que o tomador de decisão tenha uma maior compreensão sobre o entendimento e natureza de cada alternativa para solucionar o gargalo.

A escolha do método MCDA não deve ser aleatória. Ela deve ser feita de acordo com a problemática abordada e conduzida através da interação entre o analista (especialista no assunto) e o decisor. Os métodos usados podem ser: Métodos de critério único de síntese; Métodos de Sobreclassificação; Métodos Interativos (ALMEIDA, 2011). A Seção 3.6.3.1 aborda especialmente os métodos de apoio à decisão multicritério, sobretudo os da Família PROMETHEE.

A Figura 5.2 mostra uma possibilidade para a avaliação das alternativas através de um modelo multicritério utilizando o PROMETHEE II. Ambos objetivam elucidar a relação entre os critérios/alternativas envolvidos na problemática de ordenação. A escolha do método PROMETHEE II para este trabalho foi justificada conforme a Seção 1.4.

O modelo permite que o decisor priorize as alternativas utilizando julgamentos, opiniões, lógica, relações e desejos. O decisor deve determinar valores para os pesos e parâmetros das funções de preferência para cada critério e deve avaliar cada alternativa em função dos critérios estabelecidos. Dessa forma, é gerada a Matriz de Avaliação que corresponde à avaliação da alternativa a_i sobre o critério f_j . A Matriz de Decisão apresentará a seguinte forma:

$$\text{Matriz de Decisão} = \begin{bmatrix} f_1(a_1) & \cdots & f_l(a_1) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ f_1(a_j) & \cdots & f_l(a_j) \end{bmatrix} \quad (43)$$

Este modelo também pode ser expandido facilmente, caso seja necessário incluir decisão em grupo, ou seja, quando o hospital possuir um colegiado de decisores (MORAIS, 2006; FORMAM e PENIWATI, 1998). Neste caso, as avaliações dos decisores sobre as alternativas são agregadas. A Figura 3.8 mostra o esquema caso seja necessário incluir a decisão em grupo para ordenar as alternativas. A Seção 3.6.4 mostra maiores detalhes sobre a decisão em grupo.

3º PASSO: EXPLORAR O GARGALO COM AS ALTERNATIVAS ORDENADAS E SIMULADAS. O 3º Passo da ME-TOC também é baseado na premissa de que para fazer melhorias para aumentar o fluxo no gargalo, devem-se utilizar os recursos existentes da própria organização. Para explorar o gargalo é importante realizar duas análises oriundas da aplicação específica do PROMETHEE: o plano GAIA e análise de sensibilidade.

O Plano GAIA é uma representação visual do problema de decisão e é usado para identificação visual dos critérios conflitantes, da região mais adequada para se tomar uma decisão, e para visualizar a dependência e as incomparabilidades entre alternativas. O Plano GAIA fornece um eixo de decisão que aponta para direção da melhor alternativa em relação às preferências do decisor. A análise de sensibilidade permite analisar a influência dos pesos e a estabilidade da decisão. Agregar o Plano GAIA e a análise de sensibilidade à fase de exploração significa visualizar de forma mais abrangente os aspectos envolvidos durante o processo decisório.

A etapa mais importante do 3º Passo é sem dúvida a fase em que o analista avalia as “melhores” alternativas (aquelas nos primeiros lugares do *ranking*) juntamente com o(s)

decisor(es). As melhores alternativas podem ser simuladas e implementadas através de um Plano de Ação. Após explorar suficientemente as alternativas, passa-se para o 4º Passo da ME-TOC.

4º PASSO: SUBORDINAR OUTRAS ATIVIDADES EM RELAÇÃO À DECISÃO TOMADA NO 3º PASSO. A implementação da alternativa escolhida deve ser realizada junto a um cronograma de acompanhamento, em que deverá ser verificado o efeito na taxa de produção do gargalo. No cronograma, deve estar descrito uma data final (aleatória e relevante) para que o sistema seja reavaliado.

Nesta fase de acompanhamento (ou fase de processo de mudança) deve-se verificar se os recursos não gargalos estão devidamente subordinados ao gargalo. Subordinar um recurso não crítico ao gargalo, pode ser feita ao se reorientar os processos não críticos para que o gargalo opere em sua forma ideal, ou seja, sem empecilhos que obstruam sua taxa de produção. A subordinação pode ser feita entre funcionários, máquinas, sistemas de informação, etc.

Por último, verifica-se se o sistema foi devidamente subordinado e passa-se, então, para o próximo passo.

5º PASSO: ELEVAR A RESTRIÇÃO. A primeira pergunta que deve ser feita posteriormente a aplicação do 4º Passo é se a implementação do Plano de Ação melhorou a capacidade produtiva do gargalo. Caso a resposta seja negativa, deve-se buscar aumentar a capacidade do recurso gargalo empreendendo novos recursos, tal como, comprando-se novos equipamentos ou contratando-se mais funcionários. Assim como na TOC, pode ainda transferir a carga de uma restrição gargalo para uma não crítica. O investimento em mudanças estruturais é fundamental caso o 4º Passo não tenha o efeito desejado.

6º PASSO: REPERTIR O CICLO DE MELHORIA CONTÍNUA. Uma vez que uma restrição foi solucionada o próximo passo é reaplicar o método MCDA sempre que um ciclo é completado. Além disso, uma vez que os passos 1 a 5 tiverem sido completados, se qualquer restrição não tiver sido solucionada, deve-se voltar ao Passo 1 e reiniciar o ciclo.

Espera-se que o modelo desenvolvido melhore a tomada de decisão individual ou em grupo, baseada na análise multicritério, levando em conta aspectos subjetivos e objetivos do(s) decisor(es) numa estrutura de melhoria contínua. Além do mais, espera-se uma maior precisão durante a fase de identificação dos recursos gargalos em hospitais de urgência e emergência.

Este capítulo formalizou um modelo para análise de alternativas relacionada à problemática da ordenação envolvendo a TOC e a MCDA. Pode-se destacar como principal vantagem, a análise detalhada dos gargalos principalmente durante o 1º Passo, além da agregação do PROMETHEE II para ranquear as melhores alternativas. Uma desvantagem está associada ao tempo necessário que será utilizado para a realização, principalmente, dos dois primeiros passos. O fato da ME-TOC não quantificar os ganhos financeiros da implementação da melhor alternativa (ou do conjunto de alternativas) pode ser considerado como uma limitação. O modelo foi adaptado e estruturado ao longo da pesquisa, e o mesmo poderá ser ajustado devido às características de outros hospitais ou sistemas produtivos. O próximo capítulo mostrará um estudo de caso no qual foi utilizada a ME-TOC para identificação e resolução de gargalos produtivos em serviços de urgência e emergência. O estudo foi realizado na emergência de um hospital público da cidade de Petrolina – PE.

6. APLICAÇÃO DO MODELO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Este capítulo objetiva expor uma aplicação prática dos Seis Passos da ME-TOC em um serviço de urgência e emergência hospitalar de alta complexidade. O estudo de caso foi realizado em um Hospital Público situado na cidade de Petrolina – PE.

6.1. Caracterização e Problemática do Hospital Público em Estudo

O hospital público em estudo está localizado na cidade de Petrolina e atende cerca de dez mil pacientes por mês, abrangendo uma população de cerca de 1,8 milhões de habitantes, oriundas de 53 municípios da Macrorregião do São Francisco. Ele integra a rede de saúde municipal de Petrolina e recebe recursos diretamente do SUS com a finalidade de prestar atendimento principalmente para pacientes em estado de urgência e emergência.

Segundo dados do próprio hospital, em 2011 foram atendidos aproximadamente 115 mil pacientes entre atendimentos de emergência, internamentos e atendimentos ambulatoriais. O hospital realizou ainda em 2011 mais de 3 mil cirurgias nas diversas especialidades médicas (neurologia, cardiologia, ortopedia, etc.) e cerca de 180 mil exames laboratoriais de análises clínicas, radiografias, e outros exames terceirizados de alta complexidade como ressonância magnética e tomografias.

O hospital também é reconhecido como centro de referência na Macrorregião do São Francisco em Trauma-Ortopedia, Neurocirurgia e Cirurgia Geral e oferece atendimento ambulatorial em 13 especialidades médicas. O hospital oferece residência médica e em enfermagem, consolidando-se como instituição de ensino para profissionais de saúde.

Constatou-se que, ao longo dos últimos anos, a emergência hospitalar recebia uma demanda acima de sua capacidade máxima de atendimento gerando constantes filas, superlotação, falta de leitos, longos tempos de espera e sobrecarga nas equipes de saúde. Toda essa problemática era refletida no nível de qualidade dos serviços prestados sentido pelos usuários da emergência estudada. A ME-TOC foi então aplicada com o objetivo de melhorar o fluxo de pacientes e reduzir os prováveis gargalos do sistema produtivo do hospital em estudo.

6.2. 1ª Fase da ME-TOC: Identificação das Restrições do Problema

Durante o mês de janeiro e fevereiro de 2012, foram realizadas visitas técnicas ao Hospital Público para que fossem identificados os princípios de funcionamento e as diferentes inter-relações entre os recursos transformadores e aqueles a serem transformados pela emergência hospitalar. Toda a fase de identificação das restrições foi acompanhada pelo diretor geral e pelo diretor médico do hospital, sendo posteriormente verificada e validada. Inicialmente, foi realizado um mapeamento de processos, seguido por uma coleta de dados preliminar e uma coleta de tempo de pacientes para alimentar o modelo de simulação desenvolvido no ARENA.

6.2.1. Desenvolvimento do Mapeamento de Processos

Primeiramente, uma amostra aleatória de 25 pacientes foi utilizada para o desenvolvimento do Mapeamento de Processos da Emergência, a fim de analisar as atividades agregadoras e não agregadoras de valor durante o mês de fevereiro de 2012. Outros dados fornecidos pelas Direções Médica, de Enfermagem e Administrativa também foram fundamentais para a definição do Mapeamento de Processos e para o cômputo das probabilidades.

O mapeamento objetivou descrever o fluxo de pacientes desde a sua “chegada à emergência” até a sua “saída da emergência” em um número de processos que facilitassem a individualização de cada conjunto de atividades, assim como as respectivas probabilidades de um paciente se mover de um processo a outro. Os tempos de chegada e de processamento foram devidamente registrados em uma folha de registro. Os mesmos dados serviram como base para o cômputo da quantidade de pacientes a serem amostrados. Os processos se configuraram como sendo constituídos por uma sequência não linear de eventos em que cada processo não estava necessariamente interligado ao anterior.

Essencialmente, o mapeamento da emergência consiste em sete grandes processos constituindo o Sistema Macro da Emergência. O setor da radiologia foi considerado como processo fundamental da emergência, devido a sua importância de suporte ao diagnóstico médico, mesmo que em muitos casos os pacientes não passassem, necessariamente, por ele. Outras salas não foram consideradas visto que funcionavam como um setor de internamento

no departamento de emergência. A Figura 6.1 mostra o mapeamento dos processos na emergência do Hospital Público criado no *software Visio* 2012 para identificação do esquema geral do fluxo de paciente na emergência.

O paciente pode chegar à emergência hospitalar de duas formas: através de demanda espontânea, ou seja, quando ele chega voluntariamente e sem grandes gravidades aparentes em cerca de 90% dos casos, ou através de demanda não-espontânea, quando transportados por ambulâncias (SAMU, bombeiros ou trazidos de cidades circunvizinhas) em aproximadamente 10% dos casos. Estes últimos são considerados pacientes de maior gravidade e são enviados diretamente para a Sala Vermelha. O fluxo de tratamento de pacientes é composto pelos seguintes grandes processos:

- **Processo Recepção:** A recepção hospitalar é o cartão de visitas de um hospital e é o primeiro contato humano com o paciente. O(a) recepcionista tem que ter a consciência que o *input* do sistema (paciente) chega muitas vezes debilitado ao hospital exigindo dele atenção e cuidados devidos. A recepção tem um papel fundamental no funcionamento da emergência hospitalar, pois influencia no tratamento de dados que se não processados corretamente, podem interferir no tempo de permanência, no agendamento incorreto de consultas e em outros procedimentos. Algumas recepções hospitalares têm o papel de organizar a formação de filas através da emissão de senhas de atendimento e/ou autorizações, entretanto isto não acontece no Hospital Público em estudo. A recepção do referido hospital é formada por duas estações de trabalho, cada uma com duas recepcionistas por turno e tem como atividade principal o cadastro de pacientes;
- **Processo Triagem:** após passar pela recepção o paciente é direcionado à triagem. Ela existe para que o atendimento de pacientes seja mais rápido, eficaz e capaz de priorizar os pacientes de acordo com o grau de gravidade, sendo os casos mais graves atendidos prioritariamente. Normalmente, a triagem utiliza braceletes coloridos (vermelho, laranja, amarelo, verde e azul) para indicar a gravidade e prioridade dos pacientes, todavia essa identificação não era utilizada no momento da coleta de dados. Na emergência estudada, a triagem era feita por uma enfermeira e uma técnica em enfermagem que direcionavam o paciente após uma breve entrevista para um dos tratamentos nas seguintes probabilidades: Ambulatório (20%), Ortopedia (18%), Sala Azul (49%), Pequenas Cirurgia (12%) e Sala Vermelha (1%). Essas probabilidades

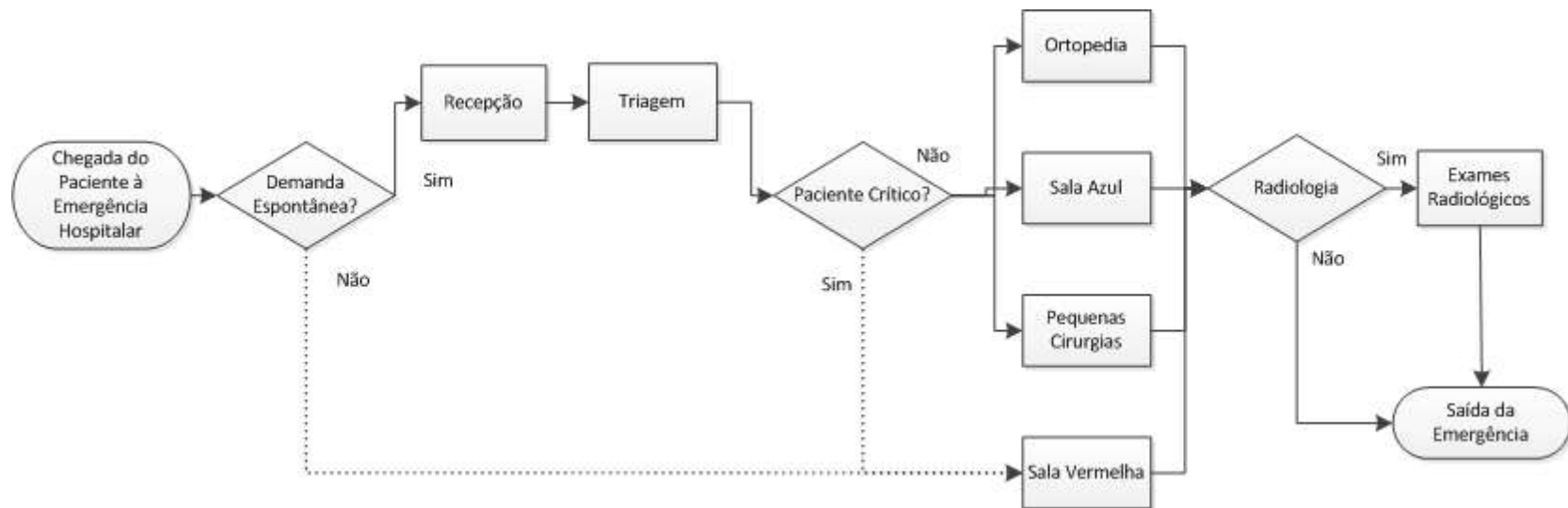


Figura 6.1: Mapeamento do processo de produção do setor de emergência do Hospital Público. Sistema Macro.

foram calculadas a partir do histórico de pacientes que passaram pela triagem durante todo o ano de 2011, conforme dados fornecidos pelo hospital.

A percentagem de 1% para a Sala Vermelha corresponde aos pacientes que chegam ao hospital aparentemente sem “grandes problemas”, mas com sinais de infarto ou de Acidentes Vascular Cerebral (AVC), por exemplo, que são imediatamente identificados pela triagem. Os paciente que chegam à Sala Vermelha por demanda espontânea, eram somados aos não espontâneos, totalizando 11%. O serviço ambulatorial não foi estudado por este trabalho, visto que o paciente tinha que marcar uma consulta eletiva em uma especialidade médica. O ambulatório foi interpretado como sendo um “*dispose*”, ou seja, uma “saída”, para efeitos de simulação.

