

ARTUR HENRIQUE MOELLMANN

**MODELO ENXUTO DE GERENCIAMENTO MULTIPROJETOS BASEADO NA
CORRENTE CRÍTICA**

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Mecânica na área de Gestão e Otimização.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Augusto Silva Marins

Guaratinguetá
2013

M693m Moellmann, Artur Henrique
Modelo enxuto de gerenciamento multiprojetos baseado na corrente crítica / Artur Henrique Moellmann - Guaratinguetá : [s.n.], 2013.
153 f. : il.
Bibliografia: f. 143-149

Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2013.
Orientador: Prof. Dr. Fernando Augusto Silva Marins

1. Administração de projetos 2. Método de Monte Carlo I. Título

CDU 658.001.63(043)

ARTUR HENRIQUE MOELLMANN

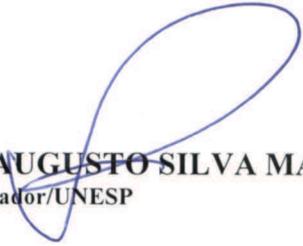
ESTA TESE FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
“DOUTOR EM ENGENHARIA MECÂNICA”

PROGRAMA: ENGENHARIA MECÂNICA
ÁREA: GESTÃO E OTIMIZAÇÃO

APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO

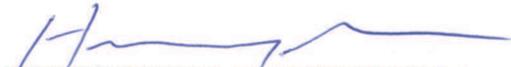

Prof. Dr. Edson Cocchieri Botelho
Coordenador

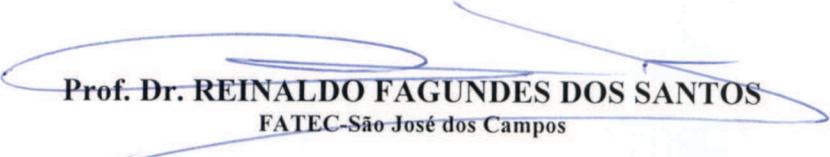
BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. FERNANDO AUGUSTO SILVA MARINS
Orientador/UNESP


Prof. Dr. JORGE MUNIZ JUNIOR
UNESP-FEG


Prof. Dr. OTÁVIO JOSÉ DE OLIVEIRA
UNESP-FEG


Prof. Dr. HENRIQUE MARTINS ROCHA
UERJ


Prof. Dr. REINALDO FAGUNDES DOS SANTOS
FATEC-São José dos Campos

Dezembro de 2013

DADOS CURRICULARES

ARTUR HENRIQUE MOELLMANN

NASCIMENTO	07.05.1969 – SÃO PAULO / SP
FILIAÇÃO	Henrique José Flores Moellmann Augusta Tereza Tavernari Flores Moellmann
1988/1992	Curso de Graduação em Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista.
1999/2001	Curso de Pós-Graduação Lato Sensu MBA em Gestão Empresarial, Escola de Pós-Graduação em Economia da Fundação Getúlio Vargas.
2005/2008	Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, nível de Mestrado, Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista.
2009/2013	Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, nível de Doutorado, Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista.

à minha mulher, Valéria, e aos meu filhos, Bruno e Victor.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço ao meu orientador, *Prof. Dr. Fernando Augusto Silva Marins*, a quem devo não somente pelas valiosas referências em termos de conhecimento, maturidade e paciência, virtudes estas que requerem experiência e serenidade, mas também por estar sempre pronto a me nortear em meus desafios profissionais e pessoais. O *Prof. Marins* foi mais que um mentor, ensinando-me a contornar as dificuldades quando as barreiras pareciam intransponíveis. A sua visão, experiência e sabedoria contribuíram fortemente para o meu amadurecimento acadêmico, profissional e pessoal. É uma honra e grande responsabilidade poder representá-lo em suas recomendações.

ao *Prof. Dr. Fernando Bernardi de Souza*, da *UNESP-FEB*, que sempre me propiciou encontrar novos caminhos para dissipação de minhas dúvidas, por meio não somente do seu conhecimento, mas também do seu valioso *networking*.

ao grande amigo, *Prof. Dr. Alonso Mazini Soler*, sócio-diretor da *J2DA Consulting*, pelo privilégio de ter sido seu aluno e por compartilhar comigo seu valioso acervo sobre Corrente Crítica, e igualmente, por me apresentar aos conceituados profissionais em Teoria das Restrições aqui no Brasil, fato este que diferenciou os rumos dos meus trabalhos profissionais e acadêmicos.

ao estimado *Prof. Dr. Humberto Rosseti Baptista*, sócio-diretor da *Goldratt Consulting*, reconhecido perpetuador do legado de *Ely Goldratt*, e que por recomendação dos *Professores Bernardi* e *Alonso* me recebeu para orientação e aconselhamento, propiciando também o acesso ao seu inestimável conhecimento, e por ter compartilhado comigo parte do seu acervo voltado para simulação de projetos.

agradeço, também, aos meus amigos, *Antônio Vasco Nunes Brasil*, da *EMBRAER* e da *PH-Brasil* consultoria, e *Azhaury Carneiro da Cunha Filho*, diretor da *Mectron – Odebrecht Defesa e Tecnologia*, que me instigaram ao desafio de estudar e experimentar a transformação dos processos empresariais por meio da visão holística da Corrente Crítica.

“A maneira de construir um sistema complexo que funcione é construí-lo a partir de sistemas muito simples que funcionam.”

Kevin Kelly

MOELLMANN, A. H. **Modelo enxuto de gerenciamento multiprojetos baseado na corrente crítica**. 2013. 155 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2013.

RESUMO

O presente trabalho tem como propósito apresentar uma proposta de modelo para gerenciamento em ambientes com múltiplos projetos simultâneos, baseado no método da Corrente Crítica, demonstrando também como seus princípios podem ser complementados junto às premissas do Sistema Enxuto de Desenvolvimento de Produto, tanto no planejamento quanto na gestão de um portfólio de projetos. Isto pode ocorrer por meio da priorização e do sequenciamento entre os projetos na fase de planejamento do portfólio, aplicando-se o nivelamento pela capacidade dos recursos restritivos e estratégicos de uma organização, a fim de minimizar a sobrecarga sobre os recursos do sistema, e complementando, ainda, com a redução dos desperdícios e das variabilidades durante os processos de desenvolvimento. Em adição a isto, é estruturada a proposta de um modelo, delineando-se os estágios desde o planejamento do portfólio até a fase de gestão e controle do sistema, propiciando a discussão de cenários e a exposição das delimitações de aplicação. Na sequência, o trabalho emprega a Simulação de Monte Carlo, a fim de demonstrar quantitativamente os resultados da solução da Corrente Crítica em termos de desempenho de prazos de uma carteira hipotética de projetos, indicando prováveis resultados similares à realidade dos ambientes multiprojetos. Por último, são elencadas possíveis perspectivas de contribuições, sugerindo, ainda, futuras pesquisas do tema agregado a outros modelos de gestão.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão de portfólio de projetos. Gerenciamento multiprojetos. Corrente Crítica. Desenvolvimento Enxuto. Simulação de Monte Carlo.

MOELLMANN. A.H. **Lean model of multiproject management based on critical chain.** 2013. 155 f. Thesis (Doctorate in Mechanical Engineering) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2013.

ABSTRACT

This work aims to present a proposed model of management in environments with multiple simultaneous projects based on Critical Chain method, also demonstrating how its principles can be complemented with the assumptions of the Lean Product Development System, both the planning and management of a project portfolio. This can occur by prioritizing and sequencing the projects in the planning phase of the portfolio, applying the leveling according to the capacity of the constrained and strategic resources of an organization in order to minimize the overload on the system's resources and, moreover, reducing waste and variability during the development processes. In addition to this, is structured proposal for a model, scaling the stages from portfolio planning until management and system control phase, providing a discussion of scenarios and exposing the delimitations of the application. Following, this research uses the Monte Carlo Simulation in order to quantitatively demonstrate the results of the Critical Chain solution in terms of schedule performance of a hypothetical portfolio of projects, indicating possible results similar to the reality of multiproject environments. Finally, there are possible prospects contributions, suggesting future research theme added to other management models.

KEYWORDS: Project portfolio management. Multiproject management. Critical Chain. Lean Development. Monte Carlo Simulation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Influências organizacionais nos projetos	28
Figura 2 – Destaque dos aspectos relacionados à estratégia da pesquisa	32
Figura 3 – Etapas da pesquisa.....	34
Figura 4 – Parâmetros de pesquisa do “ <i>ScienceDirect Top 25</i> ”	37
Figura 5 – Parâmetros de pesquisa da base de dados <i>Scopus</i> (Grupo Elsevier)	41
Figura 6 – Distribuição das referências bibliográficas por categoria	42
Figura 7 – Distribuição das referências bibliográficas por ano de publicação	42
Figura 8 – Distribuição das referências bibliográficas por quantidades de citações	43
Figura 9 – Distribuição das referências bibliográficas pelo grau de índice SJR	43
Figura 10 – Distribuição das referências bibliográficas pelo grau de índice SNIP	44
Figura 11 – O método de programação Tambor-Pulmão-Corda (TPC)	52
Figura 12 – Analogia da tropa: o gargalo e a flutuação de eventos dependentes	54
Figura 13 – O TPC e a analogia da tropa: como evitar a dispersão	54
Figura 14 – Representação da importância do “G-I-DO” para a Contabilidade de Ganhos ..	55
Figura 15 – Exemplo de Árvore da Realidade Atual (ARA)	57
Figura 16 – Exemplo de Diagrama de Resolução de Conflitos	58
Figura 17 – Exemplo de Árvore da Realidade Futura (ARF)	59
Figura 18 – Exemplo de Árvore de Pré-Requisitos (APR)	60
Figura 19 – Exemplo de Árvore de Transição (AT)	61
Figura 20 – Estimativas de duração em regime de distribuição simétrica de probabilidades	63
Figura 21 – Incorporando segurança nas estimativas de duração para distribuições de probabilidades simétricas	64
Figura 22 – Representação da distribuição de probabilidades assimétrica para ambientes onde predominam incertezas das estimativas	65
Figura 23 – Representação da relação entre a distribuição de probabilidades assimétrica e a curva de probabilidade acumulada para ambientes onde predominam incertezas das estimativas	66
Figura 24 – O impacto da multitarefa na duração das atividades	68
Figura 25 – Eventos dependentes e aleatórios concomitantes nos processos.....	69
Figura 26 – Distribuição de esforço segundo a Síndrome do Estudante	71
Figura 27 – Distribuição de probabilidades segundo a Lei de Parkinson	73
Figura 28 – Natureza dos aspectos comportamentais durante o processo de planejamento dos projetos.....	74

Figura 29 – Ambiente hipotético com múltiplos projetos	76
Figura 30 – Tarefas e recursos atribuídos	76
Figura 31 – Dependência entre as tarefas	77
Figura 32 – Fim do projeto representado pelo círculo preto após a tarefa cinza	77
Figura 33 – O Tambor identificado dentre os vários projetos de um portfólio	78
Figura 34 – Empurrar as atividades para “o mais tarde possível” e nivelar a carga dos recursos	79
Figura 35 – Identificar as Correntes Críticas de cada projeto	80
Figura 36 – Destaque para as Correntes Críticas de cada projeto	81
Figura 37 – Ajuste das Correntes Críticas para “tempos secos” e inserção dos Pulmões de Projeto	82
Figura 38 – Ajuste da cadeia de atividades que “alimentam” as Correntes Críticas de cada projeto para “tempos secos” e inserção dos Pulmões de Alimentação (ou Convergência)	85
Figura 39 – Destaque para as Correntes Críticas e os Pulmões de Projetos e de Alimentação	86
Figura 40 – Inserção dos Pulmões do Tambor	87
Figura 41 – Sequenciamento entre os projetos por meio do nivelamento do Tambor e inserção dos Pulmões de Capacidade	88
Figura 42 – Fluxo resumido de aplicação da Corrente Crítica	91
Figura 43 – Distribuição triangular de duração de uma atividade	111
Figura 44 – Tarefas e recursos atribuídos	113
Figura 45 – Dependência entre as tarefas	114
Figura 46 – Fim do projeto representado pelo círculo preto após a tarefa cinza	114
Figura 47 – Eixo da ordenada representando a disposição de projetos	115
Figura 48 – Eixo da abscissa representando o número de dias	115
Figura 49 – Simulação real da execução pelo recurso.....	116
Figura 50 – Multitarefa	116
Figura 51 – Opções de <i>setup</i> oferecidas pelo simulador	118
Figura 52 – Gráfico de desempenho do projeto	119
Figura 53 – Gráfico de desempenho da atividade	120
Figura 54 – <i>Baseline</i> para simulação da primeira fase de uma carteira hipotética com múltiplos projetos	121
Figura 55 – <i>Setup</i> de parâmetros do <i>software</i> PmSim Version 2.03 para simulação da primeira fase de uma carteira hipotética com múltiplos projetos	122

Figura 56 – Resultado da última execução da simulação da primeira fase de uma carteira hipotética com múltiplos projetos	123
Figura 57 – Gráficos com o sumário dos resultados de completamento da simulação da primeira fase (consolidados e por projeto)	124
Figura 58 – Gráficos com o sumário dos resultados de duração da simulação da primeira fase (consolidados e por projeto)	125
Figura 59 – Gráfico dos resultados <i>status</i> da atividade A18 do Projeto 1 simulado na primeira fase	126
Figura 60 – <i>Baseline</i> para simulação da segunda fase de uma carteira hipotética com múltiplos projetos	127
Figura 61 – Cenário do portfólio após aplicação dos princípios da Corrente Crítica em nível monoprojeto	128
Figura 62 – Cenário do portfólio após aplicação dos princípios da Corrente Crítica em nível multiprojetos	129
Figura 63 – Resultado da última execução da simulação da segunda fase de uma carteira hipotética com múltiplos projetos	130
Figura 64 – Gráficos com o sumário dos resultados de completamento da simulação da segunda fase (consolidados e por projeto)	131
Figura 65 – Gráficos com o sumário dos resultados de duração da simulação da segunda fase (consolidados e por projeto)	132
Figura 66 – Gráfico dos resultados <i>status</i> da atividade A18 do Projeto 1 simulado na segunda fase	133
Figura 67 – Atividades planejadas do Tambor protegidas pelos Pulmões	135

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Distribuição do perfil das organizações participantes	21
Quadro 2 – Aspecto cultura organizacional	22
Quadro 3 – Aspecto estrutura organizacional.....	23
Quadro 4 – Aspecto gestão de portfólio de projetos	24
Quadro 5 – Aspecto processos e metodologia	25
Quadro 6 – Aspecto ferramentas de suporte a projetos	26
Quadro 7 – Aspecto desempenho e resultados	27
Quadro 8 – Extrato do “ <i>ScienceDirect Top 25</i> ”	35
Quadro 9 – Ferramentas dos processos de raciocínio da TOC e suas aplicações	61
Quadro 10 – Fatores do modelo para direcionamento do macro-planejamento do portfólio	104
Quadro 11 – Planejamento do portfólio de projetos em nível estratégico	105
Quadro 12 – Planejamento monoprojeto considerando as abordagens da CC e do SEDP ..	106
Quadro 13 – Operacionalização do sistema CC-SEDP de gerenciamento multiprojetos proposto	108

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Histórico de publicações em gerenciamento de projetos nas principais revistas e publicações de Gestão e Negócios, com base em oito disciplinas afins.....	40
Tabela 2 – Resultados da simulação da primeira fase	134
Tabela 3 – Resultados da simulação da segunda fase	134

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALAP	- <i>As Late as Possible</i>
AOM	- <i>Academy of Management</i>
APR	- Árvore de Pré-Requisitos
ARA	- Árvore da Realidade Atual
ARF	- Árvore da Realidade Futura
AT	- Árvore de Transição
CC	- Corrente Crítica
CMMI	- <i>Capability Maturity Model Integration</i> (Modelo Integrado de Capacitação e Maturidade)
CPM	- <i>Critical Path Method</i> (método do Caminho Crítico)
DFLSS	- <i>Design for Lean Six Sigma</i>
DO	- Despesas Operacionais
DP	- Desenvolvimento de Produto
EC/CONTRA CT/LEGAL	- <i>Engineering and Construction / Contracts / Legal Aspects / Expert Witness</i> (Engenharia e Construção / Contratos / Aspectos legais / Perícia)
EVA	- <i>Earned Value Analysis</i> (Análise de Valor Agregado)
FT40	- " <i>top 40</i> " <i>business education journals and magazines produced by Financial Times</i> (lista das " <i>top 40</i> " revistas de cunho acadêmico e aplicado, voltadas para educação na área de gestão e negócios produzida pelo <i>Financial Times</i>)
G	- Ganho
GP	- Gerenciamento de Projetos
I	- Inventário
IEEE	- <i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
INFORMS	- <i>Institute for Operations Research and the Management Sciences</i>
IPJM	- <i>International Journal of Project Management</i>
IT/IS	- <i>Information Technology / Information Systems</i> (Tecnologia da Informação / Sistemas de Informação)
OB/HR	- <i>Organizational Behavior / Human Resources Management</i> (Comportamento Organizacional / Gestão de Recursos Humanos)
OPM3	- <i>Organizational Project Management Maturity Model</i> (Modelo de Maturidade de Gerenciamento Organizacional de Projetos)
OR/DS/OM/S CM	- <i>Operations Research / Decision Sciences / Operation Management / Supply Chain Management</i> (Pesquisa Operacional / Ciências da Decisão / Gestão de Operações / Gestão da Cadeia de Suprimentos)
P1	- Projeto 1
P2	- Projeto 2
P3	- Projeto 3
PA	- Pulmão de Alimentação
PC	- Pulmão de Capacidade
PERFORMAN	- <i>Performance Management / Earned Value Management / Project</i>

CE/EVM	<i>Finance and Accounting</i> (Gestão de Desempenho / Gerenciamento de Valor Agregado / Finanças e Contabilidade de Projetos)
PERT	- <i>Program Evaluation and Review Technique</i>
PKM	- <i>Project Knowledge Management</i> (Gestão do Conhecimento em Projetos)
PMBOK	- <i>Project Management Body of Knowledge</i>
PMI	- <i>Project Management Institute</i>
PP	- Pulmão do Projeto
PRM	- <i>Project Risk Management</i> (Gerenciamento de Riscos em Projetos)
PT	- Pulmão do Tambor
QM/6SIGMA/ PI	- <i>Quality Management/Six Sigma/Process Improvement</i> (Gestão da Qualidade / Six Sigma / Melhoria de Processos)
RRC	- Recurso Restritivo de Capacidade
SEDP	- Sistema Enxuto de Desenvolvimento de Produto
SJR	- <i>Sclmago Journal Rank</i>
SNIP	- <i>Source-Normalized Impact per Paper</i> (Impacto por Documento com Normalização de Fontes)
STP	- Sistema Toyota de Produção
STRATEGY/P PM	- <i>Strategy / Integration / Portfolio Management / Value of Project Management / Marketing</i> (Estratégia / Integração / Gestão de Portfólio / Valor do Gerenciamento de Projetos / Marketing)
TECH/INNOV /NPD/R&D	- <i>Technology Applications / Innovation / New Product Development / Research and Development</i> (Aplicações de Tecnologia / Inovação / Desenvolvimento de Novos Produtos / Pesquisa e Desenvolvimento)
TOC	- <i>Theory of Constraints</i> (Teoria das Restrições)
TPC	- Tambor-Pulmão-Corda
VSM	- <i>Value Stream Mapping</i> (Mapeamento do Fluxo de Valor)
WIP	- <i>Work in process</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

t_E	duração esperada
t_M	duração mais provável
t_O	duração otimista
t_P	duração pessimista

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA E QUESTÕES DA PESQUISA ..	19
1.2	OBJETIVOS, JUSTIFICATIVA E DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	30
1.3	ASPECTOS METODOLÓGICOS	32
1.4	REVISÃO DA LITERATURA E ASPECTOS BIBLIOMÉTRICOS DA PESQUISA	35
1.5	ESTRUTURA DA TESE	44
2	DESENVOLVIMENTO TEÓRICO	46
2.1	A ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO EM AMBIENTES MULTIPROJETOS	46
2.2	TEORIA DAS RESTRIÇÕES	47
2.2.1	Fundamentos da Teoria das Restrições	47
2.2.2	O conceito de Restrição	48
2.2.3	O Processo de Focalização em 5 Etapas	49
2.2.4	O método de programação Tambor-Pulmão-Corda	50
2.2.5	Os indicadores operacionais de Ganho, Inventário e Despesas Operacionais	55
2.2.6	Os Processos de Raciocínio da TOC	56
2.2.7	Considerações sobre a TOC	62
2.3	O MÉTODO DA CORRENTE CRÍTICA	62
2.3.1	Criando segurança em excesso	63
2.3.2	Desperdiçando a segurança	66
2.3.3	A solução da Corrente Crítica	75
2.3.4	A ética da efetividade	90
2.3.5	Síntese da solução da Corrente Crítica	90
2.4	O SISTEMA ENXUTO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO	92
2.4.1	A visão do SEDP sobre <i>muda</i> (desperdício), <i>muri</i> (sobrecarga) e <i>mura</i> (irregularidade)	94
2.4.2	Princípios e estratégias do SEDP para tratativa dos desperdícios, sobrecargas e irregularidades	97
2.4.3	O mapeamento do fluxo de valor no SEDP	99
3	PROPOSTA DO MODELO DE GERENCIAMENTO MULTIPROJETOS BASEADO NA CC-SEDP	102
3.1	CONCLUSÕES SOBRE O MODELO PROPOSTO	109

4	SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO EM AMBIENTE MULTIPROJETOS	111
4.1	A UTILIZAÇÃO DO MÉTODO DE MONTE CARLO NA ANÁLISE QUANTITATIVA DE PRAZOS DE CRONOGRAMAS.....	111
4.2	SIMULAÇÃO DO MODELO PROPOSTO SEGUNDO O ALGORITMO DA CORRENTE CRÍTICA	112
4.3	APRESENTAÇÃO DO SOFTWARE PMSIM VERSION 2.03	113
4.4	PRIMEIRA FASE: SIMULAÇÃO CONVENCIONAL DE UM CENÁRIO HIPOTÉTICO UTILIZANDO O SOFTWARE PMSIM VERSION 2.03	121
4.5	SEGUNDA FASE: SIMULAÇÃO SEGUNDO A CORRENTE CRÍTICA UTILIZANDO O SOFTWARE PMSIM VERSION 2.03	127
4.6	ANÁLISE COMPARATIVA DOS RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES DE MONTE CARLO	133
5	ASPECTOS COMPLEMENTARES, CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES	137
5.1	ASPECTOS COMPLEMENTARES ENTRE A CC E O SEDP PARA O GERENCIAMENTO MULTIPROJETOS	137
5.2	CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES	139
5.3	SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS OU CONTINUIDADE ACERCA DO TEMA	142
	REFERÊNCIAS	143
	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	150

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA E QUESTÕES DA PESQUISA

Com a contínua evolução e melhoramento dos processos de gerenciamento de projetos desenvolvidos nos últimos anos, são perceptíveis os benefícios obtidos em resultados e eficácia das organizações. Isto tem ocorrido, fundamentalmente, devido à integração dos envolvidos na rede de desenvolvimento, especialmente quando comparados com o desempenho dos departamentos ou áreas funcionais agindo isoladamente, mais precisamente no atendimento aos requisitos de escopo, qualidade, prazos e custos dos projetos (BEAUME; MANIAK; MIDLER, 2009).

Todavia, apesar de toda a evolução e aperfeiçoamento verificados, em se tratando de ambientes onde vários projetos são desenvolvidos simultaneamente, verifica-se na prática que uma parcela das organizações ainda apresentam algumas dificuldades que comprometem os resultados (EAST; LIU, 2006). E dentre as várias deficiências que precisam ser mitigadas nesta organizações podem ser citadas:

- Orçamento original e prazos previstos são geralmente excedidos (EAST; LIU, 2006; TANG; LEUNG; LAM, 2006; GOLDRATT, 1998);
- Requisitos como escopo e conformidade não são cumpridos a contento (JUNG; KANG, 2007);
- Visualização precária da relação entre os projetos e as necessidades estratégicas da empresa (OSHRI; NEWELL, 2005; NOBEOKA; CUSUMANO, 1995);
- Ausência de consenso e métodos para priorização, tratamento de conflitos e gerenciamento de recursos estratégicos entre os projetos inseridos no portfólio da corporação (EAST; LIU, 2006; TANG; LEUNG; LAM, 2006; OSHRI; NEWELL, 2005; GOLDRATT, 1998).

E para corroborar estes aspectos, considerando o cenário apresentado pelo “Estudo de *Benchmarking* em Gerenciamento de Projetos Brasil 2010”, elaborado pelo “*Project Management Institute – Chapters Brasileiros*” (PMSURVEY.ORG, 2010), há evidências de que a boa parte das empresas que se propuseram a colaborar com o referido estudo (460 organizações empresariais ao todo) ainda estão desenvolvendo a maturidade necessária para um bom padrão de desempenho do gerenciamento de projetos sob vários aspectos, dentre eles

a gestão multiprojetos. Os Quadros a seguir, obtidos do referido estudo, fornecem os subsídios para esse diagnóstico.

Em primeiro, o Quadro 1 representa a primeira parte do estudo, tendo por objetivo traçar o perfil das organizações participantes no que diz respeito a aspectos como porte da organização, porte de projetos, setores da economia, dentre outros. Uma análise desses dados demonstra que aproximadamente 40% destas empresas são de grande porte e faturamento, 40% estão distribuídas nos setores de Tecnologia da Informação, Automobilístico e Indústria, e 50% investem em projetos com grandes aportes de capital.

Quadro 1 – Distribuição do perfil das organizações participantes

Perfil das Organizações Participantes (aspectos como setores da economia, porte da organização por faturamento e número de funcionários, e porte dos projetos)			
Item Avaliado	n° 3	Distribuição por Setor da Economia:	
		Tecnologia da Informação	18%
		Automobilístico	12%
		Indústria	11%
		Consultoria	9%
		Outros	9%
		Serviços	8%
		Engenharia e EPC	7%
		Telecomunicações	4%
		Governo - Administração Direta	4%
		Petróleo, Petroquímica e Gás	4%
		Governo - Administração Indireta	4%
		Alimentos e Bens de Consumo	3%
		Serviços Financeiros	2%
		Educação	2%
		Terceiro Setor	1%
		Seguros	1%
		Mineração	1%
		Siderurgia	1%
		Total	100%
	n° 4	Distribuição por Faturamento Anual:	
		Acima de R\$ 1 Bilhão	29%
		Entre R\$ 500 Milhões e R\$ 1 Bilhão	11%
		Entre R\$ 100 Milhões e R\$ 500 milhões	14%
		Entre R\$ 10 Milhões e R\$ 100 Milhões	21%
		Abaixo de 10 Milhões	25%
		Total	100%
	n° 5	Distribuição por Quantidade de Funcionários:	
		Acima de 5.000 funcionários	29%
		Entre 1.000 e 5.000 funcionários	19%
		Entre 500 e 1.000 funcionários	8%
		Entre 100 e 500 funcionários	18%
		Abaixo de 100 funcionários	26%
		Total	100%
	n° 6	Distribuição por Orçamento Médio dos Projetos:	
		Acima de R\$ 10 Milhões	31%
		Entre R\$ 1 Milhão e 10 Milhões	24%
		Entre R\$ 100 Mil e R\$ 1 Milhão	32%
		Abaixo de R\$ 100 Mil	13%
		Total	100%

Fonte: (PMSURVEY.ORG, 2010).

O Quadro 2 representa o quanto estas organizações consultadas estão preparadas para utilizar as práticas de gerenciamento de projetos. Verifica-se, pelas informações apresentadas, que em aproximadamente 60% destas empresas a cultura para a prática do gerenciamento de projetos é limitada ou parcial.

Quadro 2 – Aspecto cultura organizacional

Aspecto Cultura Organizacional (informações sobre a cultura das Organizações em gerenciamento de projetos, a fim de entender o quanto estas estão culturalmente preparadas para desenvolver seus profissionais e suas práticas em gerenciamento de projetos, e como este ambiente é capaz de suportar estas iniciativas)			
Item Avaliado	n° 8	Nível de Cultura em Gerenciamento de Projetos:	
		Não há cultura de gerenciamento de projetos na minha Organização.	2%
		Há uma cultura embrionária, limitada a alguns profissionais em algumas áreas/departamentos específicos.	30%
		Há uma cultura estabelecida, porém apenas em algumas áreas/departamentos específicos.	33%
		Há uma cultura estabelecida em toda a Organização, porém limitada aos níveis hierárquicos mais técnicos.	10%
		Há uma cultura estabelecida em toda a Organização, tanto nos níveis hierárquicos mais técnicos como nos níveis gerenciais e executivos.	25%
		Total	100%

Fonte: (PMSURVEY.ORG, 2010).

O Quadro 3 representa como estão configurados os organogramas das empresas participantes em relação ao organograma de gestão, seja estrutura matricial ou estrutura projetizada. Nota-se que aproximadamente 50% destas empresas trabalham com estrutura matricial (característica esta relevante para ser explorada no presente trabalho).

Quadro 3 – Aspecto estrutura organizacional

Aspecto Estrutura Organizacional (características das estruturas organizacionais existentes e análise de como as Organizações estão estruturadas para gerenciar seus projetos em busca do sucesso)			
Item Avaliado	n° 12	Distribuição quanto a Estrutura Organizacional:	
		Uma estrutura organizacional projetizada (orientada a projetos ou clientes).	22%
		Uma estrutura matricial forte (onde gerentes de projetos têm mais influência que os gerentes departamentais).	5%
		Uma estrutura matricial balanceada (onde gerentes de projetos têm influência semelhante aos gerentes departamentais).	42%
		Uma estrutura funcional ou departamentalizada (onde não há designação formal dos responsáveis por projetos).	30%
		Total	100%

Fonte: (PMSURVEY.ORG, 2010).

As principais características relacionadas a projetos em relação aos tipos de estruturas organizacionais, em que estas variam de funcionais a projetizadas, com diversas estruturas matriciais entre elas (fraca, balanceada e forte), será representada mais a frente nesta seção pela Figura 1.

O Quadro 4 demonstra o perfil de maturidade destas organizações em termos de gestão de portfólio (multiprojetos), em que verifica-se que boa parte das empresas pesquisadas apresentam lacunas em termos de alinhamento estratégico, projetos efetivamente cumpridos e práticas adequadas de gestão de portfólio.

Quadro 4 – Aspecto gestão de portfólio de projetos

Aspecto Gestão de Portfólio de Projetos (como as Organizações fazem a gestão do seu Portfólio de Projetos, no que diz respeito a práticas, processos, definição de responsabilidades e nível de maturidade)			
Item Avaliado	n° 20	Frequência com que os projetos estão clara e formalmente alinhados ao planejamento estratégico:	
		Além dos projetos que estão alinhados ao planejamento estratégico, também são desenvolvidos vários projetos nos quais não é possível perceber um alinhamento.	48%
		Todos os projetos que estão sendo desenvolvidos estão clara e formalmente alinhados a um planejamento estratégico e seus objetivos.	33%
		São desenvolvidos projetos sem a preocupação em alinhá-los clara e formalmente à estratégia da empresa. Os projetos surgem a partir das demandas específicas dos executivos.	19%
		Total	100%
	n° 24	Percentual de Projetos previstos no Portfólio e efetivamente executados:	
		100% dos projetos previstos no portfólio.	16%
		Entre 50% e 75% dos projetos previstos no portfólio.	57%
		Entre 25% e 50% dos projetos previstos no portfólio.	19%
		Menos de 25% dos projetos previstos no portfólio.	8%
		Total	100%
	n° 25	Práticas de Gestão de Portfólio Utilizadas:	
		Um repositório único de informações reúne todos os dados sobre os projetos para consulta.	49%
		As informações sobre os projetos são sumarizadas e disponibilizadas para os executivos em um painel de controle.	47,8%
		Os projetos são formalmente cancelados quando não fazem mais sentido para a estratégia da empresa, ou quando não trarão mais o retorno esperado.	40,6%
		O portfólio de projetos é permanentemente reavaliado em relação ao seu alinhamento com as estratégias da empresa.	32,5%
		O relacionamento e possíveis conflitos entre projetos são claramente identificados e documentados.	27,5%

Fonte: (PMSURVEY.ORG, 2010).

O Quadro 5 tem por objetivo evidenciar o perfil das organizações participantes no que diz respeito às práticas recomendadas para gerenciamento de projetos. Uma análise destes dados demonstra que, apesar de boa parte das empresas consultadas considerarem em seus processos as áreas de conhecimento do *Project Management Body of Knowledge* – PMBOK (PMI, 2004), aproximadamente apenas 30% destas organizações empregam a Análise de Valor Agregado (*Earned Value Analysis* – EVA), sendo que este instrumento caracteriza-se como uma das principais e mais tradicionais ferramentas quantitativas recomendadas para controle, tanto de avanço físico quanto avanço de custos de projetos. Por outro lado, evidencia-se também o nível significativo de conhecimento das empresas acerca dos modelos de maturidade em gerenciamento de projetos.

Quadro 5 – Aspecto processos e metodologia

Aspecto Processos e Metodologia (grau de adequação das Organizações às mais importantes práticas em Gerenciamento de Projetos, avaliando processos e metodologias existentes)			
Item Avaliado	n° 45	Aspectos considerados na Metodologia de Gerenciamento de Projetos:	
		Prazo.	98,4%
		Escopo.	96,5%
		Custo.	85,5%
		Comunicação.	67,6%
		Riscos.	67,3%
		Qualidade.	64,0%
		Recursos Humanos.	59,3%
		Integração.	56,3%
		Aquisições.	53,2%
	n° 47	Grau de Utilização de EVA (<i>Earned Value Management</i>):	
		Sim, e utilizamos plenamente.	12%
		Sim, mas não usamos efetivamente.	22%
		Não, mas pretendemos utilizar.	46%
		Não, e não pretendemos utilizar.	19%
	Total	100%	
	n° 51	Modelos de Maturidade em Gerenciamento de Projetos que são ou serão utilizados:	
		OPM3	64,7%
		CMMI	22,6%
		Prado e Archibald	17,9%
		Kezner	3,3%
		Outros	21,4%
		Nenhum	25,9%

Fonte: (PMSURVEY.ORG, 2010).

O Quadro 6 revela que, apesar de boa parte das organizações utilizarem softwares de gerenciamento de projetos, apenas 53% delas utilizam uma base única de dados interligada ao sistema pelo qual o aplicativo de software é utilizado (sendo esta característica uma das condições fundamentais para gestão multiprojetos). E o fato destas empresas possuírem bancos de dados comunalizados não significa que, necessariamente, o empregam para uma efetiva arquitetura de gerenciamento multiprojetos.

Quadro 6 – Aspecto ferramentas de suporte a projetos

Aspecto Ferramentas de Suporte a Projetos (quais tecnologias de suporte estão sendo utilizadas pelos profissionais em Gerenciamento de Projetos e Organizações, e em que extensão podem colaborar para os resultados)			
Item Avaliado	n° 53	Quanto a utilização de <i>Softwares</i> de Gerenciamento de Projetos:	
		Sim:	81%
		Não:	19%
		Total	
	n° 55	Quanto a Integração e Utilização de Base de Dados Única nos <i>Softwares</i> de Gerenciamento de Projetos:	
		Sim:	53%
		Não:	47%
		Total	

Fonte: (PMSURVEY.ORG, 2010).

Por último, o Quadro 7 elenca, de forma geral, as dificuldades destas organizações em relação ao desempenho em termos de prazos e custos dos seus projetos, além de outros.

Quadro 7 – Aspecto desempenho e resultados

Aspecto Desempenho e Resultados (desempenho e os resultados auferidos pelas Organizações no que tange ao Gerenciamento de Projetos, identificando os principais problemas, necessidades e fatores críticos de sucesso)			
Item Avaliado	n° 72	A Organização costuma ter problemas no cumprimento dos Prazos estabelecidos para os projetos:	
		Sim.	78%
		Não.	22%
		Total	100%
	n° 73	A Organização costuma ter problemas no cumprimento dos Custos estabelecidos para os projetos:	
		Sim.	61%
		Não.	39%
		Total	100%
	n° 75	Problemas que ocorrem com mais frequência nos projetos da Organização:	
		Não cumprimento dos prazos.	60,2%
		Mudanças de escopo constantes.	43,0%
		Escopo não definido adequadamente.	39,5%
		Não cumprimento do orçamento.	28,3%
		Recursos humanos insuficientes.	28,3%
		Concorrência entre o dia-a-dia e o projeto na utilização dos recursos.	27,6%
Mudanças de prioridade constantes ou falta de prioridade:		19,8%	
Estimativas incorretas ou sem fundamento.	15,6%		

Fonte: (PMSURVEY.ORG, 2010).

Em complemento ao panorama diagnosticado por este *survey* empreendido pelo PMI, segundo Rupani (2011), hoje em dia muitos produtos são desenvolvidos por empresas com vários projetos acontecendo em paralelo em uma série áreas ou unidades simultaneamente, cada uma produzindo um fluxo de novos produtos ao longo do tempo. Nesse contexto de desenvolvimento de produtos em organizações multiprojetos, surge então a questão sobre a uniformidade dos processos de desenvolvimento e gerenciamento entre cada uma das áreas envolvidas.

E se os projetos em toda a organização são realizados de maneiras muito díspares (executar conjunto de procedimentos muito diferentes, em ordens diferentes, utilizando

diferentes ferramentas, etc.) dizemos que a organização é caracterizada por um alto grau de variação e/ou diversidade do processo (RUPANI, 2011).

Junte-se a este cenário o fato de que muitas das organizações que atuam com gerenciamento de projetos trabalham segundo uma organização matricial, tornando a gestão ainda mais complexa, devido justamente à disputa de recursos administrados pelos gerentes funcionais, a fim de atender as demandas dos gerentes de vários projetos (DAVIDOVITCH; PARUSH; SHTUB, 2010) e/ou programas, havendo, então, a necessidade de compartilhar os recursos de forma mais eficaz, o que pode ser obtido por meio da padronização dos processos de desenvolvimento de produtos em ambientes multiprojetos (RUPANI, 2011).