- **Processo Ortopedia:** Muitos dos pacientes com fraturas ósseas complexas que entram em estado grave no hospital estudado são decorrentes de acidentes, por exemplo, domésticos e de trânsito, e precisam de tratamento especializado em traumatologia, maior especialidade do hospital estudado. Essa especialidade trata doenças, traumas e deformidades dos ossos, nervos, articulações e músculos, ou seja, ligadas ao sistema locomotor ou músculo-esquelético. Pacientes que chegavam com fraturas do tipo não expostas, tinham seus membros alinhados e imobilizados com gesso neste setor, sem a necessidade de maiores procedimentos em bloco cirúrgico. Um dos benefícios era a não necessidade de internamento de pacientes nas alas de enfermaria. O Processo Ortopedia possui um médico ortopedista e um técnico especializado em imobilização por turno de trabalho.
- **Processo Sala Azul:** Os pacientes considerados de urgência que possuíam baixa criticidade, ou seja, não requeriam atenção imediata, eram atendidos pelo Processo Sala Azul. Neste tipo de atendimento, o paciente podia esperar pelo diagnóstico médico e em seguida era submetido à terapia, onde recebia medicamentos, ou outros procedimentos, caso fosse necessário. O Processo Sala Azul era constituído por um médico clínico geral, uma enfermeira e duas técnicas em enfermagem por turno.
- **Processo Sala Vermelha:** No Processo Sala Vermelha, são processados pacientes de alta prioridade que dão entrada no hospital em estado grave e necessitam de atenção imediata, podendo inclusive entrar em óbito a qualquer instante. Neste tipo de processo, são disponibilizados equipamento de emergência tais como: monitor multiparamétrico, respiradores, carro de emergência com desfibriladores e/ou

cardioversores, bombas de infusão, etc. O Processo Sala Vermelha é constituído por um médico cirurgião, três enfermeiras e três técnicas em enfermagem por turno.

- **Processo Pequenas Cirurgia:** Nesta sala, são realizados pequenos procedimentos cirúrgicos de baixa complexidade com anestesia local, os quais não há necessidade de internamento hospitalar, sendo a estadia do paciente limitada ao tempo de procedimento ou até o máximo de 24h de observação. O hospital optou por ter um processo específico para pequenas cirurgias visto que diminui o risco de infecção hospitalar e proporciona a alta do paciente mais rapidamente, o que ajuda a reduzir custos pelo fato de não ser necessário internamento no hospital. São frequentes os procedimentos de sutura em decorrência dos traumas de pacientes. O Processo Pequenas Cirurgias é constituído por um médico cirurgião e uma enfermeira.
- **Processo Radiologia:** O hospital disponibiliza equipamentos de imagem de baixa complexidade. São dois raios-X fixos e dois móveis que atendem basicamente os pacientes oriundos da emergência ou do ambulatório. Exames de imagem mais complexos (ressonância magnética, densitometria óssea, etc.) são realizados por clínicas terceirizadas e conveniadas ao SUS. Ressalta-se ainda que, os pacientes oriundos da emergência passam pelo setor da radiologia em 46% dos casos a partir da entrada da emergência. O Processo Radiologia é formado por uma recepcionista, dois técnicos em radiologia e um técnico em revelação.

Buscou-se a simplificação do processo global, não sendo correlacionados atividades de suporte à emergência como a Cirurgia Geral ou atendimentos em UTIs. Além disso, não foram consideradas as Salas Amarelas e Verdes, visto que eram destinadas à internação de pacientes. A sequência lógica do mapeamento de processos foi validada pelo diretor geral e pelo diretor médico, confirmando a correta representação com a situação real da emergência. Para se descrever fenômenos ou analisar o comportamento de variáveis de uma emergência hospitalar, faz necessário realizar o devido estudo de tempos e movimentos.

6.2.2. Estudo de Tempos e Movimentos

Para se obter uma amostra mais confiável e probabilisticamente representativa da emergência real é preciso determinar o tamanho da amostra e escolher um grau de erro relacionado à estimativa dos parâmetros populacionais (MIOT, 2011).

6.2.2.1. Número de ciclo a ser cronometrado

Para se realizar o planejamento de um estudo de tempos em uma emergência é necessário calcular o tamanho da amostra, ou seja, o número de pacientes que terão seus tempos devidamente cronometrados. É importante ressaltar que quanto maior o número de ciclos cronometrados, mais representativos serão os resultados obtidos da emergência estudada. Existe uma forte correlação positiva entre a variabilidade das leituras e o número de observações, ou seja, quanto maior o desvio-padrão de uma atividade na emergência hospitalar, maior deverá ser o número de observações para que se obtenha a precisão desejada. Um número excessivo de ciclos a serem cronometrados pode inviabilizar o estudo de tempos (BARNES, 1977). Um procedimento de emergência pode levar de minutos até horas. O estudo do número de ciclos a ser cronometrado foi baseado conforme a Seção 2.6.1.

Neste trabalho, utilizou-se a metodologia criada por Maytag Company para estimar o número de observações a ser levantado previamente (BARNES, 1977). Esta metodologia afirma que se devem cronometrar dez leituras para ciclos de 2 min ou menos, ou cinco leituras para ciclos de mais de 2 min. Observou-se que dos sete processos do sistema Macro da Emergência, o Processo Recepção possuía uma menor variação entre os tempos de processamento quando comparado aos outros. Como o tempo médio de atendimento de uma recepcionista era superior a 2 min, cronometrou-se cinco observações. O valor médio foi de 3,2 min.

Para este trabalho, definiu-se o erro relativo de $\pm 3\%$ e um intervalo de confiança de 97%. O que significa que, com 97% de probabilidade, a média dos valores observados para o elemento não diferiria mais de $\pm 3\%$. Substituindo $N = 5$; $\sum X = 16$; $\sum X^2 = 52$; $\varepsilon = 0,03$ na Equação 5, obteve-se um total de 60 pacientes a ser amostrados em cada um dos 7 processos, além de 60 pacientes para se calcular o tempo entre chegadas à emergência hospitalar. Totalizando 480 pacientes nesta primeira parte da amostragem considerando os 7 processos e o tempo entre chegadas ao hospital.

Foram anotados em uma folha de observação os dados sobre cada um dos sete processos, seus operadores, funções e operações básicas e os tempos de processamento de cada operador (início e término), além de uma folha especial para o registro do tempo entre chegadas dos pacientes à emergência. O modelo da folha de observação está descrita

conforme o Apêndice A. Os pacientes não foram identificados e os operadores (funcionários de cada processo) foram informados de que se tratava de uma coleta de tempos e movimentos, e que os mesmos deveriam executar suas operações normalmente.

As diversas operações foram agrupadas a fim de formar um único conjunto de operações ou processo para analisar o Sistema Macro da Emergência. Por exemplo, o Processo Sala Azul o qual engloba operações de um médico clínico geral, uma enfermeira e duas técnicas em enfermagem com tempos de processamento distintos foi considerado como sendo um único recurso transformador denominado Variável Sala Azul (VarSA). Considerou-se como tempo padrão, o tempo total gasto pelo paciente em todo o processo (e não em todo o sistema) a fim de identificar o gargalo produtivo do Sistema Macro da Emergência.

Para o referido estudo de tempos, não foram levadas em consideração o estudo de ritmo de trabalho dos operadores, ou as tolerâncias (pessoal, fadiga ou espera) para o estabelecimento dos tempos-padrão visto a grande variabilidade dos elementos da operação (grandes diferenças entre os tempos de processamento para a terapia e/ou diagnóstico de cada paciente). Foi considerado para este trabalho como tempo “normal”, simplesmente o tempo necessário para que o operador executasse sua operação no momento da coleta de dados. O resultado foi computado em minutos considerando que, todos funcionários que tiveram seus tempos cronometrados estavam adaptados e treinados para execução de seus respectivos trabalhos. Foram utilizados cronômetros como aparelho medidor e pranchetas como equipamento auxiliar. Os resultados foram anotados em uma folha de observação e posteriormente processados estatisticamente no *software Excel* e no *Input Analyze* do Arena.

6.2.3. Medição do fluxo de pacientes

O estabelecimento do processo de chegada de pacientes ao hospital é uma etapa que deve ser, minuciosamente, estudada a fim de descrever corretamente a melhor função que descreve o tempo de chegadas das entidades (pacientes). Não existe uma única distribuição estatística que se adapte ao tempo entre chegadas das entidades e a todos os processos hospitalares. As funções de distribuição podem ser descritas pelas distribuições normal, exponencial, Erlang, uniforme, de Poisson, etc.

Foram inicialmente coletados os tempos entre chegadas de 60 pacientes ao hospital e, posteriormente, os tempos de ciclo de 60 pacientes nos 7 diferentes processos. A amostragem foi realizada em três diferentes turnos de trabalho (manhã, tarde e noite) num período de 8h às 23h entre os dias 01 - 07 de fevereiro de 2012. Colheram-se as 480 amostras de pacientes. Esses dados foram utilizados para a geração das expressões que indicam a função mais adequada para descrever a distribuição dos tempos. Utilizou-se a ferramenta *Input Analyze* do *software* ARENA para o cômputo das funções de densidade de probabilidade. A Tabela 6.1 mostra a função mais adequada para o tempo entre chegadas e para cada processo do Sistema Macro da Emergência.

Tabela 6.1: Funções de Densidade de Probabilidade.

Chegada e Processos	Função	Equação da Densidade de Probabilidade
Tempo entre Chegadas	Lognormal	$f(x) = 0,5 + \begin{cases} \frac{1}{15,91x} e^{-(\ln(x)-5,48)^2/80,65} & \text{para } x > 0 \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$
Recepção	Weibull	$f(x) = 0,5 + \begin{cases} 0,418 x^{0,51} e^{-\left(\frac{x}{2,34}\right)^{1,51}} & \text{para } x > 0 \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$
Triagem	Gamma	$f(x) = 0,5 + \begin{cases} \frac{1,11^{1,94} x^{0,94} e^{-x/1,11}}{\Gamma(1,94)} & \text{para } x > 0 \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$
Ortopedia	Weibull	$f(x) = 1,5 + \begin{cases} 0,024 x^{0,44} e^{-\left(\frac{x}{17,2}\right)^{1,44}} & \text{para } x > 0 \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$
Sala Azul	Lognormal	$f(x) = 0,5 + \begin{cases} \frac{1}{30,32x} e^{-(\ln(x)-12,1)^2/322,58} & \text{para } x > 0 \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$
Pequenas Cirúrgias	Weibull	$f(x) = 0,5 + \begin{cases} 0,256 x^{-0,028} e^{-\left(\frac{x}{3,94}\right)^{0,972}} & \text{para } x > 0 \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$
Sala Vermelha	Normal	$f(x) = \frac{1}{35,08} e^{-(x-29,5)^2/392} \text{ para } x > 0$
Radiologia	Erlang	$f(x) = 4,5 + \begin{cases} 0,099 x e^{-x/3,18} & \text{para } x > 0 \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$

6.2.4. Simulação do Modelo

6.2.4.1. Equívocos ao se Determinar o Gargalo de Sistemas

Gonçalves *et al.* (2005) afirmam que, é um grande erro considerar o histórico do volume de paciente como sendo uma variável estatística para se analisar a eficiência de um serviço de saúde, pois desta forma estaria se analisando apenas os efeitos determinísticos do sistema. Isso pode trazer uma noção artificial da eficiência dos serviços, os quais podem apresentar elevados índices de produção que sequer conseguem processar a alta demanda de pacientes. Essa ineficiência causa longas filas de pacientes à espera de atendimento e numa baixa qualidade dos serviços prestados.

Um dos maiores equívocos ao se aplicar a TOC para identificar gargalos produtivos é utilizar apenas os tempos de ciclo de cada processo ou a capacidade máxima de atendimento diária. Poder-se-ia chegar à falsa conclusão de que o gargalo produtivo do Sistema Macro está relacionado ao funcionamento da Sala Vermelha conforme mostra a Figura 6.2, se apenas o tempo de processamento fosse considerado pelo fato de ser relativamente maior.

Essa afirmação seria verdadeira, caso o sistema fosse linear e os processos fossem interdependentes, ou seja, caso cada processo dependesse do seu anterior. Na emergência estudada, o sistema possui processos independentes. Por exemplo, o paciente pode chegar a Sala Vermelha e receber alta sem ter que passar pelos demais. Além do mais, na prática não existe formação de filas na Sala Vermelha devido à “relativa” baixa demanda de pacientes por esse serviço em comparação aos demais. Isso gera um erro conceitual resolvido pela ME-TOC, uma vez que a mesma analisa e identifica o gargalo pelo conjunto de KPIs, e não exclusivamente pela capacidade máxima de atendimento ou pelo tempo médio de processamento. A ME-TOC, conforme descrita no Capítulo 4, leva em consideração os aspectos estocásticos do sistema, tornando mais ampla e precisa a investigação dos gargalos.

Omitir as características probabilísticas das variáveis aleatórias de um problema, significa, simplesmente, aumentar o erro e a incerteza da modelagem do sistema. Deve-se ter o devido cuidado ao analisar um gargalo produtivo e uma excelente alternativa é aplicar a teoria das filas e diferentes técnicas de simulação a fim de analisar os KPIs, tais como: tempo de espera, número de pacientes na fila de espera, capacidade do recurso utilizada, etc.

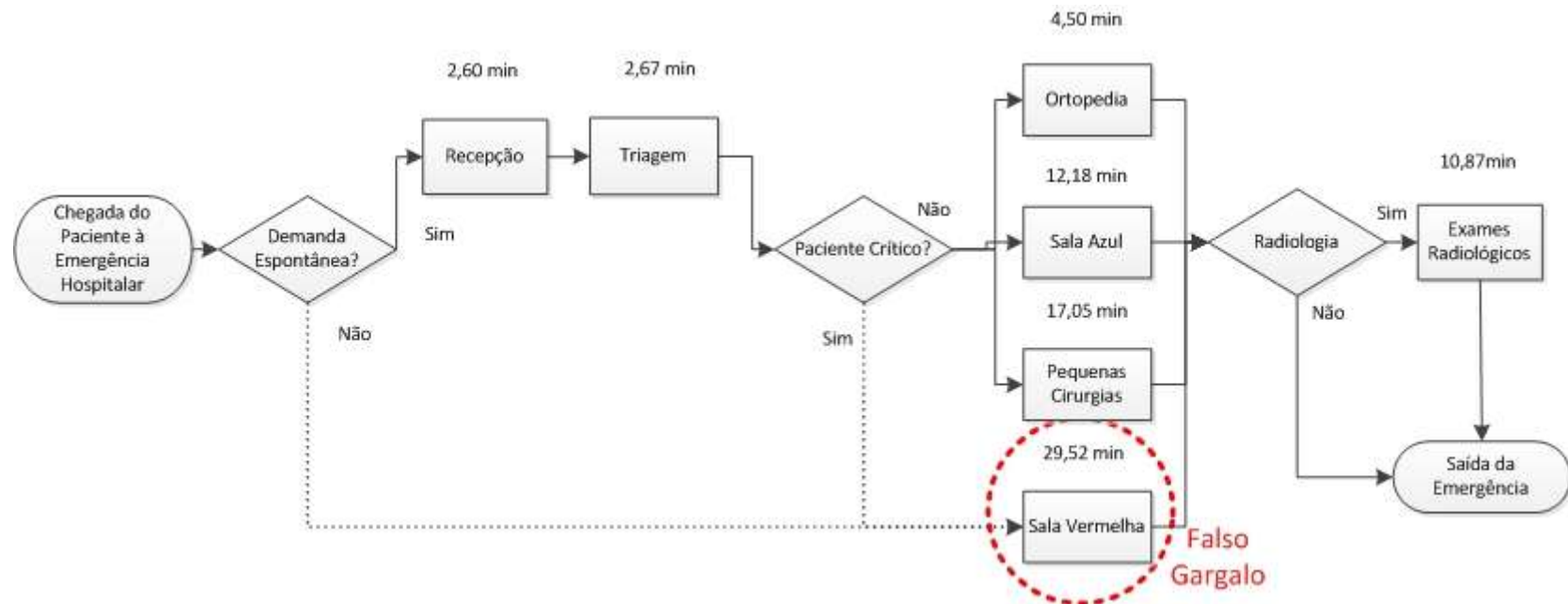


Figura 6.2: Identificação do Falso Gargalo considerando apenas os tempos médios de processamento.

Antes de analisar resultados oriundos do modelo de simulação do ARENA para auxiliar a tomada de decisão, faz-se necessário verificar e validar o modelo.

6.2.1. Verificação e Validação do Modelo de Simulação do ARENA

Filho (2008) ressalta que ao se implementar um modelo de simulação é necessário prestar atenção a dois aspectos: o modelo deve estar livre erros de sintaxe e/ou de lógica e deve ser representativo do sistema real ou planejado. Essas duas características são conhecidas como verificação e validação, as quais são fundamentais quando a modelagem e simulação de sistemas têm como objetivo a avaliação de alternativas. O mesmo autor ressalta que a qualidade e a validade de um modelo de simulação podem ser obtidas pela proximidade entre aqueles originados pelo sistema real e aqueles gerados pelo modelo.

Ele afirma ainda que existem problemas frequentes relacionados à fase de verificação dos modelos de simulação referentes à variabilidade da resposta do programa devido ao comportamento estocástico das variáveis aleatórias. Essas variáveis são necessárias para representar com fidedignidade os processos probabilísticos que ocorrem no mundo real.

A Figura 6.3 mostra o modelo de simulação do Sistema Macro da Emergência desenvolvido no ARENA.

Para verificar o modelo computacional, neste trabalho, foi realizado um teste de consistência para averiguar se o modelo computacional produz resultados similares para diferentes valores de entrada. Em outras palavras, foram realizadas pequenas variações dos dados de entrada, tais como: redução no tempo de chegadas de entidades no sistema para representar variações sazonais normais da demanda de pacientes ao longo do ano ou dias da semana conforme mostra a Tabela 6.2.