E ainda se tratando de como a estrutura organizacional de uma corporação pode afetar a disponibilidade de recursos e influenciar a maneira como os projetos são conduzidos, a Figura 1, extraída do *Project Management Body of Knowledge – PMBOK*, versão 2004, publicada pelo PMI (PMI, 2004), mostra as principais características relacionadas a projetos em relação aos tipos de estruturas organizacionais, em que estas variam de funcionais a projetizadas, com diversas estruturas matriciais entre elas.

Figura 1 – Influências organizacionais nos projetos

Estrutura da organização Características do projeto	Funcional	Matricial			Por projeto
		Fraca	Balanceada	Forte	
Autoridade do gerente de projetos	Pouca ou nenhuma	Limitada	Baixa a moderada	Moderada a alta	Alta a quase total
Disponibilidade de recursos	Pouca ou nenhuma	Limitada	Baixa a moderada	Moderada a alta	Alta a quase total
Quem controla o orçamento do projeto	Gerente funcional	Gerente funcional	Misto	Gerente de projetos	Gerente de projetos
Função do gerente de projetos	Tempo parcial	Tempo parcial	Tempo integral	Tempo integral	Tempo integral
Equipe administrativa do gerenciamento de projetos	Tempo parcial	Tempo parcial	Tempo parcial	Tempo integral	Tempo integral

Fonte: (PMI, 2004).

De forma geral, conforme mostrado na Figura 1, apesar de uma organização matricial balanceada reconhecer a necessidade de um gerente de projetos, ela não fornece ao mesmo autoridade total, tanto sobre o projeto quanto sobre os recursos financeiros do projeto (PMI, 2004).

E apesar da estrutura matricial ser considerada um dos principais meios de organização do trabalho para manter um fluxo eficiente de recursos em ambientes multiprojetos, várias críticas, no entanto, descrevem uma tendência inerente para o conflito entre os gestores, o que limita substancialmente a sua eficácia, uma vez que os conflitos ocorrem não só entre os interesses divergentes entre os projetos e gerentes funcionais, mas também entre diferentes gestores de projetos em uma configuração multiprojetos (LASLO; GOLDBERG, 2008).

Em adição a isto, segundo East e Liu (2006), Jung e Kang (2007), Lee-Kelley e Sankey (2008) e Thomas e Fernández (2008), em ambientes multiprojetos verifica-se, de forma geral, uma lacuna de padronização dos métodos e processos empregados por diferentes organizações em termos de:

- Planejamento, programação e cronogramação;
- Processamento e precisão das informações;
- Elaboração de indicadores macros e detalhados de desempenho, afetando diretamente os processos de tomada de decisão e a eficácia gerencial.

Em relação a este último aspecto, em especial, o nível de acuracidade dos indicadores detalhados de progresso pode levar a uma interpretação equivocada acerca da real situação dos projetos. Ao mesmo tempo, a manutenção de um demasiado nível de detalhamento com exagerado controle das informações requer altos esforços de manutenção por parte da gestão (JUNG; KANG, 2007).

Este mesmo cenário é também apontado por East e Liu (2006), para quem os métodos existentes carecem de meios efetivos de modelagem, análise e otimização do uso de recursos para múltiplos projetos concorrentes.

Todos estes aspectos preconizam, então, que as companhias devam desenvolver um controle mais robusto sobre a sua estrutura e seus processos quando atuam sob uma organização matricial, de tal forma que permita um nível sistêmico de coordenação através dos múltiplos projetos em desenvolvimento (NOBEOKA; CUSUMANO, 1995).

Frente ao exposto, a presente pesquisa está voltada para o debate acerca da carência por parte das organizações em abordar o gerenciamento multiprojetos de forma sistêmica e quantitativa, a fim de propor uma solução para a melhoria dos resultados sobre os aspectos apresentados, especificamente em relação à gestão de seus portfólios de projetos.

Contudo, é importante frisar que apesar das dificuldades descritas nos parágrafos anteriores em termos de consolidação das práticas e processos em gerenciamento de projetos, as organizações têm procurado referências para desenvolver uma Gestão do Conhecimento

em Projetos (*Project Knowledge Management – PKM*), como forma de compensar a falta de rotina e memória organizacionais em ambientes de projetos, por meio do emprego de modelos de maturidade, dentre outros aspectos (LINDNER; WALD, 2011), conforme também evidenciado na avaliação do Item nº 51 do Quadro 5.

E complementando este cenário, em se tratando da área de Gerenciamento de Riscos em projetos (*project risk management – PRM*), uma visão mais ampla de contingências em programas e projetos deve ser tratada por meio de abordagens adequadas para diferentes ambientes (ARTTO; MARTINSUO; GEMÜNDEN; MURTOARO, 2009).

Sob este aspecto, Akintoye e MacLeod (1996) identificam algumas fontes de riscos de várias categorias (físicos, ambientais, *design*, logísticos, financeiros, jurídicos, políticos e operacionais), as quais podem influenciar o desempenho dos projetos em termos de tempo, custo e qualidade.

Raz e Michael (2001) também propõem um processo de PRM que consiste em:

1. Identificar os fatores de risco;
2. Avaliar as probabilidades de risco;
3. Desenvolver estratégias para mitigar riscos;
4. Monitorar fatores de risco;
5. Prever um plano de contingência;
6. Gerir e se recuperar da crise.

Todavia, de acordo com Raz e Michael (2001), nem sempre os gerentes de projetos estão dispostos a investir tempo e esforço nas fases anteriores ao gerenciamento de risco, mais precisamente no planejamento do projeto. E durante a execução do projeto há a probabilidade destes gerentes tornarem-se mais ocupados, ficando sujeitos à sobrecarga e pressões de tempo, com propensão a negligenciarem o processo de controle de riscos, cujas ferramentas acabam por serem usadas apenas esporadicamente (RAZ; MICHAEL, 2001), impossibilitando a mitigação de problemas, como por exemplo, o conflito de recursos.

1.2 OBJETIVOS, JUSTIFICATIVA E DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

O presente estudo tem como objetivo geral apresentar um modelo voltado ao gerenciamento em ambientes multiprojetos, com o propósito de melhorar o desempenho de prazos dos projetos de um portfólio, por meio de uma gestão adequada dos recursos em empresas de organização matricial.

Em adição a isto, dentre os objetivos específicos, pretende-se demonstrar, por meio de um modelo, o processo de gerenciamento multiprojetos baseado na lógica e no algoritmo da Corrente Crítica (CC), abordando, ainda, como alguns elementos do Sistema Enxuto de Desenvolvimento de Produto (SEDP) podem vir a agregar valor à arquitetura da CC, tanto no planejamento quanto na gestão de um portfólio de projetos, apresentando as convergências entre estes dois métodos.

E sob a ótica quantitativa, em seguida tem-se o propósito de demonstrar, por meio da Simulação de Monte Carlo, uma análise quantitativa de riscos em termos de prazos dos cronogramas de um portfólio. Este portfólio foi especialmente concebido para fins didáticos, com o intuito de proporcionar uma comparação de resultados entre um cenário de gestão convencional e outro com base nos preceitos da CC, a fim de caracterizar possíveis contribuições em função da perspectiva de resultados simulados.

Em segundo, dado o cenário, contexto e relevância do assunto apresentados na Seção 1.1, as justificativas e os fatores motivacionais para este estudo caracterizam-se pela proposição de uma abordagem alternativa face aos problemas verificados na atualidade (apesar de todo *know-how* existente), diferenciada, ainda, pela contribuição em relação ao enfoque da CC junto a alguns preceitos do SEDP, ambos sob uma perspectiva, no âmbito estratégico, voltada aos processos de gerenciamento de em ambientes com múltiplos projetos.

Por último, a delimitação desta pesquisa se direciona para organizações baseadas em organogramas matriciais, e que atuam em ambientes com múltiplos projetos concorrentes.

E a título meramente informativo, este trabalho foi fomentado a partir da experiência profissional do autor por meio da aplicação *in loco* da CC e do SEDP nos respectivos processos de gerenciamento multiprojetos de duas empresas: uma do setor militar e outra do setor aeronáutico.

No caso da CC, o próprio pesquisador foi orientado por consultorias especializadas na aplicação do método da Corrente Crítica, seguindo as etapas descritas nas bases teóricas das Seções 2.2 e 2.3 do presente trabalho.

Em relação ao SEDP, o autor foi preparado para a função de agente de melhoria contínua, treinado e capacitado para a aplicação dos métodos e das ferramentas do SEDP de forma estruturada e sistemática, seguindo as etapas descritas na Seção 2.4 do desenvolvimento teórico deste estudo.

E assim como outros empreendimentos voltados para a transformação dos processos de negócio dentro de uma organização, ambas as experiências foram patrocinadas pelos

executivos das referidas empresas, proporcionando, desta forma, o suporte e apoio necessários aos projetos implementados.

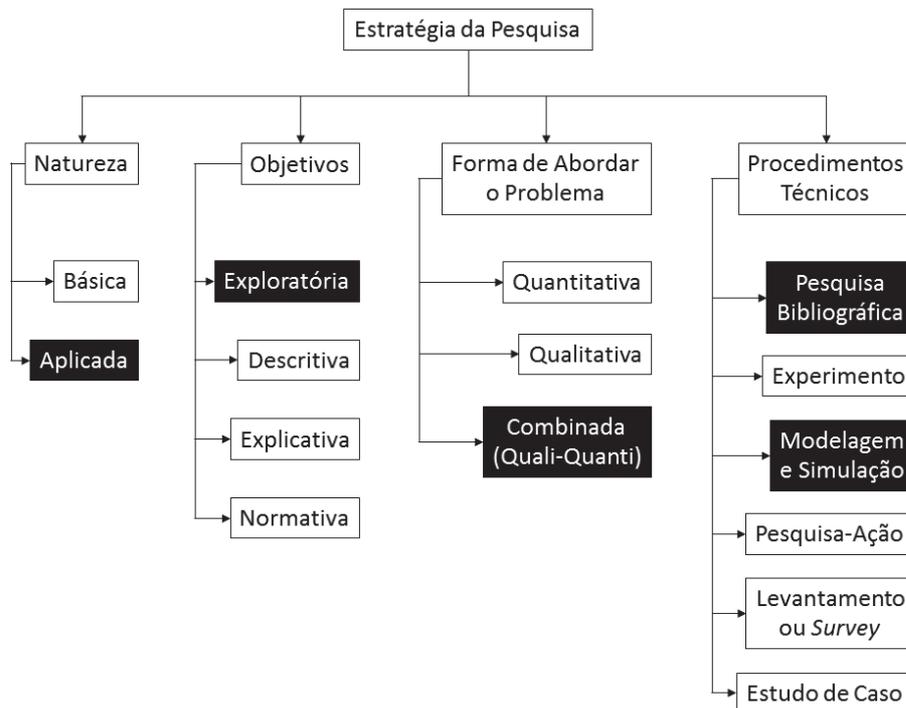
1.3 ASPECTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho foi idealizado a partir da necessidade em se evidenciar e discutir os aspectos do gerenciamento multiprojetos, principalmente no que tange ao planejamento e a gestão de recursos restritivos que são compartilhados simultaneamente por vários projetos.

E a fim de sustentar tal propósito, em se tratando da estratégia desta pesquisa, as inferências relacionadas ao método, classificação e técnicas de pesquisa, destacadas na Figura 2, foram direcionadas para oferecer uma combinação de contribuições prática e teórica, procurando atender aos seguintes desafios básicos:

- A justificativa pelas argumentações e pelo poder de questionamento, para entender o processo de geração de teoria e, ao mesmo tempo, prover condições de explicar os comportamentos na prática, através dos dados e fatos;
- Razões de natureza tanto por dados tanto qualitativos quanto quantitativos.

Figura 2 – Destaque dos aspectos relacionados à estratégia da pesquisa



Fonte: (adaptado de Mello, 2007).

Considerando então os aspectos relacionados à estratégia da pesquisa, dentre as abordagens metodológicas típicas na engenharia de produção, o presente trabalho se enquadra em uma pesquisa aplicada, com geração de conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos, devido à aproximação da teoria e dos fatos, através de análises fenomenológicas e da subjetividade e proximidade do pesquisador com o objeto de análise (SILVA; MENEZES, 2004; MELLO, 2007).

Caracteriza-se, também, ser uma pesquisa exploratória, baseada em levantamento bibliográfico, experiências práticas do autor com o problema pesquisado, e análise dos exemplos que estimulem a compreensão (SILVA; MENEZES, 2004; MELLO, 2007).

De forma complementar, este estudo também compreende a busca tanto por modelos de gestão quanto pela investigação dos problemas presentes, ambos em ambientes multiprojetos, o que, de acordo com Ensslin e Vianna (2009), pode ser considerada, em sua origem, como uma abordagem qualitativa, uma vez que o processo se baseia na análise de modelos mais ou menos adequados ao que se pretende investigar, não havendo, portanto, um modelo único para se construir conhecimentos confiáveis sobre o tema.

A pesquisa também é conduzida sob a abordagem quantitativa. Isto porque, segundo Martins (2010) a partir da teoria delineada, que com algum grau de precisão explica o problema estudado, são deduzidas as hipóteses, que são soluções provisórias para o problema de pesquisa. E para se testar as hipóteses, é preciso operacionalizar os conceitos contidos nelas em variáveis mensuráveis (MARTINS, 2010). Neste caso, optou-se pela simulação, cuja interpretação dos resultados das variáveis testadas fornecerá, então, uma base para corroborar ou modificar a base teórica desenvolvida (MARTINS, 2010).

Uma vez que a combinação das abordagens se faz necessária, esta pesquisa caracteriza-se então dentro do espectro quali-quantitativo. Em primeiro, porque a abordagem qualitativa auxilia no constructo da proposição do modelo desejado, dado que as variáveis relevantes da pesquisa são desconhecidas e/ou não existe modelo ou teoria para o desenvolvimento da pesquisa (MARTINS, 2010). Em segundo, porque a abordagem quantitativa deverá reforçar o propósito de se desenvolver um modelo mais sustentável, favorecendo a imparcialidade do pesquisador e dos possíveis envolvidos no processo, contrapondo paradigmas ou possíveis incongruências de base conceitual oriundas da fase qualitativa.

O presente estudo também é caracterizado como um trabalho teórico-conceitual, em que a revisão da literatura foi conduzida com o propósito de identificar e abranger uma gama de fenômenos ampla (TURRIONI; MELLO, 2009) sob a perspectiva da gestão multiprojetos (porém não menosprezando os aspectos voltados à gestão monoprojeto) em relação à Corrente

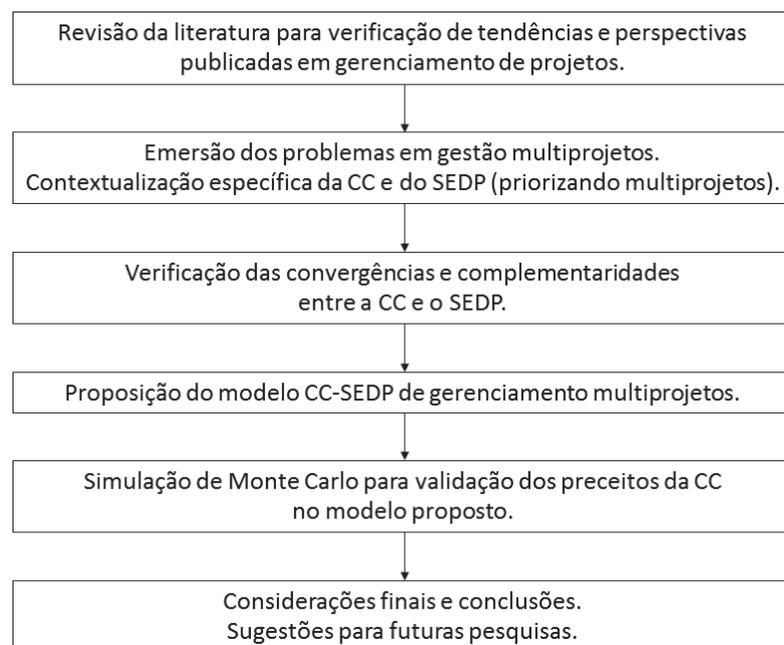
Crítica (CC) e ao Sistema Enxuto de Desenvolvimento de Produto (SEDP). Do mesmo modo, em consonância aos objetivos da pesquisa, a revisão da literatura destinou-se à emersão dos problemas existentes no gerenciamento multiprojetos (NOTA: no final desta seção há um tópico específico com detalhes adicionais relacionados à pesquisa bibliográfica e aos aspectos bibliométricos da pesquisa).

Em seguida foram verificadas as convergências e complementaridades entre estes dois sistemas, elencando-se um conjunto de propostas da CC, complementadas com a perspectiva do SEDP, ambos focalizados para o gerenciamento com múltiplos projetos, propondo-se, então, um modelo composto por um conjunto de métodos e mecanismos para a minimização dos problemas na gestão multiprojetos, cuja arquitetura baseia-se na lógica e na programação da CC, suplementada pelas convergências com o SEDP.

Por último, sob o espectro quantitativo, optou-se pela Simulação de Monte Carlo, a fim de validar os preceitos da Corrente Crítica apresentados no modelo, cujo propósito consistiu em promover uma análise quantitativa de riscos relacionados aos prazos em ambientes multiprojetos, simulando como variáveis a flutuação das estimativas, a multitarefa e os aspectos comportamentais dos recursos executores envolvidos (pessoas alocadas no projeto).

A Figura 3 destaca o fluxograma resumindo as etapas de pesquisa.

Figura 3 – Etapas da pesquisa



Fonte: (elaborada pelo próprio autor).

Enfim, espera-se também propiciar a identificação de perspectivas para pesquisas futuras, contribuindo para o desenvolvimento de novas teorias (TURRIONI; MELLO, 2009).

1.4 REVISÃO DA LITERATURA E ASPECTOS BIBLIOMÉTRICOS DA PESQUISA

Como ponto de partida, foram analisados os relatórios “*ScienceDirect Top 25*” da base Scopus. O “*Top 25*” é um serviço que fornece aos usuários as listas dos 25 artigos mais baixados a partir da base de dados da *ScienceDirect* para um período de três meses, com base em um periódico específico e/ou assunto, propiciando acompanhar as últimas tendências em determinada especialidade.

Especificamente para o caso desta pesquisa, optou-se pelo periódico *International Journal of Project Management* (IJPM), coletando-se todos os artigos mencionados nos relatórios “*ScienceDirect Top 25*” entre julho/2009 e out/2013, ranqueando-os por ordem decrescente de citações, cujo extrato apresenta-se no Quadro 8, e os parâmetros de pesquisa na Figura 4.

Quadro 8 – Extrato do “*ScienceDirect Top 25*”

Ranking por citações	Citações pela Scopus	<i>International Journal of Project Management:</i> Título do Artigo	Ano	Autor(es)	Tema: Portfólio, Multiprojetos, Corrente Crítica, <i>Lean</i>
1 ^a	259	Project management: cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, its time to accept other success criteria.	1999	Atkinson, Roger	
2 ^a	225	The "real" success factors on projects.	2002	Cooke-Davies, T.	Portfólio
3 ^a	132	Directions for future research in project management: The main findings of a UK government-funded research network.	2006	Winter, Mark; Smith, Charles; Morris, Peter; Cicmil, Svetlana	Portfólio
4 ^a	122	Risk analysis and management in construction.	1997	Akintoye, A.S.; MacLeod, M.J.	
5 ^a	124	The allocation of risk in PPP/PFI construction projects in the UK.	2005	Bing, L.; Akintoye, A.; Edwards, P.J.; Hardcastle, C.	
6 ^a	117	Current practice in project management – an empirical study.	2002	White, D.; Fortune, J.	
7 ^a	112	Evaluating the risks of public private partnerships for infrastructure projects.	2002	Grimsey, D.; Lewis, M.K.	
8 ^a	105	Causes of delay in large construction projects.	2006	Assaf, S.A.; Al-Hejji, S.	
9 ^a	104	The role of project management in achieving project success.	1996	Munns, AK; Bjeirmi, BF	

Ranking por citações (cont.)	Citações pela Scopus	<i>International Journal of Project Management:</i> Título do Artigo	Ano	Autor(es)	Tema: Portfólio, Multiprojetos, Corrente Crítica, <i>Lean</i>
10 ^a	102	Transforming project risk management into project uncertainty management.	2003	Ward, Stephen; Chapman, Chris	
11 ^a	91	Causes and effects of delays in Malaysian construction industry.	2007	Sambasivan, M.; Soon, Y.W.	
12 ^a	88	Management of risks, uncertainties and opportunities on projects: time for a fundamental shift.	2001	Jaafari, A.	
13 ^a	81	Factors influencing project success: the impact of human resource management.	2004	Belout, A.; Gauvreau, C.	
14 ^a	74	Understanding the key risks in construction projects in China.	2007	Zou, P.X.W.; Zhang, G.; Wang, J.	
15 ^a	64	Use and benefits of tools for project risk management.	2001	Raz, T.; Michael, E.	
16 ^a	63	Human resource management in the project-oriented company: A review.	2007	Huemann, M.; Keegan, A.; Turner, J.R.	Portfólio Multiprojetos
17 ^a	60	Fundamental uncertainties in projects and the scope of project management.	2006	Atkinson, Roger; Crawford, Lynn; Ward, Stephen	Multiprojetos
18 ^a	60	The skills and career path of an effective project manager.	2001	El-Sabaa, S.	
19 ^a	58	Matching the project manager's leadership style to project type.	2007	Müller, Ralf; Turner, J. Rodney	
20 ^a	33	Interpreting an ERP-implementation project from a stakeholder perspective.	2006	Boonstra, A.	
21 ^a	31	Leadership competency profiles of successful project managers.	2010	Müller, Ralf; Turner, Rodney	Portfólio
22 ^a	29	Integrating diverse knowledge through boundary spanning processes - The case of multidisciplinary project teams.	2009	Ratcheva, V.	
23 ^a	27	Prediction of project outcome. The application of statistical methods to earned value management and earned schedule performance indexes.	2009	Lipke, W.; Zwikael, O.; Henderson, K.; Anbari, F.	
24 ^a	24	Analyzing project management research: Perspectives from top management journals.	2009	Kwak, Y.H.; Anbari, F.T.	Portfólio
25 ^a	22	Success factors of knowledge management in temporary organizations	2011	Lindner, F.; Wald, A.	Portfólio
26 ^a	21	Project Management Strategy—project management represented as a process based set of management domains and the consequences for project management strategy.	2003	Anderson, David K.; Merna, Tony	Multiprojetos
40 ^a	14	Critical chain and risk analysis applied to high-risk industry maintenance: A case study.	2009	Bevilacqua, M.; Ciarapica, F.E.; Giacchetta, G.	Corrente Crítica
41 ^a	14	The effectiveness in managing a group of multiple projects: Factors of influence and measurement criteria.	2009	Patanakul, P.; Milosevic, D.	Multiprojetos

Fonte: (elaborada pelo próprio autor).

Figura 4 – Parâmetros de pesquisa do “ScienceDirect Top 25”

SciVerse ScienceDirect TOP25 Hottest Articles

select your interest

Business, Management and Accounting

International Journal of Project Management

browse top 25 archive

July to September 2009

Now you can keep track of the latest trends and developments in your speciality with ScienceDirect's Top 25 Hottest Articles. The Top 25 is a free service which provides lists of most read articles - counted by article downloads on ScienceDirect.

Top 25 Hottest Articles

Business, Management and Accounting > International Journal of Project Management

- 1. Project management: cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, its time to accept other success criteria**
International Journal of Project Management, Volume 17, Issue 6, December 1999, Pages 337-342
Atkinson, Roger
Cited by Scopus (259)
- 2. The "real" success factors on projects**
International Journal of Project Management, Volume 20, Issue 3, April 2002, Pages 185-190
Cooke-Davies, T.
Cited by Scopus (225)
- ...
- 24. Analyzing project management research: Perspectives from top management journals**
International Journal of Project Management, Volume 27, Issue 5, July 2009, Pages 435-446
Kwak, Y.H., Anbari, F.I.
Cited by Scopus (141)
- ...
- 40. Critical chain and risk analysis applied to high-risk industry maintenance: A case study**
International Journal of Project Management, Volume 27, Issue 4, May 2009, Pages 419-432
Bevilacqua, M., Ciarapica, F.E., Giacchetta, G.
Cited by Scopus (14)
- ...
- 75. Towards a conceptualisation of PMOs as agents and subjects of change and renewal**
International Journal of Project Management
Pellegrinelli, S., Garagna, L.
- 76. User and developer common knowledge: Effect on the success of information system development projects**
International Journal of Project Management
Tesch, D., Sobol, M.G., Klein, G., Jiang, J.J.

Fonte: (elaborada pelo próprio autor).

O foco primário se concentrou nos 26 artigos mais citados do IJPM. Porém, o tema “Corrente Crítica” é abordado apenas no artigo “*Critical chain and risk analysis applied to high-risk industry maintenance: a case study*” (BEVILACQUA; CIARAPICA; GIACCHETTA, 2009), publicado em 2009 e posicionado apenas na 40ª colocação com 14 citações. Já os temas “portfólio” e “multiprojetos” foram abordados (mas não exclusivamente) em 8 dos 26 primeiros artigos ranqueados, e também na 41ª colocação. O tema “lean” ou “Toyota” não foi tratado nem citado em nenhum dos artigos.

Além disso, o artigo “*Analyzing project management research: perspectives from top management journals*” (KWAK; ANBARI, 2009), publicado em 2009 e posicionado na 24ª colocação com 24 citações, foi adotado como importante referência, pois nele foram analisados cronologicamente e categorizados mais de 500 artigos das 18 principais revistas selecionadas nas áreas de gestão e negócios, publicados a partir de 1950 até o verão de 2007.

Aqui, ressalte-se que apesar da relevância de periódicos específicos dedicados à pesquisa em gerenciamento de projetos (como por exemplo, o próprio IJPM), no entanto, para estabelecer uma base sólida no campo da gestão, o artigo de Kwak e Ambari (2009)

considerou essencial rever os artigos de publicações que não são necessariamente dedicadas ao domínio do gerenciamento de projetos, mas sim, nas disciplinas de gestão e negócios (KWAK; ANBARI, 2009).

Os resultados deste estudo, originado da análise de publicações de diferentes domínios em diferentes periódicos, mostra a evolução do gerenciamento de projetos dentro de oito categorias:

1. *Operations Research / Decision Sciences / Operation Management / Supply Chain Management* (OR/DS/OM/SCM – Pesquisa Operacional / Ciências da Decisão / Gestão de Operações / Gestão da Cadeia de Suprimentos): refere-se à disciplina associada à análise de decisão quantitativa e princípios de gestão, incluindo várias ferramentas de otimização e técnicas, análise de redes, nivelamento de recursos, simulação, etc;
2. *Organizational Behavior / Human Resources Management* (OB/HR – Comportamento Organizacional / Gestão de Recursos Humanos): refere-se à disciplina associada à estrutura organizacional, dinâmica organizacional, motivação, liderança, gestão de conflitos, etc.;
3. *Information Technology / Information Systems* (IT/IS – Tecnologia da Informação / Sistemas de Informação): refere-se à disciplina associada com o uso de computadores e sistemas informatizados para processar, transmitir, armazenar e recuperar informações para melhores decisões de gestão;
4. *Technology Applications / Innovation / New Product Development / Research and Development* (TECH/INNOV/NPD/R&D – Aplicações de Tecnologia / Inovação / Desenvolvimento de Novos Produtos / Pesquisa e Desenvolvimento): refere-se à disciplina associada aos conceitos de realizar melhorias inovadoras e tecnológicas, e de investigação e desenvolvimento de produtos, serviços e processos inteiramente novos;
5. *Engineering and Construction / Contracts / Legal Aspects / Expert Witness* (EC/CONTRACT/LEGAL – Engenharia e Construção / Contratos / Aspectos legais / Perícia): refere-se à disciplina associada ao uso e aplicação de uma vasta gama de experiência profissional para resolver questões relacionadas com a engenharia e construção, contratos, perícia e suas implicações legais;
6. *Strategy / Integration / Portfolio Management / Value of Project Management / Marketing* (STRATEGY/PPM – Estratégia / Integração / Gestão de Portfólio / Valor do Gerenciamento de Projetos / Marketing): refere-se aos conceitos de organização

e gestão dos recursos para maximizar os lucros, minimizar custos, e apoiar a estratégia global da organização;

7. *Performance Management / Earned Value Management / Project Finance and Accounting* (PERFORMANCE/EVM – Gestão de Desempenho / Gerenciamento de Valor Agregado / Finanças e Contabilidade de Projetos): refere-se aos conceitos e técnicas que medem objetivamente o andamento do projeto, combinando medidas de desempenho técnico, desempenho do cronograma e desempenho de custo.
8. *Quality Management / Six Sigma / Process Improvement* (QM/6SIGMA/PI – Gestão da Qualidade / Six Sigma / Melhoria de Processos): refere-se aos conceitos de melhoria de processos, minimização de defeitos e redução de custos através da implementação de princípios de melhoria contínua e medidas e métricas específicas.

Em adição a isto, para a elegibilidade dos periódicos e publicações referenciados no levantamento supracitado, foi analisada a lista FT40 (lista das "top 40" revistas e publicações de cunho acadêmico e aplicado, voltadas para educação na área de gestão e negócios – *business education* – produzida pelo *Financial Times*). Da FT40 foram escolhidas 16 revistas com artigos de maior relevância em relação ao GP, além de adicionadas outras duas, totalizando 18 fontes baseadas nas principais publicações da comunidade de gerenciamento, incluindo o *Institute for Operations Research and the Management Sciences* (INFORMS), a *Academy of Management* (AOM), o *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE), além de outros.

A Tabela 1 sumariza os resultados do estudo, disponibilizando nas colunas o total de publicações por década, desde o período dos anos “1950-1959” até o período “2000-2007”, estratificados nas linhas pelas oito categorias abordadas anteriormente.

Tabela 1 - Histórico de publicações em gerenciamento de projetos nas principais revistas e publicações de Gestão e Negócios, com base em oito disciplinas afins

<i>Allied disciplines</i>	1950 a 1959	1960 a 1969	1970 a 1979	1980 a 1989	1990 a 1999	2000 a 2007	Total	%
OR/DS/OM/SCM	3	20	37	49	65	54	228	23%
OB/HRM	1	5	18	14	46	43	127	13%
IT/IS	2	2	7	22	35	37	105	11%
TECH/INNOV/NPD/R&D	0	1	12	13	39	46	111	11%
EC/CONTRACT/LEGAL	1	4	2	4	10	7	28	3%
STRATEGY/PPM	2	10	48	74	78	83	295	30%
PERFORMANCE/EVM	1	6	10	11	12	28	68	7%
QM/6SIGMA/PI	0	1	2	1	7	7	18	2%
Total	10	49	136	188	292	305	980	100%
<i>Percentage</i>	1%	5%	14%	19%	30%	31%	100	

Fonte: (KWAK; ANBARI, 2009).

A análise dos dados da Tabela 1 referencia que, do total de artigos pesquisados dentro da área de GP, 30% são dedicados a “Estratégia / Integração / Gestão de Portfólio / Valor do Gerenciamento de Projetos / *Marketing*” (STRATEGY/PPM), circunstância esta que vem ao encontro de um dos principais objetos da presente tese: a gestão de portfólio.

Ainda dentro da perspectiva metodológica em que este trabalho está inserido, toda a revisão da literatura considerou a relevância dos indicadores bibliométricos como forma de tentar auferir uma credibilidade das fontes referenciadas nesta pesquisa, procurando agregar valor por meio da consideração de medidas reconhecidas de desempenho dos periódicos e bibliografias consultados.

Isto posto, ponderou-se prioritariamente pela exploração da base de dados *Scopus* (Grupo Elsevier – www.scopus.com), em cujo acervo de periódicos foram incorporados a avaliação dos fatores de impacto SNIP (*Source-Normalized Impact per Paper*) e SJR (*SJR – Scimago Journal Rank*).

Todavia, é importante notificar que algumas das referências utilizadas neste trabalho não apresentam indicadores relevantes (número de citações), nem tanto obtiveram índices SNIP ou SJR nos periódicos em que estão publicadas. Contudo, fazem parte do acervo bibliográfico escolhido devido à relevância sob o ponto de vista da contribuição, tanto pelas ideias apresentadas quanto pela data recente de publicação e, portanto, ainda não consultadas e/ou citadas por um número significativo de pesquisadores.

Por último, para localização dos artigos nas bases de dados, foram pesquisados os campos *Title*, *Abstract* e *Key-Words*, inserindo-se os termos a seguir, seja de forma combinada ou isolada: “*project management*”, “*program management*”, “*portfolio management*”, “*multiproject / multi-project / multi project*”, “*theory of constraints*”, “*critical chain*”, “*critical chain project management*”, “*lean*”, “*lean development*”, “*lean product development*”, “*lean product development system*”, “*lean project management*”, “*Toyota product development system*”, “*simulation*”, “*Monte Carlo Simulation*”.

É importante ressaltar que não foram localizados artigos na base *Scopus* com a combinação “*critical chain*”+“*lean*”+“*multiproject*” ou “*critical chain*”+“*lean*”+ “*portfolio*”, conforme demonstrado na Figura 5.

Figura 5 – Parâmetros de pesquisa da base de dados *Scopus* (Grupo Elsevier)

The screenshot displays the Scopus search interface with the following search attempts and results:

- Search 1:** TITLE-ABS-KEY ("critical chain" AND lean AND multiproject) | Edit | Set alert | Set feed. Result: No results were found.
- Search 2:** TITLE-ABS-KEY ("critical chain" AND lean AND multi-project) | Edit | Set alert | Set feed. Result: No results were found.
- Search 3:** TITLE-ABS-KEY ("critical chain" AND lean AND "multi project") | Edit | Set alert | Set feed. Result: No results were found.
- Search 4:** TITLE-ABS-KEY ("critical chain" AND lean AND "multiple projects") | Edit | Set alert | Set feed. Result: No results were found.
- Search 5:** TITLE-ABS-KEY ("critical chain" AND lean AND "portfolio") | Edit | Set alert | Set feed. Result: No results were found.

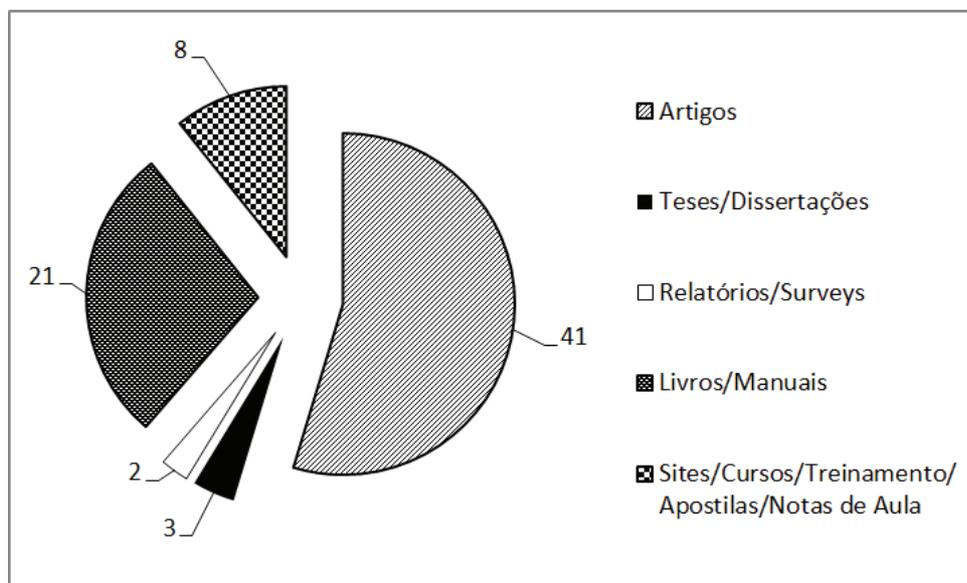
The footer of the page includes:

- About Scopus:** What is Scopus, Content coverage
- Language:** 日本語に切り替える
- Customer Service:** Contact and support, Live Chat
- About Elsevier:** Terms and Conditions, Privacy Policy
- Elsevier logo**
- Copyright:** © 2014 Elsevier B.V. All rights reserved. Scopus® is a registered trademark of Elsevier B.V. Cookies are set by this site. To decline them or learn more, visit our Cookies page.

Fonte: (elaborada pelo próprio autor).