O resultado do sistema global (ao se realizar a redução no tempo de chegada) foi um aumento de entidades que foram processadas pelo modelo e no tempo de espera total em decorrência da formação de filas. Verificou-se também, o comportamento do modelo ao aumentar a capacidade dos recursos da variável Sala Azul (VarSA). A Tabela 6.3 mostra uma diminuição do tempo de espera total em decorrência do aumento da capacidade do recurso da VarSA no sistema.

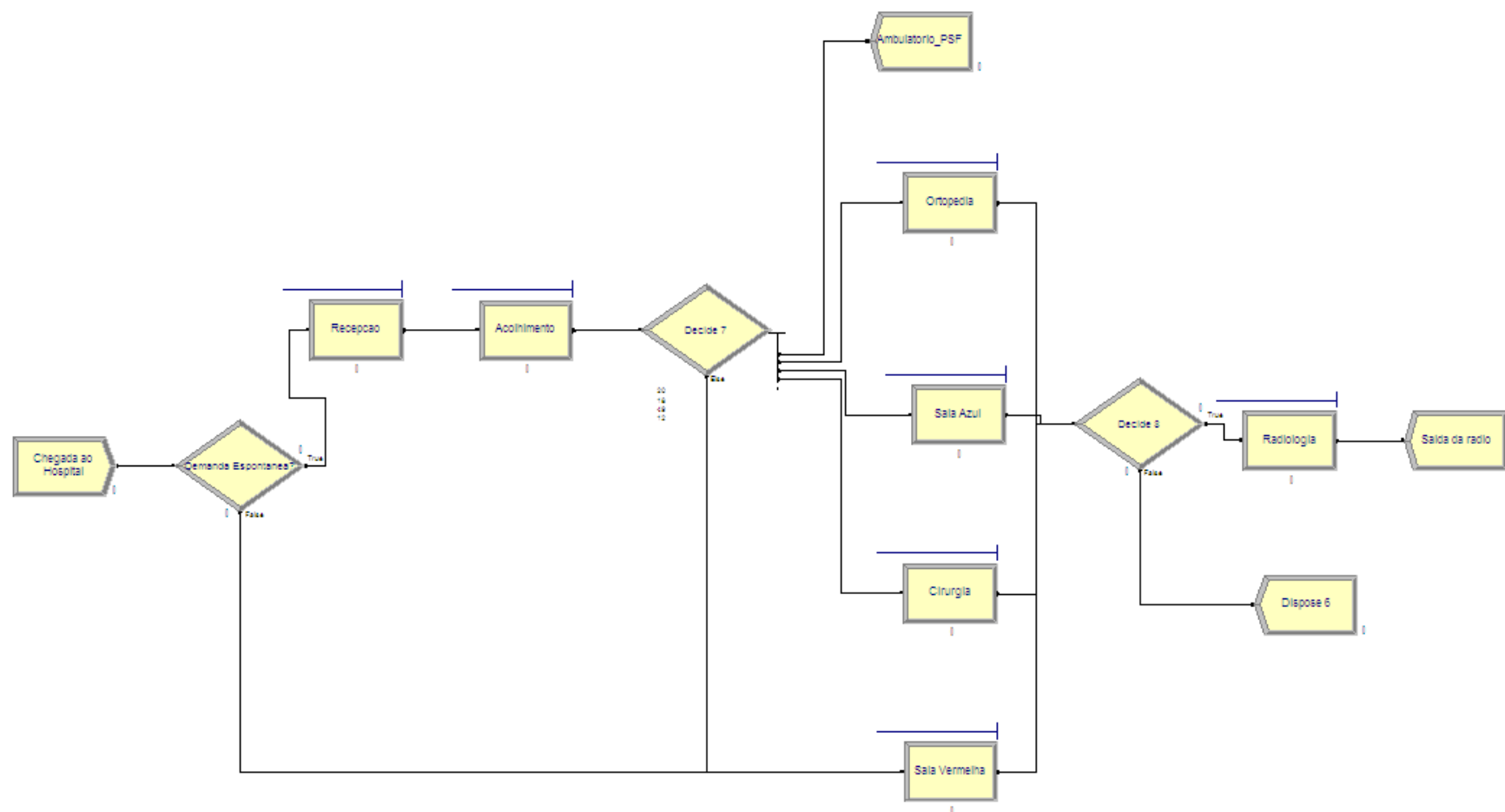


Figura 6.3: Modelo de Simulação do Sistema Macro da Emergência.

Tabela 6.2: Variação sobre os dados de entrada. Simulação de sazonalidades do Sistema.

Tempo entre Chegadas (min) (Distribuição Uniforme)	Nº de entidades processadas pelo Sistema	Tempo de Espera Total (min)
$t_1 = 12$	2280	3,97
$t_2 = 9$	3040	11,26
$t_3 = 6$	4553	43,56

Tabela 6.3: Variação sobre a quantidade de recursos referentes à VarSA.

Quantidade do Recurso VarSA	Tempo de Espera Total (min)
1	91,57
2	10,51
3	9,95

É impossível de se obter um modelo de simulação que tenha um comportamento igual ao sistema real, já que o mesmo é apenas uma representação com aproximações e simplificações da realidade. Segundo Jain (1991) *apud* Filho (2008) a validação assegura que o modelo adotado seja razoavelmente implementado e produza resultados semelhantes àqueles observados nos sistemas reais.

Para este trabalho, utilizou-se a técnica de validação subjetiva, uma vez que o conhecimento e a intuição dos gestores do hospital são de extrema importância para avaliar todas as fases do trabalho. Os gestores validaram desde aspectos envolvendo os parâmetros de entrada e suas distribuições probabilísticas até o modelo final descrito pelo ARENA, assim como os resultados preliminares obtidos durante a fase de verificação.

Os resultados preliminares foram confrontados com os dados reais obtidos na fase de aquisição de dados através de planilhas fornecidas pelo próprio hospital, tal como número de pacientes atendidos/mês. Esses resultados preliminares foram validados com o objetivo de aumentar a confiança do modelo desenvolvido, para poder inferir com mais confiança a respeito do comportamento da emergência hospitalar simulada.

A Figura 6.4 mostra um comparativo entre os tempos de processamento reais (obtidos a partir da amostragem) e aqueles simulados pelo ARENA. Uma vez verificado e validado, o

modelo foi simulado com 10, 100, 500 e 1000 replicações. Os resultados serão descritos na próxima seção.

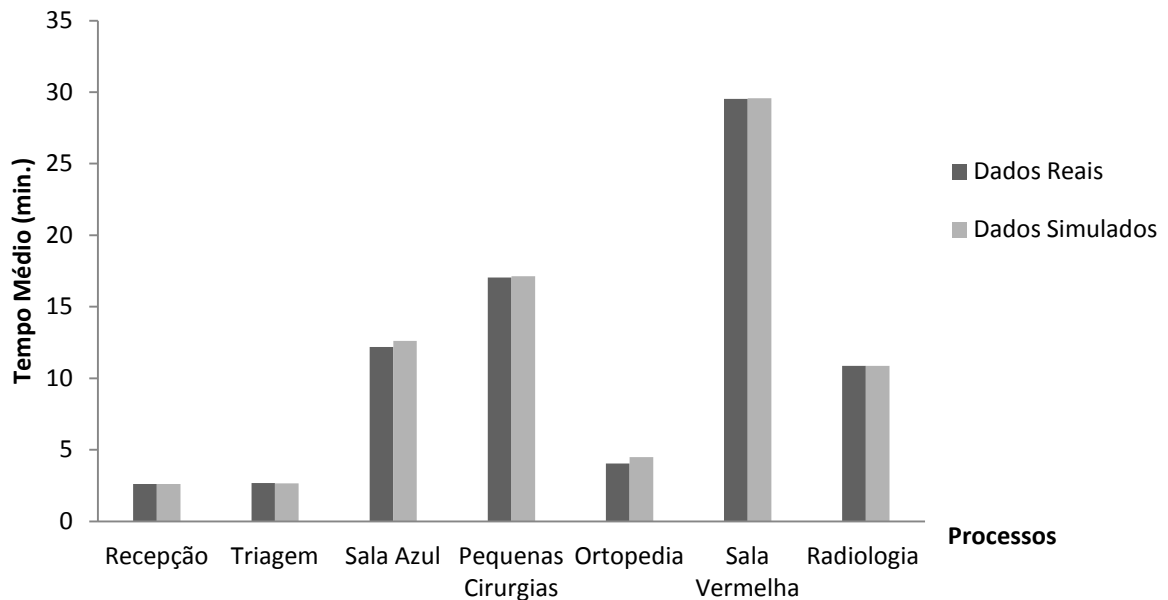


Figura 6.4: Relação entre os tempos médios reais e simulados pelo ARENA.

6.2.5. Identificação do Gargalo no Sistema Macro da Emergência

Simulou-se um período de 28800 minutos (20 dias) devido à restrição da versão *student* do *software* ARENA, utilizado neste trabalho. Foram realizadas um total de 10, 100, 500 e 1000 replicações com o intuito de verificar a estabilização dos resultados do modelo. Considerou-se um tempo de aquecimento ou *warm-up* de 1440 minutos (ou 24 horas).

Considerando os diferentes *lead-times* do processo, ou seja, os diferentes tempos utilizados para a entidade (paciente) entrar, ser processada e sair do sistema (emergência), obteve-se:

- O Tempo Médio de Processamento no Sistema (TMPS);
- O Tempo Médio de Processamento no Sistema Mínimo e Máximo (TMPS Mínimo e TMPS Máximo);

- O Tempo Médio de Espera nas Filas do Sistema (TMES);
- O Tempo Médio de Espera nas Filas do Sistema Mínimo e Máximo (TMES Mínimo e Máximo);
- O Tempo Médio Total (TMT) em todo o sistema ($TMT = TMPS + TMES$);
- E a Quantidade de Pacientes (QP) processados durante toda a simulação.

Os resultados estão descritos segundo a Tabela 6.4 considerando as quatro diferentes replicações.

Tabela 6.4: Valores de TMP, TMP Mínimo, TMP Máximo, TME, TME Mínimo, TME Máximo, TM Total em minutos e QP para toda a Emergência.

Nº de Replicações	TMPS	TMPS Mínimo	TMPS Máximo	TMES	TMES Mínimo	TMES Máximo	TMT	QP
10	20,24415	19,89	20,4778	84,8151	37,0105	173,52	105,0593	4551
100	20,2469	19,5015	20,7757	81,0253	34,385	348,37	101,2722	4576
500	20,2244	19,5015	20,7956	79,9142	26,5172	348,37	100,1386	4570
1000	20,2018	19,5015	20,9137	78,5711	26,5172	348,37	98,7729	4571

Pode-se afirmar a partir da Tabela 6.4 que à medida que o número de replicações aumenta, os resultados (TMP, TMP Mínimo, TMP Máximo, TME, TME Mínimo, TME Máximo, TM Total e QP) do modelo se estabilizam, o que significa que variam pouco ao se aumentar o número de replicações. Escolheu-se, então, aplicar 1000 replicações para o estudo dos KPIs do sistema. Os Tempos de Processamentos Médio, Mínimo e Máximo (TP, TP Mín. e TP Máx), os Tempos de Espera Médio, Mínimo e Máximo (TE, TE Mín. e TE Máx), o Tempo Total (TT, onde $TT = TP + TE$), o número de pacientes na fila de espera e a capacidade utilizada do recurso para cada tipo de processo estão descritos conforme a Tabela 6.5 para 1000 replicações.

A Tabela 6.5 mostra claramente a identificação do gargalo no Sistema Macro da Emergência em função do tempo de espera, tempo total, número de pacientes na fila de espera na Sala Azul, que são respectivamente: 157,4 min, 170,01 min e 11,7003 pacientes. O diferencial da ME-TOC está em expandir a análise das variáveis aleatórias para além da capacidade máxima de atendimento ou dos tempos de processamento médio para cada processo.

Tabela 6.5: Resultados dos KPIs do Sistema Macro para 1000 Replicações.

Tipo de Processo	TP (min.)	TP Mín. (min.)	TP Máx. (min.)	TE (min.)	TE Mín. (min.)	TE Máx. (min.)	TT (min.)	Nº de Pacientes na Fila de Espera
Triagem	2,6544	2,5778	2,7279	0,6932	0,5622	0,8301	3,3476	0,1044
P. Cirurgias	17,129	15,5169	18,6038	5,2626	3,006	9,6656	22,392	0,0953
Ortopedia	4,4929	4,0661	5,0329	0,4809	0,2069	0,8747	4,9738	0,013
Radiologia	10,8565	10,5619	11,2014	13,137	8,3032	22,6746	23,994	0,8299
Recepção	2,6115	2,5427	2,6768	0,6245	0,5028	0,7702	3,236	0,094
Sala Azul	12,6114	11,7312	13,6501	157,4	44,4125	773,72	170,01	11,7003
Sala Verm.	29,5728	27,4942	32,1049	21,018	11,2878	35,1484	50,591	0,3855

A Tabela 6.5 indica o gargalo para o processo que possui maior número de pacientes na fila de espera, consequência do alto tempo de espera. Outra característica observada na prática diz respeito à falta de motivação gerada nas equipes de saúde, devido à alta carga de trabalho, principalmente nas equipes que trabalham em sistema de plantão na Sala Azul. Podendo ser evidenciado pela alta utilização dos recursos da Sala Azul que giram em torno dos 92,75% conforme mostra a Figura 6.5. Para a análise do gargalo do Sistema Macro, delimitou-se o Sistema Micro da Emergência, ou seja, a Sala Azul, a fim de analisar com maiores detalhes as causas que geram tal gargalo no sistema. Outra vantagem da ME-TOC é a possibilidade de estudar as restrições que geram um gargalo, ou o “o gargalo do gargalo”, possibilitando uma melhor compreensão da natureza do problema.

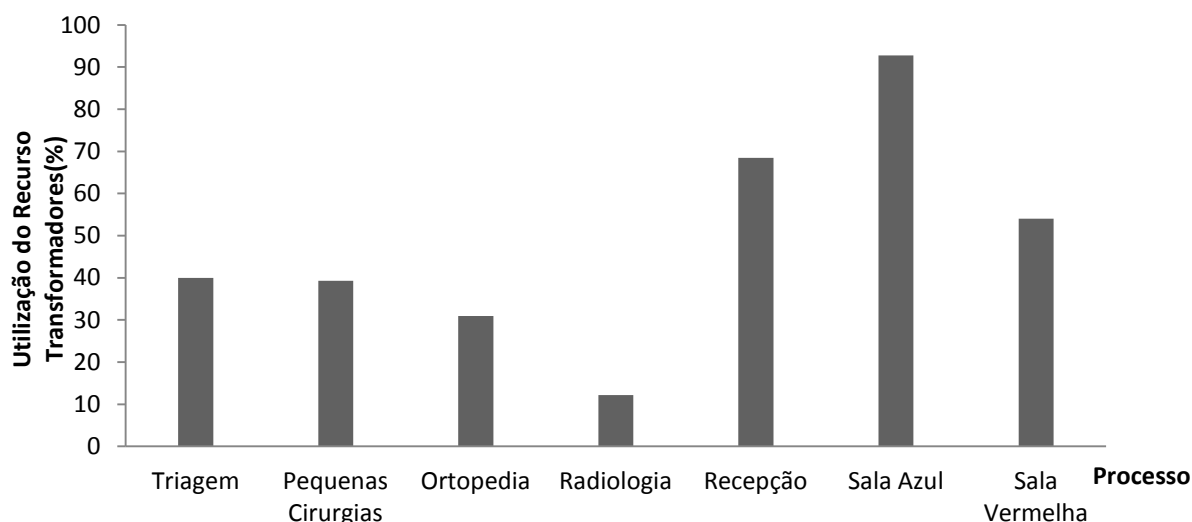


Figura 6.5: Utilização do Recurso para cada processo.

6.2.6. Análise do Sistema Micro da Emergência

Em uma segunda etapa da pesquisa, foram analisados os processos constituintes do Sistema Micro da Emergência, ou seja, da Sala Azul. Observou-se que tal sistema é composto por dois grandes processos: o “Processo Médico” e o “Processo Enfermaria”. Segundo descrito na Seção 6.2.6, a Sala Azul é composta por um médico clínico geral, um enfermeiro e dois técnicos de enfermagem. A Lei nº 7.498, de 25 de junho de 1986, descreve as diferenças entre as competências do enfermeiro, técnico de enfermagem e auxiliar de enfermagem.

Entretanto, as operações do enfermeiro e dos dois técnicos de enfermagem foram difíceis de ser individualizadas neste trabalho, uma vez que eles executam ações assistenciais de enfermagem que em alguns momentos são semelhantes, principalmente nos serviços de urgência/emergência. Constatou-se que, aproximadamente, 89% dos pacientes recebem assistência do Processo Enfermario. Dessa forma, considerou-se o Processo Enfermario como sendo constituído por 3 recursos denominados “enfermeiros”. A Figura 6.6 mostra o mapeamento dos processos da Sala Azul.



Figura 6.6: Mapeamento dos Processos da Sala Azul.

Uma nova coletada de dados foi feita, exclusivamente, no Sistema Micro da Emergência para a identificação da causa geradora do gargalo da Sala Azul, com uma amostra de 60 pacientes (considerando o mesmo intervalo de confiança) em cada processo, mais 60 pacientes para se determinar a distribuição do tempo entre chegadas de pacientes à Sala Azul, totalizando 180 pacientes. Os dados foram colhidos entre os dias 23 e 29 de fevereiro de 2012 em três turnos de trabalho das 8h às 23h. As funções de distribuição de Densidade de Probabilidade são descritas conforme a Tabela 6.6.

O modelo de simulação do Sistema Micro da Emergência foi desenhado no ARENA conforme descrito pela Figura 6.7. Adicionou-se ao modelo de simulação um módulo “Hold” para simular uma sala de espera antecedente ao Processo Médico.

Como realizado com o Sistema Macro, o modelo foi verificado com variações dos dados de entrada e validado pela direção administrativa e médica do hospital a partir de comparações com o funcionamento real da Sala Azul.

Simulou-se um período de 28800 minutos (20 dias) com um total de 1000 replicações. Considerou-se um tempo de aquecimento ou *warm-up* de 1440 minutos (ou 24 horas).

Tabela 6.6: Funções de Densidade de Probabilidade da Sala Azul.

Chegada e Processos	Função	Equação da Função de Densidade de Probabilidade
Tempo entre Chegadas	Weibull	$f(x) = 0,5 + \begin{cases} 0,1828 x^{0,23} e^{-\left(\frac{x}{4,71}\right)^{1,23}} & \text{para } x > 0 \\ 0 \text{ caso contrário} \end{cases}$
Médico	Lognormal	$f(x) = 0,5 + \begin{cases} \frac{1}{9,299x} e^{-(\ln(x)-3,16)^2/27,53} & \text{para } x > 0 \\ 0 \text{ caso contrário} \end{cases}$
Enfermaria	Gamma	$f(x) = 0,5 + \begin{cases} \frac{0,147x^{0,41} e^{-x/3,89}}{\Gamma(1,41)} & \text{para } x > 0 \\ 0 \text{ caso contrário} \end{cases}$

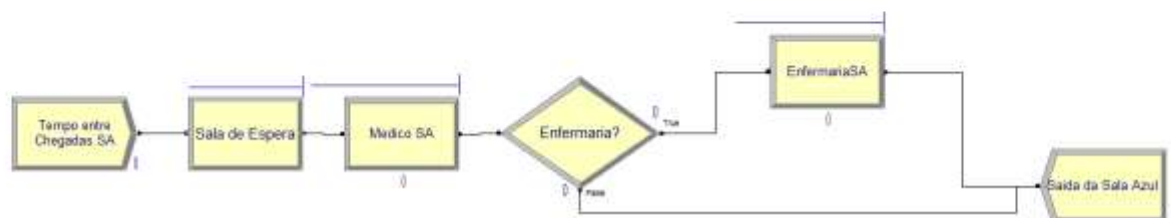


Figura 6.7: Modelo de Simulação do Sistema Micro da Emergência no ARENA.

Obtiveram-se, então, os KPIs conforme apresentados pelas Tabelas 6.7 e 6.8. O tempo de espera e a capacidade de utilização do recurso do Processo Médico foram, respectivamente, 7,9728 min e 74,59%, os quais identificaram tal processo como sendo o gargalo do Sistema Micro, e consequentemente, a causa geradora do gargalo do Sistema Macro da Emergência. Ressaltam-se ainda quatro importantes observações:

1. Na segunda coleta de dados não foram delimitados aspectos como ritmo de trabalho ou tolerâncias (pessoal, fadiga, etc.) visto a grande variabilidade dos elementos das operações neste tipo de serviço;
2. O paciente teve que esperar em média 157,4 min. para entrar na Sala Azul que se somados aos tempos totais da Recepção e Triagem resultam em 163,983 min.;
3. O TMT da Tabela 6.7 corresponde ao TP da Tabela 6.5 no Processo Sala Azul;
4. Os esforços da próxima fase da ME-TOC devem ser guiados para aumentar a taxa de produção do gargalo, ou seja, do recurso médico. Deve-se ter o cuidado que nem sempre é possível aumentar a taxa de produção de uma equipe de saúde, pois a mesma em algum momento pode estar saturada e próxima do limite de operação.

Tabela 6.7: Valores do TMPS, TMPS Mínimo, TMPS Máximo, TMES, TMES Máximo e TMT para 1000 replicações.

TMPS	TMPS Mínimo	TMPS Máximo	TMES	TMES Mínimo	TMES Máximo	TMT	QP
8,9594	8,6987	9,1977	8,1138	5,4791	14,5221	17,0732	5578

Tabela 6.8: Resultados da Simulação do Sistema Micro para 1000 replicações.

Tipo de Processo	TP (min.)	TP Mín. (min.)	TP Máx. (min.)	TE (min.)	TE Mín. (min.)	TE Máx. (min.)	TT (min.)	Capacidade do Recurso Utilizada (%)
Médico	3,6583	3,4871	3,8570	7,9728	5,3656	14,4103	11,6311	74,59%
Enfermaria	5,9573	5,7656	6,1699	0,1585	0,0949	0,24	9,7741	36,03%

6.3. 2ª Fase da ME-TOC: Aplicação da MCDA

6.3.1. Treinamento de Funcionários do Hospital

Após a principal restrição do sistema ter sido identificada, um *workshop* foi oferecido aos funcionários e colaboradores do Hospital Público tanto para apresentação dos resultados do estudo de simulação quanto para treiná-los de forma lúdica a usar os fundamentos mais simples da ME-TOC em seus ambientes de trabalho.

Um dos objetivos do treinamento foi realizar uma mudança de comportamento a fim de se desenvolver melhores condições de ação para se corrigir o gargalo da emergência. A capacitação de funcionários é fundamental para a formação de agentes de mudança e na geração de valores para o próprio hospital. Outro importante objetivo do *workshop* diz respeito à geração de alternativas e critérios que poderiam ser usados para corrigir o gargalo produtivo da emergência do hospital.

O *workshop* foi realizado em três dias e em turnos distintos para treinar o máximo de funcionários e colaboradores do setor da emergência, incluindo médicos, enfermeiros, residentes, técnicos e gestores. Ele foi apresentado nos dias 23 de Março e 20 e 25 de Abril no auditório do hospital, com a presença de 34 pessoas. A Figura 6.8 (a, b, c, d) mostra as dinâmicas realizadas com as diferentes equipes de saúde.

O *workshop* foi bastante interativo com o uso animações do modelo simulacional da emergência estudada, e pequenas apresentações das diferentes equipes de saúde exemplificando na prática, como eles poderiam ajudar a aumentar a taxa de produção do gargalo através de planos de ação dentro do contexto da TOC.

Os participantes do *workshop* geraram um *feedback* positivo em relação à melhoria de auto-estima, uma vez que eles se sentiram valorizados pelo fato do hospital estar aplicando novas ferramentas de gestão para melhorar a motivação e diminuir a carga de trabalho das equipes. Observou-se ainda um excelente entrosamento e participação entre as equipes. As alternativas e critérios frutos dos três dias de *workshop* foram em seguida refinados e validados pelo principal tomador de decisão do hospital. As alternativas e critérios serão evidenciados na próxima seção.

6.3.2. Aplicação do Método MCDA

Aplicou-se um questionário juntamente com o Diretor Geral do hospital. O questionário teve como objetivo avaliar sete alternativas possíveis para a correção do gargalo encontrado na emergência em função do estabelecimento de preferências do decisor considerando seis diferentes critérios.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 6.8 (a), (b), (c) e (d): Diferentes momentos do *workshop* realizado.

As sete alternativas avaliadas pelo decisor foram escolhidas de forma a utilizar os próprios recursos do hospital (SILVA, 2012), sendo elas:

- **A₁: Disciplinar a equipe médica** – Esta alternativa significa orientar e conscientizar os médicos para que o processo de atendimento na Sala Azul seja produtivo e reduza os tempos de espera e, conseqüentemente, o número de pacientes na fila.
- **A₂: Realocar um médico para a Sala Azul** - Realocar um médico significa realocar um médico de outro setor para a Sala Azul, principalmente nos períodos de pico, ou seja, durante o período das 14:00 às 18:00. Os médicos a serem realocados podem ter especialidades em cardiologia, ortopedia, traumatologia, etc.;
- **A₃: Realocar dois médicos para a Sala Azul** - Realocar dois médicos significa realocar dois médicos de outro setor para a Sala Azul, principalmente nos períodos de pico;
- **A₄: Construir um sistema de priorização na Sala Azul** - No Processo Triagem o paciente é orientado apenas para um dos processos da emergência (Sala Azul, Sala Vermelha, Pequenas Cirurgias e Ortopedia) ou para o ambulatório. Entretanto, o paciente ao chegar a Sala Azul volta a entrar numa fila do tipo FIFO (*First In, First Out*). Esta alternativa priorizaria o paciente ao entrar na Sala Azul com seu grau de prioridade pré-estabelecido, o que significará um novo tipo de formação de filas. Essa organização de filas poderia ser implementada através de um *software* simples em um computador na própria Sala Azul ou através da identificação com pulseiras com diferentes cores para indicar a gravidade de cada paciente;
- **A₅: Mudança de layout na Sala Azul** - Significa reestruturar o *layout* da Sala Azul objetivando uma melhoria no fluxo dos pacientes;
- **A₆: Realocar uma assistente administrativa para o médico** - Objetiva um recurso extra para reorganizar as filas da Sala Azul e resolver problemas de ordem burocrático-administrativa para o médico;
- **A₇: Melhorar a rapidez de exames** - Indica priorizar as prescrições de exame (raios-X ou ambulatoriais) dos pacientes oriundos da Sala Azul.

Os seis critérios qualitativos usados para avaliar as alternativas foram:

- **C₁: Aumento da taxa de produção** - O aumento na taxa de produção está diretamente relacionado ao fluxo de saída de pacientes em um hospital e denota que mais entidades serão processadas, e que o sistema está sendo mais eficaz. Como consequência do aumento na taxa de produção, espera-se que haja menos trabalho a

ser processado, portanto, menos pacientes esperando por atendimento. Objetiva-se a maximização deste critério;

- **C₂: Diminuição das despesas operacionais** - Despesas operacionais são consideradas como sendo aquelas necessárias às atividades e manutenção da empresa (BRASIL, 2012c). Este critério deve ser avaliado qualitativamente, uma vez que valores quantitativos não foram disponibilizados para o decisor referentes a cada alternativa. Devem ser observados os custos operacionais relacionados a cada alternativa de forma abrangente. O critério de diminuição das despesas operacional deve então ser maximizado, isto é, quanto mais a alternativa puder reduzir custos, mais indicada será a sua escolha.
- **C₃: Aumento da qualidade** - O conceito de qualidade possui grande importância nos serviços hospitalares, pois define os padrões da assistência prestada e interfere diretamente na satisfação do cliente. É imprescindível que o decisor tenha a real noção do impacto de cada alternativa para a qualidade do serviço de saúde prestado ao paciente. Este critério deve ser maximizado pelo decisor.
- **C₄: Aumento do controle operacional** - O hospital exige a aplicação de técnicas administrativas que permitam controlar, operacionalmente, a produção de seus serviços como qualquer outra empresa. Petry (2012) ressalta que este tipo de controle é algo bastante desafiador devido à gama de serviços oferecidos pelo hospital. Assegurar o controle sobre atividades complexas de um hospital requer do tomador de decisão amplitude de conhecimentos para compreender a real interação entre os diferentes recursos com o paciente. O decisor tem que analisar o impacto de cada alternativa como sendo uma maneira eficaz e eficiente para atingir os objetivos do controle operacional ao avaliar as alternativas em função deste critério qualitativamente.
- **C₅: Diminuição das infecções hospitalares** - A aplicação de alternativas destinadas à prevenção e ao controle de infecções hospitalares é uma preocupação diária de todos os funcionários de um hospital e não apenas das equipes de saúde. O controle de infecções hospitalares tem importância fundamental no controle das taxas de mortalidade, na diminuição do tempo de tratamento (incluindo os períodos de internação e medicamentos usados) e, conseqüentemente, nos custos por paciente

tratado. Esse critério deve ser maximizado, pois quanto mais a alternativa conseguir reduzir o número de infecções, melhor o decisor a avaliará.

- **C₆: Aumento da motivação das equipes de saúde** – Atualmente, muitos gestores hospitalares têm lidado com a racionalização de recursos materiais, financeiros e principalmente humanos. A racionalização de recursos humanos é decorrente de cortes de receitas e/ou aumento de despesas, além de demissão e aposentadoria de funcionários que não são repostos. É comum verificar a baixa motivação das equipes de saúde pela sobrecarga de trabalho (onde muitos profissionais possuem dupla ou tripla jornada de trabalho) ou ainda pela falta de recursos materiais (como equipamentos biomédicos e/ou medicamentos). Um profissional de saúde quando motivado consegue aumentar sua taxa de produção sem haver detrimento do nível de qualidade. O decisor ao avaliar cada alternativa em função deste critério deve procurar maximizar a motivação das equipes de saúde.

Após a definição das alternativas e critérios, o Diretor Geral do hospital avaliou a matriz de decisão.

6.3.2.1. Avaliação da Matriz de Decisão

Como todos os critérios eram qualitativos, utilizou-se uma escala semântica de importância com cinco pontos para que o decisor se expressasse através de termos de fácil entendimento. Para se encontrar o peso relativo entre critérios, foram utilizadas comparações de importância, atribuindo o maior peso ao critério julgado pelo decisor como o mais importante. A matriz de decisão foi obtida através de reuniões com o decisor. É importante ressaltar que o preenchimento desta matriz pode ser não trivial, pois o decisor pode confundir os parâmetros ou a escala utilizada. Por isso, é de extrema importância a atuação do analista para que sejam dirimidas quaisquer dúvidas durante o processo decisório.

Neste trabalho, aplicou-se a atribuição direta dos pesos com uma escala semântica de cinco pontos de importância, a saber: Muita Alta (MA), Alta (A), Média (M), Baixa (B), Muito Baixa (MB). A intensidade de importância relativa para os seis critérios foi determinada conforme a Tabela 6.9 (JATI, 2011).

Tabela 6.9: Escala Semântica para o peso dos critérios.

Termo Linguístico	Intensidade da Importância Relativa
Muito Alta (MA)	0,9
Alta (A)	0,7
Média (M)	0,5
Baixa (B)	0,3
Muito Baixa (MB)	0,1

As Tabelas 6.10 e 6.11 exibem, respectivamente, a matriz de avaliação das alternativas e de critérios preenchidas pelo decisor logo após a validação das alternativas e critérios. Observa-se pela Tabela 6.10, que existe uma relação de conflito entre alternativas e critérios, o qual deverá ser solucionado através da aplicação do PROMETHEE II.

6.3.2.2. Aplicação do método PROMETHEE II

Utilizou-se o método PROMETHEE II para a construção da relação de sobreclassificação, ou seja, para ordenar as alternativas em função dos critérios. A função de preferência P_j adotada junto ao tomador de decisão para todos os critérios qualitativos, foi a do Tipo I ou Critério Usual. Conforme citado na Seção 3. 6.3.1.1, essa função assume o valor de 1 se a diferença de desempenho for positiva e assume o valor de zero se a diferença for negativa. Ou seja, qualquer diferença entre a avaliação das alternativas de um determinado critério implica numa situação de preferência estrita. O sistema relacional de preferência é uma pré-ordem completa.

As Tabelas 6.12, 6.13 e 6.14 exibem, respectivamente, a matriz de avaliação normalizada, os pesos dos critérios e a matriz de preferência. A função de preferência foi calculada para os 42 pares de alternativas usando as Equações 9 e 10. Por exemplo, quando o decisor compara a alternativa A_1 com A_2 na Tabela 6.14, significa que A_1 não é dominada por A_2 considerando o critério taxa de produção.

Tabela 6.10: Matriz de Avaliação das Alternativas.

Alternativa/Critério	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
A ₁	A	MA	A	A	A	A
A ₂	A	MB	M	M	M	B
A ₃	A	MB	M	M	B	B
A ₄	M	M	M	B	M	B
A ₅	B	B	M	B	B	B
A ₆	B	B	M	M	M	B
A ₇	B	B	A	B	B	B

Tabela 6.11: Avaliação dos Critérios.

C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
M	MA	A	A	A	A

Tabela 6.12: Matriz de Avaliação Normalizada.

	C₁	C₂	C₃	C₄	C₅	C₆
A₁	1	1	1	1	1	1
A₂	1	0	0	0,5	0,5	0
A₃	1	0	0	0,5	0	0
A₄	0,5	0,5	0	0	0,5	0
A₅	0	0,25	0	0	0	0
A₆	0	0,25	0	0,5	0,5	0
A₇	0	0,25	1	0	0	0

Tabela 6.13: Peso dos Critérios.

C₁	C₂	C₃	C₄	C₅	C₆
0,119047619	0,214285714	0,166666667	0,166666667	0,166667	0,166667

Tabela 6.14: Matriz Preferência.