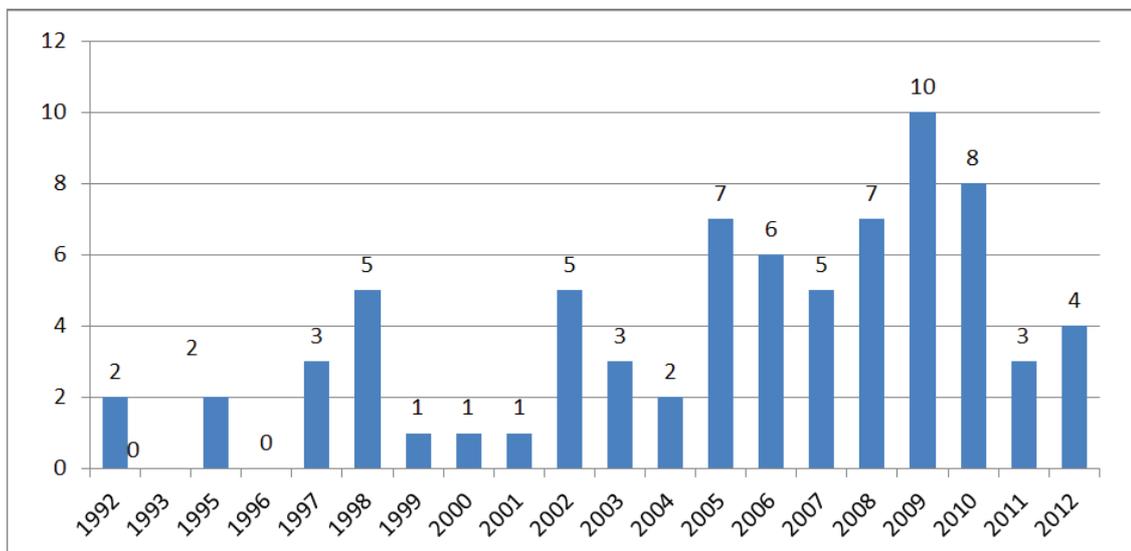
As Figuras 6 a 10 apresentam um extrato geral das referências bibliográficas coletadas (artigos, teses, livros, relatórios, *sites* e outros) e suas respectivas distribuições:

Figura 6 – Distribuição das referências bibliográficas por categoria



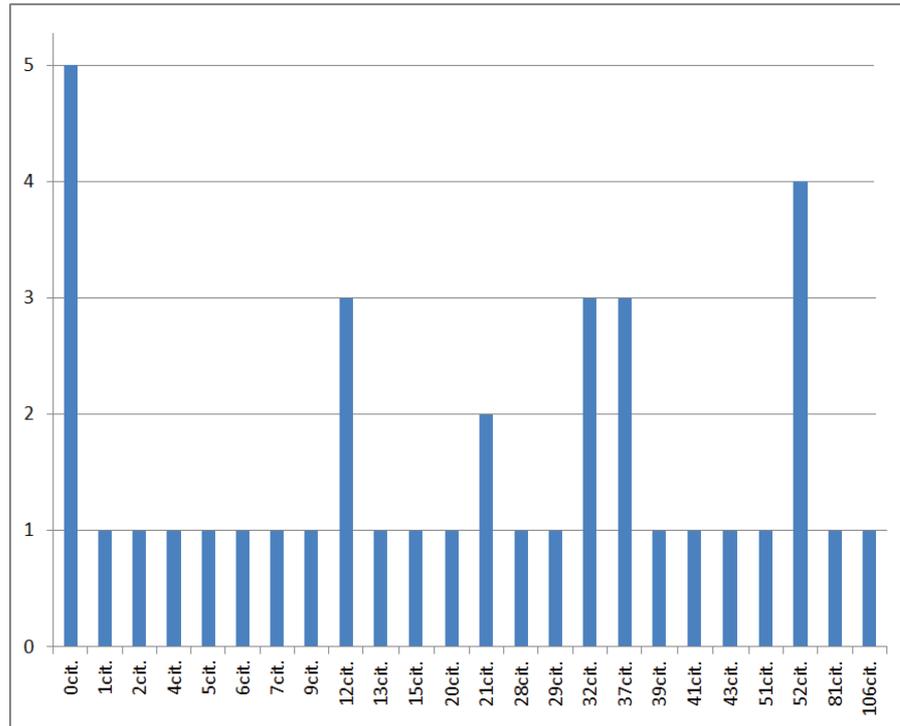
Fonte: (elaborada pelo próprio autor).

Figura 7 – Distribuição das referências bibliográficas por ano de publicação



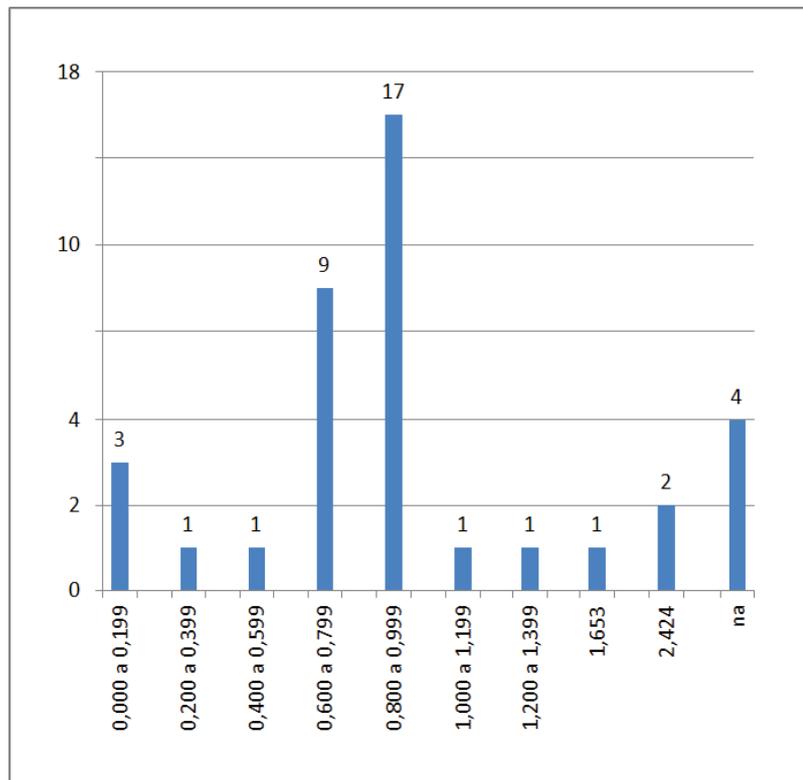
Fonte: (elaborada pelo próprio autor).

Figura 8 – Distribuição das referências bibliográficas por quantidades de citações



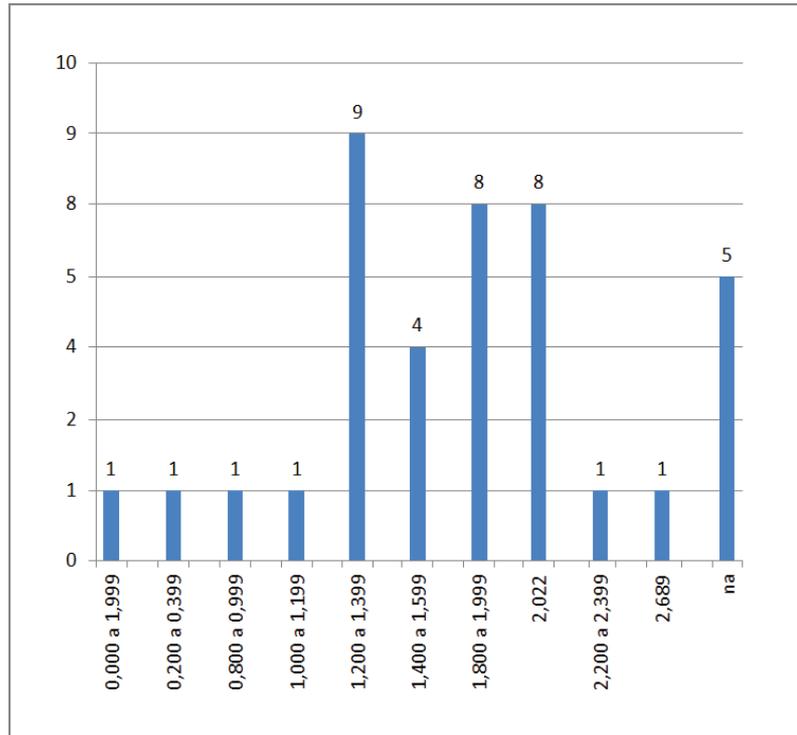
Fonte: (elaborada pelo próprio autor).

Figura 9 – Distribuição das referências bibliográficas pelo grau de índice SJR



Fonte: (elaborada pelo próprio autor).

Figura 10 – Distribuição das referências bibliográficas pelo grau de índice SNIP.



Fonte: (elaborada pelo próprio autor).

Espera-se que o diagnóstico apresentado nesta seção permita corroborar a contribuição e a originalidade dos temas multiprojetos, CC e SEDP em conjunto, uma vez que o estudo destes caracteriza-se como o objeto principal desta pesquisa.

1.5 ESTRUTURA DA TESE

Além deste capítulo introdutório, esta tese se compõe de outros quatro capítulos.

No capítulo dois, é esclarecido todo o contexto teórico necessário para a compreensão do raciocínio desenvolvido, a fim de, progressivamente, evoluir para a proposição a ser elaborada. Desta forma, o segundo capítulo se subdivide basicamente em discorrer e discutir os seguintes temas:

- a. A organização do trabalho em ambientes multiprojetos;
- b. A Teoria das Restrições e o método da Corrente Crítica;
- c. O Sistema Enxuto de Desenvolvimento de Produto;

No capítulo três, é proposto o modelo propriamente dito de gerenciamento multiprojetos baseado na CC e suplementado pelo SEDP, considerando as etapas sugeridas para implantação e respectivas recomendações.

No capítulo 4, emprega-se o método de Monte Carlo utilizando-se o *software* PmSim Version 2.03, em que são ilustradas duas simulações para uma carteira hipotética com três projetos. A primeira simulação é executada em um cenário com comportamento em regime convencional com múltiplos projetos simultâneos e concorrentes por recursos. Na sequência, a segunda simulação é aplicada a este mesmo cenário, porém subordinado ao método da Corrente Crítica, analisando-se e discutindo-se brevemente os resultados das duas simulações.

Enfim, no capítulo cinco são explicitados os aspectos individuais e complementares entre a CC e o SEDP, com destaque para o gerenciamento multiprojetos. Na sequência organizam-se as conclusões e considerações finais sobre o tema, com a verificação dos objetivos, bem como apontamento de sugestões para futuras pesquisas ou evoluções acerca do tema.

2 DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

2.1 A ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO EM AMBIENTES MULTIPROJETOS

Em se tratando de ambientes organizacionais, muitas empresas que trabalham com múltiplos projetos geralmente atuam segundo uma estrutura matricial, ou seja, com características híbridas presentes tanto em estruturas funcionais (por especialidades ou áreas) quanto em estruturas projetizadas (com equipes dedicadas por projetos) (DAVIDOVITCH; PARUSH; SHTUB, 2010). Nesse tipo de organização, os líderes de projetos devem negociar os planos de atividades e cronogramas com os gerentes de recursos, assim como os custos associados a cada departamento, criando uma cultura de controle de planejamento baseada em responsabilidade (DOMBROWSKI; ZAHN, 2011).

Sob este aspecto, o gerenciamento de projetos em organizações matriciais é, em geral, de natureza complexa, principalmente devido à necessidade de compartilhamento dos recursos de uma organização (humanos, tecnológicos, orçamentários, fornecedores, etc.) entre os vários projetos de um portfólio, fazendo com que a cooperação entre os gerentes de projetos seja um fator crítico para o sucesso dos empreendimentos (DANILOVIC; SANDKULL, 2005; DAVIDOVITCH; PARUSH; SHTUB, 2010).

E como consequência deste cenário, os gerentes de projetos que atuam em empresas organizadas matricialmente necessitam atuar, ao mesmo tempo, sob dois níveis de poder: a divisão funcional (onde impera a disputa direta por recursos especialistas) e a divisão projetizada (onde imperam as prioridades e a importância entre os projetos ativos). Isso torna, conseqüentemente, a gestão em ambiente multiprojetos significativamente mais complicada (LASLO; GOLDBERG, 2008; DAVIDOVITCH; PARUSH; SHTUB, 2010).

Em adição a isto, segundo East e Liu (2006) e Jung e Kang (2007), em ambientes multiprojetos verifica-se, de forma geral, uma lacuna de padronização dos métodos e processos empregados por diferentes organizações, para quem os métodos existentes carecem de meios efetivos de modelagem, análise e otimização do uso de recursos para múltiplos projetos concorrentes.

Isso se justifica porque a grande ênfase dada pelas empresas é, de modo geral, focalizada no gerenciamento monoprojeto, sendo talvez menos perceptível e reconhecido o fato de que a principal causa-raiz em termos de baixo desempenho dos projetos refere-se aos aspectos restritivos de gestão de recursos em ambientes multiprojetos.

Destaque-se, ainda, que este estudo é voltado para organizações baseadas em organogramas matriciais, focalizando principalmente sobre os aspectos de programação, nivelamento e sequenciamento, considerando-se os aspectos restritivos de capacidade dos recursos.

E em relação ao gerenciamento de recursos restritivos, é igualmente relevante enfatizar que há uma grande diferença entre as estruturas matricial e projetizada. Isto porque em uma organização por projeto, os membros da equipe geralmente são colocados juntos, propiciando que a maior parte dos recursos esteja exclusivamente dedicada ao trabalho, dando aos gerentes de projetos grande independência e autoridade (PMI, 2004). E uma vez que estes recursos se reportam diretamente aos gerentes de projetos, espera-se que os resultados dos projetos do portfólio sejam mais eficazes do que em estruturas matriciais.

2.2 TEORIA DAS RESTRIÇÕES

Esta seção está estruturada para, em primeiro, apresentar a filosofia de gerenciamento empresarial baseada nos princípios da Teoria das Restrições (*Theory of Constraints – TOC*), demonstrando como o emprego de suas técnicas e ferramentas podem contribuir para a melhoria contínua dos processos de gestão de uma organização. Desta forma, a fim de propiciar uma compreensão adequada da sua aplicação, serão abordados os principais conceitos, elementos e princípios da TOC, dispondo-se também sobre as considerações acerca de seus benefícios.

E na sequência, será demonstrada a lógica de aplicação destes fundamentos da TOC adaptados ao contexto de gerenciamento de projetos, cuja arquitetura é formada por um conjunto racional de métodos e algoritmos, considerando-se também a influência dos aspectos comportamentais dos envolvidos nos projetos, compondo-se, enfim, o método da Corrente Crítica.

2.2.1 Fundamentos da Teoria das Restrições

A TOC é uma metodologia de gestão desenvolvida inicialmente pelo Dr. Eliyahu M. Goldratt, e que tem sido progressivamente aperfeiçoada para auxiliar as pessoas e organizações, com ou sem fins lucrativos, a pensarem sobre os problemas e suas origens, a fim de desenvolver soluções e implementá-las com sucesso (MABIN; BALDERSTONE, 2003).

Seus princípios de gerenciamento podem ser aplicados em sistemas voltados para (GOLDRATT, 2002a):

1. Estratégias e táticas de negócios;
2. Gestão de manufatura e operações;
3. Gerenciamento de projetos;
4. Distribuição e cadeia de suprimentos;
5. Finanças;
6. *Marketing* e vendas;
7. Técnicas de negociação;
8. Gerenciamento de pessoas.

Segundo a TOC, todo sistema possui ao menos uma Restrição, pois se não houvesse algo que limitasse o desempenho do sistema, seu rendimento seria infinito (CORBETT NETO, 1997). A Restrição é o elemento que limita o sistema em alcançar sua principal meta. A meta pode ser compreendida como a maximização dos ganhos e da rentabilidade do sistema como um todo.

Deste modo, o planejamento, a execução e o controle do sistema são realizados através do gerenciamento desta Restrição, baseando-se também no pressuposto de que se deve atuar na origem (causa-raiz) da mesma, a fim de promover a melhoria contínua do sistema.

Para a compreensão dessa filosofia de gestão, faz-se necessário então abordar conceitualmente os fundamentos da TOC, que compreendem:

1. O conceito de Restrição;
2. O Processo de Focalização em 5 Etapas;
3. O método de programação Tambor-Pulmão-Corda (TPC);
4. Os indicadores de operacionais de Ganho (G), Inventário (I) e Despesas Operacionais (DO);
5. Os Processos de Raciocínio da TOC.

2.2.2 O conceito de Restrição

“A Restrição é qualquer elemento ou fator que impede que um sistema conquiste um melhor nível de desempenho no que diz respeito a sua meta” (COX III; BLACKSTONE; SPENCER, 1995), podendo ser representada como o elo mais fraco em uma cadeia de processos (GOLDRATT, 1998).

Distinguir a Restrição significa reconhecer os elementos que limitam o desempenho do sistema. Estes elementos não compreendem somente as limitações físicas de capacidade, podendo também estar situados na administração, no mercado, ou até instituídos na política empresarial da organização (RAHMAN, 2002).

É importante também o discernimento entre recursos gargalos e não-gargalos. Se o recurso gargalo é aquele que fica ocupado durante todo o tempo, existe então uma enorme diferença entre eles. Isto porque um recurso gargalo não contempla folgas, e qualquer hora perdida neste jamais será recuperada, resultando conseqüentemente em uma hora perdida em todo o *output* do sistema (CSILLAG; CORBETT NETO, 1998). Por outro lado, uma hora ganha em um recurso ocioso ou não restritivo é desprezível, não passando apenas de um engano, ou “uma miragem” (GOLDRATT; COX, 2002).

A percepção desta realidade poderá, então, conduzir o pensamento da gestão a quebrar o paradigma de que a maximização dos resultados em cada conexão da cadeia de processos irá melhorar o desempenho global do sistema, emergindo a compreensão de que a soma de todos ótimos locais não contribuem para o ótimo global do sistema (GOLDRATT, 1998).

2.2.3 O Processo de Focalização em 5 Etapas

De acordo com Rahman (2002), o Processo de Focalização em 5 Etapas (também conhecido como o método de melhoria contínua segundo a TOC) é uma técnica que permite (espera-se que de forma simples) compreender o ambiente e planejar o processo de implantação e retroalimentação de acordo com a TOC.

As 5 Etapas do Processo de Focalização utilizadas pela TOC são (GOLDRATT; COX, 2002):

- **1º passo:** identificar a Restrição do sistema, onde o recurso de menor capacidade define a capacidade máxima de todo o sistema. Em outras palavras, significa que alimentar a Restrição com menos implica em perda de oportunidade e/ou vendas, e alimentá-la com mais não resulta em maior saída;
- **2º passo:** decidir como explorar a Restrição do sistema, ou seja, para maximizar o desempenho de todo o sistema, é necessário, portanto, tirar o máximo proveito possível do recurso que o restringe;
- **3º passo:** subordinar todo o sistema ao que foi decidido no 2º passo, submetendo o fluxo do sistema à capacidade da Restrição;

- **4º passo:** elevar a Restrição do sistema;
- **5º passo:** “voltar ao 1º passo se a Restrição for eliminada em algum passo anterior, e não permitir que a inércia atue neste processo” (COX III; BLACKSTONE; SPENCER, 1995).

Particularmente, não exercitar o 5º passo poderá levar a empresa à estagnação, diminuindo a capacidade de reação contra as ameaças de novos cenários (RAHMAN, 1998), posto que as premissas e procedimentos estabelecidos nos 1º e 2º passos foram baseados na Restrição anterior, não sendo mais válidos para a nova Restrição mapeada. Neste caso, todas as diretrizes devem então ser reavaliadas e mudadas.

2.2.4 O método de programação Tambor-Pulmão-Corda

O método de programação Tambor-Pulmão-Corda (TPC) é delineado para fazer uso das restrições físicas ou de mercado que, uma vez identificadas, tem como meta de programação sincronizar a produção com as necessidades dos clientes (PEREZ, 1997). Para isso, o TPC sincroniza a utilização de recursos e materiais dentro da organização, os quais são utilizados somente em um nível suficiente para contribuir com a capacidade da organização em alcançar o ganho global (RAHMAN, 1998).

Para compreensão desse método de programação é necessário esclarecer o significado de cada um dos elementos que compõem o seu nome, descritos a seguir:

- **Tambor:** é o recurso mais sensível do sistema, podendo também ser conceituado como sua principal Restrição (ou o elo mais frágil do sistema). As suas principais características são:
 - é um recurso restritivo de capacidade (RRC);
 - é um recurso estratégico, e/ou o mais difícil de ser aumentado;
 - é a entidade pela qual todo o fluxo do sistema (ou a maior parte) depende dele (ou converge por ele).

Consequentemente, “o Tambor marca o ritmo de produção determinado pela Restrição do sistema” (COX III; BLACKSTONE; SPENCER, 1995). A denominação é proveniente da analogia com as marchas militares, cuja cadência é ditada pelo som do tambor. O Tambor é o compasso que a Restrição produz (RAHMAN, 1998), determinando o ritmo total da produção (WATSON;

BLACKSTONE; GARDINER, 2007), alinhando o sistema com o 3º passo do Processo de Focalização em 5 Etapas (subordinar todo o processo ao ritmo imposto pela Restrição).

- **Pulmão:** consiste em extrair parte da segurança em excesso existente no processo (estimativas de tempo ou materiais) e inseri-las em locais estratégicos da programação, para proteger o sistema contra incertezas e flutuações. São classificados em três tipos: Pulmão do Tambor, Pulmão de Alimentação (ou de Convergência) e Pulmão de Expedição (COX III; SPENCER, 2002).

O Pulmão do Tambor é empregado para garantir a utilização ininterrupta da Restrição, através do controle do nível de materiais em processo que o precede, a fim de proteger tanto o Tambor (a Restrição) quanto os processos posteriores a ele, resguardando a capacidade do sistema em atender à programação (GOLDRATT, 2003).

O Pulmão de Alimentação é utilizado para sincronizar o fluxo de produção proveniente dos processos que não passam pelo Tambor, a fim de também subordiná-los à capacidade deste.

O Pulmão de Expedição é o mecanismo que inicia todo o processo, “puxando” todo o fluxo do sistema, sincronizando o processamento pelo Tambor de acordo com a demanda do mercado.

Por fim, na TOC, o controle do fluxo do sistema é feito através do Gerenciamento dos Pulmões, cujo consumo é monitorado pela rastreabilidade sobre a cadeia de atividades predecessoras aos Pulmões consumidos, “ajudando a evitar a ociosidade na restrição e o atraso nas entregas dos clientes” (COX III; BLACKSTONE; SPENCER, 1995).

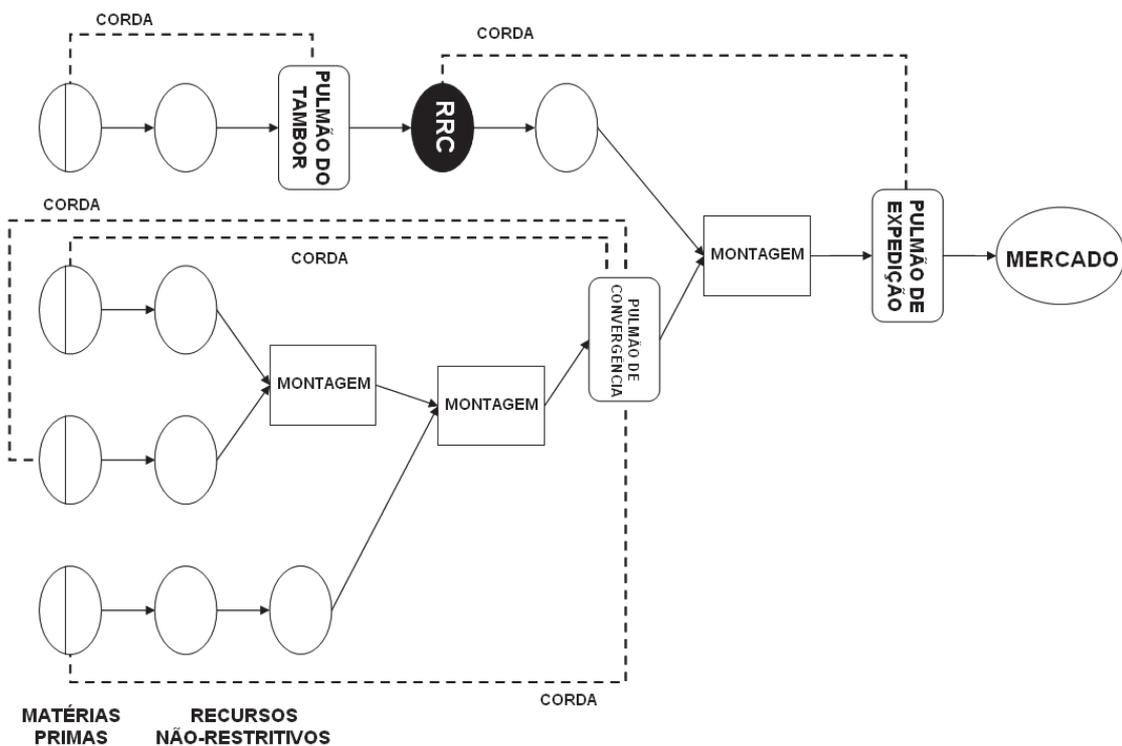
- **Corda:** é o mecanismo que subordina o desempenho dos recursos não-restritivos à capacidade de produção do Tambor. Isso é possível através do controle do fluxo de entrada de insumos para o sistema produtivo, baseado na razão de consumo dos Pulmões em função do processamento pela Restrição (WATSON; BLACKSTONE; GARDINER, 2007).

Considerando que os pulmões se traduzem em tempo (*lead time*) de transferência a partir da entrada de materiais até o ponto de controle na Restrição (Tambor) e nas convergências do sistema, então o “comprimento” da corda é equivalente à

quantidade de estoque (ou tempo) armazenado nos pulmões e nas cadeias predecessoras aos mesmos (incluindo os estoques de matérias-primas). Esta quantidade deve ser suficiente para proteger a Restrição e o respectivo sistema contra interrupções e eventos indesejados.

Baseado nos três elementos descritos, o método TPC pode ser representado da seguinte maneira (veja a Figura 11):

Figura 11 – O método de programação Tambor-Pulmão-Corda (TPC)



Fonte: (adaptado de RAHMAN, 1998; WATSON; BLACKSTONE; GARDINER, 2007).

Enfim, a lógica que rege o método TPC é descrita resumidamente na seguinte ordem (GOLDRATT, 1998; GOLDRATT, 2002a):

- **Primeiro:** subordinar todo o fluxo da cadeia de processos ao ritmo do Tambor;
- **Segundo:** proteger o Tambor e o sistema contra os atrasos, através das inserções dos Pulmões em pontos estratégicos no fluxo no sistema;
- **Terceiro:** através do controle dos níveis dos Pulmões, atuar ou interferir em todas as cadeias de atividades paralelas ou que precedem o Tambor, visando manter o fluxo contínuo.

Para melhor compreensão, a lógica do TPC também é representada por meio de uma crônica no romance “A Meta”, de Goldratt e Cox (2002). O protagonista da história leva um grupo de escoteiros para uma caminhada, em fila indiana, com o objetivo de chegarem juntos a um determinado lugar antes do pôr do sol. Durante o trajeto, percebe que os mais lentos começam a ficar para trás, segurando os que estão imediatamente atrás. A fila tendia a se alongar, obrigando o escoteiro responsável a periodicamente paralisar a caminhada para reagrupá-los. O problema foi resolvido quando o líder resolveu colocar o escoteiro mais lento à frente do grupo, ditando um ritmo de marcha que podia ser acompanhado por todos.

Similarmente, Goldratt (1998; 2003) também usa a analogia entre as marchas militares e o funcionamento de uma fábrica, explicando de forma lúdica o método TPC e sua forte relação com o 3º passo do Processo de Focalização em 5 Etapas.

Em uma tropa de soldados marchando por um determinado trecho, cada passo no solo significa “matéria-prima sendo processada”. Quando a última fileira de soldados completa o trajeto, o “produto acabado está liberado” (ou seja, a trilha foi percorrida). Sob este aspecto, então, o avanço da tropa como um todo se comporta como uma sucessão de eventos dependentes, posto que o progresso de cada soldado depende do avanço dos soldados à sua frente para que toda a tropa atinja seu objetivo.

Todavia, enquanto a tropa avança, haverá dispersão entre as fileiras de soldados devido às flutuações do processo durante a marcha. Estas flutuações são ocasionadas pelas diferentes capacidades entre os soldados em manter o mesmo ritmo ao longo do trajeto. Além disso, soma-se a esse cenário a ocorrência de eventos do tipo soldados que param os recrutas que os seguem, a fim de recolherem seus rifles que porventura tenham caído, e ainda, outros cadetes que venham a se machucar, ocasionando o mesmo efeito sobre o processo.

Isto posto, considera-se a distância entre a primeira e a última fileira de soldados o “estoque em processo” (ou *Work in Process* – WIP). Ou seja, quanto maior a dispersão entre o primeiro e o último soldado, “maior o estoque em processo” e, conseqüentemente, maior o tempo (*lead time*) para processamento do produto (veja a Figura 12).

Figura 12 – Analogia da tropa: o gargalo e a flutuação de eventos dependentes



Fonte: (adaptado de GOLDRATT; FOX, 1992; GOLDRATT, 2003).

Assim, a fim de manter a tropa unida, conforme o 3º passo do Processo de Focalização em 5 Etapas, devemos então subordinar o ritmo de todas as fileiras ao compasso do soldado mais lento (o “gargalo” ou Restrição do sistema). Isto pode ser arranjado amarrando-se o primeiro soldado ao recruta “Restritivo de Capacidade”. Assim, todos os soldados à montante e à jusante marcharão ao ritmo da “Restrição” (veja a Figura 13).

Figura 13 – O TPC e a analogia da tropa: como evitar a dispersão



Fonte: (adaptado de GOLDRATT; FOX, 1992; GOLDRATT, 2003).

Como as flutuações continuarão a ocorrer, a fim de tirar o máximo proveito do gargalo não permitindo que o mesmo fique ocioso, pode-se aumentar o tamanho da corda. Aqui, o comprimento da corda é analogamente caracterizado como o pulmão, ou seja, a quantidade de “inventário” permitido (estoque em processo) a fim de garantir que haja um espaço antes do gargalo. Assim, se um dos primeiros soldados parar, o recruta “gargalo” ainda pode continuar marchando, ou seja, a Restrição está protegida. E todo soldado posicionado atrás do gargalo

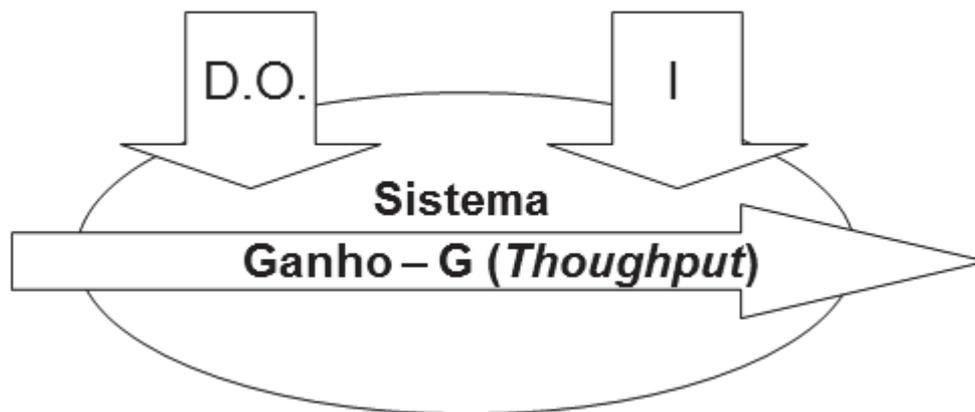
que venha a interromper a caminhada conseguirá recuperar o atraso, posto sua capacidade em marchar mais rapidamente do que a Restrição.

2.2.5 Os indicadores operacionais de Ganho, Inventário e Despesas Operacionais

Sob o ponto de vista da TOC, as medidas de desempenho que auxiliam as empresas na tomada de decisões visando ao aumento dos lucros são o Ganho (G), o Inventário (I) e a Despesa Operacional (DO), os quais são abordados sob a ótica da Contabilidade de Ganhos (CSILLAG; CORBETT NETO, 1998; KENDALL, 2007; RAHMAN, 1998 e 2002; BLACKSTONE, 2001; WATSON; BLACKSTONE; GARDINER, 2007).

E é através da interdependência destas três medidas (veja Figura 14) que propicia-se as condições de avaliar o impacto de uma decisão nos resultados finais da empresa.

Figura 14 – Representação da importância do “G-I-DO” para a Contabilidade de Ganhos



Fonte: (adaptado de BRASIL, 2007).

O Ganho (G) é o índice pelo qual o sistema gera dinheiro através das vendas (CSILLAG; CORBETT NETO, 1998). De forma geral, é calculado como todo o dinheiro que entra na empresa menos o que ela pagou a seus fornecedores (CORBETT NETO, 1997).

O Inventário (I) equivale a todo o dinheiro que o sistema investe na compra de insumos que pretende transformar para vender (CSILLAG; CORBETT NETO, 1998). Corresponde a todo o dinheiro investido pelo sistema nos produtos que pretende vender (CORBETT NETO, 1997), ou todo investimento feito para virar dinheiro (BRASIL, 2007). É dividido em duas categorias: estoques de materiais (matéria-prima, produtos em processo e produtos acabados) e outros ativos (máquinas, imóveis, instalações, computadores, veículos, etc.).

A Despesa Operacional (DO) corresponde a todo o dinheiro que a empresa gasta transformando o investimento em ganho, contemplando genericamente a folha de pagamentos, despesas em geral, impostos, energia, aluguéis, depreciações, encargos sociais, etc. É todo o dinheiro que deve ser empregado no sistema para processar ou transformar os insumos em produtos finais (CORBETT NETO, 1997; CSILLAG; CORBETT NETO, 1998).

Cada medida nada indica por si, porém a associação delas em pares mostram diferentes relevâncias para o sistema. Por exemplo, note que o Ganho aumenta quando os outros dois indicadores diminuem (Inventário e Despesas Operacionais). Isso porque conforme a restrição for explorada, aproveitada e mitigada (2º, 3º e 4º passos do Processo de Focalização em 5 Etapas), o ganho aumenta concomitantemente com a diminuição do inventário. Menos inventário associado a um maior ganho significa menos gastos para transformar o inventário em ganho (isto é, menos Despesas Operacionais) (CSILLAG; CORBETT NETO, 1998; GOLDRATT; COX, 2002).

2.2.6 Os Processos de Raciocínio da TOC

Segundo a TOC, é muito comum as empresas agirem sobre as consequências dos problemas, e não sobre suas causas.

Considerando-se este aspecto, os Processos de Raciocínio da TOC são ferramentas baseadas na lógica que se utilizam de relacionamentos de causa e efeito para determinar as causas-raiz que provocam os efeitos indesejáveis observados em um sistema, a fim de orientar um redirecionamento estratégico e servir de apoio para a implementação de um novo método de gestão para uma empresa (CSILLAG; CORBETT NETO, 1998).

Para se atingir este propósito, é necessário que todos os envolvidos nesta transformação iniciem o processo de mudança explorando as seguintes questões (CSILLAG; CORBETT NETO, 1998):

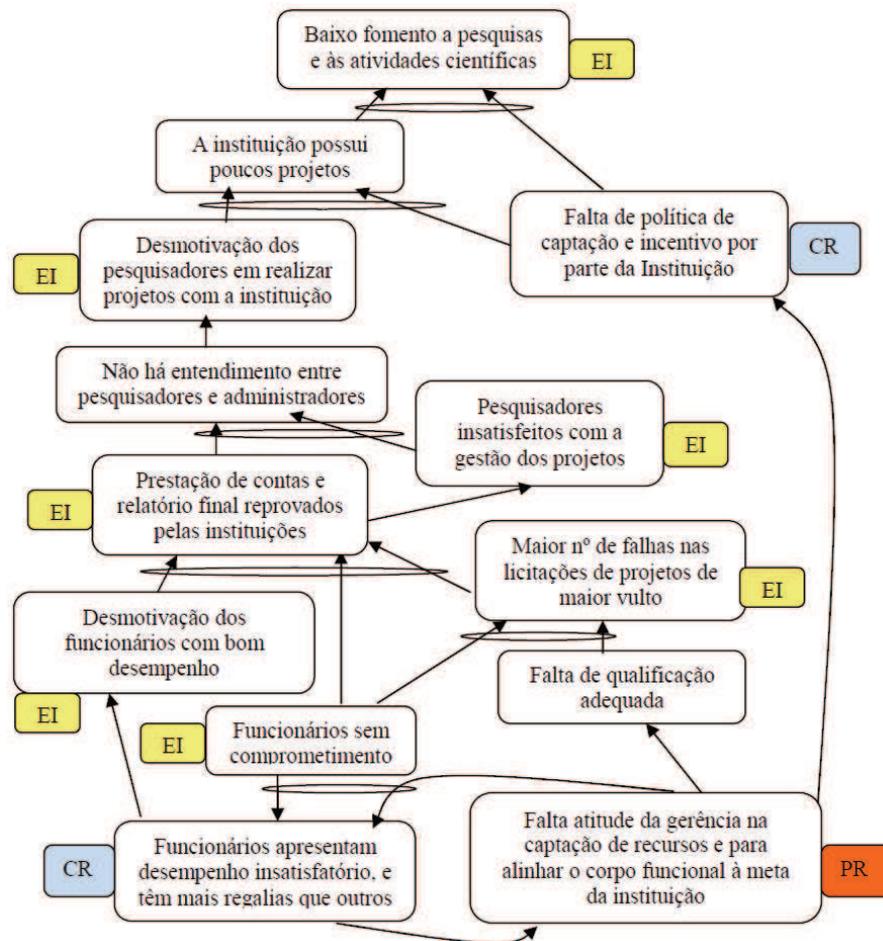
- **O que mudar:** nesta fase, deve-se proceder ao diagnóstico do problema-raiz do processo, baseado na conscientização de que não são os sintomas do sistema que devem ser atacados, mas sim as suas causas.

A Árvore da Realidade Atual (ARA) é a ferramenta mais empregada para proceder a este diagnóstico, pela qual todos os sintomas são expostos e conectados às suas origens, e às origens de suas origens, através do emprego lógico de Diagramas de Causa e Efeito, em que as interligações normalmente terminam em um único ou em

muito poucos problemas-raiz responsáveis por todos estes sintomas. A Figura 15 (e também as outras figuras desta seção) representa um exemplo de ARA extraído da aplicação dos Processos de Raciocínio da Teoria das Restrições para a gestão de projetos de pesquisas e atividades científicas.

Legendas: EI – efeito indesejável; CR – causa raiz; PR – problema raiz.