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
$P(A_1, A_2)$	0	1	1	1	1	1
$P(A_1, A_3)$	0	1	1	1	1	1
$P(A_1, A_4)$	1	1	1	1	1	1
$P(A_1, A_5)$	1	1	1	1	1	1
$P(A_1, A_6)$	1	1	1	1	1	1
$P(A_1, A_7)$	1	1	0	1	1	1
$P(A_2, A_1)$	0	0	0	0	0	0
$P(A_2, A_3)$	0	0	0	0	1	0
$P(A_2, A_4)$	1	0	0	1	0	0
$P(A_2, A_5)$	1	0	0	1	1	0
$P(A_2, A_6)$	1	0	0	0	0	0
$P(A_2, A_7)$	1	0	0	1	1	0
$P(A_3, A_1)$	0	0	0	0	0	0
$P(A_3, A_2)$	0	0	0	0	0	0
$P(A_3, A_4)$	1	0	0	1	0	0
$P(A_3, A_5)$	1	0	0	1	0	0
$P(A_3, A_6)$	1	0	0	0	0	0
$P(A_3, A_7)$	1	0	0	1	0	0
$P(A_4, A_1)$	0	0	0	0	0	0
$P(A_4, A_2)$	0	1	0	0	0	0
$P(A_4, A_3)$	0	1	0	0	1	0
$P(A_4, A_5)$	1	1	0	0	1	0
$P(A_4, A_6)$	1	1	0	0	0	0
$P(A_4, A_7)$	1	1	0	0	1	0
$P(A_5, A_1)$	0	0	0	0	0	0
$P(A_5, A_2)$	0	1	0	0	0	0
$P(A_5, A_3)$	0	1	0	0	0	0
$P(A_5, A_4)$	0	0	0	0	0	0
$P(A_5, A_6)$	0	0	0	0	0	0
$P(A_5, A_7)$	0	0	0	0	0	0
$P(A_6, A_1)$	0	0	0	0	0	0
$P(A_6, A_2)$	0	1	0	0	0	0
$P(A_6, A_3)$	0	1	0	0	1	0
$P(A_6, A_4)$	0	0	0	1	0	0
$P(A_6, A_5)$	0	0	0	1	1	0
$P(A_6, A_7)$	0	0	0	1	1	0
$P(A_7, A_1)$	0	0	0	0	0	0
$P(A_7, A_2)$	0	1	1	0	0	0
$P(A_7, A_3)$	0	1	1	0	0	0
$P(A_7, A_4)$	0	0	1	0	0	0
$P(A_7, A_5)$	0	0	1	0	0	0
$P(A_7, A_6)$	0	0	1	0	0	0

6.3.2.2.1. Cômputo do grau de sobreclassificação

Após definidos a matriz de preferência, a função de preferência e os pesos dos critérios, calcula-se o índice de preferência ou grau de sobreclassificação, determinado pela Equação 25. A Tabela 6.15 mostra a matriz de preferência agregada para os pares de alternativas usando a Equação 25.

Tabela 6.15: Matriz de Preferência Agregada.

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇
A ₁	-	0,880952381	0,880952381	1	1	1	0,833333
A ₂	0	-	0,166666667	0,285714	0,452381	0,119048	0,452381
A ₃	0	0	-	0,285714	0,285714	0,119048	0,285714
A ₄	0	0,214285714	0,32	-	0,5	0,333333	0,5
A ₅	0	0,214285714	0,214285714	0	-	0	0
A ₆	0	0,214285714	0,380952381	0,166667	0,333333	-	0,333333
A ₇	0	0,380952381	0,380952381	0,166667	0,166667	0,166667	-

Depois de obter-se o índice de preferência, são calculados o Fluxo de Saída e Entrada de sobreclassificação determinados pelas Equações 28 e 29 respectivamente.

A Tabela 6.16 mostra o Fluxo de Sobreclassificação de Saída e de Entrada que definem a pré-ordem parcial das alternativas. A Pré-ordem completa das alternativas é determinada pelo fluxo líquido de sobreclassificação obtido pela Equação 30. A Tabela 6.16 também mostra o ordenamento das alternativas segundo a avaliação do decisor. O *ranking* apontou que a alternativa “Disciplinar a Equipe Médica” na Sala Azul seria a alternativa mais indicada para resolver o gargalo identificado na 1ª fase da ME-TOC.

O Fluxo Líquido e o Ranking das alternativas são exibidos na quarta e quinta coluna da Tabela 6.16 respectivamente. A Figura 6.9 mostra visualmente o Fluxo Líquido entre os limites ± 1 gerado pelo *software Visual PROMETHEE*.

Tabela 6.16: Matriz de Fluxos.

Alternativas	Fluxo de Saída ($\Phi^+(i)$)	Fluxo de Entrada ($\Phi^-(i)$)	Fluxo Líquido ($\Phi(i)$)	Ranking
A ₁	0,932539683	0	0,932539683	1º
A ₂	0,246031746	0,317460317	-0,071428571	4º
A ₃	0,162698413	0,390634921	-0,227936508	6º
A ₄	0,311269841	0,317460317	-0,006190476	2º
A ₅	0,071428571	0,456349206	-0,384920635	7º
A ₆	0,238095238	0,28968254	-0,051587302	3º
A ₇	0,21031746	0,400793651	-0,19047619	5º

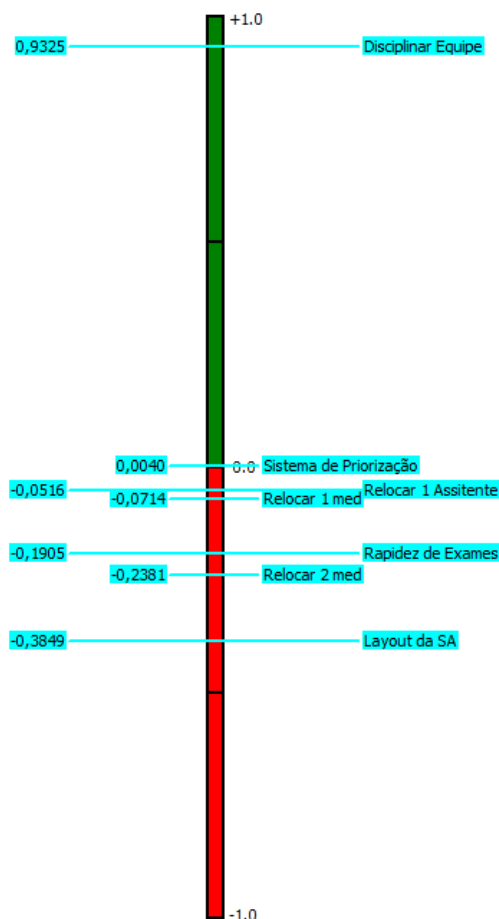


Figura 6.9: Fluxo Líquido gerado pelo software Visual PROMETHEE.

Como exibido visualmente pela Figura 6.9, existe uma sutil diferença visual entre as alternativas de Realocar 1 Médico e 1 Assistente de outro setor para a Sala Azul e Criar um Sistema de Priorização. Por outro lado, a alternativa menos interessante,

segundo o ponto de vista do decisor, seria Modificar o *Layout* da Sala Azul, o qual poderia gerar um custo extra para o hospital sem conseguir resolver o problema específico.

6.4. 3ª Fase da ME-TOC – Exploração

Uma vez que as alternativas foram ordenadas segundo o julgamento do decisor, a próxima fase é explorar o gargalo. Todos os esforços foram concentrados para aumentar a taxa de produção do recurso Médico.

Aumentar o fluxo de atendimento de pacientes não significa aumentar a sobrecarga no processamento do recurso “Médico”. Explorar significa tentar utilizar alternativas para aumentar o fluxo do gargalo sem que haja gastos significativos. Antes de abordar a exploração do gargalo através da aplicação do Plano de Ação, faz-se necessário explorar o ranking das alternativas através do Plano GAIA e da Análise de Sensibilidade.

6.4.1. Análise do Plano GAIA

A Figura 6.10 mostra o Plano GAIA gerado pelo *software Visual PROMETHEE* gerado com 79,2% de qualidade. As alternativas são representadas por pontos, enquanto que os critérios são representados por eixos.

O eixo de decisão é definido pelo eixo vermelho, o qual aponta na direção da alternativa “Disciplinar a Equipe Médica”. Essa alternativa apresenta uma maior distância da origem na parte superior do plano, o que pode ser evidenciado pelo seu maior fluxo líquido. O Plano GAIA permite ao decisor analisar a importância da alternativa escolhida, segundo os critérios mais importantes. Neste caso, o critério Diminuição das Despesas Operacionais foi considerado o mais importante em relação aos demais. Percebe-se também, que a maioria dos critérios está na mesma direção do eixo de decisão, o que mostra similaridade com a preferência do decisor.



Figura 6.10: Plano GAIA gerado pelo software Visual PROMETHEE.

6.4.2. Análise de Sensibilidade

A análise de sensibilidade é importante para tomador de decisão, pois fornece informações adicionais sobre a robustez do modelo. Ela mostra como a incerteza na saída do modelo pode ser repartida para diferentes fontes de incerteza do modelo de entrada. Ela pode ser útil no apoio à tomada de decisões ou no desenvolvimento de recomendações para o tomador de decisões, para identificar variáveis “sensíveis e importantes”, ou ainda para desenvolver recomendações flexíveis que dependem de circunstâncias ou para o desenvolvimento de hipóteses a serem testadas (PANNELL, 1997).

Ao se aplicar o método PROMETHEE II, é importante estudar a sensibilidade do *ranking* em função de modificações dos pesos dos critérios. Segundo D’Avignon e Mareschal (1989), a análise de sensibilidade pode ser realizada através da correlação

entre os critérios (coeficientes de Pearson e de Kendall) e/ou através do cálculo dos intervalos de estabilidade.

Utilizou-se a ferramenta “*Walking Weights*” do *software* Visual PROMETHEE para calcular a sensibilidade dos critérios, ou seja, os limites superiores e inferiores. A Tabela 6.17 mostra os limites superiores e inferiores do intervalo de estabilidade. O critério de Aumento da Taxa de Saída é o mais sensível, enquanto que Motivação é o menos sensível.

Tabela 6.17: Intervalo de estabilidade.

Critério	Limite inferior	Limite superior
C ₁	0,04	0,13
C ₂	0,21	0,31
C ₃	0,14	0,24
C ₄	0,06	0,21
C ₅	0,06	0,99
C ₆	0,00	0,99

Após verificar a sensibilidade de cada critério e explorar visualmente as alternativas, faz-se necessário a criação de um Plano de Ação.

6.4.3. Plano de Ação

Durante a fase de exploração, foi implementado o plano de ação em função do ranking obtido através do PROMETHEE II. A melhor alternativa “Disciplinar a Equipe Médica” foi iniciada após uma reunião com o Diretor Administrativo e o Diretor Médico responsável pelo controle da equipe médica na Sala Azul. Foram abordadas quais medidas administrativas o hospital poderia estar tomando para evitar tanta abstenção e para ampliar a conscientização da equipe médica para tornar a Sala Azul mais produtiva e conseqüentemente, com menor tempo de espera e com menos pacientes na fila. O Diretor Médico disse ainda que havia demitido um médico pelo fato

do mesmo não estar presente nos seus plantões, nesta sala e que estava conscientizando os demais médicos para a importância daquela sala para todo o hospital.

A segunda melhor alternativa “Construir um sistema de priorização na Sala Azul” também foi implementada. Como o hospital não tinha recursos disponíveis para comprar um *software* organizador de filas com *display* eletrônico, foi sugerido o investimento em pulseiras de identificação que seriam entregues aos pacientes logo após a triagem. As pulseiras deveriam ser macias, antialérgicas e resistentes aos banhos e movimentos dos pacientes. As diferentes cores indicariam a prioridade clínica, além de identificar o paciente, o que poderia ser útil em caso de crianças e idosos. As pulseiras deveriam seguir a classificação de Manchester e poderiam ser de tipo: vinil, tyvek e scan em rolo.

O protocolo de Manchester é um conjunto de instruções que classifica os pacientes de uma urgência/emergência em cinco grupos. A Tabela 6.18 exibe a característica para cada pulseira e seus respectivos tempos de atendimento e a caracterização para cada caso (SILVA, 2013).

Tabela 6.18: Protocolo de Manchester.

Cor da pulseira de identificação	Tempo de atendimento (máximo)	Caracterização
Pulseira Vermelha	Imediato	Atendimento emergente e imediato, caracterizado por traumas com lesões de único ou múltiplos sistemas, que caracterizam risco de vida ou sofrimento intenso ao paciente
Pulseira Laranja	10 minutos	Atendimento muito urgente, caracterizado por infarto, grandes queimaduras, crise asmática grave, hemorragia incontrolável, entre outros
Pulseira Amarela	60 minutos	Atendimento urgente, caracterizado por pequenas hemorragias e traumatismos, desidratação, entre outros
Pulseira Verde	120 minutos	Atendimentos de menor urgência, caracterizados por febre, vômitos, dor leve, entre outros
Pulseira Azul	240 minutos	Atendimentos não urgentes, caracterizados por controle da hipertensão e diabetes, avaliação de feridas crônicas, troca de curativo, entre outros

Fonte: Silva (2013).

A grande vantagem da utilização deste protocolo na Sala Azul (onde é realizado o atendimento de urgência) seria a identificação de três níveis de urgência através das pulseiras amarelas, verde e azul. Este trabalho ainda fez um levantamento do preço de mercado dessas pulseiras de identificação. Por exemplo, um conjunto de 1000 pulseiras do tipo Tyvek custam R\$ 104,00, ou aproximadamente 10 centavos de real por pulseira (paciente). Feito este levantamento, novamente marcou-se uma reunião com os diretores para a efetiva aplicação deste protocolo, entretanto o hospital sinalizou que não seria possível a compra de tais pulseiras, pois geraria um custo adicional para o hospital que vinha passando por problemas financeiros. Como alternativa, este trabalho sugeriu que o protocolo poderia ser mantido para priorizar os pacientes através do uso de carimbos com cores diferentes no próprio prontuário do paciente. Os gestores acordaram com a alternativa e a mesma foi executada em seguida.

Após a implementação dessas duas alternativas, notou-se visualmente que as filas tinham tido pouca redução. Dessa forma, marcou-se um novo encontro com os gestores para melhorar a capacidade produtiva na Sala Azul. As alternativas “Relocar uma assistente administrativa para o médico” e “Relocar um médico para a Sala Azul”, ambas em terceiro e em quarto lugar no ranking, foram discutidas. Os gestores observaram que pelo quadro enxuto do hospital, não seria interessante realocar uma assistente para esta sala. Entretanto, os mesmos afirmaram que pelo fato do setor da “Sala Azul” ter três consultórios médicos, seria interessante simular o comportamento do sistema com um e dois recursos adicionais. Os médicos poderiam ser realocados dos setores ambulatoriais e/ou enfermaria durante os períodos de pico que normalmente acontecem pela tarde, ou seja, entre 14:00 e 18:00 horas.

Dessa forma, foram simulados dois cenários no modelo do Sistema Micro da Emergência para estas alternativas através do *software* ARENA. Os recursos adicionais (1 Médico e 2 Médicos), foram adicionados na planilha *Resource*, informando que eles estaria disponíveis para atender os pacientes nos horários de pico (14h às 18h).

A Tabela 6.19 mostra o comparativo da utilização do recurso médico, com 1 médico trabalhando normalmente (Tabela 6.8); 2 médicos trabalhando (sendo um apenas no período de pico) e 3 médicos trabalhando (sendo dois apenas nos horários de pico). A Tabela 6.19 também mostra que ao adicionar um e dois médicos extras durante

o período de pico, a utilização do recurso médico diminui de 74,59% para 69,99% e de 74,59% para 68,43% respectivamente. Nesta análise, também não são adicionados as tolerância e os fatores de ritmos ao recurso médico.

Uma característica importante a ser ressaltada pode ser observada na Tabela 6.19, em que há uma queda brusca do tempo de espera para o paciente ser atendido pelo Médico na Sala Azul de 7,97 min para 0,1567 min, adicionando um médico extra durante o período de pico. Entretanto, este valor não se altera ao adicionar dois médicos extras, o que mostra que através da simulação um único médico seria suficiente para resolver o problema das esperas na Sala Azul.

Tabela 6.19: Utilização e Tempo de Espera para o Recurso Médico na Sala Azul.

Variável/recurso médico	1 Médico (24h)	1 Médico (24h) + 1 Médico (pico)	1Médico (24h) + 2 Médico (pico)
Utilização do recurso médico (%)	74,59	69,99	68,43
Tempo de espera (min)	7,97	0,1567	0,1567

Durante esta fase de exploração, foram discutidos em paralelo com a Direção Médica e Administrativa do hospital os resultados obtidos tanto da simulação dos dois cenários, quanto aqueles obtidos através do ordenamento das alternativas pelo método PROMETHEE II. O decisor validou a alternativa de realocar um médico extra para a Sala Azul durante os períodos de pico.

6.5. 4ª Fase da ME-TOC – Subordinação

Após o Plano de Ação ter sido implementado, o passo seguinte foi subordinar e sincronizar o restante da emergência ao recurso Médico. Esta etapa é sem dúvida a parte mais difícil e importante na aplicação da ME-TOC. Caso a subordinação não ocorra, as alternativas utilizadas para explorar o gargalo podem não surtir efeitos.

O *workshop* teve fundamental importância uma vez que guiou os diversos funcionários a entender e orientar suas operações para o recurso gargalo “médico”. Durante a fase de acompanhamento (de fevereiro a agosto de 2012), foi verificado como os recursos não-gargalos estavam operando para garantir a melhoria no fluxo de atendimento dos pacientes na Sala Azul.

Observou-se que as enfermeiras na Sala Azul sincronizavam melhor o atendimento de pacientes a fim de evitar a ociosidade do médico, ou a sua sobrecarga sempre objetivando reduzir internamente a fila de pacientes.

6.6. 5ª Fase da ME-TOC – Elevar a Capacidade da Restrição

É esperado que após a aplicação das quatro primeiras fases da ME-TOC, se consiga uma elevação da capacidade produtiva do gargalo do sistema, ou seja, através da redução da ociosidade ou da implementação de alternativas que melhorem efetivamente a taxa de produção. Pode-se elevar a capacidade da restrição através da compra de novos equipamentos, contratação de novos funcionários, terceirização, etc.

Verificou-se que não seria necessário elevar a capacidade da restrição através da contratação de novos médicos ou de outros funcionários para a Sala Azul, uma vez que a solução implementada aparentemente conseguia diminuir o número de pacientes na fila de espera e tornar o atendimento mais rápido. A 6ª fase da ME-TOC é de fundamental, pois é nesta fase que verifica se o gargalo foi efetivamente eliminado ou reduzido.

6.7. 6ª fase da ME-TOC

Uma segunda amostra da Sala Azul foi colhida durante os dias 01 – 07 de agosto de 2012, na Sala Azul para comparar os resultados da alternativa implementada. O procedimento de coleta de dados seguiu a mesma metodologia que as outras

amostragens. A Tabela 6.20 mostra as funções de densidade de probabilidade da Sala Azul.

Simulou-se um período de 28800 minutos (20 dias) com um total de 1000 replicações. Considerou-se um tempo de aquecimento ou *warm-up* de 1440 minutos (ou 24 horas). Os KPIs são apresentados conforme mostram as Tabelas 6.21 e 6.22.

Tabela 6.20: Funções de Densidade de Probabilidade da Sala Azul após Implementação da Alternativa.

Chegada e Processos	Função	Equação da Função de Densidade de Probabilidade
Tempo entre Chegadas	Weibull	$f(x) = 0,5 + \begin{cases} 0,085 x^{0,12} e^{-\left(\frac{x}{9,98}\right)^{1,12}} & \text{para } x > 0 \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$
Médico	Lognormal	$f(x) = 0,5 + \begin{cases} \frac{1}{10,20x} e^{-(\ln(x)-3,02)^2/33,13} & \text{para } x > 0 \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$
Enfermaria	Lognormal	$f(x) = 0,5 + \begin{cases} \frac{1}{8,32x} e^{-(\ln(x)-5,54)^2/22,05} & \text{para } x > 0 \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$

Tabela 6.21: Valores do TMPS, TMPS Mínimo, TMPS Máximo, TMES, TMES Máximo e TMT para 1000 replicações para a 2ª coleta.

TMPS	TMPS	TMPS	TMES	TMES	TMES	TMT	QP
	Mínimo	Máximo		Mínimo	Máximo		
8,0020	7,6982	8,3426	1,7166	1,0283	5,1140	9,7185	2715

Tabela 6.22: Resultados da Simulação do Sistema Micro para 1000 replicações para a 2ª coleta.

Tipo de Processo	TP (min.)	TP Mín. (min.)	TP Máx. (min.)	TE (min.)	TE Mín. (min.)	TE Máx. (min.)	TT (min.)	Capacidade do Recurso Utilizada (%)
Médico	3,5182	3,3051	3,7641	1,709	1,0197	5,0988	5,2272	33,19%
Enfermaria	5,0383	4,8291	5,2404	0,0085	0,0010	0,0316	5,0468	14,83%

As Tabelas 6.21 e 6.22 mostram que houve uma melhoria significativa do Tempo de Espera e uma grande diminuição na Utilização do Recurso Médico.

Tabela 6.23 mostra o tempo de espera e a utilização do recurso Médico antes e depois da implementação da ME-TOC. O tempo de espera na fila do consultório médico diminuiu cerca de 78,56%, além do mais, houve uma diminuição da sobrecarga do trabalho do médico em aproximadamente 55,5%.

Tabela 6.23: Comparação do tempo de espera e da utilização do recurso médico na Sala Azul antes e depois da implementação da ME-TOC.

Variável/Recurso Médico	Antes da Implementação (1 Médico 24h)	Após a Implementação (1 Médico 24h + 1 Médico durante o pico)
Tempo de Espera (min)	7,97	1,71
Utilização do Recurso Médico (%)	74,59	33,19

6.8. Discussões Finais

O estudo de caso mostra que é possível redirecionar ações de melhoria para se corrigir gargalo em uma emergência hospitalar através do ajuste da capacidade produtiva à demanda. Em outras palavras, a aplicação numérica demonstra que é viável aplicar o modelo para correção de gargalos em emergências hospitalares.

Entretanto, a ME-TOC só pode surtir efeito como um modelo de melhoria contínua, caso haja a colaboração da direção geral do hospital e principalmente, dos agentes de mudança (médicos, enfermeiros, técnicos, etc.). Além disso, ressalta-se que para a ME-TOC obter bons resultados é preciso que haja tempo e recursos suficientes devidamente, empregados na resolução de gargalos produtivos. Portanto, ela é recomendada para análise de sistemas produtivos complexos.

A identificação do gargalo na ME-TOC é determinada a partir de um conjunto de KPIs, e não apenas com os tempos médios de processamento ou capacidade máxima de produção o que poderia levar a identificação inequívoca do gargalo.

É importante, também, ressaltar duas observações sobre a comparação dos resultados da Sala Azul antes e depois da implementação da ME-TOC:

1 – Existe uma variação sazonal natural ao longo do ano da demanda de pacientes pelos serviços do hospital em estudo. A Figura 6.11 mostra a quantidade de pacientes atendidos por mês em 2011 na emergência.

Os meses com maior demanda são março e julho, e o de menor demanda é maio. Quando comparados os meses de fevereiro (3337 pacientes) e agosto (3285 pacientes) em 2011, percebe-se que a diferença entre os mesmos é mínima, ou seja, de 1,6% a mais em fevereiro. Entretanto, essa consideração deve ser ressaltada uma vez que existe uma demanda inferior no mês de agosto observada na função dos parâmetros da função de densidade de probabilidade do tempo de chegadas do paciente à Sala Azul. Em outras palavras, a média real do tempo entre chegadas de paciente à Sala Azul no mês de fevereiro é inferior ao mês de agosto.

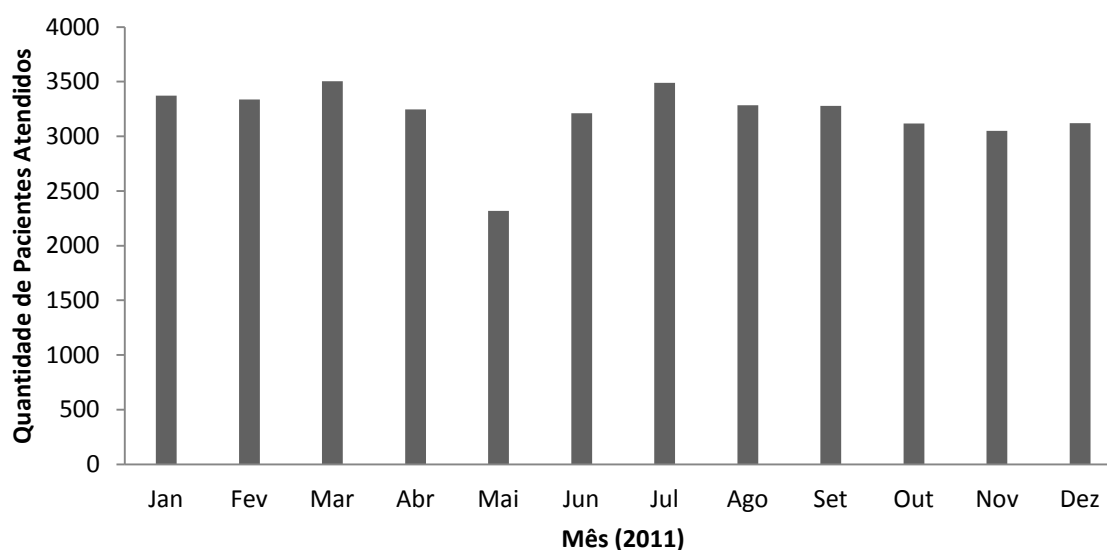


Figura 6.11: Variação sazonal da quantidade de pacientes atendidos em 2011.

Essa característica pode também ter influenciado diretamente na diferença entre os tempos de espera dos dois meses conforme mostra a Figura 6.11.

2 – Constatou-se visualmente durante a segunda coleta de dados da Sala Azul que havia um menor número de pacientes na fila de espera. Essa característica também pode ser explicada pelas médias dos tempos de processamento tanto do médico quanto

das enfermeiras. Em fevereiro, a média real do tempo de processamento do recurso médico foi de 3,55 min. por paciente, enquanto do recurso enfermeira foi de 5,97 min por paciente. Já durante o mês de agosto, esses valores diminuíram para 3,48 min e 4,92 min. respectivamente. A maior diferença foi sem dúvida do tempo de atendimento das enfermeiras que podem ter contribuído significativamente para a redução do número de pacientes na Sala Azul.

Outras duas observações dos resultados desse trabalho residem nos aspectos da análise simulacional e na utilização específica do PROMETHEE II quando comparado aos demais métodos multicritérios:

Uma limitação desse estudo é que ele não quantifica os ganhos financeiros de tais mudanças. Detalhes de como quantificar os potenciais ganhos a partir da implementação de cenários obtidos pela simulação em emergências hospitalares podem ser encontrados em Paul e Lin (2012). Outra limitação diz respeito a grande quantidade de tempo e trabalho gastos para se modelar com mais precisão o hospital em estudo para poder refletir as características probabilísticas. É importante também frisar que a solução para os gargalos nos SHUE não devem ser generalizados, pois dependem da característica de cada hospital. Por exemplo, Brenner *et al.* (2010) identificaram que o departamento de radiologia era o gargalo no Departamento de Emergência do Hospital Universitário de Kentucky Chandler. Os resultados da simulação sugeriram a aquisição de uma segunda tomografia computadorizada. Além disso, Zeng *et al.* (2012) identificaram que o número de enfermeiras era o gargalo da emergência de um hospital em Lexington. Depois de aplicar um estudo de simulação, eles sugeriram que mais duas enfermeiras eram necessárias para melhorar a qualidade dos serviços de saúde.

Quando o PROMETHEE II é comparado a outros métodos da MCDA, podem-se encontrar alguns benefícios em potencial. Métodos tais como: o *Analytic Hierarchy Proces* (AHP), o *Weight Sum Method* e o *Programme Budgeting and Marginal Analysis* (PBMA) requerem um esforço adicional para calcular os pesos de cada critério por causa do tempo necessário para que o decisor os interprete. Já no PROMETHEE II esse esforço é inexistente, pois não existe uma relação de *trade-off* ou de compensação entre os critérios (THOKALA e DUENAS, 2012). O PROMETHEE II foi também bastante intuitivo e facilmente compreendido pelo decisor do hospital em estudo.

Por enfim, em última visita feita no dia 24 de outubro de 2013, constatou-se que praticamente não existiam mais filas no hospital estudado. Segundo a equipe de enfermagem a demanda de pacientes no hospital reduziu de 300 para 57 pacientes/dia. Esta redução foi possível a partir da inauguração da Unidade de Pronto-Atendimento (UPA) 24 horas e uma de Atendimento Especializado (UpaE) pelo governo do Estado de Pernambuco na cidade de Petrolina.

7. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

7.1. Conclusões

Este trabalho apresentou um modelo denominado de *Multicriteria Evaluation for Theory of Constraints* (ME-TOC) baseado nos princípios da Teoria das Restrições e dos Métodos de Análise de Decisão Multicritério para melhorar o fluxo de pacientes em serviços de urgência e emergências hospitalares. O modelo teve o suporte de outras ferramentas da Engenharia de Produção, tais como: simulação, teoria das filas e engenharia de métodos. Ele se mostrou capaz de gerenciar os recursos produtivos através da avaliação de alternativas e critérios para resolução de gargalos hospitalares.

Conclui-se que o modelo:

- Permitiu a análise detalhada e contínua dos processos dos serviços de urgência e emergência;
- Estudou a variabilidade, interdependências e incertezas, ou seja, a natureza estocástica que dinamiza os diferentes tipos de serviços de emergência e urgência hospitalar sob um enfoque multicritério. Por exemplo, os tempos entre chegadas e tempos de processamento foram avaliados através de suas funções de densidade de probabilidade o que enriqueceu a análise e precisão dos dados;
- Permitiu que diferentes alternativas fossem analisadas conjuntamente, através da simulação computacional e da aplicação de um método MCDA. Essa interação melhorou a sinergia entre o resultado “ótimo” da simulação e aquele “melhor” ordenado pelo tomador de decisão;
- Não visa encontrar uma alternativa que possa ser interpretada como verdadeira e absoluta, e sim apoiar o decisor durante o processo de decisão;
- Mostrou-se como uma importante ferramenta estratégica para gerenciar recursos escassos e especializados para se obter produtividade em um tipo de ambiente que lida com vidas humanas em situação de risco;

Como principal resultado, houve a redução do tempo de espera dos pacientes no setor gargalo do hospital de aproximadamente 78,56%. Esta redução possui uma relação direta com a percepção do paciente sob a qualidade dos serviços prestados, com o tempo de permanência total e, conseqüentemente, com custos por paciente tratado;

O PROMETHEE II possibilitou uma ordenação completa das alternativas para se resolver o gargalo a partir do julgamento do decisor. O método foi avaliado pelo diretor do hospital estudado como sendo fácil e didático. Essa característica permitiu com que o processo de decisão fosse realizado mais rapidamente. Além disso, o modelo permitiu agregar a análise do Plano GAIA e de sensibilidade para a fase de exploração do gargalo, trazendo novos *insights* a respeito da relação entre alternativas e critérios. Também, foi possível analisar a influência dos pesos em relação às alternativas, compreendendo quais seriam os critérios mais e menos sensíveis. Visualizou-se não apenas a ordenação final, como também as propriedades de sobreclassificação das alternativas através de matrizes e gráficos;

Finalmente, conclui-se que os objetivos do trabalho foram atingidos e que o modelo desenvolvido possibilitou uma sistematização da tomada de decisão, assim como uma análise mais precisa sob os gargalos de um sistema complexo de forma racional. É possível replicar o modelo em outros sistemas que produzam serviços hospitalares de emergência e/ou urgência.

7.2. Sugestões para Trabalhos Futuros

O modelo apresentado é muito vasto e possui uma grande agregação de conceitos da Engenharia de Produção. Dessa forma, podem-se abordar algumas sugestões para trabalhos futuros:

- Aplicar a ME-TOC em Hospitais Privados e comparar as restrições e alternativas;

- Como ferramenta de melhoria contínua, a ME-TOC deve ter mais uma vez seu ciclo repetido e aplicado no hospital em estudo, uma vez que gargalos produtivos sempre existirão. Os tomadores de decisão do hospital estudado podem utilizá-la sempre que precisarem de melhores evidências para resolver qualquer gargalo produtivo de difícil percepção;
- Quantificar os ganhos financeiros obtidos;
- Implementar diferentes métodos MCDA na ME-TOC, tal como o AHP ou outros métodos da família PROMETHEE a fim de comparar os diferentes métodos;
- Realizar estudos de caso em hospitais geridos por colegiado de decisores;
- Aplicar a ME-TOC em outros sistemas produtivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEPRO. Associação Brasileira de Engenharia de Produção. **Workshop Empresarial**. <<http://www.abepro.org.br/internasub.asp?ss=8&c=647>> Acesso em: 24 jan. de 2012 às 10h.

ALENCAR, Luciana. **Avaliação e Gestão de Projeto na Construção Civil Com Apoio do Método Multicritério PROMETHEE**. 2003. Dissertação de Mestrado. UFPE. Recife.

ALENCAR, Luciana. **Modelo Multicritério de Decisão em Grupo para seleção de fornecedores em gestão de projetos**. 2006. Tese de Doutorado. UFPE. Recife.

ALMEIDA, Adiel. **O conhecimento e o uso de métodos multicritérios de apoio à decisão**. Editora Universitária UFPE, 2011.

AMARAL, Thiago. **Optimal Control in Biological Systems as a Support for Clinical Decisions**. 2009. Dissertação de Mestrado. UFPE. Recife.

ANDRADE, Eduardo Leopoldino de. **Introdução a Pesquisa Operacional: métodos e modelos para análise de decisão**. 3ª ed. Rio de Janeiro. LTC, 2004.

ARYANEZHAD, M. B.; KOMIJAN, A. R. An improved algorithm for optimizing mix under the theory of constraints. **International Journal of Production Research**. 42 (20), 4221-4233. 2004.

ATHAWALE, V. M.; CHAKRABORTY, S. Facility Location Selection using PROMETHEE II Method. **Proceedings of the 2010 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Dhaka**, 2010.