Figura 15 – Exemplo de Árvore da Realidade Atual (ARA)

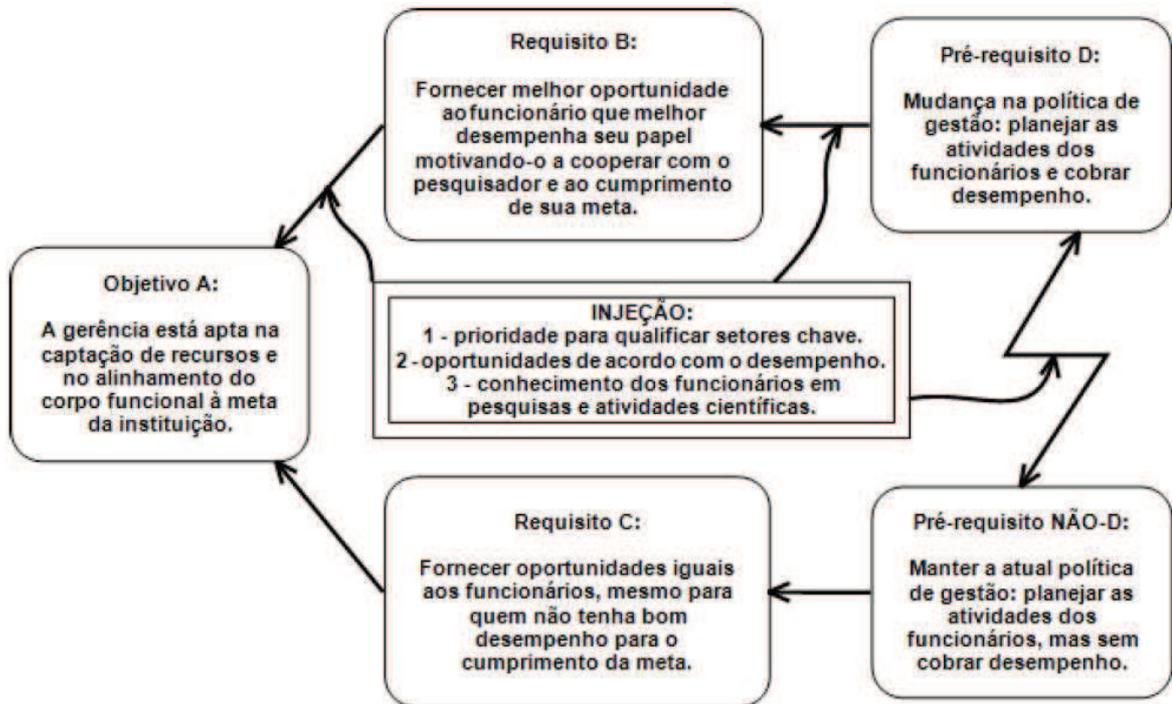


Fonte: (ALVES; COGAN; ALMEIDA, 2010).

- Para o que mudar:** para a emersão e elucidação dos conflitos ocultos, motivadores dos problemas-raiz detectados na primeira fase, emprega-se o Diagrama de Dispersão de Conflitos (ou nuvem), o qual se utiliza do discernimento lógico como meio para “evaporação” destas divergências, ajudando a decidir qual pressuposto primário será anulado. A Figura 16 representa um exemplo deste diagrama.

Legendas: Injeção – solução (ou “remédio”).

Figura 16 – Exemplo de Diagrama de Resolução de Conflitos

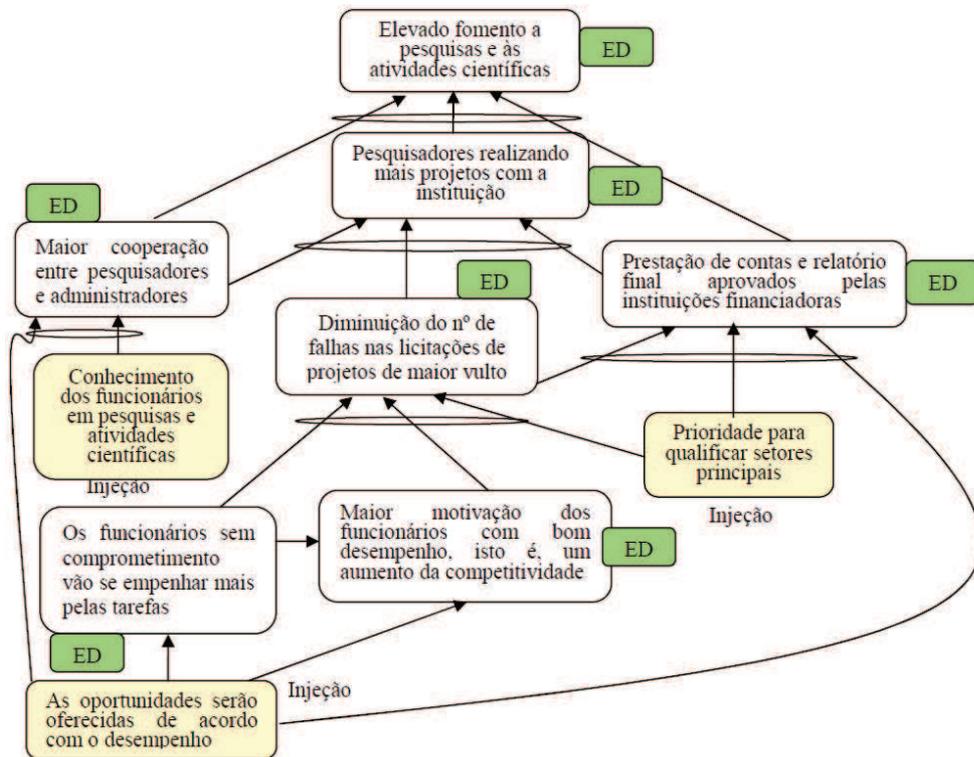


Fonte: (ALVES; COGAN; ALMEIDA, 2010).

Na sequência, a Árvore de Realidade Futura (ARF) se complementa à estratégia de montagem da solução, na qual identificam-se os possíveis efeitos colaterais das soluções que estão sendo elaboradas, antecipando-se e obstruindo, desta forma, os possíveis distúrbios que venham a colocar em risco o processo de transformação. A Figura 17 representa um exemplo de ARF.

Legendas: ED – efeito desejável; Injeção – solução (ou “remédio”).

Figura 17 – Exemplo de Árvore da Realidade Futura (ARF)

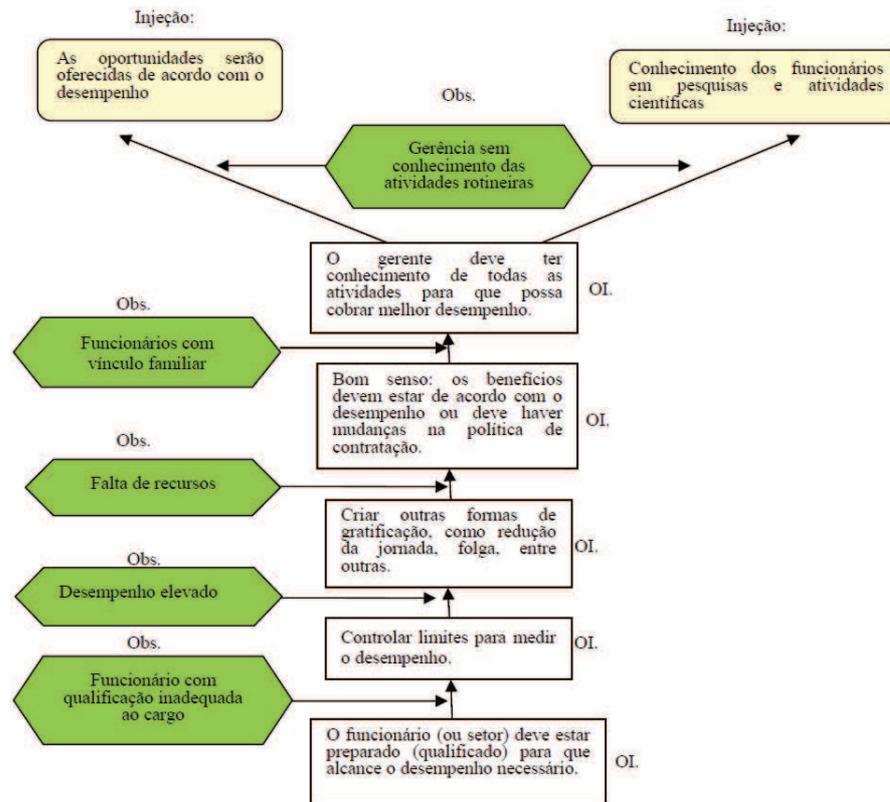


Fonte: (ALVES; COGAN; ALMEIDA, 2010).

- Como promover e conduzir a mudança:** nesta fase aplica-se o processo lógico da Árvore de Pré-Requisitos (APR) (ou de objetivos intermediários), na qual são construídos e sequenciados, racionalmente, os passos necessários para implementar a ARF delineada na segunda fase. A Figura 18 representa um exemplo de APR.

Legendas: OI – objetivo intermediário; Injeção – solução (ou “remédio”).

Figura 18 – Exemplo de Árvore de Pré-Requisitos (APR)

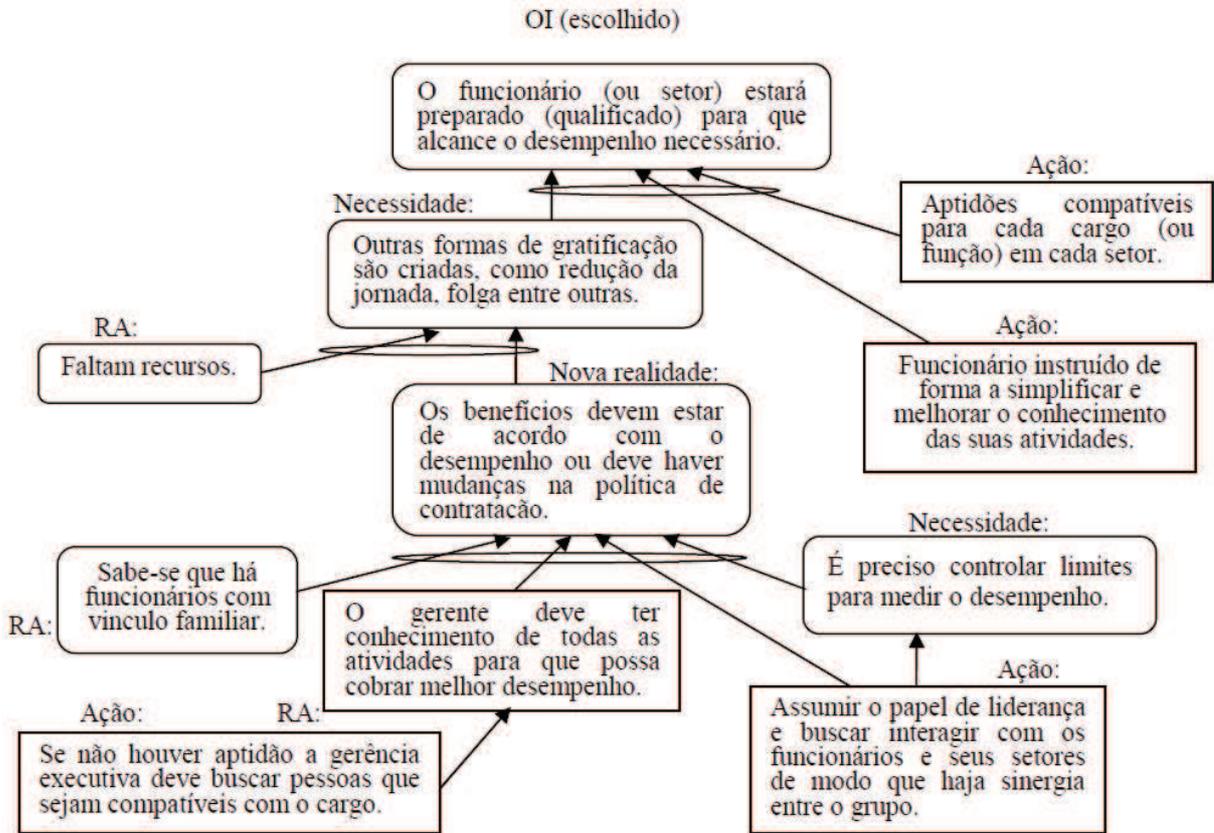


Fonte: (ALVES; COGAN; ALMEIDA, 2010).

Por último, a *Árvore de Transição (AT)* é a ferramenta pela qual são identificadas as ações necessárias e suficientes para alcançar os objetivos intermediários mapeados na APR, com o objetivo de viabilizar a implementação da ARF, direcionando estas ações através de uma sequência coerente e racional. A Figura 19 representa um exemplo de AT.

Legendas: OI – objetivo intermediário; RA – razão para a ação.

Figura 19 – Exemplo de Árvore de Transição (AT)



Fonte: (ALVES; COGAN; ALMEIDA, 2010).

Finalizando, o Quadro 9 expõe as três questões lógicas que norteiam os processos de raciocínio da TOC, relacionando-as com as respectivas ferramentas.

Quadro 9 – Ferramentas dos processos de raciocínio da TOC e suas aplicações

Questões Gerais	Propósito	Ferramentas dos Processos de Raciocínio
O que mudar?	Identificar problemas-raiz	Árvore da Realidade Atual
Para o que mudar?	Desenvolver soluções simples e práticas	Diagrama de Dispersão do Conflito, Árvore da Realidade Futura
Como promover a mudança?	Implementar as soluções	Árvore de Pré-requisitos, Árvore de Transição

Fonte: (RAHMAN, 2002).

A aplicação dos Processos de Raciocínio e de suas ferramentas visa orientar as equipes de gestão e melhorar a localizarem qual é a Restrição que limita a produção, o fluxo ou o ganho do sistema.

E complementando este aspecto, o emprego de um diagrama de processo pode ser um bom início para auxiliar neste propósito. Uma outra opção seria desenvolver um Mapeamento do Fluxo de Valor (*Value Stream Mapping* – VSM) do processo, o qual serve para dimensionar todas as atividades que agregam e que não-agregam valor, contribuindo para detectar aonde o fluxo ou a informação param (ROTHER; SHOOK, 1999), em função de uma provável Restrição do sistema.

2.2.7 Considerações sobre a TOC

O objetivo desta seção foi apresentar a Teoria das Restrições e sua filosofia de gestão empresarial, fundamentada no gerenciamento das restrições como solução viável e dinâmica para a integração dos processos de um sistema.

E baseado neste objeto, será explicado na próxima seção como os pressupostos percorridos da TOC são adaptados para o Gerenciamento de Projetos por meio do método da Corrente Crítica.

2.3 O MÉTODO DA CORRENTE CRÍTICA

Especificamente para o gerenciamento de projetos, a TOC foi inicialmente desenvolvida, divulgada e popularizada pelo Dr. Eliyahu M. Goldratt por meio do romance “Corrente Crítica” (GOLDRATT, 1998).

E por ser um modelo inovador, cujos argumentos e lógica são distintos para a maioria dos métodos de Gerenciamento de Projetos, para a adoção dessa filosofia de gestão, em primeiro lugar, faz-se necessário compreender a natureza do ambiente de projetos e suas adversidades, baseando-se nos Processos de Raciocínio da TOC para tal fim (vistos na Seção 2.2.6). Desta forma, torna-se essencial a elucidação, sob a ótica da TOC:

- Das origens dos problemas presentes nos ambientes de projetos e de desenvolvimento, principalmente em relação aos aspectos comportamentais e aos paradigmas dos envolvidos no projeto (o que mudar e quais as causas-raiz);

- A compreensão de alguns fundamentos e dos processos de raciocínio, tanto da TOC de modo geral quanto especificamente para o emprego da Corrente Crítica (para o que mudar e como promover a mudança).

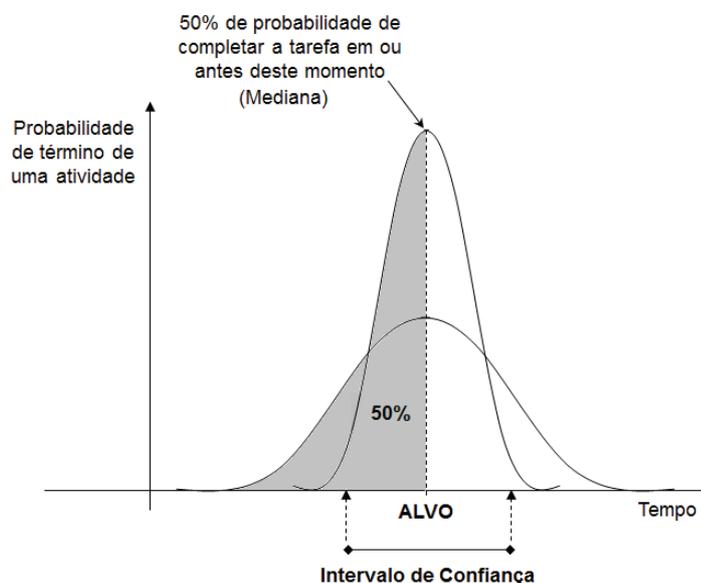
Para esse fim, uma visão geral destes aspectos está organizada na sequência.

2.3.1 Criando segurança em excesso

Em termos teóricos, de forma geral, pode-se pressupor que uma estimativa de duração não é um simples número, e sim, um valor estatístico acompanhado por uma faixa de probabilidades. E sob a ótica da estatística, em essa estimativa sendo dimensionada a partir de uma de origem conhecida, consistente e experimentada (por exemplo, uma análise histórica de dados temporais, experiências anteriores, ou variáveis conhecidas sob as quais se tem controle), seria provável que essa estimativa se comporte de acordo com uma distribuição normal de probabilidades em relação ao valor alvo estimado, sujeita a uma variabilidade dentro de um intervalo de confiança (veja a Figura 20).

E ainda em termos estatísticos, supondo-se um sistema perfeitamente estável, depreende-se teoricamente que a mediana (que corresponde a um determinado valor pelo qual até 50% dos resultados têm probabilidade de ocorrer) seja coincidente com o valor alvo desejado.

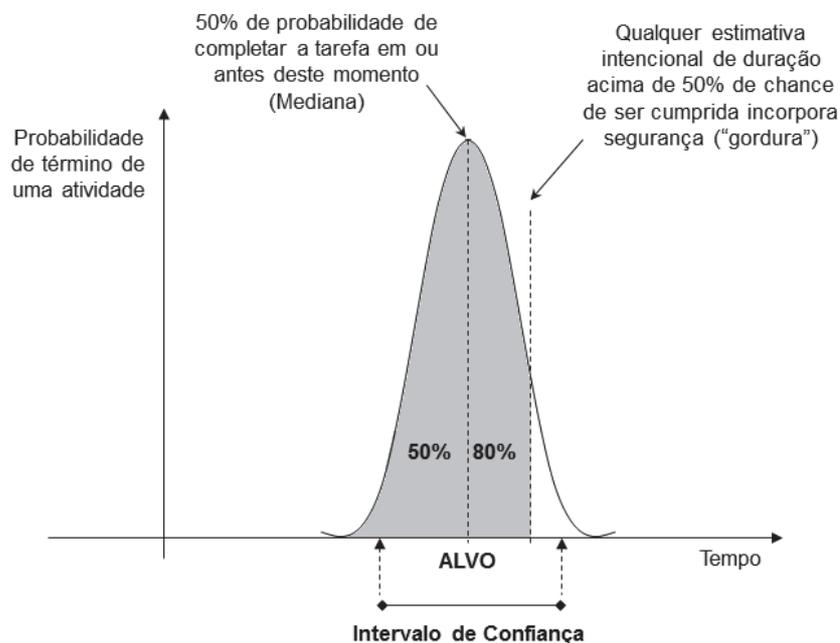
Figura 20 – Estimativas de duração em regime de distribuição simétrica de probabilidades



Fonte: (adaptado de GOLDRATT, 2002a).

Porém, na realidade, é comum que em um projeto as pessoas adicionem margem às suas estimativas de duração (segurança), a fim de aumentar a probabilidade de acerto nos seus dimensionamentos de tempo, com a intenção de tornar suas previsões “mais realísticas” (BEVILACQUA; CIARAPICA; GIACCHETTA, 2009). Veja a Figura 21, em que, ilustrativamente, uma estimativa de duração foi incrementada para 80% de chance de ser concluída até uma determinada data.

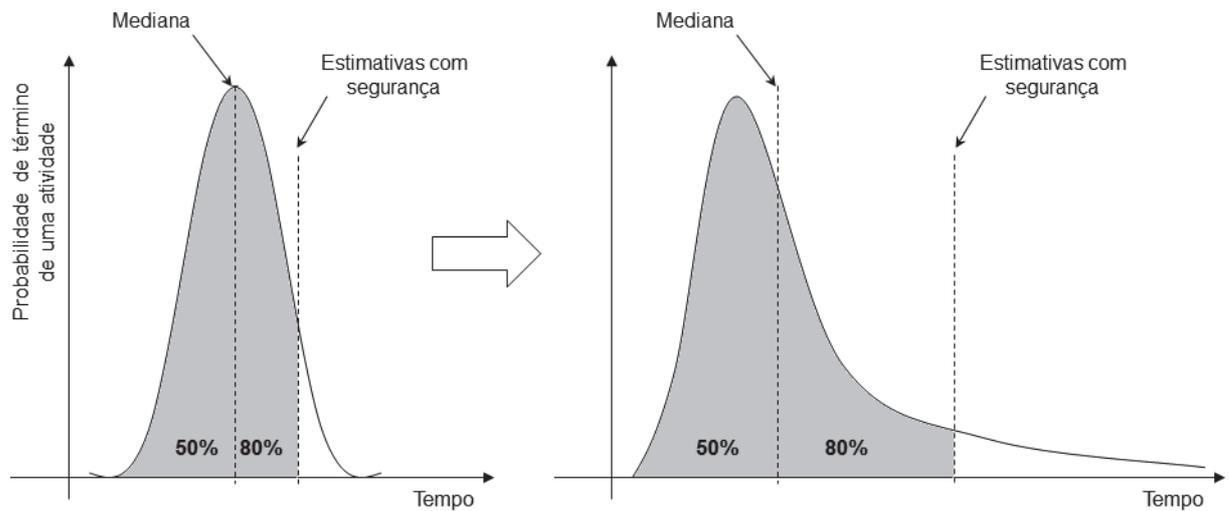
Figura 21 – Incorporando segurança nas estimativas de duração para distribuições de probabilidades simétricas



Fonte: (adaptado de GOLDRATT, 2002a).

Todavia, a realidade é que onde predomina a incerteza, a probabilidade de conclusão não é simétrica, e sim, assimétrica (ou seja, a curva de distribuição apresenta uma longa cauda) (GOLDRATT, 2002a; GOLDRATT, 2002b), cuja assimetria pode também ser caracterizada como uma ou distribuição lognormal (NEWBOLD, 1998). Isto porque um projeto costuma ter como complexidade o fato de que a distribuição estatística da maioria das durações reais das tarefas se apresenta em torno de um valor mínimo, ou máximo, ou mais provável, sendo impossível prever exatamente a duração de uma atividade (LEACH, 2005), o que conseqüentemente resulta em um desvio maior. E quanto maior a incerteza, maior a cauda da distribuição (GOLDRATT, 2002a; GOLDRATT, 2002b), conforme mostrado na Figura 22.

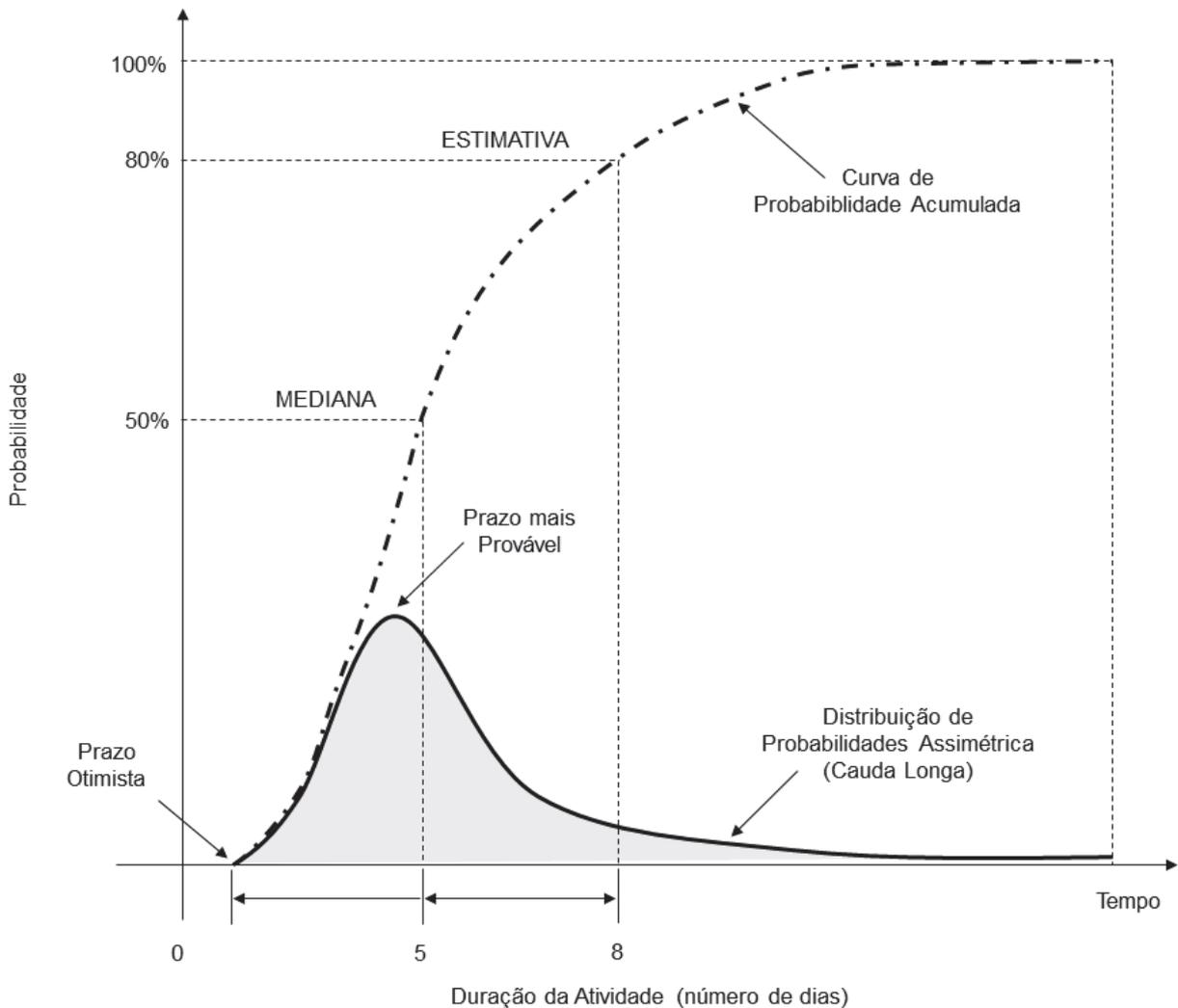
Figura 22 – Representação da distribuição de probabilidades assimétrica para ambientes onde predominam incertezas das estimativas



Fonte: (adaptado de GOLDRATT, 2002a).

Esta distribuição assimétrica também pode ser representada em uma função de probabilidade acumulada, conforme denota a Figura 23. Neste exemplo ilustrativo, há 50% de chance de uma tarefa terminar em até 5 dias (mediana). Porém, a estimativa real incrementou 30% de margem de segurança, o que equivale a dizer que esta mesma tarefa tem 80% de probabilidade de ser concluída em até 8 dias.

Figura 23 – Representação da relação entre a distribuição de probabilidades assimétrica e a curva de probabilidade acumulada para ambientes onde predominam incertezas das estimativas



Fonte: (adaptado de LEACH, 2005; GEEKIE, 2006).

Contudo, se há tanta margem de segurança (diga-se tempo) nas estimativas “supostamente realísticas”, por que razão as atividades dos projetos atrasam? A resposta a essa questão também está atrelada aos aspectos comportamentais presentes nos ambientes de projetos. A próxima seção procura explicar este fenômeno.

2.3.2 Desperdiçando a segurança

Apesar da margem de segurança (tempo) nas estimativas, não há garantia de que as atividades dos projetos não venham a atrasar. Primeiro, devido à ausência de um bom critério para definir quando é que uma atividade já está completa, e em segundo, pela falta da

percepção de como o comportamento pode influenciar na realização de um projeto (ROBINSON; RICHARDS, 2009).

Além disso, a busca constante por produtividade estimula o fenômeno da “ênfase na atividade”, ou seja, é pela visão pontual (limitada) das atividades dentro dos departamentos ou áreas funcionais em busca do ótimo local (conforme abordado na Seção 2.2.2) que os recursos são premiados ou então punidos, e não pela visão da rede de precedência como um todo (ROBINSON; RICHARDS, 2009).

Por conseguinte, como existem períodos com pouca carga de trabalho, e outros com sobrecarga, procura-se antecipar as atividades, a fim de nivelar os picos de carga, transferindo-os para os períodos mais “folgados” (ROBINSON; RICHARDS, 2009).

Como consequência, os recursos executores são influenciados a antecipar as suas atividades programadas, tendo como efeito o aumento da probabilidade de conflitos de recursos, fazendo da multitarefa uma regra (GOLDRATT, 1998).

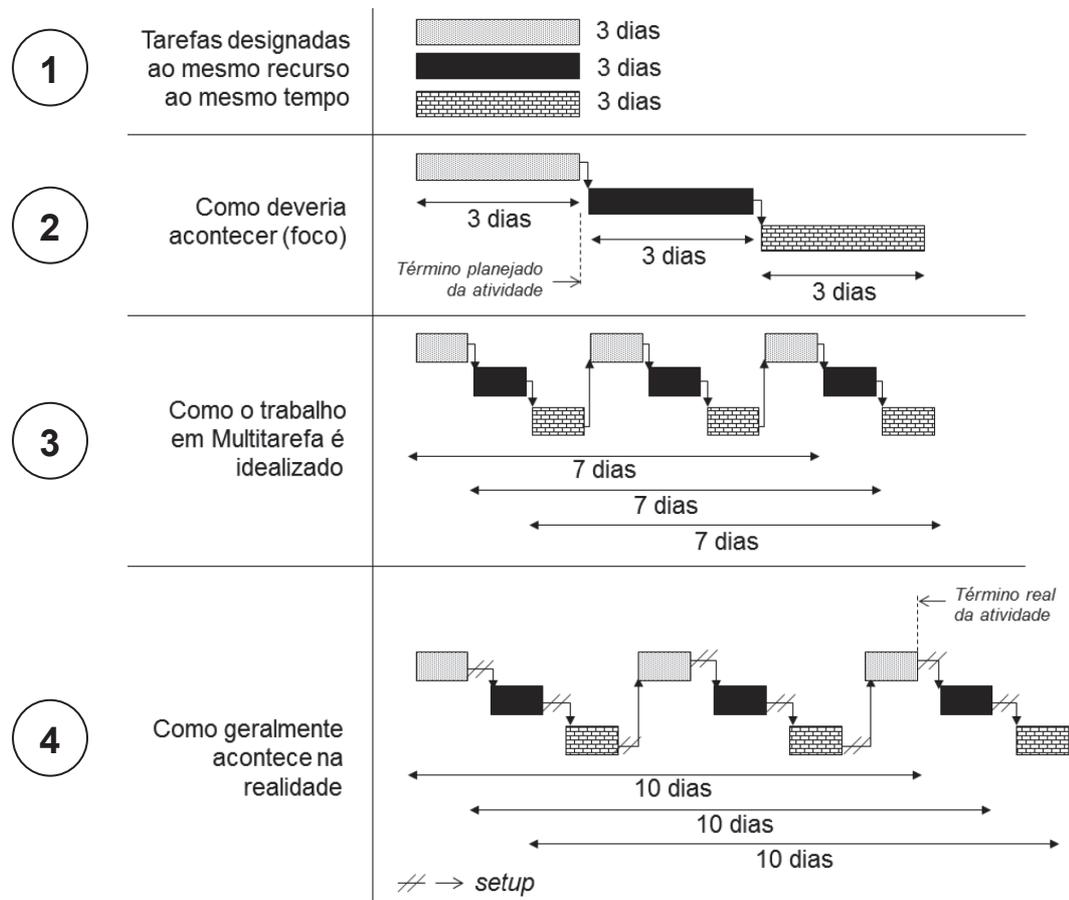
E de acordo com os preceitos da TOC, tanto a antecipação de atividades quanto a multitarefa são caracterizadas como as causas-raiz mais nocivas de atrasos dos projetos (GOLDRATT, 1998).

A Figura 24 ilustra este quadro. Por exemplo, na situação 1, estão programadas três tarefas simultâneas para um mesmo recurso. Já na situação 2, torna-se necessário que estas atividades sejam desconflitadas no planejamento da programação, posto que o recurso em questão não consegue executá-las ao mesmo tempo.

Porém, na situação 3, supondo se tratar de uma estrutura matricial, é predominante a disputa do recurso pelos gerentes de projetos (conforme abordado nas seções anteriores), compelindo-o (o recurso) a atender cada demanda de acordo com as exigências pontuais de cada gerente, pressionando o recurso a interromper a execução de uma atividade, a fim de migrar o esforço para outra atividade não programada para aquele momento, e assim sucessivamente.

Mas a realidade é que, conforme ilustrado na situação 4, a retomada de uma tarefa de desenvolvimento está sujeita ao recurso recobrar em que ponto e em que parâmetros esta tarefa se encontrava, consumindo um tempo adicional de preparação entre cada transição (tempo de *setup*).

Figura 24 – O impacto da multitarefa na duração das atividades



Fonte: (GOLDRATT, 2002b; adaptado de SOLER, 2008).

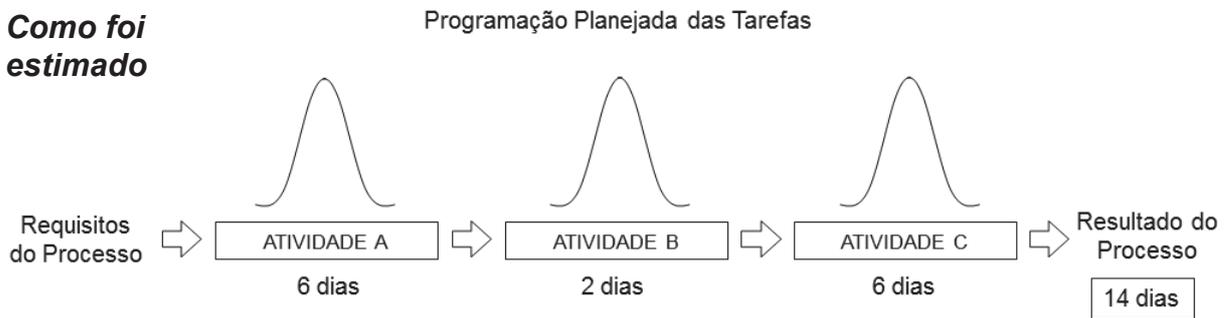
Outro aspecto é que, assim como explicado na “Analogia da Tropa” (visto na Seção 2.2.4), a abordagem da Teoria das Restrições reconhece dois fenômenos que ocorrem nos ambientes de processos:

- **Eventos dependentes:** determinadas operações ou atividades só acontecem após a realização de outras atividades predecessoras (BIE; CUI; ZHANG, 2012);
- **Eventos Aleatórios (flutuações):** atividades imprevisíveis e inesperadas ocorrem a intervalos irregulares e causam impacto na produtividade média e/ou na efetividade do processo.

Baseado nisso, a Figura 25 ilustra como estes dois fenômenos podem influenciar na duração real de uma sequência de atividades, a qual pode variar em relação à programação planejada.

Figura 25 – Eventos dependentes e aleatórios concomitantes nos processos

Como foi estimado



Como geralmente acontece na realidade



Fonte: (adaptado de SOLER, 2008).

Logo, verifica-se que a segurança embutida nas estimativas de duração das atividades não ajudarão muito a terminar o projeto no prazo acordado, pois os desvios não se cancelam, ou seja, os atrasos são repassados para a cadeia de atividades à jusante. Portanto, os desvios estatísticos não se compensam (SOLER, 2008). Isto também é demonstrado por Galvão (2005) utilizando-se a Simulação de Monte Carlo.

E como em um projeto a maioria das durações das tarefas se comporta como uma distribuição assimétrica positiva, isto conseqüentemente resultará em um desvio maior. Além disso, outro item relevante é que um projeto costuma ter uma quantidade considerável de cadeias ramificadas de atividades a montante. E quanto maior a quantidade de ramificações, maior será o potencial de acumulação total de atraso provocado pela multitarefa nas atividades dependentes destas cadeias.

E a compreensão deste fenômeno é muito importante posto que, devido à dependência de tarefas em projetos, combinada à prática da multitarefa, quanto mais tarde os atrasos forem identificados, maior será a progressão (taxa) com que o atraso total aumenta ao longo do tempo, fazendo com que os prazos do projeto se tornem inviáveis de recuperação. Isto porque quanto mais ramificações nas atividades a montante (ou predecessoras) estiverem atrasadas,

maior será o acúmulo de desvios que não se compensam (ou seja, maior será a quantidade de atrasos repassados). E este é um fenômeno vivenciado na prática pelos gerentes de projetos.

Do mesmo modo, se os atrasos são repassados e as antecipações pouco aproveitadas, as proteções perdem o efeito desejado de garantir a duração do projeto.

Ressalte-se aqui que a prática do 5º passo do Processo de Focalização em 5 Etapas (voltar ao 1º Passo, verificando se a Restrição mudou de lugar) pode ser empregado como mecanismo para estancar este acúmulo de atrasos aqui descrito.