BALAKRISHNANM, J.; CHENG, C.H. Theory of constraints and linear programming: A re-examination. **International Journal of Production Research**. Vol 38. Pp. 1459-1463, 2000.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALTUSSEN, R.; STOLK, E.; CHISHOLM, D. et al., Towards a multicriteria approach for priority setting: an application to Ghana, **Health Econ.** 15:689-96, 2006.

BARNES, Ralph. **Estudo de movimentos e de tempos:** projeto e medida do trabalho. Editora Edgard Blücher. 6ª edição. 1977.

BELTON, V.; STEWART, T.J. **Multiple Criteria Decision Analysis:** An Integrated Approach, Academic Publishers, Kluwer, Boston, 2002.

BLACKSTONE, John. Theory of constraints – a status report. **International Journal of Production Research.** 39(6):1053 – 80. 2001.

BHATTACHARYA, A.; VASANT, P. Soft-sensing of level of satisfaction in TOC product-mix decision heuristic using robust fuzzy-LP. **European Journal of Operational Research.** 55-70, 2007.

BHATTACHARYA, A.; VASANT, P. S.; SARKAR, B., MUKHERJEE, S.K. A fully fuzzified, intelligent theory of constraints product-mix decision. **International Journal of Production Research.** 46 (3), 789-815, 2008.

BILSEL, R. U.; BÜYÜKÖZKAN, G.; RUAN, D. A fuzzy preference-ranking model for a quality evaluation of hospital Web sites. **International Journal of Intelligent Systems.** Volume 21, Issue 11, Pages 1181-1197, 2006.

BITTENCOURT, Roberto José.; HORTALE, Virginia. Intervenções para solucionar a superlotação nos serviços de emergência hospitalar: uma revisão sistemática. **Cad. Saúde Pública.** 25(7):1439-1454. 2009

BRANS, Jean-Pierre; MARESCHAL, Bertrand. **How to decide with PROMETHEE.** Disponível em <http://homepages.ulb.ac.be/~bmaresc/PromWeb.htm>. Acessado em 4 de Outubro de 2013.

BRANS, Jean-Pierre; MARESCHAL, Bertrand. “The PROMETHEE VI procedure: how to differentiate hard from soft multicriteria problems.” **Journal of Decisions Systems**, v. 4, n.2, p.213-223, 1985.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRANS, Jean-Pierre; MARESCHAL, Bertrand. **PROMÉTHÉE – GAIA**: une méthodologie d'aide à la décision em présence de critères multiples. Bruxelles: Éditions de L'Université de Bruxelles. 2002.

BRANS, Jean-Pierre; MARESCHAL, Bertrand. VINCKE, P. PROMETHEE: A new family of outranking methods in multicriteria analysis. **IFOR**. p.477-490, 1984.

BRASIL. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Pesquisa aponta falta de médicos**. Disponível em: <http://agencia.ipea.gov.br/index.php?option=com_alphacontent&view=alphacontent&Itemid=91&limitstart=6390>. Acesso em: 12 jan. 2012a.

BRASIL. Ministério da Saúde. **O SUS de A a Z**. Brasília. 2009. Disponível em <http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/sus_3edicao_completo.pdf>. Acesso em 26 jan 2012b.

BRASIL. **Despesas Operacionais**. Disponível em <www.receita.fazenda.gov.br>. Acesso em: 20 de setembro de 2012c.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Consta-Satélite de Saúde Brasil – 2007 a 2009**. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/economia_saude/css_2007_2009/ocomentario.pdf>. Acesso em 16/11/2012c às 10h30min.

BRENNER, S.; ZENG, Z.; LIU, Y.; WANG, J.; HOWARD, P.K. Modeling and analysis of Emergency Department at University of Kentucky Chandler Hospital using simulations. **J Emerg Nurs**. 36:303-10, 2010.

CABRAL, Leane. **Qualidade Percebida dos Serviços Hospitalares**: Uma Avaliação Utilizando o Método dos Fatores Críticos de Sucesso e a Escala SERVQUAL. 2007. Dissertação de Mestrado. UFPE. Recife.

CALARGE, Felipe; DAVANSO, José Carlos. Conceitos de dispositivos à Prova de Erros Utilizados na Meta do Zero Defeito em Processo de Manufatura. **Rev. de Ciência e Tecnologia**, V 11, nº 21 – pp 7-18. 2004.

CAMACHO, Reinaldo; GUERREIRO, Reinaldo. **Teoria das restrições aplicada na prestação de serviços:** o caso de uma entidade hospitalar. Disponível em: <eco.unne.edu.ar/contabilidad/costos/VIIIcongreso/227.doc>. Acesso em: 10 mar. 2011.

CAMPOS, Vanessa. **Modelo de apoio à decisão multicritério para priorização de projetos em saneamento.** 2011. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

CANEDO, M. M. L.; ALMEIDA, Adiel. Electronic government: a multi-criterion approach to prioritizing projects by integrating balanced scorecard methodology indicators. **Brazilian Journal of Operations and Production Management**, v. 5, p. 1-20, 2008.

CARDOEN, B.; DEMEULEMEESTER, E.; BELIËN, J. Sequencing surgical cases in a day-care environment: An exact branch-and-price approach. **Computers and Operations Research**, 36 (9), pp. 2660-2669. 2009

CARDOSO, Janaína; ERDMANN, Rolf. Planejamento e Controle da Produção na Gestão de Serviços: O Caso do Hospital Universitário de Florianópolis. **ENEGEP**. 2001.

CAVALCANTE, C. A. V. **Modelos Multicritério de Apoio à Decisão para manutenção Preventiva Baseados no Método PROMETHEE.** 2003. Dissertação de Mestrado. UFPE. Recife.

CERVO, Amado; BERVIAN, Pedro; DA SILVA, Roberto. **Metodologia científica.** 6ª ed. São Paulo. Pearson, 2007.

CHERUBIN, N. A. e SANTOS, N. A. dos. **Administração Hospitalar:** fundamentos. São Paulo, CEDAS, 1997.

CORBETT, Thomas. **Contabilidade de Ganhos – a nova contabilidade gerencial de acordo com a Teoria das Restrições.** São Paulo: Nobel, 1997.

COM, COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. **Communications from the Commission to the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of Regions on telemedicine for the benefit of patients, healthcare systems and society.** Bruxelas, 2008. Disponível em:<<http://eurlex.europa.eu/Notice.do?val=482154:cs&lang=pt&list=506176:cs,505431:cs,482154:cs,397061:cs,411648:cs,340955:cs,266407:cs,264478:cs,&pos=3&page=1&nbl=8&pgs=10&hwords=&checktexte=checkbox&visu=#texte>> Acesso em 21 de Set. de 2010.

COMAN, Alex; RONEN, Boaz. Production outsourcing: A linear programming model for the theory of constraints. **International Journal of Production Research.** Vol. 38, pp. 1631-1639. 2000.

CORRÊA, Henrique; GIANESI, Irineu.; CAON, Mauro. **Planejamento, Programação e Controle da Produção.** Editora Atlas. São Paulo. 2009.

D'AVIGNON, Gilles; MARESCHAL, Bertrand. Specialization of hospital services in Quebec: An application of the PROMETHEE and GAIA methods. **Mathematical and Computer Modelling.** Volume 12, Issue 10-11, Pages 1393-1400. 1989.

DAVIES, J.; MABIN, V. J.; BALDERSTONE, S. J. The theory of constraints: a methodology apart? – a comparison with selected OR/MS methodologies. **Omega** Volume 33, 506-524. 2005.

DEMO, Pedro. **Metodologia do conhecimento científico.** São Paulo. Atlas, 2000.

DIABY, V.; CAMPBELL K.; GOEREE R. Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) in Health Care: A bibliometric analysis. **Operations Research for Health Care.** 20-24. 2013.

DIAS, A. J.; FIGUEIRA, J. R.; ROY, B. A multiple criteria sorting method where each category is characterized by several reference actions: The Electre Tri-nC method. **European Journal of Operational Research.** Vol 217, Issue 3, Pages 567-579. 2012.

DIAS, L.C.; COSTA, J.P.; CLÍMACO, J.N. A parallel implementation of the PROMETHEE method. **European Journal of Operational Research**, n. 104 p. 521-531,1998.

_____**Dicionário de Português Michaelis**. 2007. Editora Melhoramentos Ltda. Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br/moderno/portugues/index.php>> Acesso em 16 Set. 2012 às 14:09.

DU BOIS, P., BRANS J.P., CANTRAINE, F., MARESCHAL, B. Medicis: An expert system for computer-aided diagnosis using the PROMETHEE method. **Europ. J. Operart. Res.** 39, pp. 284–292, 1989.

EARNSHAW, S.R.; DENNETT, S.L. Integer/linear mathematical programming models: A tool for allocating healthcare resources. **Pharmaco Economics**, 21 (12), pp. 839-851, 2003.

EPSTEIN, D. M.; CHALABI, Z.; CLAXTON, K.; SCULPHER, M. Efficiency, equity, and budgetary policies: Informing decisions using mathematical programming. **Medical Decision Making**, 27 (2), pp. 128-137. 2007.

FILHO, P. J. F. **Introdução à modelagem e simulação de sistemas**. 2ª edição. Florianópolis. Visual Books. 2008.

FITZSIMMONS, J. A. e FITZSIMMONS, M. **Administração de serviços: Operações, estratégia e tecnologia de informação**. 2ª edição, Porto Alegre, Bookman, 2000.

FLESSA, S. Priorities and allocation of health care resources in developing countries: A case-study from the Mtwara region, Tanzania. **European Journal of Operational Research**, 150 (1), pp. 67-80. 2003.

FORMAM, E; PENIWATI, K. Aggregation individual judgments and priorities with the Analytic Hierarchy Process. **European Journal of Operational Research**, v. 108, p. 165-169, 1998.

FOSTER, A. J. An Agenda for reducing emergency department crowding. **Ann Emerg Med.** 45:479-81, 2005.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GARG, L.; MCCLEAN, S.; MEENAN, B.; MILLARD, P. A non-homogeneous discrete time Markov model for admission scheduling and resource planning in a cost or capacity constrained healthcare system. **Health Care Management Science**. Vol. 13, Issue 2, pp 155-169, 2010.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOLDRATT, Eliyahu. **Critical chain**. North River Press Great Barrington, MA. 1997.

GOLDRATT, Eliyahu. **It's not luck**. North River Press Great Barrington, MA. 1994.

GOLDRATT, Eliyahu. **The haystack syndrome**. North River Press Croton-on-Hudson, NY. 1990.

GOLDRATT, Eliyahu. **Theory of Constraints Handbook**. McGraw-Hill. 2010.

GOLDRATT, E. M., COX, J. **The goal**: Excellence in manufacturing. North River Press. 1995.

GOLDRATT, E. M.; FOX, R. E. **The race**. North River Press Croton-on-Hudson, NY. 1986.

GOLDRATT, E.M.; COX, J. **A Meta**: um processo de melhoria continua. São Paulo: Nobel, 2002.

GOLDRATT, E. M.; FOX, R. E. **Corrida pela Vantagem Competitiva**. São Paulo: Educator Editora, 1989.

GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S.; ALMEIDA, A. T. de. **Tomada de Decisão Gerencial**: enfoque multicritério. São Paulo: Atlas, 2002.

GONÇALVES, A. A., ROCHA, S. A. S.; OLIVEIRA, M. J. F; LEITÃO, A. R. Gestão Estratégica de Serviços na Área de Saúde. **XII SIMPEP**, 2005

GONÇALVES, A.A.; SABBADINI, F.S.; OLIVEIRA, M.J.F de. Gerenciamento de restrições em hospital de câncer: um processo de melhoria contínua. **In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA**, 3., 2006.

GUELBERT, Marcelo. **Proposta para integração de ferramentas na produção em médias empresas**. 2008. Tese de Doutorado. UFSC. Florianópolis.

GUERRA, N. R. **Aplicação da Teoria das Restrições no Âmbito Hospitalar**. UNIVASF. 2011.

GUERREIRO, Reinaldo. **Os princípios da teoria das restrições sob a ótica da mensuração econômica**. Caderno de Estudos, São Paulo, nº 13, jan/jun.1996.

GUPTA, M.; KALINE. Managing a community mental health agency: A theory of constraints based framework. **Total Quality Management & Business Excellence** 19, (3): 281-94. 2008.

GRÜNBERG, Thomas. **A method to support performance improvement in industrial operations**. 2007. Tese de Doutorado. Suécia. Estocolmo.

HALOUANI, N.; CHABCHOUB, H. Martel, J. PROMETHEE-MD-2T method for project selection. **European Journal of Operational Research**, 2007.

HOOT, N.R.; LEBLANC, L.J.; JONES, I.; LEVIN, S.R.; et al. Forecasting Emergency Department Crowding: A Discrete Event Simulation. **American College of Emergency Physicians**. 116-125, 2008.

HUSEREAU, D.; BOUCHER, M.; NOORANI, H. Priority setting for health technology assessment at CADTH. **Int J Technol Assess Health Care**. 26:341–7, 2010.

JAIN, Raj. **The Art of Computer Systems Performance Analysis**. John Wiley & Sons. New York. 1991.

JATI, Handaru. Study on Performance Appraisal Method of Vocational Education Teachers using PROMETHEE II. **Proceedings of ICVET**. 2011.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- KOLB, E. M. W.; SCHOENING S.; PECK J.; LEE T. Reducing Emergency Department Overcrowding – Five Patient Buffer Concepts in Comparison. **IEEE**, 2008.
- KOTLER, Philip; ARMSTRONG, Gary. Princípios de Marketing. 7. Ed. Rio de Janeiro: Prentice-Hall, 1998.
- KWAK, N. K.; LEE, C.W. Business process reengineering for health-care system using multicriteria mathematical programming. **European Journal of Operational Research**, 140 (2), pp. 447-458, 2002.
- LACERDA, D. P.; RODRIGUES, L. H. Compreensão, Aprendizagem e Ação: A abordagem do Processo de Pensamento da Teoria das Restrições. In: **SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA**, 4, 2007, Resende. Anais do IV SEGET. Resende: AEDB, 2007.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Metodologia científica**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2005.
- LAUDON, K; LAUDON, J. **Sistemas de Informação Gerenciais**. 9 edição – São Paulo. Pearson Prentice Hall. 2011.
- LEAL, Fabiano. **Um diagnóstico do processo de atendimento a clientes em uma agência bancária através de Mapeamento de processos e simulação computacional**. 2003. Dissertação Mestrado em Engenharia de Produção, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Itajubá, MG, UNIFE.
- LEE, C. W.; KWAK, N. K. Strategic enterprise resource planning in a health-care system using a multicriteria decision-making model. **Journal of Medical Systems** Volume 35, Issue 2, Pages 265-275, 2011.
- LIBERATORE, M.J.; NYDICK, R.L. **The analytic hierarchy process in medical and health care decision making**: A literature review. **European Journal of Operational Research**, 189 (1), pp. 194-207, 2008.

LING, A. P. A.; SALUDIN, M N.; MUKAIDONO, M. Deriving consensus rankings via multicriteria decision making methodology. **Business Strategy Series**. Volume 13, Issue 1, Pages 3-12, 2012.

LIU, Yuan. **Studies on Designing Distributed and Cooperative Systems for Solving Constraint Satisfaction Problems of Container Loading**. 2008. Tese de Doutorado. Kyoto University. Kyoto, Japão.

LIENERT, J.; KOLLER, M.; KONRAD, J.; MCARDELL, C. S.; SCHUWIRTH, N. Multiple-criteria decision analysis reveals high stakeholder preference to remove pharmaceuticals from hospital wastewater. **Environmental Science and Technology** Volume 45, Issue 9, Pages 3848-3857, 2011.

LIN, C.; KAO, C.; HUANG, C. Managing Emergency Department Overcrowding via ambulance diversion: a discrete event simulation model. **Journal of the Formosan Medical Association**. 1-8, 2012.

LINHARES, Alexandre. Theory of constraints and the combinatorial complexity of the product-mix decision. **International Journal of Production Economics**. 121-129, 2009.

LIU, Yuan. **Studies on Designing Distributed and Cooperative Systems for Solving Constraint Satisfaction Problems of Container Loading**. Kyoto University. 2008.

LUBK, E. **O Planejamento Tributário de Clínicas Médicas através da Equiparação Hospitalar**: Um Estudo de Caso na Clínica Oncológica Ltda. Florianópolis. 2008.

LUEBBE, R.; FINCH, B. Theory of constraints and linear programming: A comparison. **International Journal of Production Research**. Vol. 30, nº 6, pp 1471-1478. 1992.

MABIN V. J.; BALDERSTONE, S.J., **The world of the theory of constraints: a review of international literature**. The St. Lucie Press/APICS Series on Constraints Management. Boca Raton, FL: St Lucie Press. 2000.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MABIN, V.J.; BALDERSTONE, S. J. The performance of theory of constraints methodology: analysis and discussion of successful TOC applications. **International Journal of Operations and Production Management**. 23(6):568-94. 2003.

MCLAUGHLIN, D. B.; HAYS, J. M. **Healthcare Operations Management**. AUPHA Press. 2008.