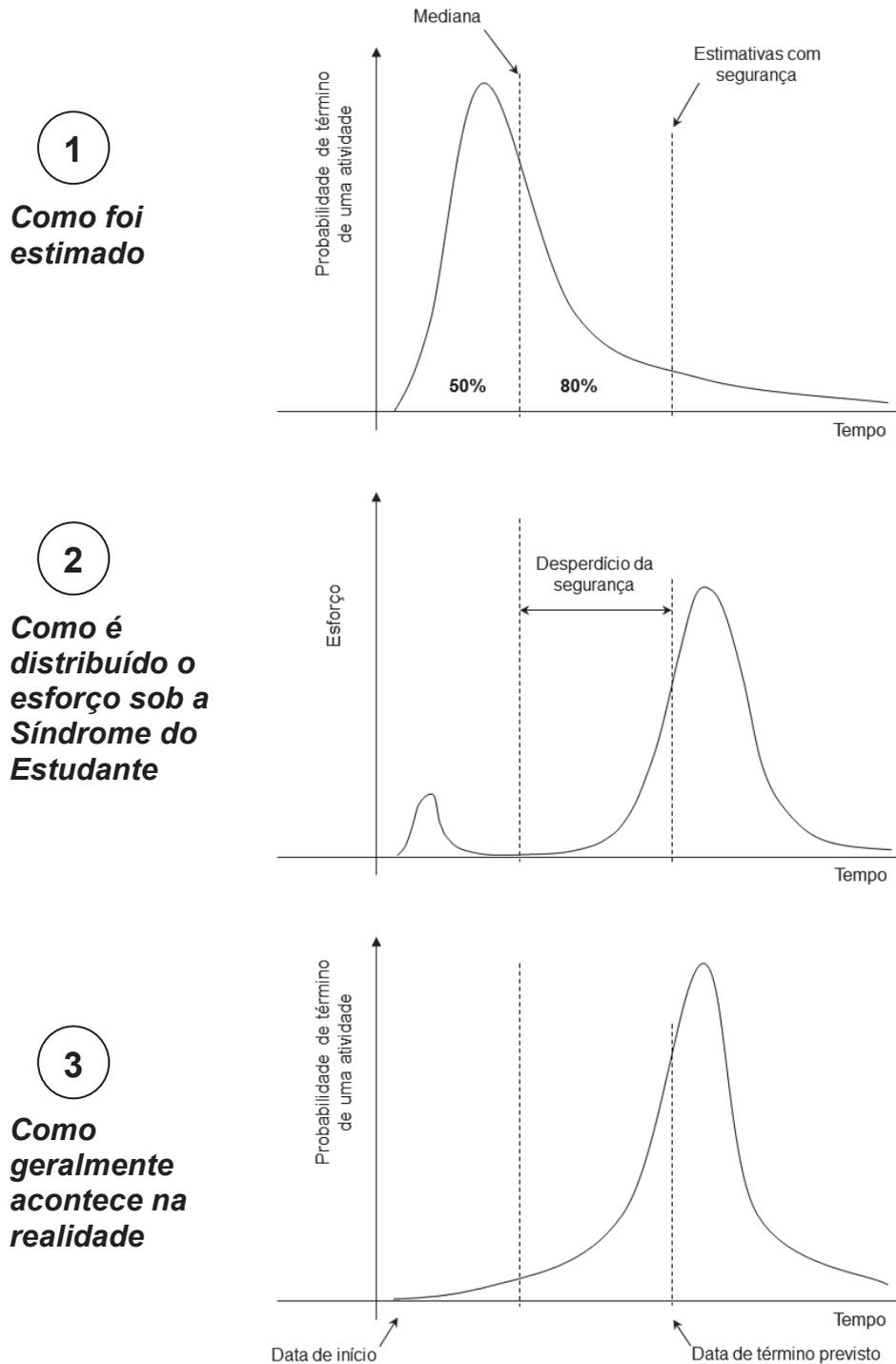
Deve ser ressaltado que estas dependências de atividades e de recursos demandam um aumento da complexidade no sincronismo de atividades inter-relacionadas à montante (predecessoras) e à jusante (sucessoras). Além disso, este aspecto também é agravado pelo conflito de prioridades entre os projetos de um portfólio.

Em adição a isto, ainda assim as atividades planejadas também atrasam em função de outros dois elementos que consomem a segurança adicionada, sendo eles a “Síndrome do Estudante” e a “Lei de Parkinson” (BLACKSTONE; COX; SCHLEIER, 2009; GOLDRATT, 1998; ROBINSON; RICHARDS, 2009; BIE; CUI; ZHANG, 2012).

O fenômeno da “Síndrome do Estudante” explica que as pessoas têm a tendência de esperar até que as tarefas se tornem extremamente urgente para iniciá-las, ou seja, quando se tem muito tempo, qualquer outra coisa se torna mais urgente, deixando para começar a atividade na última hora (BLACKSTONE; COX; SCHLEIER, 2009). E a chance de que algum imprevisto ocorra próximo do prazo final (Lei de Murphy) acarretará a demora na conclusão da tarefa (GOLDRATT, 1998; MABIN; BALDERSTONE, 2003).

A Figura 26 representa, de forma figurada, o impacto da Síndrome do Estudante na duração de uma atividade. A situação 1 representa uma estimativa de duração de uma atividade com 80% de chance de acerto, de acordo com o recurso. Contudo, na situação 2, o executor pode pressupor que poderá dispender esforços nesta atividade apenas mais adiante, justamente em função desta estimativa agregar uma margem de segurança, facultando então a postergação do início da tarefa. E se de fato assim se proceder, o risco de uma ocorrência não mapeada (por exemplo, requisitos inconsistentes, disponibilidade de meios, acidentes, etc.) causará um atraso, extrapolando então o prazo, o que representará uma maior concentração de esforços após a data planejada. Consequentemente, a situação 3 representa a distribuição da duração real desta atividade.

Figura 26 – Distribuição de esforço segundo a Síndrome do Estudante



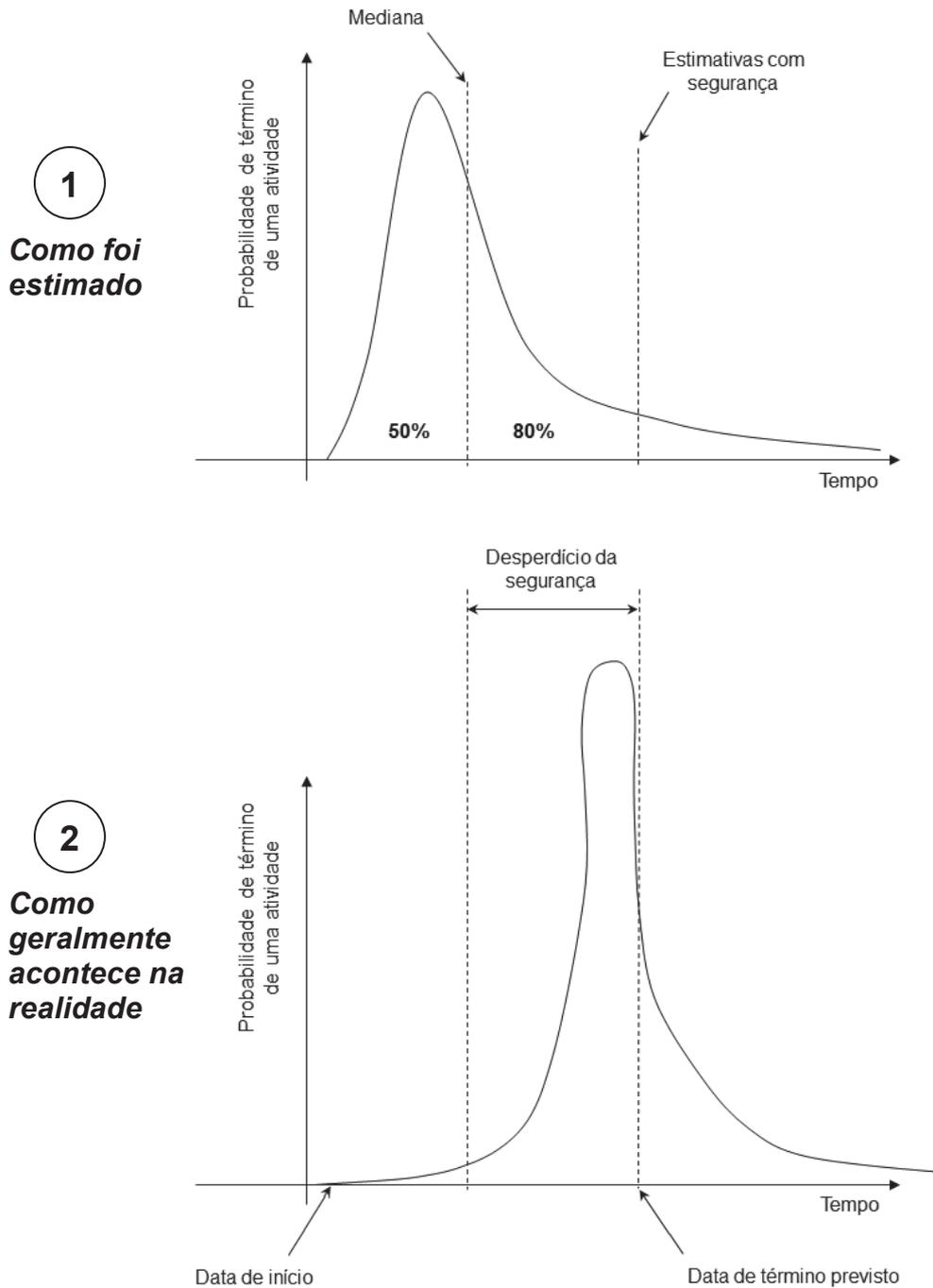
Fonte: (adaptado de SOLER, 2008).

Já a “Lei de Parkinson” (ou “efeito gasoso”) explica que quando se tem muito tempo, o trabalho se estende para preencher o tempo disponível. E se o trabalho se expande e se ajusta de modo a preencher toda a duração estimada, mesmo que uma tarefa seja concluída antes do

prazo, o recurso gastará todo o tempo restante para “terminar de completá-la” (BLACKSTONE; COX; SCHLEIER, 2009).

A Figura 27 representa o impacto desse comportamento na duração das atividades, em que a situação 1 representa uma estimativa de duração de uma atividade com 80% de chance de acerto (assim como exemplificado na ilustração anterior). Entretanto, na situação 2, supondo que o executor tenha total controle sobre o seu desempenho, ele poderá, por exemplo, finalizar esta tarefa em torno de 50% de probabilidade (mediana). Porém, reportar isto ao gerente implicaria na cobrança por durações mais “apertadas” em estimativas futuras, ao mesmo tempo depreciando o poder de negociação (ou manobra) do recurso executor em situações de interesse deste.

Figura 27 – Distribuição de probabilidades segundo a Lei de Parkinson



Fonte: (adaptado de GOLDRATT, 2002a).

Enfim, todos os problemas originados em função destes quatro fatores (ênfase na atividade, multitarefa, Síndrome do Estudante e Lei de Parkinson) tendem a se agravar por causa das dependências entre tarefas e recursos (eventos dependentes) (BLACKSTONE; COX; SCHLEIER, 2009).

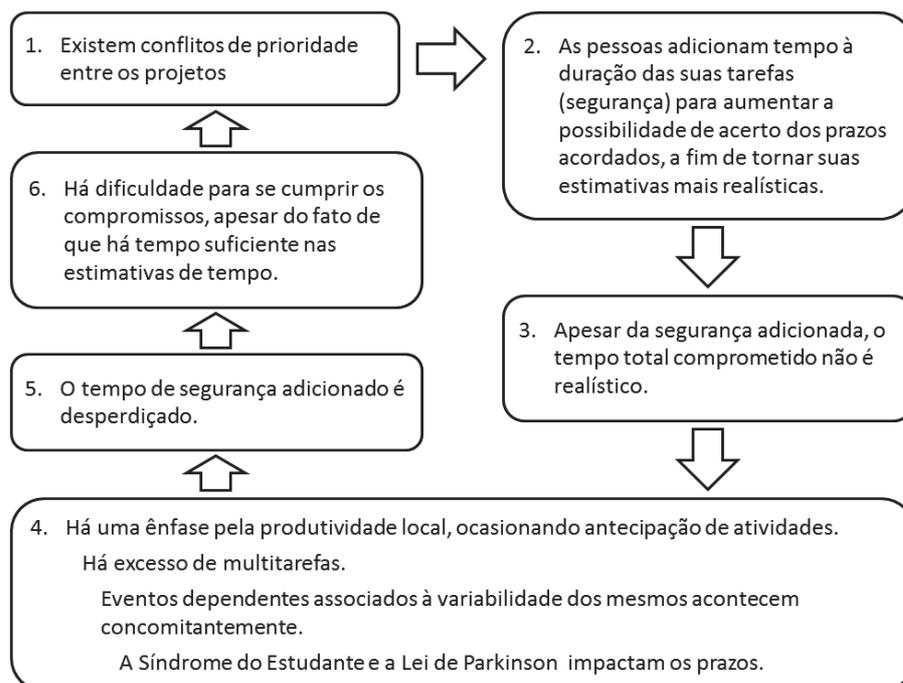
Por último, é importante enfatizar que um fator de desperdício adicional reside na deficiência da gestão em parametrizar atributos a fim de promover a sincronização em ambiente multiprojetos. E sob a perspectiva da TOC, isto se justifica pelo fato dos sistemas convencionais de gerenciamento em regime multiprojetos ainda não apresentarem um mecanismo efetivo para sincronizar projetos, de tal forma que possa ser usado sem impactar negativamente outros projetos (ROBINSON; RICHARDS, 2009).

E se existe a necessidade de se desenvolver um mecanismo para sincronizar os projetos entre si, de maneira efetiva, é preciso se assegurar de que os pressupostos do planejamento do projeto permitam que este mecanismo funcione (GOLDRATT, 1998; NEWBOLD, 1998).

E considerando estes aspectos, pressupõe-se então que, em ambiente multiprojetos, a falta de parâmetros coerentes para promover a **priorização** entre os projetos que compõem um portfólio seja um dos fatores básicos de conflitos de interesses entre eles, principalmente no que tange à disputa pelos recursos comuns.

Assim sendo, é necessário, portanto, entender mais profundamente a natureza do ciclo do processo de planejamento dos projetos, considerando todos os aspectos comportamentais percorridos nesta seção (GOLDRATT, 2002a; NEWBOLD, 1998; ROBINSON; RICHARDS, 2009). Em síntese, o ciclo de causa e efeito deste cenário está explicitado na Figura 28.

Figura 28 – Natureza dos aspectos comportamentais durante o processo de planejamento dos projetos



Fonte: (adaptado de Goldratt, 2002a).

Enfim, talvez haja segurança suficiente embutida nos projetos, mas ela é desperdiçada pelo nosso modo de operar (GOLDRATT, 2002b).

2.3.3 A solução da Corrente Crítica

De forma básica, o planejamento dos projetos segundo a Corrente Crítica se fundamenta na lógica adaptada do método de programação TPC para este fim (visto na Seção 2.2.4), empregando-o como um mecanismo para sincronizar os projetos entre si, de maneira efetiva.

Em adição a isto, ressalte-se que para o ambiente de projetos, os Pulmões são classificados em quatro categorias: Pulmão do Tambor, Pulmão de Alimentação (ou Convergência), Pulmão de Projeto e Pulmão de Capacidade (GOLDRATT, 1998; ROBINSON; RICHARDS, 2009; TUKEL; ROM; EKSIIOGLU, 2006).

Desta forma, o emprego do método da Corrente Crítica se aplica no nível de planejamento macro, e se desenvolve em três etapas:

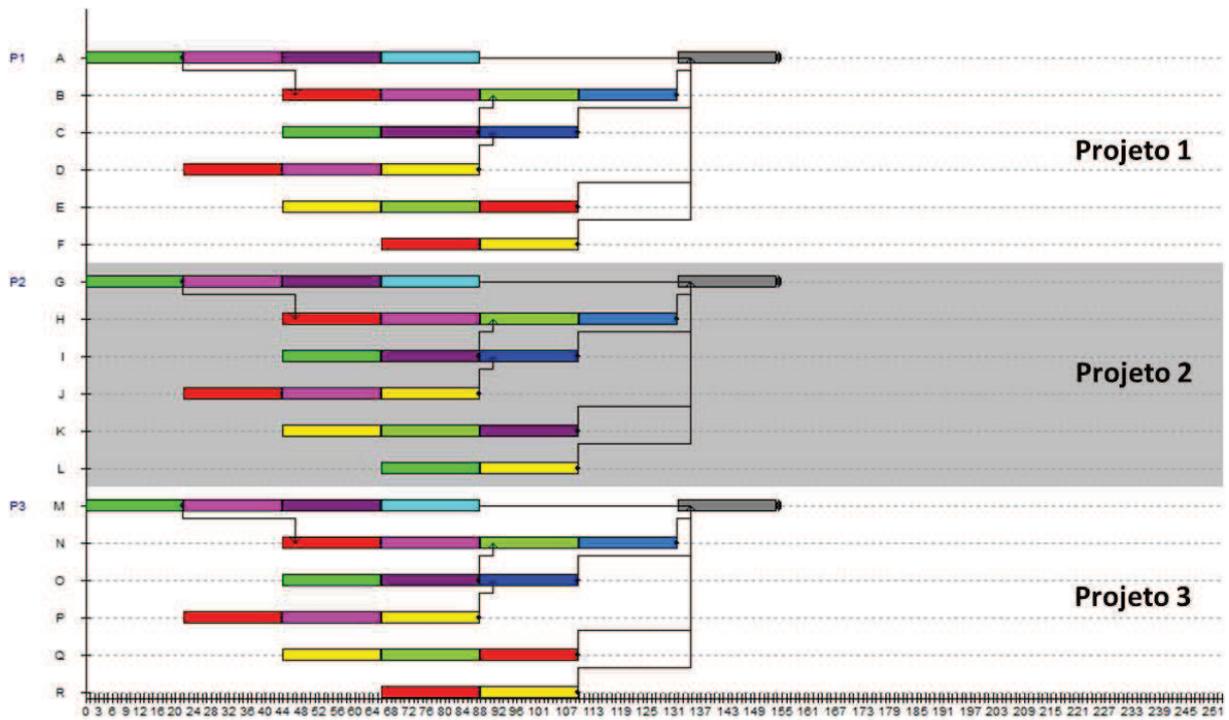
- 1º. Elege-se o Tambor do sistema;
- 2º. Aplica-se a programação pela Corrente Crítica no nível monoprojeto;
- 3º. Aplica-se a programação pela Corrente Crítica no nível multiprojeto.

Assim sendo, em primeiro é analisado todo o portfólio de projetos de uma empresa, focalizando em eleger o Tambor do sistema, ou seja, aquele recurso que apresenta como características:

- Ser restritivo de capacidade;
- Ser estratégico e/ou difícil de ser aumentado;
- Ser o recurso em que o fluxo de todos os projetos (ou a maior parte) depende dele (ou converge por ele).

A fim de auxiliar a compreensão, tome-se como exemplo didático um portfólio de projetos hipoteticamente representado pela Figura 29, com recursos identificados pelas cores e dependências explicitadas (BRASIL, 2008).

Figura 29 – Ambiente hipotético com múltiplos projetos



Fonte: (adaptado de Goldratt, 2002a).

Os projetos estão dispostos em forma de gráfico de Gantt, cujas barras coloridas representam tarefas, e a cor barra representa o principal recurso atribuído a ela. Veja por exemplo a Figura 30, em que o recurso verde está alocado para a primeira tarefa.

Figura 30 – Tarefas e recursos atribuídos

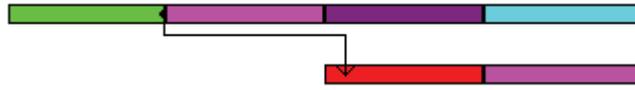


Fonte: (adaptado de PMSim Version 2.03).

Existe apenas um tipo de conexão entre as tarefas, um *link* do tipo “terminar para começar” (o que significa que a tarefa predecessora tem que acabar para que a próxima tarefa inicie). A ligação é representada por uma seta que liga o final da primeira tarefa com o início da segunda, ou por simplesmente colocar as duas barras coloridas uma após a outra. Veja por

exemplo a Figura 31, em que a tarefa desempenhada pelo recurso verde é predecessora das tarefas atribuídas aos recursos vermelho e magenta.

Figura 31 – Dependência entre as tarefas



Fonte: (adaptado de PMSim Version 2.03).

Um projeto termina sempre com uma única última tarefa, e o fim do projeto é representado por um círculo preto logo após a última tarefa do projeto (veja a Figura 32).

Figura 32 – Fim do projeto representado pelo círculo preto após a tarefa cinza



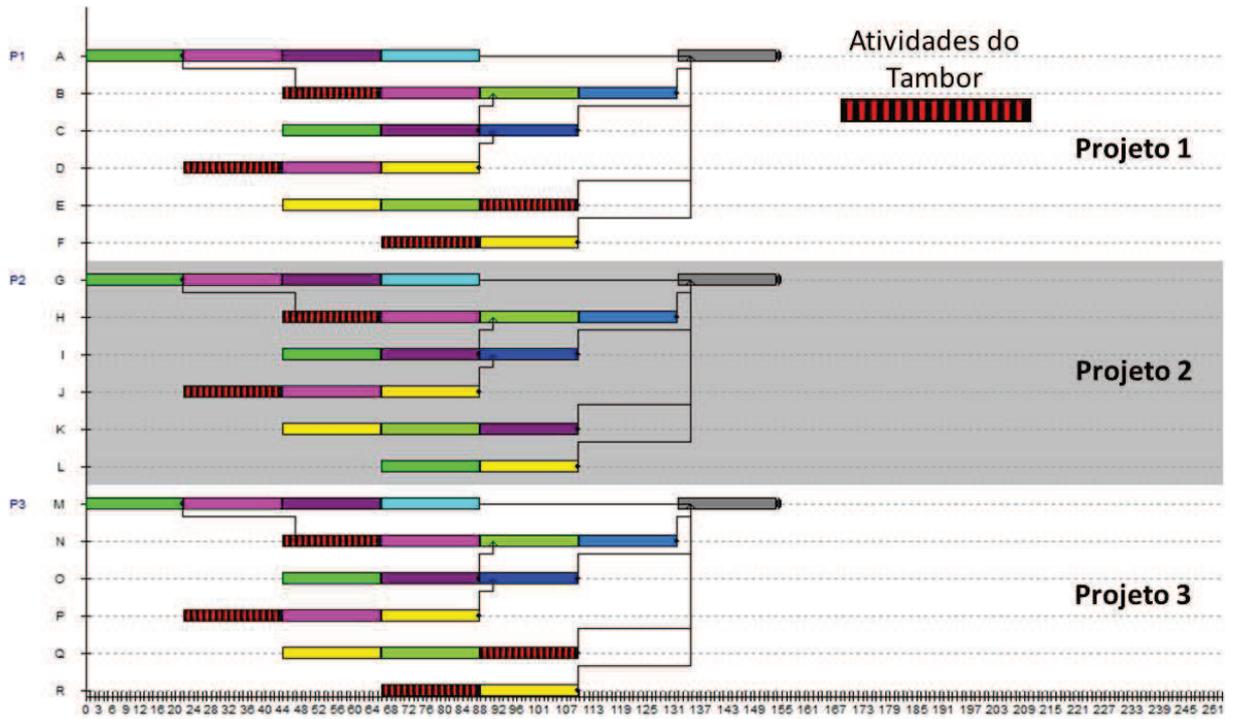
Fonte: (adaptado de PMSim Version 2.03).

Em primeiro, para o fim específico de orientar como eger o Tambor do sistema, utilizam-se algumas questões embasadas nos processos de raciocínio da TOC, dentre elas (GOLDRATT, 2002b):

1. Qual é o local onde é mais provável que os projetos fiquem “travados”?
2. Qual é o local onde é mais provável a ocorrência de multitarefa pela disputa ou conflito de um recurso?
3. Qual é o local onde é mais importante explorar ao máximo a capacidade dos recursos?

Por conseguinte, considerando o portfólio da Figura 29 e supondo-se eleito o Tambor como o **recurso vermelho**, destaca-se na Figura 33 as atividades a ele designadas.

Figura 33 – O Tambor identificado dentre os vários projetos de um portfólio

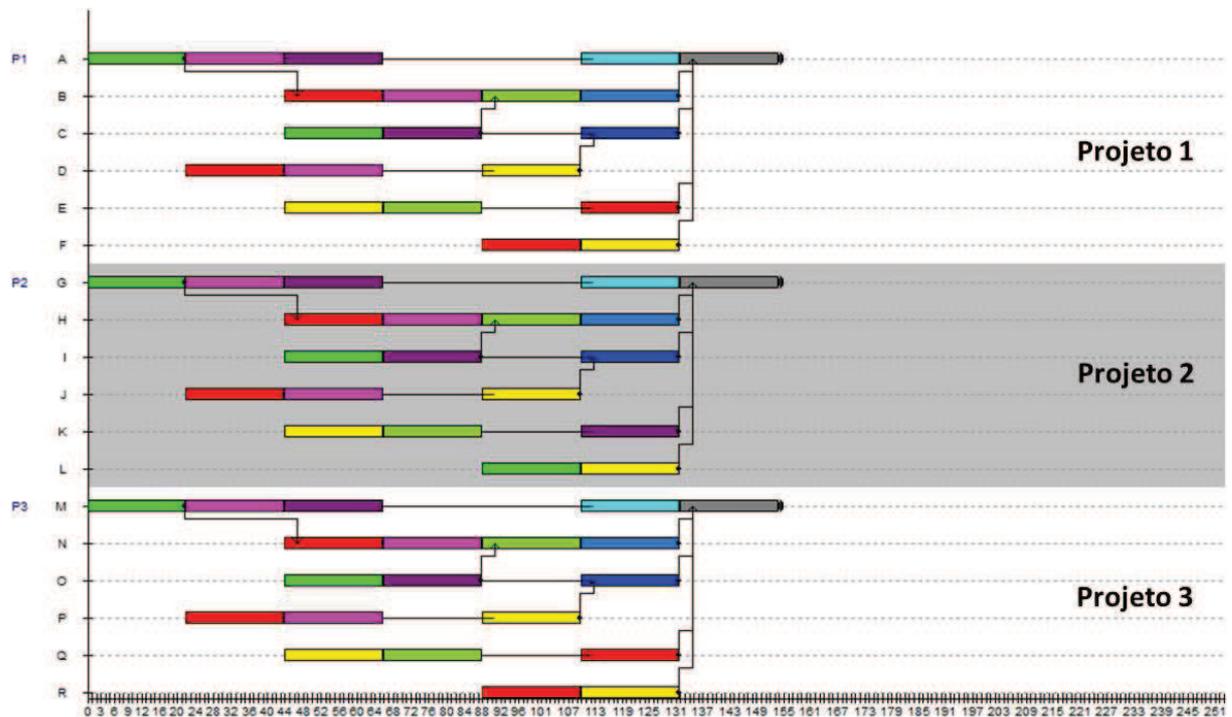


Fonte: (adaptado de Goldratt, 2002a).

Na sequência, “empurra-se” as atividades para “o mais tarde possível”, mantendo a obediência às dependências entre as tarefas, ao mesmo tempo resolvendo os conflitos de recursos. Este processo, ilustrado na Figura 34, é denominado nivelamento da carga atribuída aos recursos (ou desconflito de recursos) (BRASIL, 2008).

Sob este aspecto, “empurrar as atividades para o mais tarde possível” vem em contraposição à gestão de projetos convencional. Isto porque a tendência habitual se dá em “antecipar as atividades” sempre que possível, a fim de “terminar o projeto mais cedo”. Todavia, conforme visto anteriormente, o efeito pode ser contrário ao desejado, posto que “antecipar as tarefas” fomentará o fenômeno da multitarefa.

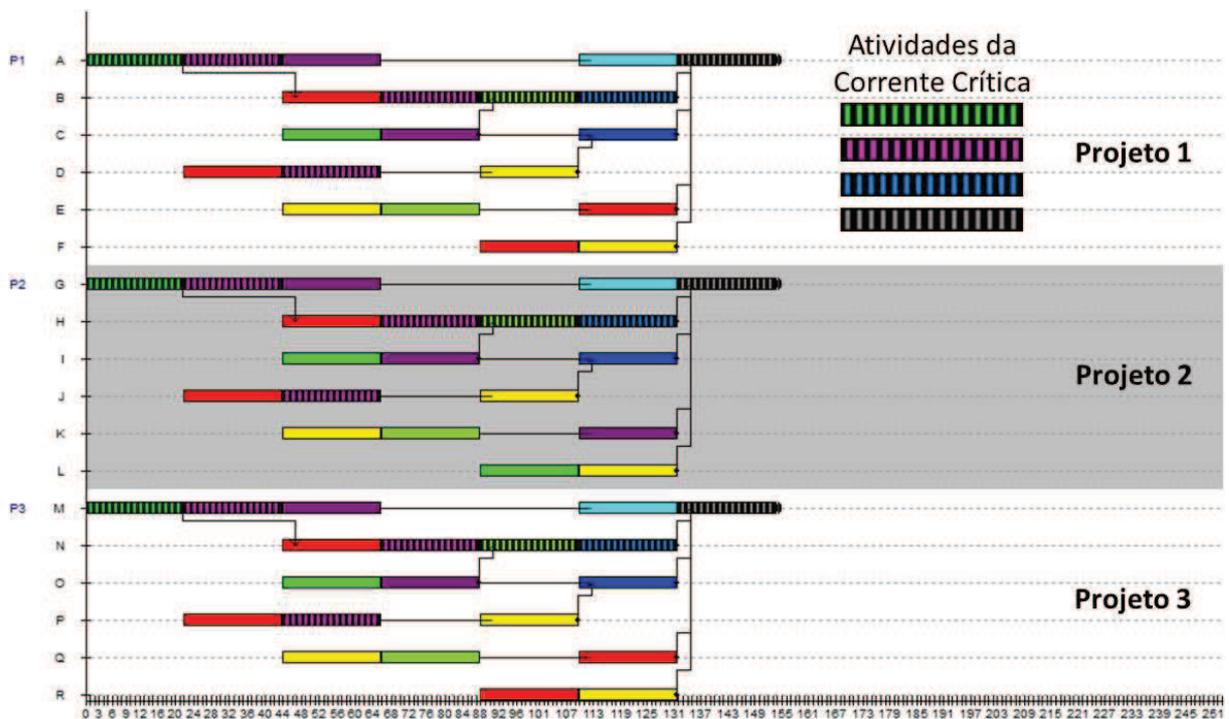
Figura 34 – Empurrar as atividades para “o mais tarde possível” e nivelar a carga dos recursos



Fonte: (adaptado de Goldratt, 2002a).

Consecutivamente, no nível monoprojeto, identifica-se a Restrição do sistema (1º passo do Processo de Focalização em 5 Etapas). Isto significa identificar a Corrente Crítica para cada projeto, o que se traduz em determinar a mais longa cadeia de atividades dependentes e atribuídas aos **recursos não-críticos** em cada um deles (GOLDRATT, 2002b). Ressalte-se que as dependências não se limitam apenas a atividades sequenciais, mas também a dependências entre recursos. A Figura 35 representa as respectivas atividades que compõem cada uma das Correntes Críticas específicas de cada projeto.

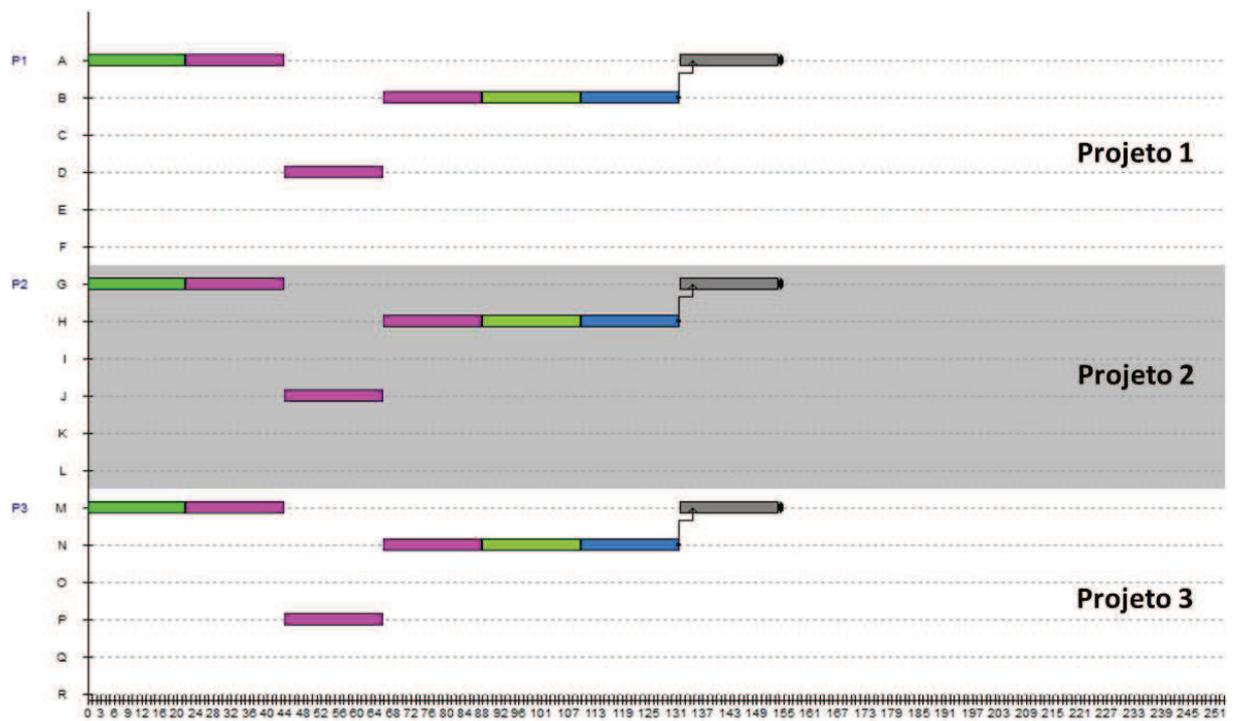
Figura 35 – Identificar as Correntes Críticas de cada projeto



Fonte: (adaptado de Goldratt, 2002a).

Os próximos passos do algoritmo de programação se processam em torno das Correntes Críticas identificadas em cada projeto. Deste modo, com o propósito de demonstrar a lógica da programação, a Figura 36 destaca cada uma delas (note que as Correntes Críticas distinguidas na Figura 36 equivalem às mesmas cadeias de atividades hachuriadas da Figura 35).

Figura 36 – Destaque para as Correntes Críticas de cada projeto

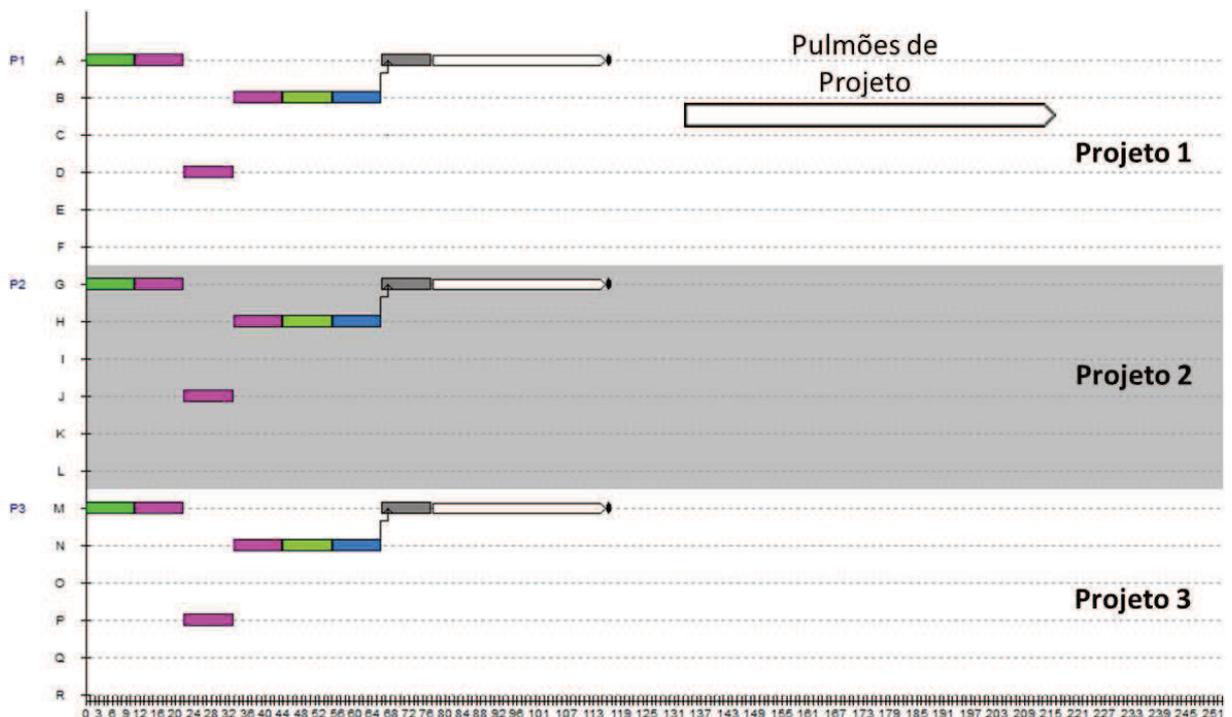


Fonte: (adaptado de Goldratt, 2002a).

Uma vez identificadas as Correntes Críticas, ajusta-se os tempos estimados das mesmas removendo-se a segurança embutida (a qual será transformada em pulmão), reduzindo-se a duração de cada tarefa para 50% de probabilidade de conclusão. Estes redimensionamentos das durações das atividades são denominados “tempos secos” (ou tempos enxutos). O “tempo seco” é o tempo supostamente necessário para o recurso executar a atividade de forma dedicada, sem interrupções, e livre da influência da multitarefa, da Síndrome do Estudante e da Lei de Parkinson.

Isto feito, o próximo passo consiste em transferir estas seguranças removidas das estimativas originais e inseri-las na forma de Pulmões de Projeto ao final de cada uma das Correntes Críticas identificadas. O tamanho de cada Pulmão de Projeto é calculado em 50% da soma de todos os tempos de segurança removidos das atividades de cada Corrente Crítica (veja a Figura 37). O objetivo dos Pulmões de Projeto é o de proteger as datas de entrega de cada projeto contra atrasos das atividades das respectivas Correntes Críticas (BRASIL, 2008).

Figura 37 – Ajuste das Correntes Críticas para “tempos secos” e inserção dos Pulmões de Projeto



Fonte: (adaptado de Goldratt, 2002a).

E em se tratando do dimensionamento de um Pulmão, torna-se prudente agregar algumas observações acerca da convenção lógica para o cálculo deste, discorridos nos parágrafos seguintes.

Segundo Leach (2005), Eli Goldratt, inventor da teoria da Corrente Crítica, sugeriu redimensionar a duração das tarefas em um projeto reduzindo-as ao meio e, em seguida, adicionando um Pulmão de tempo de projeto igual à metade da soma da duração das tarefas ao longo da Corrente Crítica. Assim, no final, o Pulmão compreende cerca de um terço do tempo total do projeto.

Ainda de acordo com Leach (2005), Goldratt buscou constantemente soluções simples, e esta é certamente uma maneira simples de dimensionar o tamanho um Pulmão de Projeto. Embora cético no início, Leach (2005), pela própria experimentação, também concorda que esta forma de dimensionar Pulmões tem sido eficaz para muitos projetos em muitos ambientes de projeto. No entanto, organizações de projetos muito sofisticados não são susceptíveis de adotar este método, em parte porque parece um cálculo simples demais.

Em adição a isto, de acordo com Newbold (1998), de forma geral, o dimensionamento de um Pulmão deve ser bom o suficiente para proteger a programação. E no caso do Pulmão de Projeto, seu tamanho deve ser baseado principalmente sobre o risco acumulado ao longo da Corrente Crítica.

Como tradicionalmente os executores teriam inflado as estimativas de tempo das suas tarefas, e agora este excedente teria sido removido para os valores médios das respectivas durações (50%), teoricamente existe um monte de tempo “salvo” (armazenado) do projeto, e seria sensato devolver uma parte deste tempo para o projeto (NEWBOLD, 1998) em uma localização estratégica para proteger a rede de atividades. Assim, convencionou-se ser uma boa regra começar com um Pulmão de Projeto em metade da segurança removida, ou seja, com 50% da (enxuta) duração Corrente Crítica para o Pulmão de Projeto. Isto fará com que a duração total ajustada seja igual a 75% da duração total originalmente estimada (NEWBOLD, 1998).

O mesmo raciocínio também se aplica aos outros tipos de Pulmões. Porém, ressalte-se que os tamanhos dos Pulmões podem ser ajustados em outras proporções diferentes de 50%, em função de outras variáveis, como por exemplo (NEWBOLD, 1998):

- Confiabilidade na disponibilidade dos recursos na data programada;
- Número de tarefas da Corrente Crítica;
- Nível de incerteza dos riscos.

Outro método para dimensionamento do Pulmão de Projeto utiliza a mesma base estatística da técnica PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) (LEACH, 2005). O PERT é um método para estimativa de durações de atividades, cujo cálculo é feito a partir da média ponderada de três durações possíveis de cada tarefa – otimista (t_o), mais provável (t_M) e pessimista (t_p) –, para então estimar a média e o desvio padrão para cada tarefa (PMI, 2004). A análise PERT calcula a duração esperada da atividade (t_E) usando uma média ponderada dessas três estimativas, de acordo com a seguinte fórmula:

$$t_E = (t_o + 4*t_M + t_p) / 6$$

O método PERT também assume que a diferença entre as estimativas otimistas e pessimistas é um múltiplo do desvio padrão, e calcula a raiz quadrada da soma dos quadrados das diferenças para estimar o desvio padrão da soma (LEACH, 2005).

No entanto, para se determinar o tamanho do Pulmão do Projeto, Leach (2005) recomenda seguir a mesma lógica estatística do PERT (caso esta tenha sido a opção escolhida), porém adotando apenas duas estimativas para a duração da tarefa – a mais provável e uma estimativa de baixo risco –, sugerindo que a conta seja feita pelo método da raiz quadrada da soma dos quadrados. Todavia, no final, aconselha-se nunca adotar um tamanho de Pulmão de Projeto menor do que 25% da Corrente Crítica.

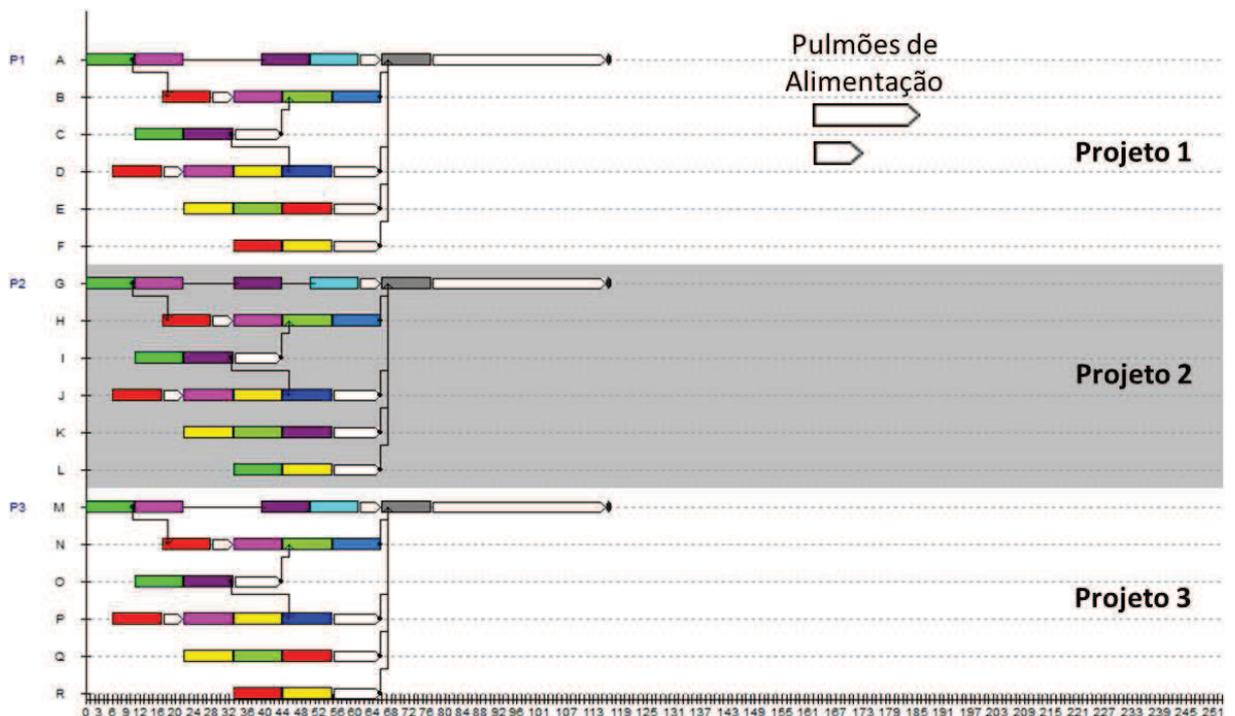
Outro aspecto levantado por Leach (2005) é que o dimensionamento dos Pulmões, seja pelo método PERT, ou ainda, seja pela Simulação de Monte Carlo, quanto maior o número de atividades do projeto, menor será o tamanho relativo do Pulmão em relação à soma do tempo total das atividades consideradas.

Mas não obstante, a contínua experiência reitera a adoção do método mais simples originalmente proposto por Goldratt: metade do “tempo seco” total das tarefas da Corrente Crítica (LEACH, 2005). E esta será a convenção adotada para todos os tipos de Pulmões descritos a seguir neste trabalho.

Seguindo a mesma lógica, também se ajustam os tempos estimados de cada uma das cadeias de atividades que “alimentam” as Correntes Críticas de cada projeto para 50% de probabilidade de conclusão (“tempos secos”).

Concomitantemente, a fim de proteger cada Corrente Crítica contra os atrasos dos ramos que as alimentam (ou que por elas convergem), transferir estas seguranças removidas das estimativas originais e inseri-las na forma de Pulmões de Alimentação (ou Convergência). Assim como ocorre com os Pulmões de Projeto, o tamanho de cada Pulmão de Alimentação é calculado em 50% da soma de todos os tempos de segurança removidos da cadeia de atividades que os precedem (BRASIL, 2008) (veja a Figura 38).

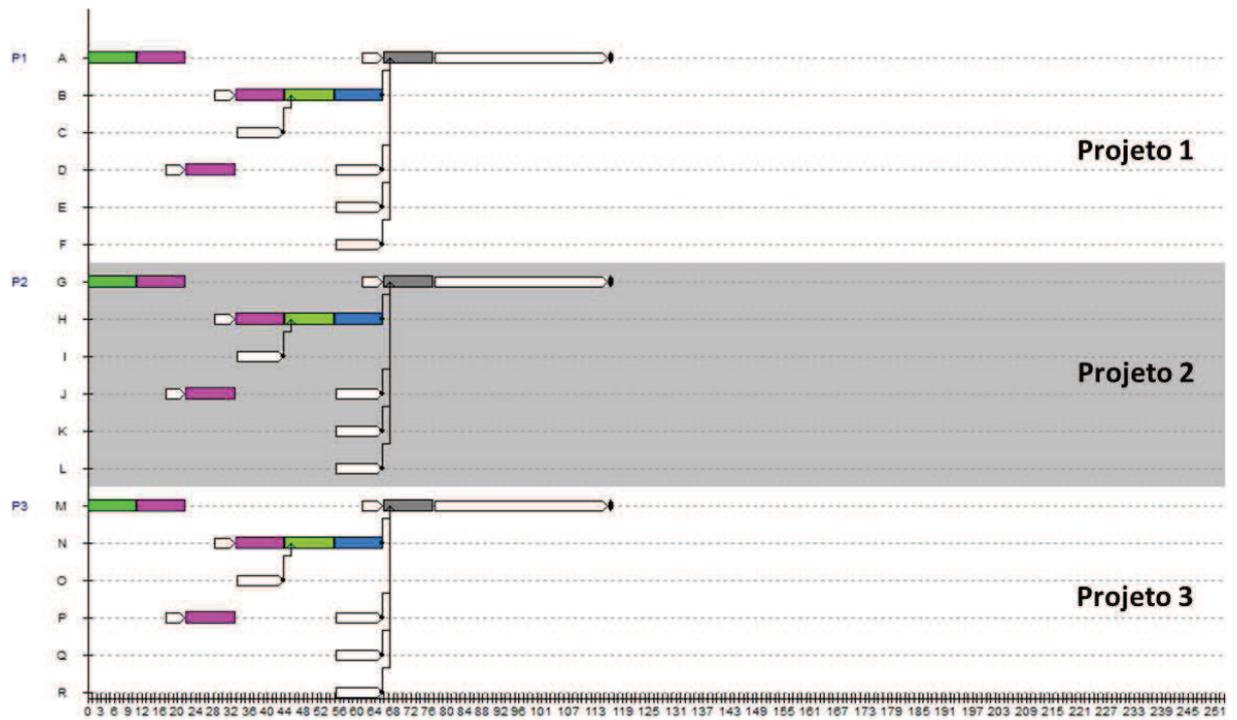
Figura 38 – Ajuste da cadeia de atividades que “alimentam” as Correntes Críticas de cada projeto para “tempos secos” e inserção dos Pulmões de Alimentação (ou Convergência)



Fonte: (adaptado de Goldratt, 2002a).

Apenas para ilustração, a Figura 39 destaca da Figura 38 as Correntes Críticas de cada projeto do portfólio (agora ajustados com os “tempos secos”), e os respectivos Pulmões de Projeto e de Alimentação.

Figura 39 – Destaque para as Correntes Críticas e os Pulmões de Projetos e de Alimentação

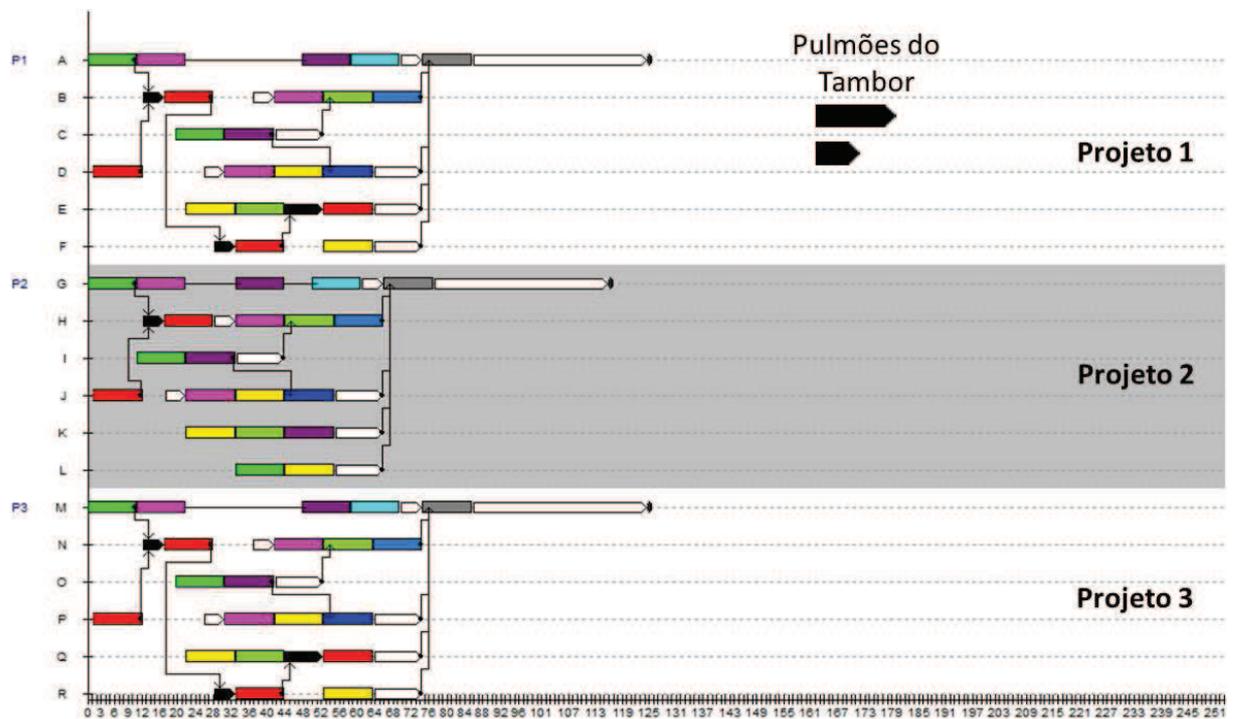


Fonte: (adaptado de Goldratt, 2002a).

O próximo passo consiste em inserir os Pulmões do Tambor, conforme indicado na Figura 40. O propósito destes Pulmões é o de proteger o Tambor contra atrasos, posto que, de acordo com a Teoria das Restrições, o desempenho do Tambor afeta o desempenho de todo o portfólio.

E assim como ocorre com os Pulmões de Projetos e os Pulmões de Alimentação, o tamanho de cada Pulmão do Tambor é calculado em 50% da soma dos tempos de segurança removidos das atividades diretamente predecessoras em que ele está alocado (BRASIL, 2008).

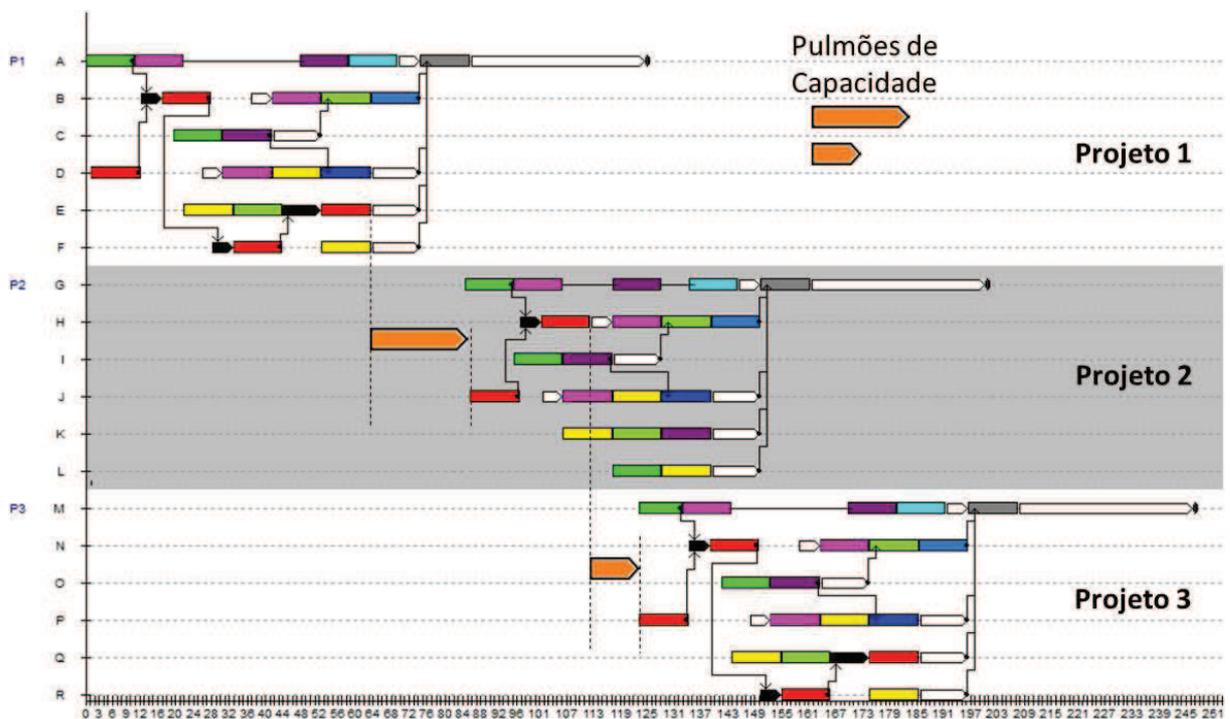
Figura 40 – Inserção dos Pulmões do Tambor



Fonte: (adaptado de Goldratt, 2002a).

Finalmente, promove-se o sequenciamento do portfólio de projetos por meio do nivelamento da capacidade do Tambor (desconflito das atividades deste recurso compartilhado entre os projetos), ao mesmo tempo inserindo os Pulmões de Capacidade entre cada projeto (veja a Figura 41). Os Pulmões de Capacidade são alocados entre a última atividade do Tambor no projeto antecessor e a primeira atividade do Tambor no projeto sucessor (SOLER, 2008). Cada Pulmão de Capacidade também é calculado em 50% da soma dos “tempos secos” da cadeia de tarefas do Tambor que o precedem.

Figura 41 – Sequenciamento entre os projetos por meio do nivelamento do Tambor e inserção dos Pulmões de Capacidade



Fonte: (adaptado de Goldratt, 2002a).

Enfim, é por meio do Tambor que se estabelece um critério de sequenciamento para a execução de projetos, a fim de evitar os desperdícios (entre eles os causados pela multitarefa). Assim, o Tambor é o elemento que serve como base para executar o “sequenciamento” e o “nivelamento” entre os projetos, determinando os pontos sensíveis de sequenciamento e controle da rede de projetos, monitorando o avanço de todos os projetos como um todo, de acordo com a sua capacidade de processamento.

Conseqüentemente, o Tambor marca o ritmo do progresso dos projetos, determinado pela Restrição do sistema (COX III; BLACKSTONE; SPENCER, 1995). Uma vez determinado ou eleito, ele sofre um processo de desconflito entre suas atividades, de acordo

com a ordem de importância ou priorização (MOELLMANN, 2009) dos vários projetos do portfólio (nivelamento), limitado por sua capacidade em realizá-las.

Em adição a isto, os Pulmões amortecem o impacto das variabilidades intrínsecas à natureza dos projetos, impedindo que esta circunstância afete as metas de prazos planejados do sistema, ao mesmo tempo em que funcionam como indicadores de desempenho, propiciando a reação imediata em função do atraso em alguma atividade (GOLDRATT, 2002a). Conseqüentemente, é através do Gerenciamento dos Pulmões, ou seja, é rastreando e monitorando a cadeia predecessora de atividades que consome cada um deles, que será efetivamente possível gerenciar e controlar todo o progresso dos projetos dentro do ambiente multiprojetos, propiciando a cada gerente de projeto rastrear, identificar e atuar incisivamente na atividade-raiz que consome o Pulmão que a sucede (a jusante).

E complementando, é por meio da comunicação proporcionada pela Corda que o gerenciamento de todo esse processo será possível. A Corda representa o mecanismo que permite verificar o desempenho, tanto das cadeias de atividades não-críticas quanto da capacidade de processamento do Tambor (WATSON; BLACKSTONE; GARDINER, 2007), permitindo antecipar os impactos de seus atrasos nas datas finais dos projetos. Isto é possível através do controle baseado nas razões de consumo, tanto dos Pulmões de Alimentação pelos recursos não-restritivos, quanto dos Pulmões do Tambor por ele próprio, posto que a corda proporciona a comunicação entre os pontos críticos de controle e o consumo dos Pulmões de Projeto. Desta forma, assegura-se a sincronia do fluxo de atividades com o planejamento dos projetos (RAHMAN, 2002), colaborando-se para minimizar os efeitos das interrupções e/ou variações de desempenho dos diversos recursos, de forma a manter o nível do consumo dos Pulmões sob controle (WATSON; BLACKSTONE; GARDINER, 2007). Propicia-se, deste modo, o fluxo contínuo do sistema, dentro das possibilidades.

Como resultado, espera-se que as entregas sejam realizadas no prazo, caso as atividades do Tambor não atrasem. Mas o maior benefício obtido é a visualização, com antecedência, se haverá atrasos nas atividades do Tambor e, conseqüentemente, nas entregas planejadas (MOELLMANN, 2009).

Por fim, o objetivo principal da Corrente Crítica consiste em facilitar o gerenciamento, tornando-o mais simples e centrado em pontos de controle situados nos Pulmões e no Tambor, posto que em ambientes multiprojetos, principalmente aqueles compostos por projetos longos e complexos, é praticamente impossível gerenciar todas as atividades aos mesmo tempo.

2.3.4 A ética da efetividade

Conforme abordado na Seção 2.3.2 (desperdiçando a segurança), a influência dos aspectos comportamentais pode afetar negativamente o desempenho de prazos dos projetos. Assim sendo, em se tratando do emprego da Corrente Crítica, dentro da sua ideologia é incentivada a prática da ética da efetividade, a fim de minimizar o efeito nocivo dos fenômenos que geram o desperdício (ênfase na atividade, multitarefa, Síndrome do Estudante, e Lei de Parkinson).

Segundo seus preceitos, os recursos devem se subordinar ao princípio de que devem trabalhar em uma atividade somente no momento programado para a mesma, ou seja, se houver tarefa o recurso executa, se não, o recurso aguarda. E uma vez iniciada a atividade, o recurso não interrompe o seu ritmo até que a tarefa seja finalizada (GOLDRATT, 1998; GOLDRATT, 2002a). A ética da efetividade, portanto, torna-se fundamental para o sucesso do desempenho dos projetos, principalmente em função das cadeias de atividades serem redimensionadas com tempos enxutos (tempos secos), não havendo folgas entre elas, e sim, apenas os Pulmões inseridos em locais estratégicos para absorverem (amortecerem) as flutuações das durações estimadas.

Será abordado mais a frente que a aplicação deste princípio vem ao encontro do SEDP, sob o aspecto de se concentrar na importância em se conservar o plano relativamente estável.

2.3.5 Síntese da solução da Corrente Crítica

Visando a consistência do planejamento do portfólio de projetos com as metas estratégicas da corporação, limitada, porém, pela capacidade de execução dos seus recursos, são aplicados todos os pressupostos anteriores, inicialmente em nível monoprojeto e, na sequência, no âmbito multiprojetos (GOLDRATT, 2002a).

Primeiramente, elege-se o Tambor. Em segundo, programa-se a rede de atividades de cada monoprojeto, com estimativas enxutas em suas respectivas tarefas (“tempo seco”, sem segurança ou tempo em excesso). Em terceiro, “empurra-se as atividades para o mais tarde possível”, ao mesmo tempo aplicando-se o nivelamento (desconflito) pelo uso dos recursos. Em quarto, identifica-se a Corrente Crítica de cada projeto, dimensionando e alocando, em cada uma delas, seus respectivos Pulmão de Projeto e Pulmões de Alimentação. Em quinto, inserem-se os Pulmões do Tambor, nivelando novamente a cadeia de atividades de cada

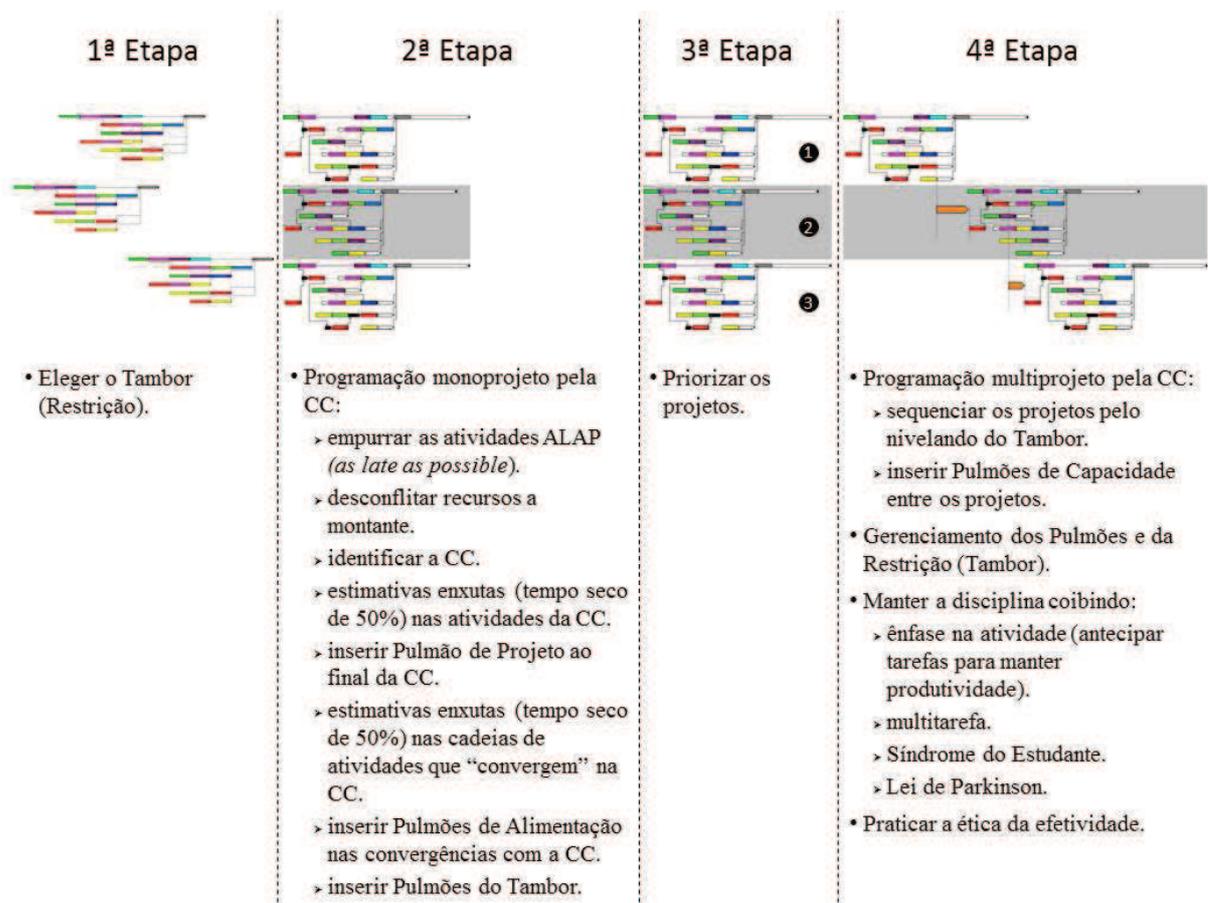
monoprojeto, porém agora, através apenas do principal elo (recurso) da organização (o Tambor) (GOLDRATT, 1998; ROBINSON; RICHARDS, 2009; NEWBOLD, 1998).

De posse de cada monoprojeto cronogramado, prioriza-se a importância entre eles, sequenciando-os. Em seguida, desconflita-se novamente as atividades do Tambor por meio do seu nivelamento entre os monoprojetos, com base na cargas de trabalho alocadas ao mesmo (NEWBOLD, 1998; GOLDRATT, 2002b).

Isto feito, são então dimensionados e inseridos os Pulmões de Capacidade, posicionados entre cada um dos projetos, localizados entre as programações final e inicial do Tambor nos projetos predecessor e sucessor, respectivamente (NEWBOLD, 1998; GOLDRATT, 2002b).

A Figura 42 sintetiza este fluxo.

Figura 42 – Fluxo resumido de aplicação da Corrente Crítica



Fonte: (elaborado pelo próprio autor).

2.4 O SISTEMA ENXUTO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO

O SEDP é definido como um modelo que reúne as práticas, as políticas e a filosofia de desenvolvimento de produtos da Toyota, a fim de proporcionar que seus projetos alcancem resultados eficazes por meio da eficiência no planejamento e na execução das atividades, bem como pela eliminação de desperdícios durante os processos de desenvolvimento, dentre outros aspectos. Pode ser visto como um sistema sociotécnico que engloba pessoas, processos e tecnologia (VIVONE, 2008)¹.

De forma geral, assim como ocorre com o Sistema Toyota de Produção (STP), o SEDP vem ao encontro dos 5 Princípios da Mentalidade Enxuta (ou *Lean Thinking*), caracterizados na sequência:

- 1º. **Valor:** consiste em identificar o que realmente agrega valor para o cliente. É o cliente que define o que é valor (por exemplo: qualidade, escopo, prazos e custos). É o princípio que direciona como manter a empresa no negócio (LIKER, 2005; MORGAN; LIKER, 2008).
- 2º. **Fluxo de Valor:** os fluxos de valor devem ser conhecidos em detalhes. Deve-se observar os processos como um todo, a fim de identificar aqueles que efetivamente geram valor sob o ponto de vista do cliente. São os processos importantes para a manutenção do negócio (LIKER, 2005).
- 3º. **Fluxo Contínuo:** verificar se existem momentos em que a informação para, e por quê. Identificar e priorizar melhorias no ponto do processo que impedem o sistema de aumentar os ganhos, a fim de promover a estabilidade. Criar um nivelamento de fluxo do processo de desenvolvimento de produto (LIKER, 2005; MORGAN; LIKER, 2008).
- 4º. **Sistema Puxado:** garantir que as tarefas são executadas somente quando necessárias. O alinhamento estratégico e o cliente passam a "puxar" as necessidades (LIKER, 2005).
- 5º. **Busca da Perfeição:** os desperdícios não podem ser assumidos com naturalidade, e sim com indignação. Deve-se atacar a inércia, superando e alinhando as expectativas, criando e incrementando valor. Consolidar o aprendizado e a melhoria

¹ Texto de Marcus Vinicius Vivone, extraído da “Apresentação à Edição Brasileira” publicada no livro “Sistema Toyota de desenvolvimento de produto: integrando pessoas, processo e tecnologia”, de James M. Morgan e Jeffrey K. Liker – Porto Alegre: Bookman, 2008.

contínua, utilizando a padronização rigorosa para reduzir a variação (LIKER, 2005; MORGAN; LIKER, 2008).

Além destes, o modelo do SEDP compreende também outro princípio mais específico, o qual consiste em concentrar os esforços no início do processo de desenvolvimento de produtos, concomitantemente com a adoção da estratégia de gerenciamento de plataformas de produtos. Isto significa focar em produtos derivados a partir da construção em plataformas de produtos existentes (BEAUME; MANIAK; MIDLER, 2009; MORGAN; LIKER, 2008), a fim de explorar integralmente as alternativas viáveis de projeto (RO; LIKER; FIXSON, 2007).

Em adição a isto, o 3º princípio da mentalidade enxuta (fluxo contínuo), também aplicado pelo SEDP, se fundamenta em criar um nivelamento de fluxo do processo de desenvolvimento de produto. Todavia, considerando-se o desenvolvimento de novos produtos baseado em produtos derivados e construídos sobre plataformas de produtos existentes, a aplicação deste princípio acaba por se caracterizar como um macroprocesso complexo.

Este fato ocorre devido à interatividade simultânea com outros sistemas à base de gestão por processos, ou seja, um sistema em que a responsabilidade por uma etapa específica de um projeto transpõe dois ou mais departamentos ou áreas (MORGAN; LIKER, 2008). Adiciona-se a essa situação a necessidade dos departamentos trabalharem simultaneamente com vários projetos, segundo uma estrutura matricial, conseqüentemente enfrentando desafios similares em matéria de gerenciamento de recursos compartilhados.

Desta forma, mesmo considerando que um projeto individual de desenvolvimento de produto represente uma fração mínima do portfólio de produtos de uma empresa (MORGAN; LIKER, 2008), este não deve ser planejado de forma isolada.

Isto posto, para se chegar ao sucesso, um empreendimento precisa se desenvolver com eficiência dentro daquilo que se define como “gestão de multiprojetos, ou seja, uma estratégia que otimiza o compartilhamento de recursos entre projetos múltiplos e simultâneos” (NOBEOKA; CUSUMANO, 1995). Trata-se de uma maneira eficiente de administrar as complexidades tecnológicas quando se atua com o desenvolvimento de produtos diversos e sofisticados (MORGAN; LIKER, 2008).

O SEDP concentra esforços na fase inicial de desenvolvimento de um produto, porque é justamente no começo do programa que se analisam as variáveis que irão impactar positivamente em direção a uma maior chance de sucesso do produto de um projeto, e ao menor custo (ZHANG *et al.*, 2008). E complementando esta perspectiva, a gestão de portfólio

de produtos e o gerenciamento de conteúdo de programas compartilhados devem considerar, além da programação antecipada, a administração por meio das atividades de gerenciamento multiprogramas, a fim de criar um ambiente no qual programas individuais tenham a melhor possibilidade de sucesso (OSHRI; NEWELL, 2005).

Sob este aspecto, estabilizar o processo de desenvolvimento de produtos por meio de fluxo de processo não significa necessariamente um fluxo contínuo e ininterrupto das atividades (mais comum, por exemplo, na manufatura), até porque as tarefas são mais complexas, com ciclos de duração prolongados e variabilidade recorrente.

Porém, o nivelamento do fluxo do processo no desenvolvimento de projetos pode se desenvolver dentro de uma variabilidade possível de ser absorvida, principalmente por meio da eliminação não apenas de “desperdícios” (*muda*), mas também de “irregularidades” (*mura*) e de “sobrecarga” (*muri*) (MORGAN; LIKER, 2008).

De certa forma, estes três elementos (desperdícios, irregularidades e sobrecarga) costumam mais ser perceptíveis em processos de manufatura subordinados ao Sistema Toyota de Produção – STP – do que em ambientes de projetos, justamente devido à natureza mais tangível dos processos produtivos (KHAN *et al.*, 2011).

Na seção a seguir, serão então discorridas a natureza destas três particularidades no desenvolvimento de produtos, a fim de propiciar uma melhor compreensão do desenvolvimento desta pesquisa.

2.4.1 A visão do SEDP sobre *muda* (desperdício), *muri* (sobrecarga) e *mura* (irregularidade)

Assim como ocorre no Sistema Toyota de Produção (STP), os **desperdícios (*mudas*)** são considerados pelo SEDP como qualquer atividade que consuma recursos sem agregar valor para o cliente, sendo também classificados em sete categorias (MORGAN; LIKER, 2008; BALLARD; HOWELL, 2003), ilustradas a seguir:

- **Produção em excesso:** “produzir” mais, ou antes, do que o processo necessita (desenvolver atividades previamente ao planejado), gerando acúmulos e tarefas simultâneas e não sincronizadas;
- **Espera:** esperar por informações, decisões ou pela conclusão das tarefas predecessoras;
- **Transporte:** envio de informações desnecessárias para todos os envolvidos;

- **Processamento:** falta de padronização, redundâncias de atividades e esforços desnecessários na realização de tarefas;
- **Estoque:** acúmulo de informações e “produtos” intermediários (como por exemplo: relatórios, desenhos, especificações, autorizações, etc.) desnecessários ou por antecipação;
- **Movimentação:** atividades que não agregam valor, como reuniões redundantes e revisões sem importância;
- **Correção:** retrabalho por premissas inadequadas, informações vagas ou comunicação deficiente.

Em adição a isto, Ward, Shook and Sobek (2007) apontam outros três tipos de desperdícios no Desenvolvimento de Processos e Produtos Enxutos:

- **Dispersão (*Scatter*):** ações de gestão, como a reorganização e variação de carga de trabalho, dificultando ao conhecimento chegar no lugar certo; barreiras à comunicação, tais como o uso de múltiplas formas de relatórios para levar informações através de canais e ferramentas deficientes, que na maioria das vezes geram informações que foram úteis na prevenção de um problema passado, mas não evitam problemas futuros de forma eficiente;
- **“Bola Quadrada” (*Hand-off*):** o mais crítico dos desperdícios, ocorrendo sempre que uma empresa desagrega responsabilidade, conhecimento, ação e retorno (*feedback*): passar à frente algo insustentável ou incompleto, informação inútil, geralmente criada para fornecer à gestão uma “ilusão” de controle;
- **Julgamento precipitado (*Wishful Thinking*):** a tomada de decisões sem dados consistentes; não testar as especificações, o que deixa o produto vulnerável a problemas pouco conhecidos; e conhecimento não aproveitado.

Além disso, a **sobrecarga (*muri*)** é caracterizada pelo SEDP por “empurrar” tarefas ou produtos intermediários para os processos sucessores (regime empurrado à jusante), excedendo os limites naturais de processamento dos recursos executores, levando ao erro e ao trabalho imperfeito, produzindo resultados de qualidade deficiente, colocando em risco os propósitos do projeto (JUNG; KANG, 2007).

Para concluir, as **irregularidades (*muras*)**, segundo o SEDP, se relacionam ao fluxo e cargas desiguais (ou desbalanceados) de trabalho, ora predominando mais trabalho que

peças para realizá-lo, ora prevalecendo excesso de recursos disponíveis por escassez de elementos ou atividades para a continuidade do projeto (MORGAN; LIKER, 2008). Este cenário é muito comum em organizações que desenvolvem projetos voltados às demandas sazonais, e que ao mesmo tempo não podem dispensar sua experiente força de trabalho.

Assim sendo, em função destes três fenômenos, torna-se necessário correlacionar a visão do SEDP sobre as variabilidades dos processos como causas de acúmulos de desperdícios nos ambientes de projetos.

Isto posto, é importante evidenciar que um dos elementos mais importantes que compõem os pilares da mentalidade enxuta se estabelece pela investigação, compreensão e neutralização da verdadeira origem dos problemas, e não o tratamento dos sintomas decorrentes das causas-raiz (BALLARD; HOWELL, 2003). E sob este aspecto, empresa alguma conseguirá efetivamente evoluir em termos de melhoria dos seus processos enquanto não forem decifradas as verdadeiras causas das origens dos sete desperdícios discutidos anteriormente (BALLARD; HOWELL, 2003; MORGAN; LIKER, 2008).