MARCHESE, L. Q. OPT - **Optimized Production Tecnology** - Gestão a partir de Gargalos. 22 de maio de 2010 Disponível em: <
<http://www.administradores.com.br/informe-se/artigos/opt-optimized-production-tecnology-gestao-a-partir-de-gargalos/45113/>>. Acesso em: 11 nov. 2011.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2009.

MARESCHAL, Bertrand. **THE PROMETHEE-GAIA FAQ**. Disponível em <
<http://www.promethee-gaia.net/faq-pro/index.php?>> Acesso em 9 fev 2012.

MAZZOCATO, P.; HOLDEN, R.; BROMMELS, M.; ARONSSON, H.; BACKMAN, U.; ELG, M.; THOR, J. How does lean work in emergency care? A case study of lean-inspired intervention at the Astrid Lindgren Children's hospital, Stockholm, Sweden. **BMC Health Services Research**. 12:28, 2012.

MEDEIROS, I. F. Estudo dos Impactos do Mapeamento de Processos em uma Plataforma de Produção de Petróleo e Gás. **VII Congresso Nacional de Excelência em Gestão**, 2011.

MELLO, A. E. N. S. **Aplicação do Mapeamento de Processos e da Simulação no Desenvolvimento de Projetos de Processos Produtivos**. 2008. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Itajubá. Itajubá.

MINGERS J.; BROCKLESBY J. Multimethodology: towards a framework for critical pluralism. **Systemist**. 18(3):101-32, 1996.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MIREILLE, M.G.; WAGNER, M.; KHOURY, H.; LEVITT, R.; ERICKSON, L.J.; RINDRESS, D. Evidence and Value: Impact on Decision-Making – the EVIDEM framework and potential applications. **BMC Health Services Research**. 8:270, 2008.

MIOT, H. A. Tamanho da amostra em estudos clínicos e experimentais. **J Vasc Bras**. Vol 10, nº4, pp 275-278, 2011.

MISHRA, N.; TIWARI, M.K.; SHANKAR, R.; CHAN, F.T.S. Hybrid tabu-simulated annealing based approach to solve multi-constraint product mix decision problem. **Expert Systems with Applications**. 29 (2), 446-454, 2005.

MITTON, C.R.; DONALDSON, C. Setting priorities and allocating resources in health regions: lessons from a project evaluating program budgeting and marginal analysis (PBMA). **Health Policy**. 64:335–48, 2003.

MORAES, F. G.; SILVA, G. F.; REZENDE, T. A. **Introdução à Teoria das Filas**. 2011. Disponível em <<http://www.sbm.org.br/docs/coloquios/CO-2.06.pdf>> . Acesso em 19/11/2012 às 09:55.

MORAIS, D. C. **Modelagem Multicritério em Grupo para Planejamento Estratégico do Controle de Perdas no Abastecimento de Água**. 2006. Tese de Doutorado. UFPE. Recife.

MOREIRA, D. A. **Administração da Produção e Operações**. São Paulo. Cengage Learning. 2008.

MOREIRA, D. A. **Pesquisa Operacional** – Curso Introdutório. 2. ed. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

MOREIRA, M, P. **Priorização dos Modos de Falha de Equipamentos Utilizando os Métodos de Análise Multicritério PROMETHEE e Fuzzy PROMETHEE**. 2009. Dissertação de Mestrado. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

MOURA JÚNIOR, A. N. C. **Novas Tecnologias e Sistemas de Administração da Produção: Análise do Grau de Integração e Informatização nas Empresas Catarinenses**. 1996. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Departamento de

Pós-graduação em Engenharia De Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

MUSSEN, F.; SALEK, S.; WALKER, S. A quantitative approach to benefit-risk assessment of medicines, part 1: the development of a new model using multi-criteria decision analysis. **Pharmaco Epidemiol Drug Saf.** 16:S2–15, 2007.

MUSSEN, F.; SALEK, S.; WALKER, S. **Development and Application of a Benefit-Risk Assessment Model Based on Multi-Criteria Decision Analysis.** Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd., 2009.

NG D.; VAIL, G, THOMAS, S.; SCHMIDT, N. Applying the Lean principles of the Toyota Production System to reduce wait times in the emergency department. **CJEM**;12:50–7, 2010.

NOGUEIRA F.; GERRY, C. Decisões nas organizações hospitalares: (Des)encontros entre teorias, conceitos, processos e práticas. **XVII Jornadas Hispano-Lusas de Gestão Científica**, Logroño, Universidade de La Rioja, Espanha. 2007.

NUTT, D.J.; KING, L.A.; PHILLIPS, L.D. Drug harms in the UK: a multicriteria decision analysis. **Lancet.** 376:1558–65, 2010.

ODDOYE, J.P.; YAGHOobi, M.A.; TAMIZ, M.; JONES, D.F.; SCHMIDT, P. A multi-objective model to determine efficient resource levels in a medical assessment unit. **J. Oper. Res. Soc.**, 57 (10), pp. 1173-1179, 2006.

OLIVEIRA, C. R. M. de.; BELDERRIAN, M. C. N.; ALVES, J. M. **Um modelo estruturado de planejamento e controle da produção em um sistema hospitalar.** In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 24, 2004, Florianópolis. ABEPRO, 2004.

OLIVEIRA, J. N., DUARTE F. M., SILVA O. G., SILVA W. L. V., CÂNDIDO G. A. A engenharia de métodos como ferramenta para a inovação: um estudo exploratório no setor da carcinicultura. **XII SIMPEP**, 2005.

PALOMINO, R. C. **Tecnologia da Produção Otimizada e Teoria das Restrições**. Disponível em:

<<http://www.univasf.edu.br/~cprod/disciplinas/PROD0048/Aula%2004/TOC.pdf>>.

Acesso em: 19 abr. 2012.

PANNELL, D. J. Sensitivity analysis of normative economic models: theoretical framework and practical strategies. **Agricultural Economics**, Vol. 16, p 139-152, 1997.

PATRICK, J.; PUTERMAN, M.L. Improving resource utilization for diagnostic services through flexible inpatient scheduling: A method for improving resource utilization. **Journal of the Operational Research Society**. Vol. 58, pp. 235-245, 2007.

PAUL, J.A.; LIN L. Models for improving patient throughput and waiting at hospital emergency departments. **The journal of Emergency Medicine**; 2012, 1-8.

PEACOCK, S.J.; RICHARDSON, J.R.; CARTER, R.; EDWARDS, D. Priority setting in health care using multi-attribute utility theory and programme budgeting and marginal analysis (PBMA). **Soc Sci Med**, 64:897–910, 2007.

PEREIRA, A.G.; MUDA, G.; PARUCCINI, M. Generating alternatives for siting retail and service facility using genetic algorithms and multiple criteria decision techniques. **Journal of Retailing and Consumer Services**, v1, n. 2, p. 40-47, 1994.

PEREZ, J. L. TOC for world class global supply chain management, **Computers and Industrial Engineering**. Vol. 33, pp. 289–293, 1997.

PETRY, C. H. **Auditoria Operacional na Atividade Hospitalar**. Disponível em <www.sinbrasil.com.br> Acesso em 20 de setembro de 2012.

PINHO, A. F.; LEAL, F.; MONTEVECHI, J. A. B.; ALMEIDA, D. A. Combinação entre as técnicas de fluxograma e mapa de processo no mapeamento de um processo produtivo. **ENEGEP**, 2007.

PINTO, A.G.; DUARTE, A.L. de C. de M.; SAMPAIO, M. A Teoria das Restrições Aplicada em Empresa de Serviços: um estudo de caso. In: **ENCONTRO NACIONAL**

DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 24, 2004, Anais. Florianópolis: ABEPRO, 2004.

PRADO, D. **Usando o ARENA em simulação**. 3ª edição, 2008.

RAMPAZZO, Lino. **Metodologia Científica**. 3. ed. São Paulo: Loyola, 2005.

RAY, A.; SARKAR, B.; SANYAL, S. The TOC-Based Algorithm for Solving Multiple Constraints Resources. **IEEE Transactions on Engineering Management**. Vol. 57, N°2, 2010.

RAY, A.; SARKAR, B.; SANYAL, S. An integrated theory of constraints. **IEEE**, pp 25-29, 2007.

RAY, A.; SARKAR, B.; SANYAL, S. An improved theory of constraints. **Int. J. Accounting Inform. Management**. vol 16, n°2, pp. 155-165, 2008a.

RAY, A.; SARKAR, B.; SANYAL, S. Optimizing the product mix: An eclectic decision. **International J. Manuf. Sci. Prod**, vol 9, n°. 3-4, pp. 183-191, 2008b.

RODRIGUES, W. C. **Metodologia Científica**. Disponível em: <http://professor.ucg.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/3922/material/Willian%20Costa%20Rodrigues_metodologia_cientifica.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2011.

ROMANI, H. M.; SPERANDIO, J. A.; SPERANDIO, J. L.; DINIZ, M. N.; INÁCIO, M. A. M. Uma visão assistencial da urgência e emergência no sistema de saúde. **Revista Bioética**. 17 (1): 41 – 53, 2009.

RONEN, B.; PLISKIN, J. S.; PASS, S. **Focused Operations Management for Health Services Organizations**. Jossey-Bass. 2006.

ROY, B. **Mulcriteria Methodology for Decision Aiding**. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 1996.

RUTA, D.; MITTON, C.; BATE, A.; DONALDSON, C. Programme budgeting and marginal analysis: bridging the divide between doctors and managers. **BMJ** 330:1501–3, 2005.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SABADDINI, F. S.; GONÇALVES, A. A.; OLIVEIRA, M. J. F de. A Aplicação da Teoria das Restrições (TOC) e da simulação na Gestão da Capacidade de Atendimento em Hospital de Emergência. **Revista Produção Online**, Florianópolis, v.6, n.3, p.51-70, set./dez, 2006a.

SABADDINI, F. S.; GONÇALVES, A. A.; OLIVEIRA, M. J. F de. Gerenciamento de Restrições na Identificação e Solução de Problemas em Emergência Hospitalar: Uma Abordagem Orientada ao Paciente. **In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, 13, 2006, Bauru. Anais. Bauru: UNESP, 2006b.

SADAT, Somayeh. **Theory of Constraints for Publicly Funded Health Systems**. 2009. Tese de Doutorado. University of Toronto.

SANTOS, A. M., MAÇADA, A. C. G. Métodos de Gestão da Produção Aplicados à Área de Serviços Hospitalares. **ENEGEP**, 1996.

SCHRAGENHEIM, E.; DETTMER, H. W. **Simplified Drum-Buffer-Rope A Whole System Approach to High Velocity Manufacturing**. <<http://www.goalsys.com/books/documents/S-DBRPaper.pdf>> Acesso 20 jan 2012.

SILVA, D. S. **Aplicação de Modelo Multicritério para Priorização de Alternativas em um Hospital de Petrolina – PE**. UNIVASF, Juazeiro, 2012.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. Laboratório de Ensino à Distância da UFSC. Florianópolis, 2001.

Silva, V. B. S. **Modelo Multicritério de Decisão em Grupo para Recuperação da Bacia do Rio Jaboatão em Pernambuco**. 2008. Dissertação de Mestrado. UFPE. Recife.

Silva, V. P. **Protocolo de Manchester**. Disponível em <<http://aenfermagem.com.br/materia/protocolo-de-manchester/>> Acessado em 11 de Out. 2013 às 09:50.

SLACK, N.; JOHNSTON, R.; CHAMBERS, S. **Administração da Produção**, Atlas. 2002.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SOARES, I. H. de L. *et al.* A Teoria das Restrições em um processo de fabricação da indústria na construção civil: um estudo de caso. **Revista de Administração da UFSM**, Santa Maria, v. 2, n. 3, p.463-478, set./dez, 2009.

SOARES, J. J. **Pesquisa Científica.** Disponível em: <www.jjsoares.com/media/.../Pesquisa%20_Científica_novo.doc>. Acesso em: 03 de junho de 2011.

SOUREN, R.; AHN, H.; SCHMITZ, C. Optimal product mix decisions based on the theory of constraints? Exposing rarely emphasized premises of throughput accounting. **International Journal of Production Research**. Pages 361-374, 2005.

SOUZA, A. A. C. de. **Aplicação da Metodologia Tambor-Pulmão-Corda (Tpc) com Supermercado na Gestão de Manufatura de Eletrodos de Grafite das Unidades de Candeias, e Monterrey da Graftech International.** 2006. Dissertação (Mestrado) - Curso de Administração, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

SOUZA, F.B de. Do OPT à Teoria das Restrições: avanços e mitos. **Revista Produção**, v.15, n.2, p.184-197, mai./ago. 2005.

SPECTOR, Y. Theory of constraint methodology where the constraint is the business model. **International Journal of Production Research**. Vol. 49, pp. 3387-3394, 2011.

SPRIVULIS, P. **Preventing Hospital Overcrowding.** 2005. Available on: <http://www.commonwealthfund.org/Spotlights/2005/Preventing-Hospital-Overcrowding.aspx> . Acessado em: 06 set. 2012.

SPRIVULIS, P. C.; SILVA, J.Á.; JACOBS, I. G.; FRAZER, A.R.L.; JELINEK G.A. The association between hospital overcrowding and mortality among patients admitted via Western Australian emergency departments. **Med J.** 184:208-12, 2006.

STEIN, R.E. **Re-Engineering the Manufacturing System:** Applying the Theory of Constraints. Marcel Dekker: New York, 2003.

_____ **Theory of constraints.** < <http://www.leanproduction.com/theory-of-constraints.html>>. Acesso em: 17 jan. 2012.

TEICHGRÄBER, U. K. M. B. Applying value stream mapping techniques to eliminate non-value-added waste for procurement of endovascular stents. **European Journal of Radiology**. E47-e52, 2012.

THOKALA, P.; DUENAS, A. Multiple Criteria Decision Analysis for Health Technology Assessment. **Value in Health**. 15: 1172-1181, 2012.

TIGRINHO, João. **Engenharia de Métodos: métodos, tempos, modelos, posto de trabalho**. Faculdade Educacional de Araucária. 2009.

TORRES, F. G. **Investigação sobre a aplicação da Teoria das Restrições (TOC) em uma empresa de confecção**. 2009. 104 f. Dissertação (Mestrado profissional), Curso de Sistemas de Gestão, Universidade Federal Fluminense, Niterói.

TRAVASSOS, C.; MARTINS, M. Uma revisão sobre os conceitos de acesso e utilização de serviços de saúde. **Cad. Saúde Pública**. 2:S190-S198, 2004.

UMBLE, M.; UMBLE, E. J. 2006. Utilizing buffer management to improve performance in a healthcare environment. **European Journal of Operational Research** 174, (2), 1060-75, 2006.

URLI, B.; BEAUNDRY, D. A multicriteria approach for ressource allocation in health. [Une approche multicritere d'allocation des ressources financieres dans le domaine de la sante]. **RAIRO Recherche Operationnelle**. Volume 29, Issue 4, Pages 373-389, 1995.

VAHIDNIA, M. H. ; ALESHEIKH, A. A. ; ALIMOHAMMADI, A. Hospital site selection using fuzzy AHP and its derivatives. **Journal of Environmental Management**. Volume 90, Issue 10, Pages 3048-3056, 2009.

VERSELY, R. **Cost Conscious**. Healthcare Business News. 2009

VINCKE, P. **Multicriteria decision-aid**. Wiley, Bruxelles, 1992.

WATSON, K. J.; BLACKSTONE, J. H.; GARDINER, S. C. The evolution of a management philosophy: The theory of constraints. **Journal of Operations Management**. Volume 25, Issue 2, Pages 387-402, 2007.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

WEISS, S. J.; DERLET, R.; ARNDAHL, J.; ERNAT, A. A; RICHARDS, J; FERNÁNDEZ-FRACKELTON, M, et al. Estimating the degree of emergency department overcrowding in Academic Medical Center: results of the National ED Overcrowding Study (NEDOCS). **Acad Emerg Med**. 11:38-50, 2004.

WU, F.; JIA, T.; LIU, S.L.; QI, J.Y. The analysis of service station allocation in the hospital based on bottleneck model. **International Journal of Services, Technology and Management**. Vol. 12, Pages 231-251, 2009.

ZANCHET, T.; SAURIN, T. A.; MISSEL, E. C. Aplicação do Mapeamento do Fluxo de Valor em um Centro de Material e Esterilização de um Complexo Hospitalar. In: **VII SEPROSUL – Semana de Engenharia de Produção Sul-Americana**, UDELAR, Salto – Uruguai, 2007.

ZENG, Z.; MA, X.; HU, Y.; LI, J.; BRYANT, D. et al. A Simulation Study to Improve Quality of Care in the Emergency Department of Community Hospital. **Journal of Emergency Nursing**. Vol 38, pp 322-328, 2012.

ZHANG, Hong-bo. On Integrated Production Model Based on TOC. **IEEE**. Pp. 784-787, 2010.

ZOBOLI, E. L. C. P. **Ética e administração hospitalar**. 1ª Edição, São Paulo, Editora do Centro Universitário São Camilo, 2002.

Apêndice A

Folha de Observações

Estudo: Cronoanálise do Hospital Público de Petrolina

Setor: Emergência e Urgência

Nome do Processo: _____

Função do Operador: _____

Nome do Cronometrista: _____

Data e horário: _____

Elementos	Início da Operação (min)	Término da Operação (min)

Média dos Tempos de Processamento: _____