Portanto, inicialmente devem ser analisadas as práticas tradicionais de desenvolvimento de produtos especialmente problemáticas e que alimentam tal aspecto, incluindo (MORGAN; LIKER, 2008):

- Níveis diferenciados de capacidade em centros de trabalhos distintos (porém envolvidos em um mesmo processo), em qualquer momento, criando desencontros de capacidade e uma miopia localizada em termos da real capacidade de cada um deles distribuída no tempo, ocasionando uma sobrecarga constante do sistema (DEAN; DENZLER; WATKINS, 1992; GOLDRATT, 1998);
- Baixa previsibilidade em relação à demanda de atividades dos centros de trabalho, expandindo-se até tomar todo o tempo de todos os engenheiros aos projetos (OPPENHEIM, 2004; GOLDRATT, 1998);
- Comportamento sazonal da demanda por novos projetos, aspecto este usualmente comum em ambientes de desenvolvimento de produtos, provocando atrasos nas entregas em função de cargas de trabalho altamente cíclicas (DEAN; DENZLER; WATKINS, 1992), “caracterizadas por períodos de calma seguidos por enormes congestionamentos do sistema” (MORGAN; LIKER, 2008);
- Altos níveis de variabilidade, tanto de desempenho das tarefas quanto entre as chegadas de atividades, ocasionados pelos baixos níveis, tanto de execução de tarefas quanto de disciplina no planejamento (MORGAN; LIKER, 2008).

Com o propósito de se compreender as razões das perdas decorrentes dessa abordagem, é necessário ver o processo de desenvolvimento de produto como um sistema, no qual as chegadas de demanda (pedidos de trabalho) representam demandas para um recurso com capacidades finitas (MORGAN; LIKER, 2008), ocasionando os fenômenos de parar, esperar e servir (GOLDRATT, 1998; MORGAN; LIKER, 2008).

Sob este contexto, a seção seguinte aborda as tratativas do SEDP sobre os três tipos de desperdícios (*muda*, *muri* e *mura*).

2.4.2 Princípios e estratégias do SEDP para tratativa dos desperdícios, sobrecargas e irregularidades

Conforme abordado nas seções anteriores, um dos fundamentos do SEDP consiste em, primeiramente, concentrar os esforços aplicando o fluxo nivelado no início do projeto (FORD; SOBEK, 2005; ZHANG *et al.*, 2008). Para tanto, a prática desse princípio deve ponderar três aspectos de forma agregada: o nivelamento da carga de trabalho, o planejamento de ciclos e a alocação de recursos. Por conseguinte, isto exige uma programação de recursos rigorosamente compartilhados na etapa inicial de um projeto, contribuindo então para um sistema de desenvolvimento de multiprodutos enxuto, por meio de uma gestão de portfólio equilibrada em termos de carga de trabalho (MORGAN; LIKER, 2008).

Porém, é essencial considerar o fato de que em muitas empresas o desenvolvimento de produtos é um ambiente cíclico (TANG; LEUNG; LAM, 2006), aspecto este que torna o processo de nivelamento da carga de trabalho um componente crítico, tanto para a utilização eficaz de recursos quanto para a rapidez de lançamento no mercado (MORGAN; LIKER, 2008). Desta forma, no SEDP procura-se o equilíbrio da carga de trabalho antes da etapa da execução, começando pelo planejamento do portfólio de produtos (contemplando neste o planejamento de ciclos) e a respectiva destinação de recursos (DAVIDOVITCH; PARUSH; SHTUB, 2010; MORGAN; LIKER, 2008).

Dado este cenário, quando surge uma demanda para se planejar o projeto de desenvolvimento de um produto, torna-se necessário revisar todo o desempenho do portfólio atual, a fim de se identificar e dimensionar as lacunas de disponibilidades onde serão “encaixadas” e programadas as atividades do novo desenvolvimento, planejando-se os ciclos e os prazos de quais projetos a organização irá desenvolver – e quando (BEAUME; MANIAK; MIDLER, 2009). O novo plano de ciclos delineado determina as exigências de trabalho dos recursos executores para o portfólio. E a partir deste ponto, o grande desafio se

concentra na importância em se conservar o plano relativamente estável, condição esta que exige esforços relativamente críticos, como exposto na sequência:

Dadas às forças econômicas e competitivas em que a maioria das empresas opera, manter a estabilidade pode ser um desafio monumental. As forças fundamentais do mercado mudam rapidamente e, para sobreviver, as empresas precisam contar com a capacidade de reagir com agilidade máxima. Períodos cíclicos de demanda de recursos intensa, escassa ou inexistente podem derrubar o sistema de desenvolvimento de produtos de uma empresa. A escala apenas aumenta esse desafio. Quanto maior o alcance do portfólio de produtos de uma empresa, mais desafiador se torna o problema (MORGAN; LIKER, 2008, p.102).

Sob este aspecto, então, o SEDP enfrenta estes desafios por meio das seguintes estratégias: pelo uso de plataformas comuns (MAHMOUD-JOUINI; LENFLE, 2010) (abordado anteriormente), pelo escalonamento dos lançamentos de novos produtos, ou ainda, pela adição de mais recursos (SACKS; HAREL, 2006).

E para um adequado escalonamento dos lançamentos de novos produtos, os “redesenhos” de engenharia em seu portfólio de produtos devem ser programados para nivelar a carga de trabalho ao longo do exercício, jamais programando um redesenho completo de engenharia de todos os produtos para um mesmo período (BEAUME; MANIAK; MIDLER, 2009; MORGAN; LIKER, 2008).

Nesse caso, uma matriz simplificada teria linhas representando os produtos, e colunas representando os períodos, programando os principais “redesenhos” de um produto com reformas superficiais de outros, de maneira a contar com uma carga de trabalho semelhante a cada período (MORGAN; LIKER, 2008).

Porém, muitas vezes são as vendas e o *marketing* que determinam a época ideal para o lançamento de um produto, e a engenharia pouco pode fazer para escalonar, de acordo com as suas pretensões, o lançamento equilibrado de produtos em determinados períodos. E portanto, a engenharia precisa se conformar com o fato de que alguns períodos serão tempos difíceis, com grandes demandas de serviço a fim de sustentar lançamentos simultâneos de produtos (MORGAN; LIKER, 2008).

Outra importante estratégia se concentra na função da lógica de atividades dentro do processo de desenvolvimento, pela qual, em nível superior, são definidas as tarefas e a sequência de atividades exigidas para criar um novo produto, concomitantemente com a

descrição passo a passo do processo que gera os cronogramas (DANILOVIC; SANDKULL, 2005; MORGAN; LIKER, 2008).

A lógica do processo determina quem será responsável por fazer o que, quando e quais decisões as equipes de desenvolvimento de produto deverão tomar a cada marco no projeto de desenvolvimento em um nível macro (DANILOVIC; SANDKULL, 2005; MORGAN; LIKER, 2008), proporcionando a visualização da estrutura central do projeto e seus desdobramentos e exigências, além de coordenar os seus diversos participantes (FORD; SOBEK, 2005; MORGAN; LIKER, 2008).

Assim, no SEDP o cronograma começa com o uso da lógica de processo e dos requisitos de cada marco no projeto para equilibrar as necessidades de cada programa de desenvolvimento de produto. E em se equilibrando os programas, propicia-se manter o nível da demanda de recursos (MORGAN; LIKER, 2008), desde que o *marketing* não imponha a necessidade do lançamento não escalonado de um produto.

Enfim, proporciona-se o controle centralizado sem o desperdício característico dos enormes cronogramas centrais, tradicionalmente presentes nos ambientes de desenvolvimento de produtos, normalmente complexos demais para que se possa segui-los adequadamente (JUNG; KANG, 2007; MORGAN; LIKER, 2008), e ainda, fixando a responsabilidade e a exatidão nos seus devidos lugares (MORGAN; LIKER, 2008).

E também neste sentido de examinar e avaliar os princípios que conduzam à mitigação em termos de desperdícios, a seção seguinte discorre, ainda, sobre a contribuição do mapeamento do fluxo de valor na identificação e quantificação de desperdícios, dentre outros propósitos.

2.4.3 O mapeamento do fluxo de valor no SEDP

Se o SEDP focaliza nos sete desperdícios e identifica algumas soluções, ao mesmo tempo em que se aplica a um processo cujos fluxos de informação são mais importantes que os fluxos de materiais, a ferramenta indispensável para entender o fluxo de informação e visualizar os processos de desenvolvimento é o mapeamento do fluxo de valor (*Value Stream Mapping* – VSM) (OPPENHEIM, 2004).

O VSM é uma técnica eficiente para demonstrar graficamente as atividades, bem como o fluxo da informação e produtos entre as atividades, sendo possível visualizar o processo inteiro. Para Rother e Shook (1999), o VSM é essencial porque ajuda a ver mais do que o desperdício: faz com que sejam vistas as fontes deste.

E em se tratando do processo de desenvolvimento de produtos, Morgan e Liker (2008) apontam algumas das razões pelas quais o VSM é tão poderoso:

- Propicia administrar a variabilidade, tanto das tarefas quanto de chegada, que resultam em filas de espera.
- Permite detectar e mensurar as atividades que não agregam valor (ou que geram desperdícios).
- Ajuda a avaliar questões relacionadas à capacidade e programação, sistematizando o processo para estimativas dos tempos de processamento, pois os processos precisam lidar com restrições de capacidade, principalmente em função de picos e vales em carga de trabalho, fatores estes típicos em projetos de desenvolvimento.
- **Mostra que as restrições precisam ser identificadas e administradas, pois os processos de DP (assim como os processos de manufatura), são apenas tão bons quanto o seu elo mais fraco.**
- Deixa clara a transição de uma atividade funcional para outra, já que os maiores desafios são encontrados na intersecção de atividades.
- **Sincroniza as tarefas simultâneas** ao longo das organizações funcionais ou centros de trabalho, para minimizar o desperdício do retrabalho e maximizar os benefícios da engenharia simultânea.
- Constrói o fluxo do processo inteiro pela **sincronização das tarefas multifuncionais** e pela **identificação das restrições**.

Segundo o SEDP, quem comanda o fluxo é a informação, ditando aos processos individuais o que fazer e quando. Isto posto, deve-se mapear o estado atual e identificar o desperdício que interrompe o fluxo da informação (MORGAN; LIKER, 2008; OPPENHEIM, 2004).

A aplicação adequada do mapeamento do fluxo de valor no SEDP consiste em organizar a complexa rede de atividades de um projeto em “cadeias de trabalho” identificáveis e que desempenhem uma função característica: converter entradas em saídas, revelando diversas cadeias de trabalhos paralelas que são, até certo ponto, independentes, mas também interdependentes (MORGAN; LIKER, 2008).

Outro aspecto importante considerado por Morgan e Liker (2008) é a complexidade do fluxo quando comparado o ambiente de desenvolvimento com o de manufatura. Na manufatura, o fluxo de valor é tipicamente linear e unidirecional, em que uma etapa específica

do processo completada corretamente não precisa ser repetida. No desenvolvimento de produtos, contudo, grande parte do trabalho é iterativa, com dados e informações fluindo para frente e para trás entre funções numa complexa rede de atividades.

Porém, em ambientes com múltiplos projetos, as várias cadeias de trabalhos de vários projetos distintos necessitam do empenho dos diferentes recursos da organização, ao ponto em que o grande mérito da eficiência e da eficácia da gestão consiste em cadenciar, de forma lógica e nivelada (em função da capacidade de execução dos recursos), as atividades entre estes recursos compartilhados. E é sob este enfoque que pode-se apresentar a contribuição do método da Corrente Crítica, tanto na identificação dos pontos aonde o fluxo é impactado (talvez pelo desempenho do Tambor), quanto na minimização dos sintomas discorridos nas Seções 2.4.1 e 2.4.2, dentre eles:

- A sobrecarga;
- Os desperdícios específicos de “produção em excesso”, “espera” e “estoque”;
- As mudanças de engenharia e, conseqüentemente, da priorização de atividades;
- O nivelamento da carga de trabalho, planejamento de ciclos e alocação de recursos.

Enfim, para que a proposta deste trabalho seja então compreendida, alguns dos preceitos da TOC e da sua abordagem voltada para o gerenciamento de projetos pelo método da Corrente Crítica (apresentados na seção 2.3) terão suas convergências com o SEDP explicitadas no capítulo a seguir.

3 PROPOSTA DO MODELO DE GERENCIAMENTO MULTIPROJETOS BASEADO NA CC-SEDP

A conjuntura conceitual até aqui desenvolvida teve como objetivo central propiciar a compreensão para se viabilizar o gerenciamento multiprojetos baseado nos preceitos da CC, suplementada pelo SEDP.

Contudo, para se tornar exequível a aplicação prática da proposta CC-SEDP no gerenciamento multiprojetos, é necessário salientar que, em primeiro plano, é imprescindível um compromisso de transformação cultural na organização a ser trabalhada, a fim de suportar a transposição de toda a arquitetura teórica para a realidade corporativa.

Isto porque, conforme aponta Liker (2005), a exemplo da mentalidade enxuta, fica claro que nada é mais forte na Toyota do que sua cultura. E não são as ferramentas e técnicas do desenvolvimento enxuto que são a chave para o sucesso do sistema, e sim, a fusão equilibrada destas com o papel das pessoas dentro de uma cultura organizacional que espera e valoriza sua melhoria contínua (o chamado *kaizen*), dentro de um sistema técnico focalizado no "fluxo" de valor agregado (LIKER, 2005).

Além disso, estes aspectos da mentalidade enxuta são complementados por três óticas básicas (LIKER, 2005):

- a. O processo certo produzirá os resultados certos: a Toyota aprendeu pela experiência quais processos funcionam, e que o uso do processo certo levará, com uma maior chance, aos resultados que desejam;
- b. A solução contínua de problemas básicos impulsiona a aprendizagem organizacional: identificar as causas dos problemas e impedir que eles ocorram é o foco do sistema de aprendizagem contínua da Toyota. Análise séria, reflexão e comunicação das lições aprendidas são fundamentais para o aperfeiçoamento, assim como a disciplina para padronização das práticas mais conhecidas;
- c. Utilizar a padronização rigorosa em termos de projeto, processos e competências em engenharia, para reduzir variação e criar flexibilidade e resultados previsíveis.

E sob a perspectiva do modelo CC-SEDP a ser proposto, essas características culturais do pensamento enxuto voltado ao desenvolvimento de produtos vêm ao encontro dos Processos de Raciocínio da TOC, que conforme abordado na Seção 2.2.6, são constituídos por ferramentas baseadas na lógica que se utilizam de relacionamentos de causa e efeito para determinar as causas-raiz que provocam os efeitos indesejáveis observados em um sistema, a

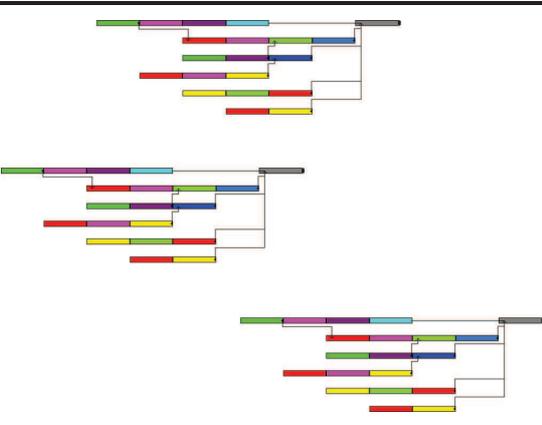
fim de orientar um redirecionamento estratégico e servir de apoio para a implementação de um novo método de gestão para uma empresa (CSILLAG; CORBETT NETO, 1998).

Os Quadros 10 a 13 exibem a estrutura da proposta para este novo sistema, inter-relacionando a CC e o SEDP no âmbito multiprojetos, escalonando os estágios desde o planejamento do portfólio até a fase de gestão e controle do sistema.

Inicialmente, o Quadro 10 representa o entendimento, por parte da organização, sobre a importância do gerenciamento multiprojetos baseado no CC-SEDP para os resultados do negócio, e quais são os fatores que vão direcionar o modo de planejar e administrar o portfólio de projetos em nível macro, principalmente em relação à:

- Estrutura organizacional (matricial neste caso);
- O diagnóstico atual de problemas e suas causas;
- Como será a evolução e perpetuidade do sistema (melhoria contínua).

Quadro 10 – Fatores do modelo para direcionamento do macro-planejamento do portfólio

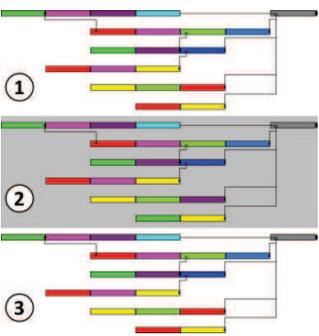
1) ABORDAGEM MULTIPROJETOS	
	CORRENTE CRÍTICA e SEDP
	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicáveis para estruturas matriciais, em que é preciso ver o processo de desenvolvimento como um sistema no qual as demandas representam trabalho para recursos compartilhados, porém com capacidades finitas. • O sistema considera a análise da origem dos problemas, impulsionados pela aprendizagem organizacional, a fim de identificar as causas dos problemas e impedir que eles ocorram. Utilização de análises baseadas na lógica de causa e efeito para determinar as causas-raiz que provocam os efeitos indesejáveis observados em um sistema. • Busca da Perfeição: incrementar valor ao sistema por meio da melhoria contínua (<i>kaizen</i>) promovida em conjunto com Processo de Focalização em 5 Etapas (combate à inércia).

Fonte: (elaborado pelo próprio autor).

Em segundo, o Quadro 11 representa o alinhamento entre o planejamento em nível macro do portfólio de projetos e o desdobramento das diretrizes da empresa em relação à maximização dos resultados dos projetos, considerando principalmente:

- A estratégia de melhor aproveitamento dos recursos restritivos;
- Os parâmetros para priorização entre os projetos;
- Os critérios de decisão para o lançamento de novos projetos.

Quadro 11 – Planejamento do portfólio de projetos em nível estratégico

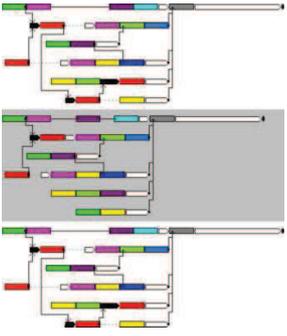
2) FASE DE ALINHAMENTO ESTRATÉGICO		
	CORRENTE CRÍTICA e SEDP	
	<ul style="list-style-type: none"> • Planejamento do portfólio alinhado com as estratégias da empresa, a fim de otimizar o compartilhamento de recursos entre projetos múltiplos e simultâneos. • Fluxo de Valor: gerar valor ao sistema entregando mais projetos por meio da maximização do uso da Restrição (o Tambor). Portanto, deve-se mapear o estado atual e identificar aonde o fluxo da informação é interrompido (abordagem do VSM - <i>Value Stream Mapping</i> - para detecção de “gargalos” e gerenciamento de “quem comanda o fluxo”, ou seja, eleger o Tambor). 	
	CORRENTE CRÍTICA	SEDP
	<ul style="list-style-type: none"> • Priorizar os projetos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Planejamento de ciclos (lançamentos de novos produtos <i>versus</i> evoluções dos produtos existentes). • Gerenciamento a partir de plataformas de produtos existentes.

Fonte: (elaborado pelo próprio autor).

Em terceiro, o Quadro 12 representa a fase de planejamento individual de cada projeto, empregando as técnicas apropriadas tanto da CC quanto do SEDP, considerando:

- A programação, principalmente em função da capacidade e do uso dos recursos;
- O diagnóstico das variáveis que irão impactar cada projeto.

Quadro 12 – Planejamento monoprojeto considerando as abordagens da CC e do SEDP

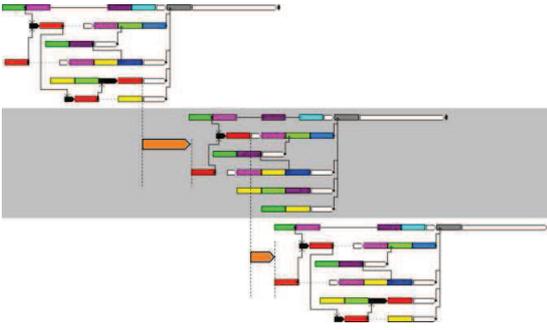
3) FASE DE PLANEJAMENTO MONOPROJETO		
	CORRENTE CRÍTICA e SEDP	
	<ul style="list-style-type: none"> • Planejamento em função do nivelamento pela capacidade dos recursos, por meio do desconflito de atividades. 	
	CORRENTE CRÍTICA	SEDP
	<ul style="list-style-type: none"> • Programação monoprojeto pela CC: <ul style="list-style-type: none"> - empurrar as atividades ALAP (<i>as late as possible</i>). - desconflitar recursos a montante. - identificar a CC. - estimativas enxutas (tempo seco) nas atividades da CC. - inserir PP (Pulmão de Projeto) ao final da CC. - estimativas enxutas (tempo seco) nas cadeias de atividades que “convergem” na CC. - inserir os PAs (Pulmões de Alimentação) nas convergências com a CC. - inserir os PTs (Pulmões do Tambor). 	<ul style="list-style-type: none"> • Esforços concentrados nas atividades de planejamento nas fases iniciais dos projetos (analisar variáveis que irão impactar positivamente um projeto, e ao menor custo). • Função da lógica de atividades de desenvolvimento no início do planejamento do projeto (quem fará o que, quando e quais as decisões a cada <i>milestone</i>).

Fonte: (elaborado pelo próprio autor).

Por último, o Quadro 13 representa a fase de operacionalização do sistema multiprojetos, considerando:

- A criação de valor por meio do cumprimento das entregas conforme o planejado, baseado no fluxo contínuo e no regime puxado;
- O compartilhamento e desconflito de recursos restritivos;
- A manutenção da disciplina ao plano, e o combate ao desperdício, sobrecarga e variabilidade.

Quadro 13 – Operacionalização do sistema CC-SEDP de gerenciamento multiprojetos proposto

4) FASE DE PLANEJAMENTO E CONTROLE MULTIPROJETOS		
	CORRENTE CRÍTICA e SEDP	
	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema puxado: gerenciar o progresso da execução por meio do consumo dos Pulmões. O gerenciamento dos Pulmões “puxa” aonde intervir para não interromper o fluxo, e garante que as tarefas são executadas somente quando necessárias. • Fluxo contínuo: promover o nivelamento do fluxo do processo de desenvolvimento sem sobrecarga e sem WIP (<i>Work in Process</i>), e maximizar o fluxo de projetos por meio do gerenciamento da Restrição e dos Pulmões, fazendo com que o processo se desenvolva dentro de uma variabilidade possível de ser absorvida. • Valor para o cliente e para a empresa: entregas nos prazos contratados. • Compartilhamento e nivelamento pela capacidade dos recursos. 	
	CORRENTE CRÍTICA	SEDP
	<ul style="list-style-type: none"> • Algoritmo de programação multiprojetos pela CC: <ul style="list-style-type: none"> - sequenciar projetos nivelando pelo Tambor. - inserir PCs (Pulmões de Capacidade) entre os projetos. • Gerenciamento dos Pulmões para garantir a utilização ininterrupta do Tambor e das atividades sucessoras a ele. • Gerenciamento dos Pulmões como mecanismo de absorção da variabilidade intrínseca presente na natureza das atividades de desenvolvimento. • Manter a disciplina a fim de evitar o WIP e reduzir os desperdícios, sobrecargas e variabilidades reprimindo: <ul style="list-style-type: none"> - antecipar tarefas, assegurando menos projetos em aberto. - multitarefa. - Síndrome do Estudante. - Lei de Parkinson. • Praticar a Ética da Efetividade. 	<ul style="list-style-type: none"> • Disciplina em se conservar o planejamento relativamente estável. • Redução de desperdícios, sobrecarga e variabilidades baseado na subordinação do fluxo ao VSM (<i>Value Stream Mapping</i>). • Redução de desperdícios, sobrecarga e variabilidades baseado na padronização do projeto, das competências em engenharia e dos processos.

Fonte: (elaborado pelo próprio autor).

Resumindo, todo o processo descrito subordina o sistema de gerenciamento multiprojetos ao seu principal objetivo: atender a todas as entregas planejadas, não desperdiçando a capacidade e disponibilidade dos recursos executores, e promovendo e estabilidade e perpetuidade do sistema por meio da melhoria contínua e do gerenciamento dos “gargalos” durante o processo de desenvolvimento dos projetos.

É particularmente importante destacar que toda a rede de cronogramas está interconectada pelos os pulmões através das ligações entre eles (as “cordas”), utilizando a lógica do “TPC” como mecanismo responsável por subordinar toda a cadeia ao Tambor. E a política de disciplina diária e respeito ao planejamento é essencial para o desempenho do sistema, propiciada principalmente por intermédio da pronta disponibilidade da informação.

Todavia, é racional pressupor que longos períodos com o Tambor ativo denotam a perpetuidade de uma demanda por projetos maior do que a capacidade da empresa em atendê-los. Isto posto, é necessário que os dirigentes envolvidos no processo tomem decisões embasadas primariamente em abrangência estratégica e global. E dependendo da situação, o cenário terminará impreterivelmente em três escolhas possíveis:

- a. Sustentar o fluxo da cadeia de projetos subordinada ao Tambor até a depreciação completa dos Pulmões de Projeto, e antes disso, de todos os outros Pulmões de Alimentação, Tambor e Capacidade que os precedem;
- b. Aumentar a capacidade do Tambor (4º passo do processo de melhoria contínua: elevar a Restrição);
- c. Declinar em atender aos pedidos dos clientes cujos projetos são menos rentáveis, e/ou postergar o lançamento de novos projetos, de tal forma que a cadeia de projetos opere em regime com capacidade superior à demanda.

3.1 CONCLUSÕES SOBRE O MODELO PROPOSTO

De forma geral, o modelo proposto procura evidenciar as similaridades de aplicação e potenciais benefícios oferecidos tanto pela CC quanto pelo SEDP, denotando que estes métodos podem ser empregados de maneira a alavancarem mutuamente as suas potencialidades, através da integração de todos os recursos executores na cadeia de projetos.

Mas antes de tudo, o mais importante é denotar que ambos os métodos enfocam uma cultura comportamental com o comprometimento das pessoas no combate ao desperdício, aliado a um grande esforço e atenção na fase de planejamento estratégico do portfólio,

considerando o equilíbrio entre as quantidades de projetos a serem iniciados e o impacto que estes irão causar na capacidade de execução do efetivo de recursos disponíveis.

O próximo capítulo apresenta o processo de simulação, a fim de validar quantitativamente o modelo proposto, porém focado exclusivamente ao algoritmo da Corrente Crítica, considerando como exemplo didático o mesmo portfólio de projetos hipoteticamente representado na Seção 2.3.3. Isto porque, pelo menos sob o espectro do presente trabalho, o SEDP se caracteriza mais sob a perspectiva da melhoria por meio da aprendizagem contínua e da sistematização do uso de ferramentas e métodos (conforme abordado nas seções anteriores), além do respeito pelas pessoas, não oferecendo um algoritmo distinto de programação mono e multiprojeto constituído por variáveis passíveis de serem quantificadas.

4 SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO EM AMBIENTE MULTIPROJETOS

4.1 A UTILIZAÇÃO DO MÉTODO DE MONTE CARLO NA ANÁLISE QUANTITATIVA DE PRAZOS DE CRONOGRAMAS

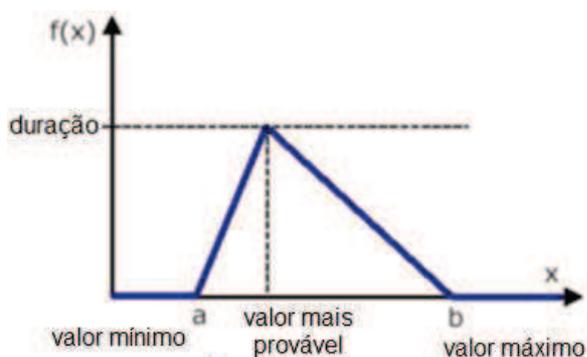
A simulação de Monte Carlo é um dos métodos que podem ser utilizados no planejamento de cronogramas de projetos, a fim melhorar as estimativas em relação aos resultados dos projetos realizados.

De acordo com Galvão (2005), a grande diferenciação desse método em relação às técnicas determinísticas tradicionais, como o método do Caminho Crítico (*Critical Path Method – CPM*), é que ele permite um tratamento probabilístico dos parâmetros do projeto para as quais existem incertezas associadas, como por exemplo, as estimativas de duração ou custos das atividades.

No caso, tais estimativas podem ser representadas por distribuições estatísticas de probabilidades entre um valor mínimo e máximo possível. Ou ainda, por uma distribuição assimétrica ou triangular de duração das atividades dos projetos.

A Figura 43, por exemplo, representa uma distribuição triangular, cujo nome provém da estimativa de três probabilidades de valores: mínimo, mais provável e máximo.

Figura 43 – Distribuição triangular de duração de uma atividade



Fonte: (adaptado de GALVÃO, 2005).

Como resultado, o cronograma final também passa a ser representado em termos probabilísticos, o que permite a análise de diversos cenários possíveis para o projeto, com diferentes chances de ocorrência.

Este tratamento quantitativo dos prazos leva a resultados mais realistas, fornecendo uma base mais sólida para a tomada de decisões.

De forma resumida, o algoritmo de Monte Carlo é um processo de simulação que é repetido muitas vezes. Em cada iteração, são gerados valores possíveis para as durações das atividades (em função das distribuições escolhidas) e a rede do projeto é calculada com base nesses valores, obtendo-se uma data de conclusão prevista mais realística para o projeto (GALVÃO, 2005).

E conforme apontam Donatelli e Konrath (2005), o número de execuções simuladas possui forte influência no erro amostral esperado para as estimativas (desvio padrão). Por exemplo, quando se trabalha com um número reduzido de repetições, este menor tamanho da amostra impacta diretamente na distribuição de frequências acumuladas, afetando a capacidade de definir com exatidão os valores de uma variável que correspondem a uma dada probabilidade. Em contrapartida, quanto maior o número de iterações, mais próximos o conjunto de resultados estará da distribuição escolhida para simulação. Ou seja, quanto maior a amostra, menor o erro (ou desvio padrão).

No caso desta pesquisa, a proposta de abordagem a ser simulada considerou como parâmetros probabilísticos:

- Simulação da duração de execução de cada uma das tarefas de acordo com uma **distribuição assimétrica**;
- Regime de execução das atividades impactadas pela **multitarefa**;
- Aspectos comportamentais dos recursos executores influenciados pela **Síndrome do Estudante** e pela **Lei de Parkinson**.

A próxima seção apresenta o processo de simulação de todos estes aspectos, considerando como exemplo didático o mesmo portfólio de projetos hipoteticamente representado na seção 2.3.3.

4.2 SIMULAÇÃO DO MODELO PROPOSTO SEGUNDO O ALGORITMO DA CORRENTE CRÍTICA

O propósito desta seção é apresentar o emprego da simulação pelo método de Monte Carlo, tomando como base a mesma carteira hipotética de projetos exemplificada na fundamentação teórica da solução da Corrente Crítica, representada pela Figura 29.

A simulação de procedeu em duas fases.

Na **primeira fase**, o intuito é o de demonstrar o efeito da **distribuição assimétrica**, da **multitarefa**, da **Síndrome do Estudante** e da **Lei de Parkinson** no desempenho dos projetos

simulados em termos de durações e prazos, indicando prováveis resultados similares à realidade segundo a gestão convencional de projetos em ambientes multiprojetos.

Na **segunda fase**, a simulação toma por base o mesmo cenário inicial, porém aplicando a solução pelo método da **Corrente Crítica**, propiciando, desta forma, comparar os resultados das duas simulações de forma imparcial, considerando o mesmo cenário inicial, a fim de evidenciar a distinção de resultados em termos de desempenho entre cada fase.

4.3 APRESENTAÇÃO DO *SOFTWARE* PMSIM VERSION 2.03 (GOLDRATT *et al.*, 1998)²

O PmSim é um simulador para testar a execução, o comportamento e o desempenho dos projetos. Ele pode simular em diversos cenários e estruturas, seja de monoprojeto ou multiprojetos, imitando o comportamento da vida real das pessoas envolvidas na criação do projeto. Para isto, o *software* utiliza-se da Simulação de Monte Carlo, porém com parâmetros fechados de distribuição assimétrica, a fim de garantir a propriedade intelectual.

O PmSim também demonstra a implementação da Teoria das Restrições para a abordagem de gerenciamento de projetos, a Corrente Crítica, objeto do presente estudo. Pode, ainda, comparar os resultados de diferentes simulações entre a gestão multiprojetos nos cenários convencionais e utilizando a abordagem da TOC.

Os projetos do simulador são apresentados em uma forma especial de um gráfico de Gantt. As barras coloridas representam tarefas. A cor da barra representa o principal recurso atribuído a ela. Veja por exemplo a Figura 44, em que o recurso verde está alocado para a primeira tarefa.

Figura 44 – Tarefas e recursos atribuídos



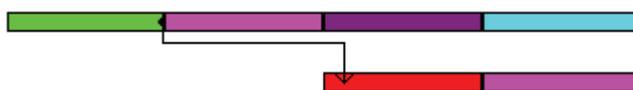
Fonte: (adaptado de PMSim Version 2.03).

Existe apenas um tipo de conexão entre as tarefas, um *link* do tipo “terminar para começar” (o que significa que a tarefa predecessora tem que acabar para que a próxima tarefa inicie). A ligação é representada por uma seta que liga o final da primeira tarefa com o início

² GOLDRATT, E. M. and Elyakim Management Systems Ltd. *Software* PmSim Version 2.03. Thru-Put Technologies, San Jose: CA, 1998. Cortesia de BAPTISTA, H. R. Goldratt’s Marketing Group.

da segunda, ou por simplesmente colocar as duas barras coloridas uma após a outra. Veja por exemplo a Figura 45, em que a tarefa desempenhada pelo recurso verde é predecessora das tarefas atribuídas aos recursos vermelho e magenta.

Figura 45 – Dependência entre as tarefas



Fonte: (adaptado de PMSim Version 2.03).

O fim do projeto é representado por um círculo preto logo após a última tarefa do projeto, e no simulador, um projeto termina sempre com uma única última tarefa (veja a Figura 46).

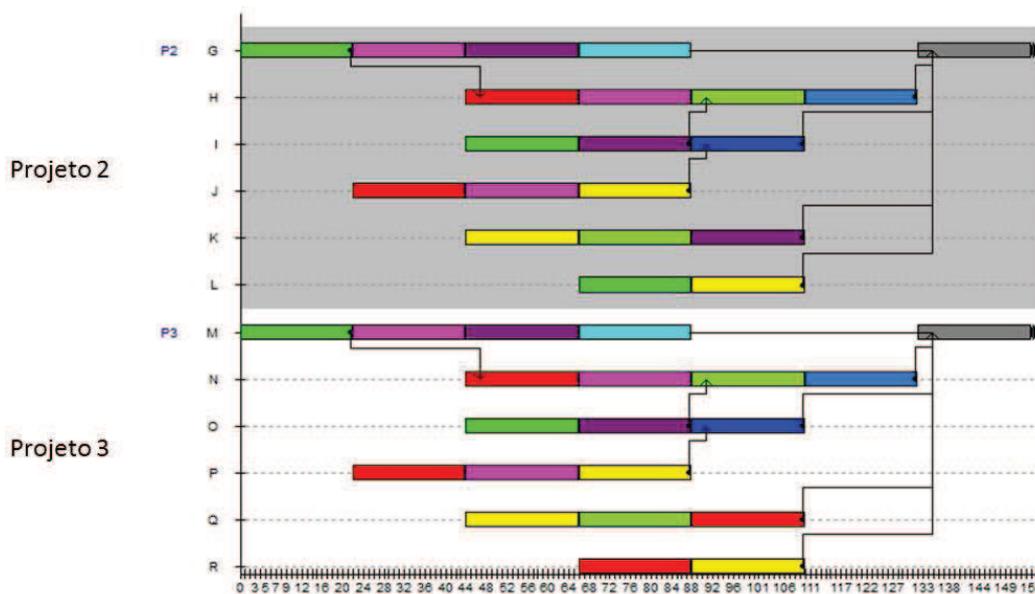
Figura 46 – Fim do projeto representado pelo círculo preto após a tarefa cinza



Fonte: (adaptado de PMSim Version 2.03).

Se houver mais do que um projeto envolvido, todos os projetos são apresentados no mesmo gráfico, separados pela cor de fundo. Cada projeto tem um nome único escrito na ordenada (ou eixo “Y”) do gráfico. Veja por exemplo a Figura 47, em que o P2 (Projeto 2) está separado do P3 (Projeto 3) pelo fundo cinza.

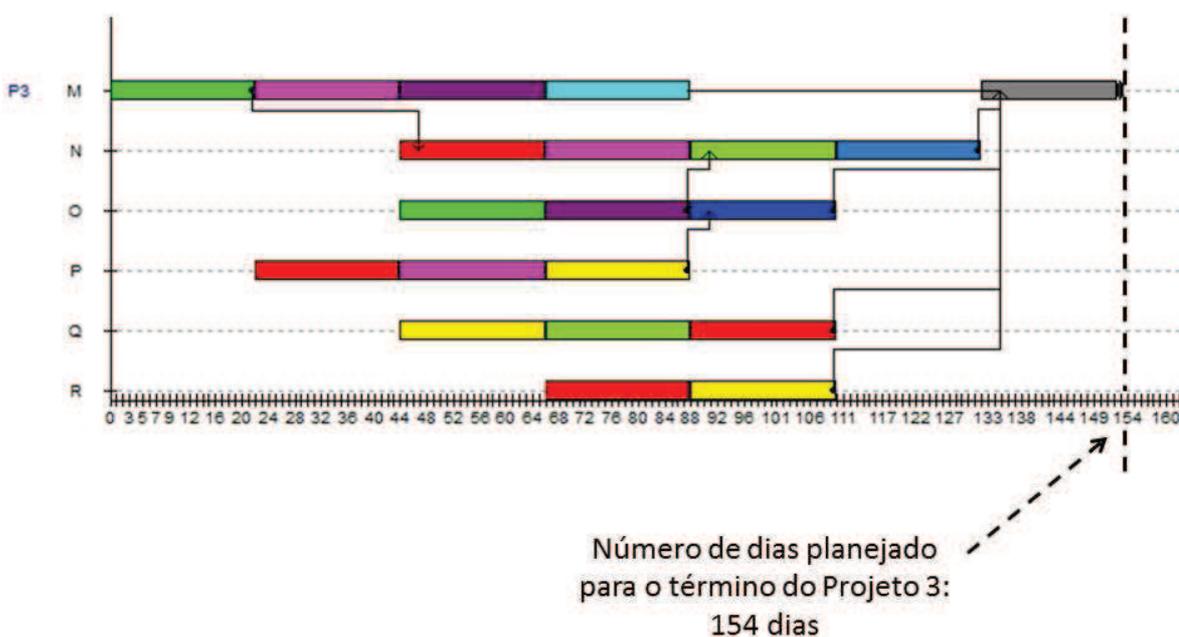
Figura 47 – Eixo da ordenada representando a disposição de projetos



Fonte: (adaptado de PMSim Version 2.03).

Os números na parte inferior do gráfico, dispostos na abscissa (ou eixo “X”), representam o número de dias necessários para completar o projeto. Veja por exemplo a Figura 48, em que o P3 (Projeto 3) está planejado para ser concluído no 154º dia. A tarefa inicia sempre no início do dia, e termina no fim de um dia. Não há meio-dia.

Figura 48 – Eixo da abscissa representando o número de dias

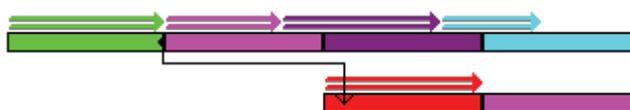


Fonte: (adaptado de PMSim Version 2.03).

Ao executar a simulação, os resultados reais de execução são desenhados no mesmo gráfico de Gantt, sendo dispostos concomitantemente acima do Gantt de planejamento. A execução efetiva é representada por duas linhas paralelas que terminam com um triângulo, formando uma seta na mesma cor que o planejamento da tarefa. A seta começa quando a tarefa realizada foi iniciada no período de simulação, e termina quando ela finalizou.

Todas as barras que representam a real execução são desenhadas acima das barras apropriadas que representam as tarefas no planejamento. Dessa forma, se a tarefa foi realizada exatamente de acordo com o plano, a seta que a representa será desenhada exatamente acima da barra no planejamento. Veja por exemplo a Figura 49, em que o recurso verde terminou no prazo, e o recurso magenta terminou mais cedo.

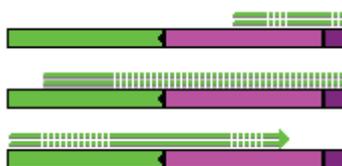
Figura 49 – Simulação real da execução pelo recurso



Fonte: (adaptado de PMSim Version 2.03).

Por vezes, um recurso trabalha em duas tarefas ao mesmo tempo, o que é chamado de multitarefa na simulação. Para denotar o período em que o recurso está trabalhando em outra tarefa, linhas paralelas pontilhadas substituem as linhas paralelas cheias na seta que representa a tarefa. Veja por exemplo a Figura 50, em que há apenas 1 (um) recurso verde disputado simultaneamente por três tarefas, causando interrupções entre as execuções.

Figura 50 – Multitarefa



Fonte: (adaptado de PMSim Version 2.03).

O PmSim também propicia o controle de cada um dos parâmetros sobre o funcionamento da simulação (veja a Figura 51). As opções são:

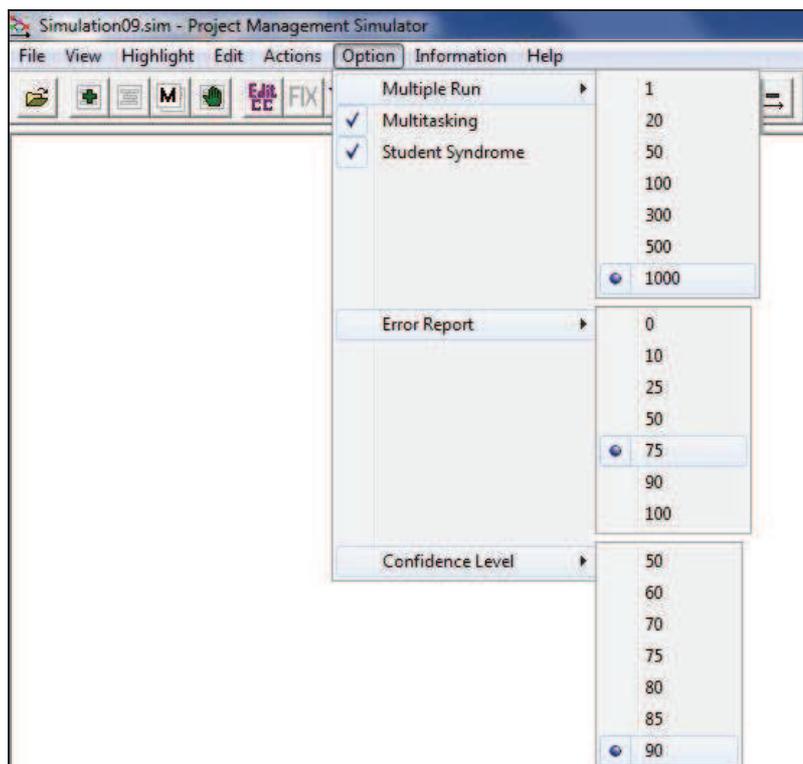
1. Múltiplas execuções: o número de vezes que a simulação vai ser executada. Esta opção irá realizar várias reproduções da simulação (o número de execuções adotado

para este estudo foi de 1.000 repetições)³. Depois de terminar todas as execuções, os resultados da última corrida serão visíveis para o usuário, assim como os gráficos com os resultados estatísticos.

2. Reportar erro: esta opção simula qual a porcentagem das ocorrências em que, caso um recurso venha a terminar uma tarefa antes do tempo previsto, este então reportará o término apenas quando o prazo planejado for alcançado. Por exemplo: se o nível de reporte do erro é de 75% (o padrão), então se uma tarefa demora 10 dias e o recurso terminou em 5 dias, em 75% dos casos simulados ele reportará que a tarefa foi concluída somente após 10 dias, e em 25%, ele irá relatar que terminou antes do planejado. Esta opção vem a representar, de forma adaptada, a Lei de Parkinson (ou o efeito gasoso).
3. Multitarefa: esta opção ativa os recursos a trabalharem em regime de multitarefa. Multitarefa significa mover-se para trabalhar em outra tarefa no meio da execução de uma tarefa corrente, interrompendo-a. E cada vez que um recurso é novamente realocado para uma tarefa na qual ele trabalhou anteriormente, ele perde 1 (um) dia de *setup* enquanto ele recorda as premissas e os passos anteriores à interrupção.
4. Síndrome do Estudante: esta opção ativada significa que o início da tarefa será estendido para próximo da data de entrega de cada tarefa.
5. Nível de confiança: é a porcentagem com a qual a duração das tarefas é determinada. Em termos estatísticos, o “nível de confiança” (ou simplesmente “confiança”) de uma medida é a “probabilidade” de que o valor apresentado esteja correto. Portanto, quando estimamos a duração de uma atividade com confiança de P%, estamos afirmando que o valor real da duração tem probabilidade de P% de terminar no prazo (ou antes). Por exemplo, com o nível de confiança de 90% (o padrão), as tarefas são programadas de modo que, em 90% dos casos simulados, as tarefas vão terminar no tempo planejado, ou antes disso.

³ NOTA: O *Software* PmSim Version 2.03 consiste em um algoritmo protegido, cujos parâmetros são padronizados e limitados. Desta forma, a fim de reduzir o desvio-padrão, para o presente trabalho a simulação foi realizada com o valor máximo de 1.000 repetições (valor limite de execuções permitido pelo *software*).

Figura 51 – Opções de *setup* oferecidas pelo simulador



Fonte: (adaptado de PMSim Version 2.03).

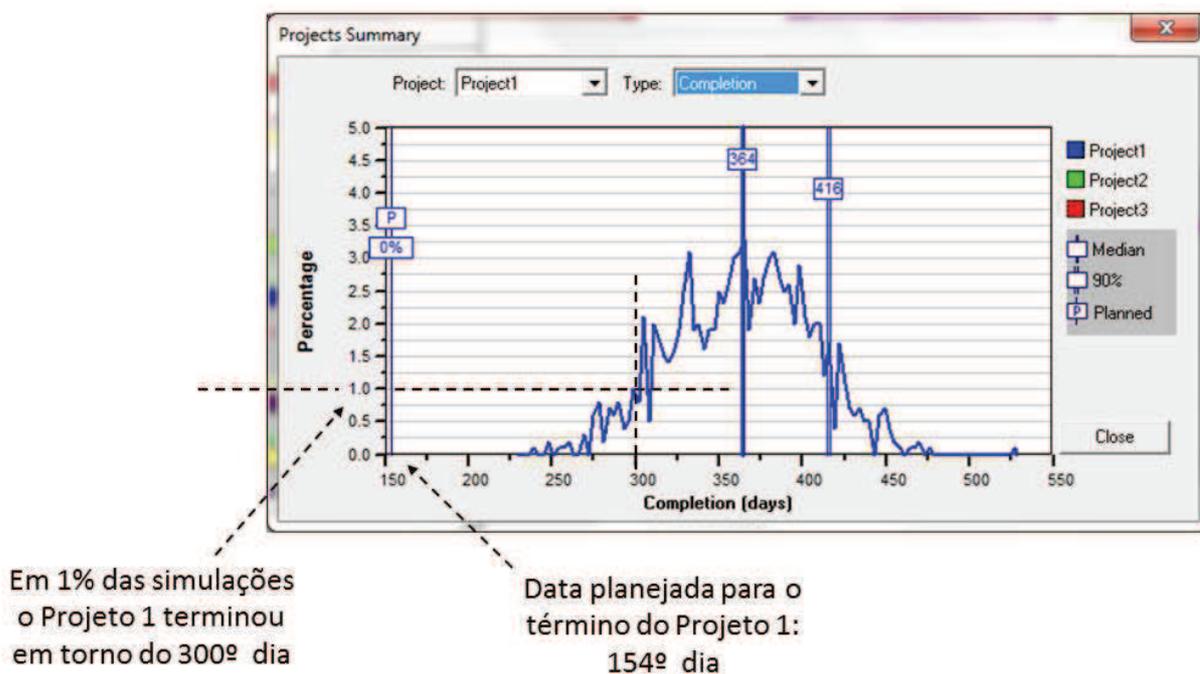
O PmSim gera um gráfico sumarizado do projeto (*Projects Summary*), mostrando o resultado das execuções das simulações feitas. Os resultados simulados de cada projeto são identificados por uma cor diferente. Se houver apenas um projeto, haverá apenas uma cor.

A linha vertical onde um “P” aparece em um quadrado representa a data final prevista para o projeto. Por exemplo, na Figura 52 o valor do “P” projetado na abscissa indica 154 dias, ou seja, que no planejamento do projeto a última atividade está programada para o 154º dia. E o valor de 0% no quadrado logo abaixo de “P” indica que nenhuma das simulações executadas terminou neste prazo planejado.

A linha vertical simples colorida com um número em um quadrado representa a mediana do fim real das simulações do projeto. Por exemplo, na Figura 52, se no Projeto 1 o quadrado desta linha estiver indicando 364 dias, significa que 50% das execuções simuladas acabaram em até este prazo.

Da mesma maneira, as linhas verticais duplas representam que 90% das execuções simuladas terminaram até o prazo indicado no quadrado (416 dias neste caso).

Figura 52 – Gráfico de desempenho do projeto



Fonte: (adaptado de PMSim Version 2.03).

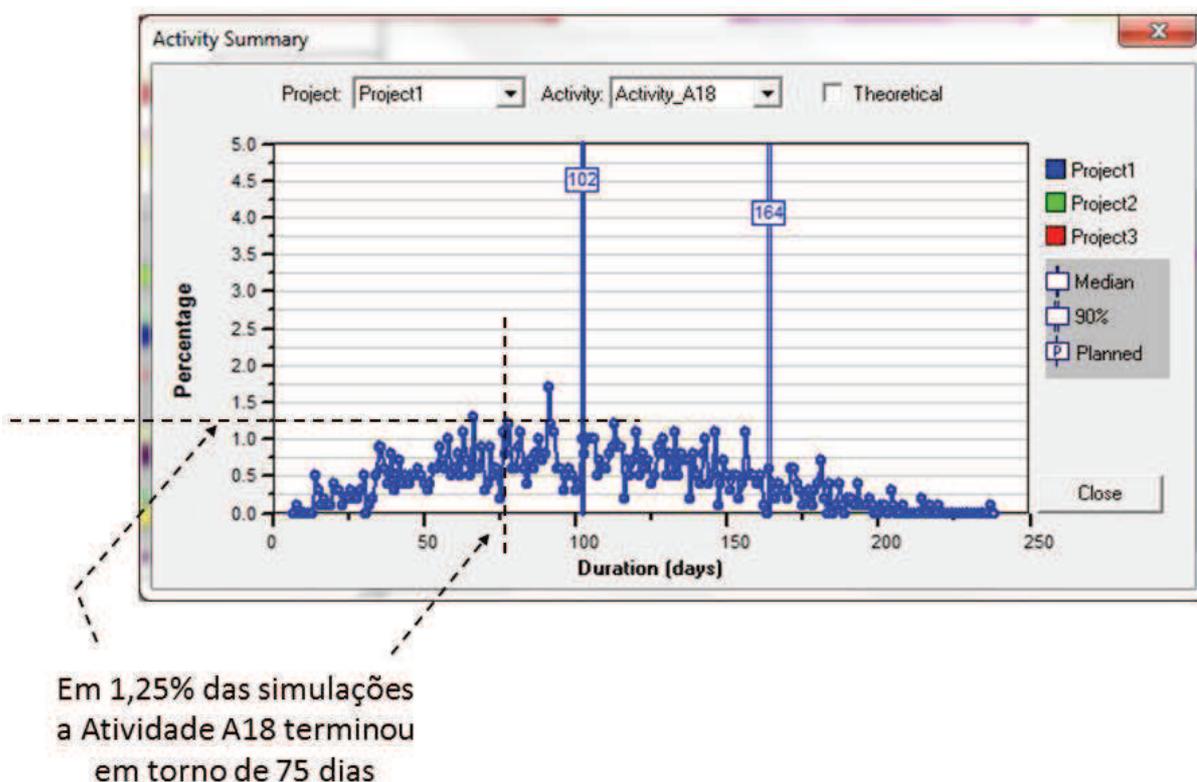
O gráfico em si representa todas as execuções em porcentagem, em que pode ser identificada, por exemplo, a porcentagem das execuções que terminaram em torno da mediana. E na Figura 52 pode ser verificado, por exemplo, que em 1% das simulações o Projeto 1 terminou em torno de 300 dias.

Há um outro gráfico denominado sumarizado por atividade (*Activity Summary*), que mostra os resultados da simulação em termos de cada tarefa. A cor do gráfico é determinada pelo projeto ao qual a atividade pertence.

A linha vertical simples colorida com o número em um quadrado representa a mediana da duração real da atividade. Se por exemplo estiver indicado 102 dias (veja a Figura 53), significa que 50% das execuções simuladas desta tarefa terminaram em até este período.

Da mesma maneira, na mesma Figura 53, a linha vertical dupla representa que 90% das execuções simuladas para esta tarefa terminaram até o prazo indicado no quadrado (164 dias neste caso).

Figura 53 – Gráfico de desempenho da atividade



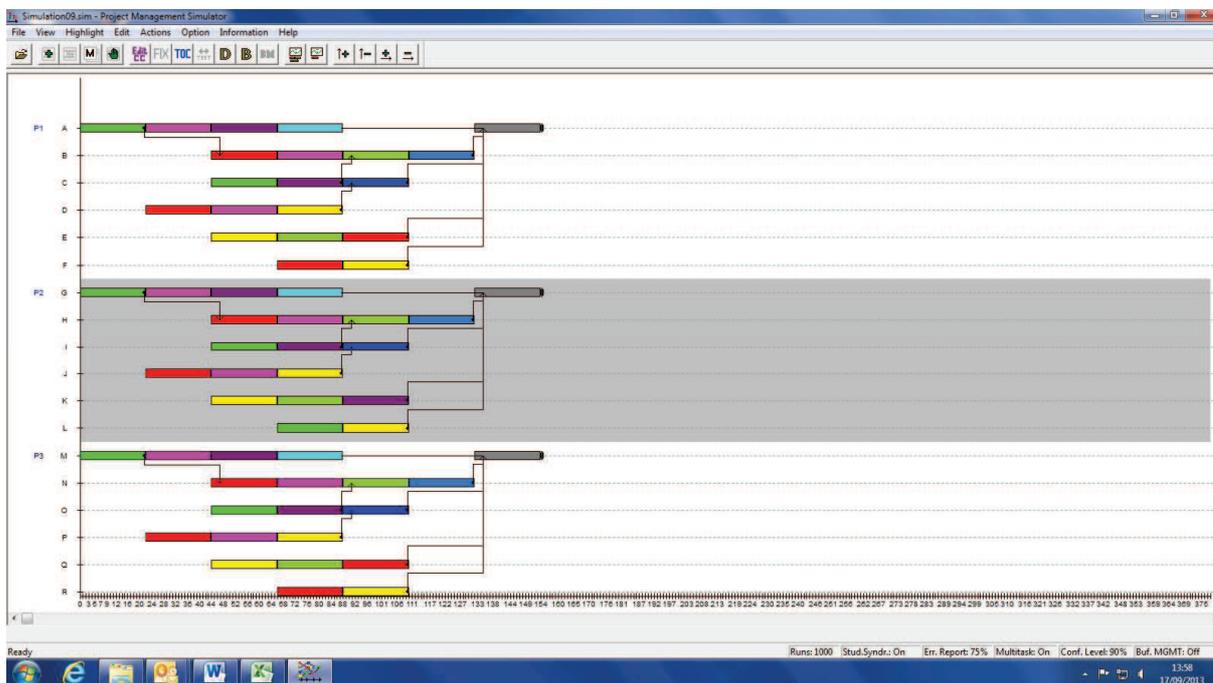
Fonte: (adaptado de PMSim Version 2.03).

O gráfico em si representa todas as execuções desta tarefa em porcentagem, em que pode ser identificada, por exemplo, a porcentagem das execuções que terminaram em torno da mediana, ou qualquer outra duração. No exemplo da Figura 53, pode ser verificado que em 1,25% das simulações, a atividade em questão (A18 do Projeto 1), executada pelo recurso “vermelho”, terminou em torno de 75 dias.

4.4 PRIMEIRA FASE: SIMULAÇÃO CONVENCIONAL DE UM CENÁRIO HIPOTÉTICO UTILIZANDO O *SOFTWARE* PMSIM VERSION 2.03

Conforme notificado no início deste capítulo, nesta **primeira fase** foi empregado o mesmo *baseline* da carteira de projetos utilizada na fundamentação teórica (apresentada pela Figura 29), retratada agora pela Figura 54.

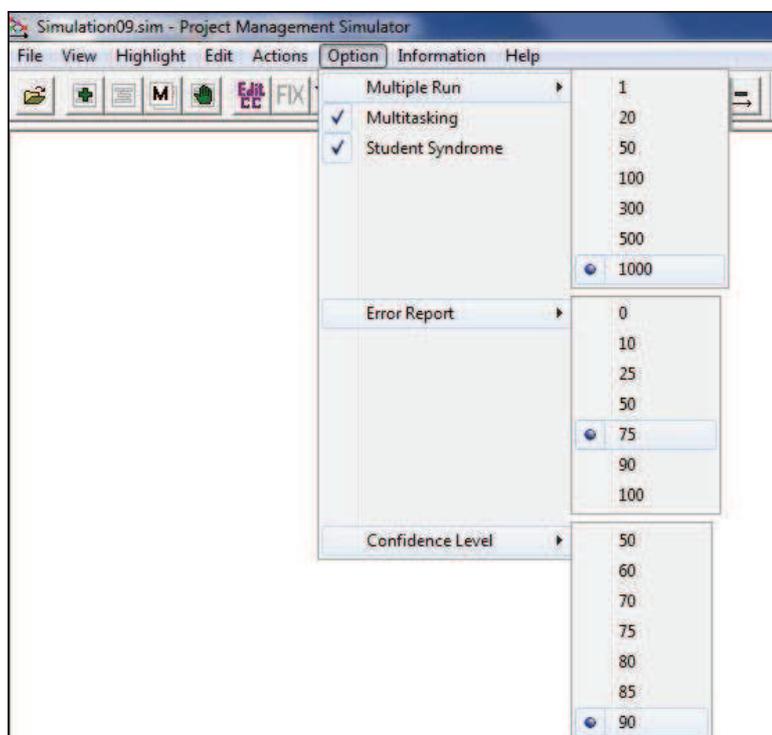
Figura 54 – *Baseline* para simulação da primeira fase de uma carteira hipotética com múltiplos projetos



Fonte: (adaptado de PMSim Version 2.03).

A Figura 55 exibe o *setup* das opções, parametrizando a simulação, dentre outros aspectos, com ênfase para o comportamento da **multitarefa** (*Multitasking* ativada), da **Síndrome do Estudante** (*Student Syndrome* ativada) e da **Lei de Parkinson** (*Error Report* em 75%). A **distribuição assimétrica** é uma rotina *standard* do algoritmo, e manifesta-se durante cada uma das 1.000 execuções (ou “rodadas” ou “corridas”) ativadas em *Multiple Run*. Notar que foi empregado o mesmo *setup* representado pela Figura 51, cujos parâmetros estão explanados na seção 4.3.

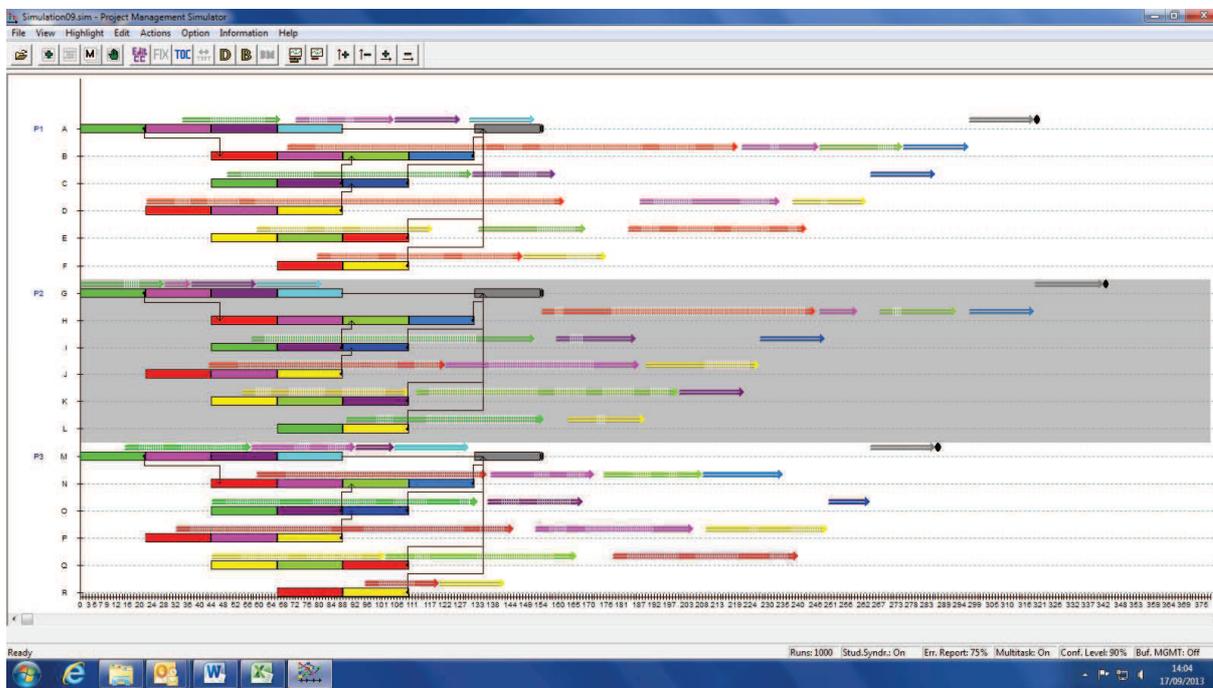
Figura 55 – *Setup* de parâmetros do *software* PmSim Version 2.03 para simulação da primeira fase de uma carteira hipotética com múltiplos projetos



Fonte: (adaptado de PMSim Version 2.03).

Processada a simulação, a Figura 56 mostra os resultados da última execução simulada.

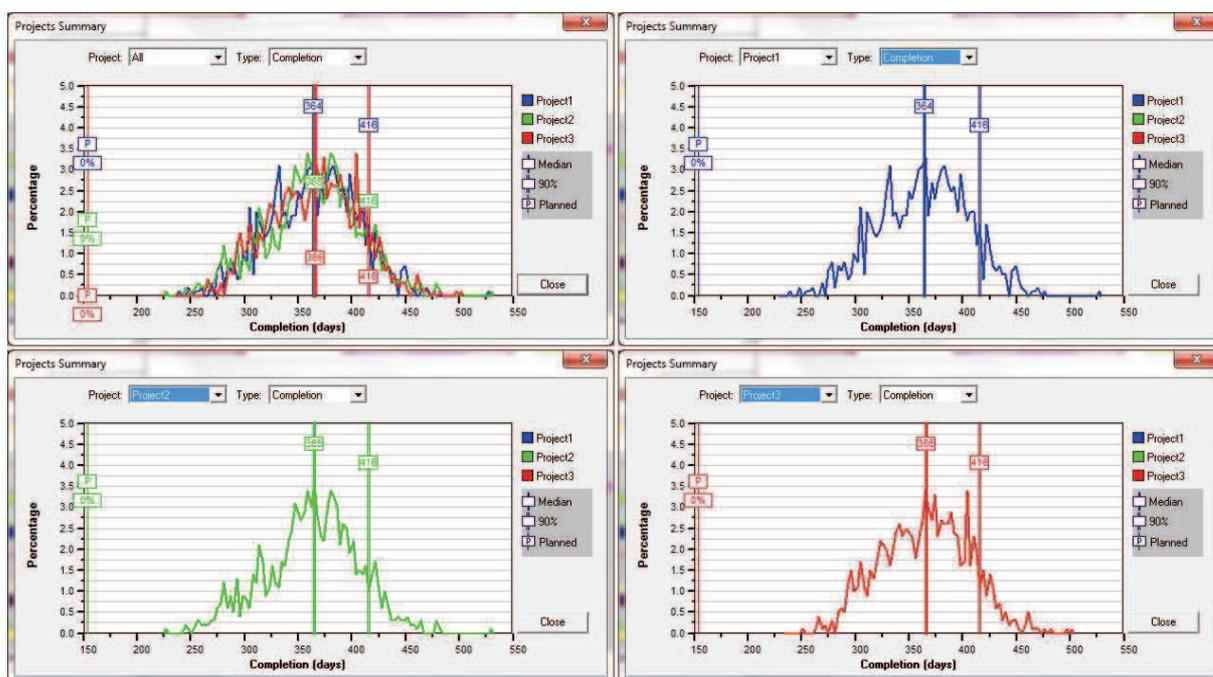
Figura 56 – Resultado da última execução da simulação da primeira fase de uma carteira hipotética com múltiplos projetos



Fonte: (adaptado de PMSim Version 2.03).

Na Figura 57 estão representados os resultados dos três projetos simulados simultaneamente, com as respectivas probabilidades de realização dos prazos (*completion*) de cada um deles representadas dentro dos quadrados (em 50% e 90% das ocorrências). Todos os três projetos excederam os prazos programados (a discussão dos resultados será abordada nas Tabelas da seção 4.6).

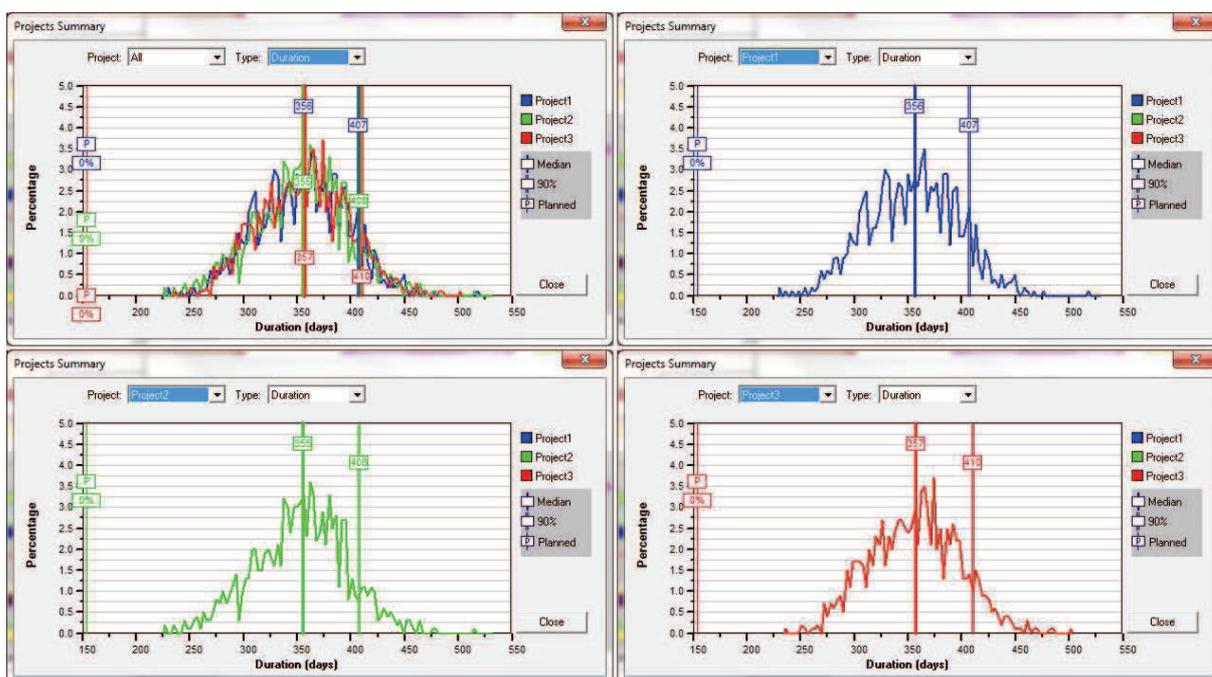
Figura 57 – Gráficos com o sumário dos resultados de completamento da simulação da primeira fase (consolidados e por projeto)



Fonte: (adaptado de PMSim Version 2.03).

Na Figura 58 estão representados os resultados dos três projetos simulados simultaneamente, com as respectivas probabilidades de **duração** de cada um deles representadas dentro dos quadrados (em 50% e 90% das ocorrências). Todos os três projetos excederam as durações planejadas (a discussão dos resultados será abordada nas Tabelas seção 4.6).

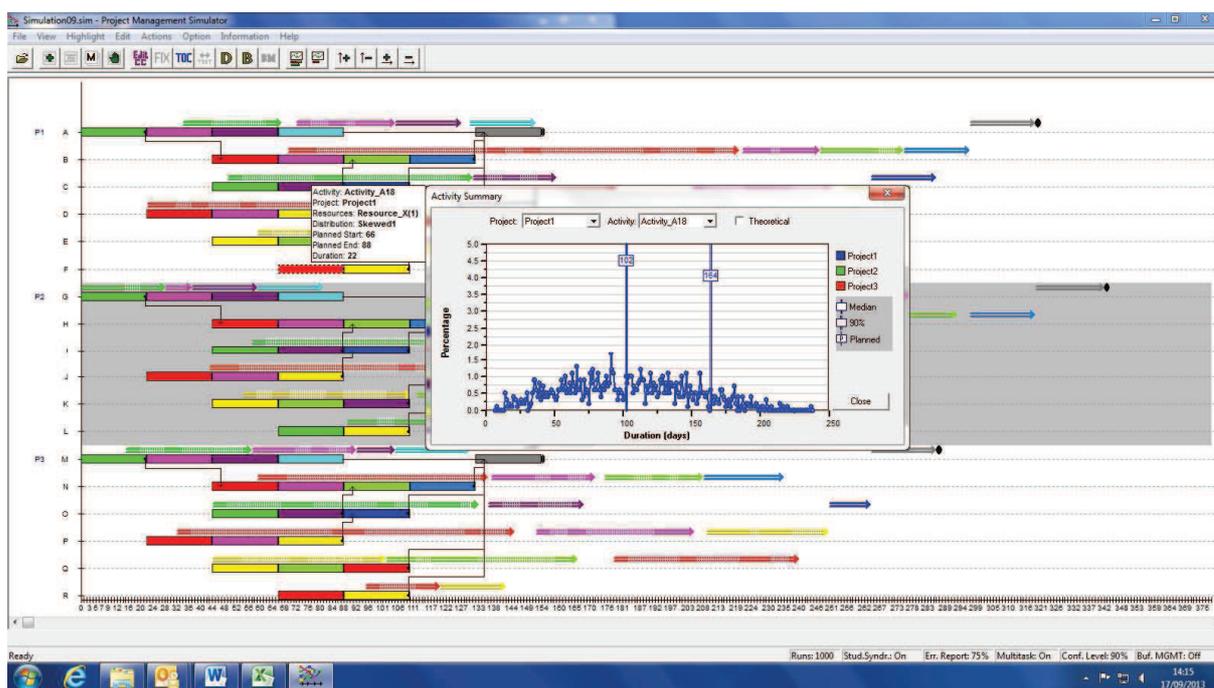
Figura 58 – Gráficos com o sumário dos resultados de duração da simulação da primeira fase (consolidados e por projeto)



Fonte: (adaptado de PMSim Version 2.03).

Enfim, a título de exemplo, a Figura 59 mostra o comportamento da atividade A18 do Projeto 1 (escolhida aleatoriamente), a qual é executada pelo Recurso X (Recurso vermelho), a fim de apenas ilustrar probabilisticamente o regime de desempenho desta atividade. Do mesmo modo, o algoritmo do *software* também simula as probabilidades de desempenho de todas as outras atividades executadas pelo Recurso X (e também pelos demais recursos).

Figura 59 – Gráfico dos resultados *status* da atividade A18 do Projeto 1 simulado na primeira fase



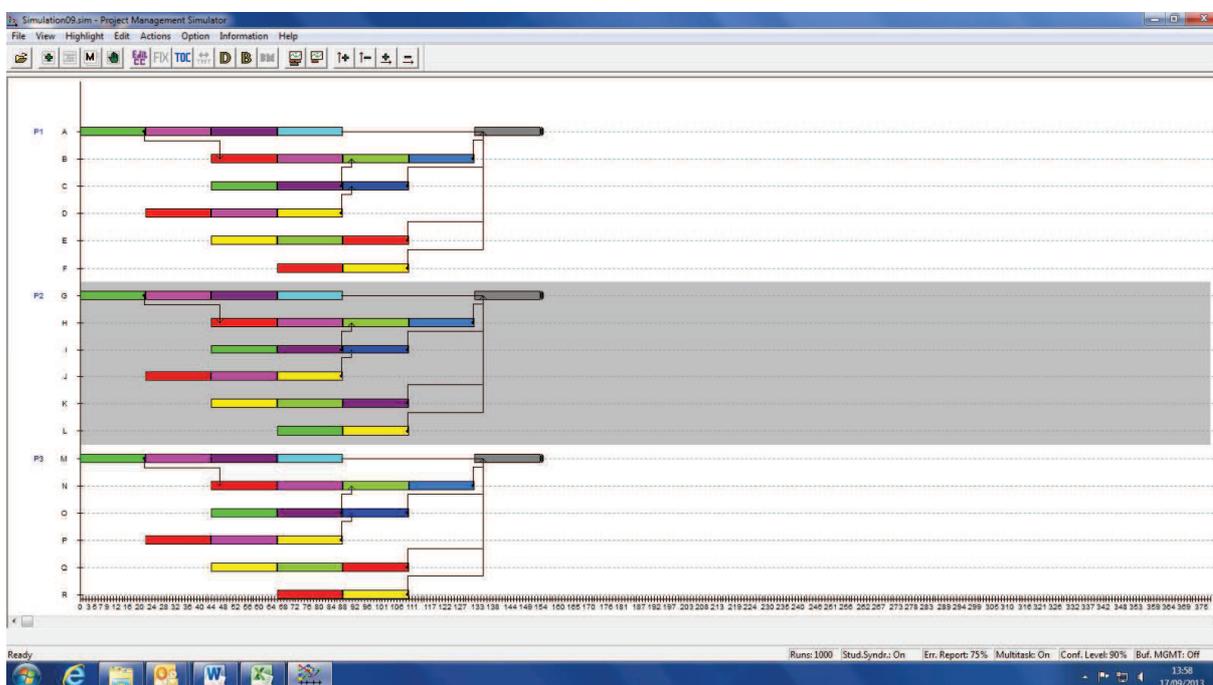
Fonte: (adaptado de PMSim Version 2.03).

Na próxima seção está delineada a segunda fase da simulação, baseada no método da Corrente Crítica, a fim de estruturar argumentos para a comparação de resultados em relação ao cenário convencional simulado nesta primeira fase.

4.5 SEGUNDA FASE: SIMULAÇÃO SEGUNDO A CORRENTE CRÍTICA UTILIZANDO O SOFTWARE PMSIM VERSION 2.03

Nesta **segunda fase** foi empregado o mesmo *baseline* da primeira fase (Figura 54), representado agora pela Figura 60, a fim de, conforme narrado no início deste capítulo, propiciar a congruência entre os dois cenários iniciais, permitindo comparar, de forma justa, os resultados do desempenho desta etapa em relação à primeira fase.

Figura 60 – *Baseline* para simulação da segunda fase de uma carteira hipotética com múltiplos projetos

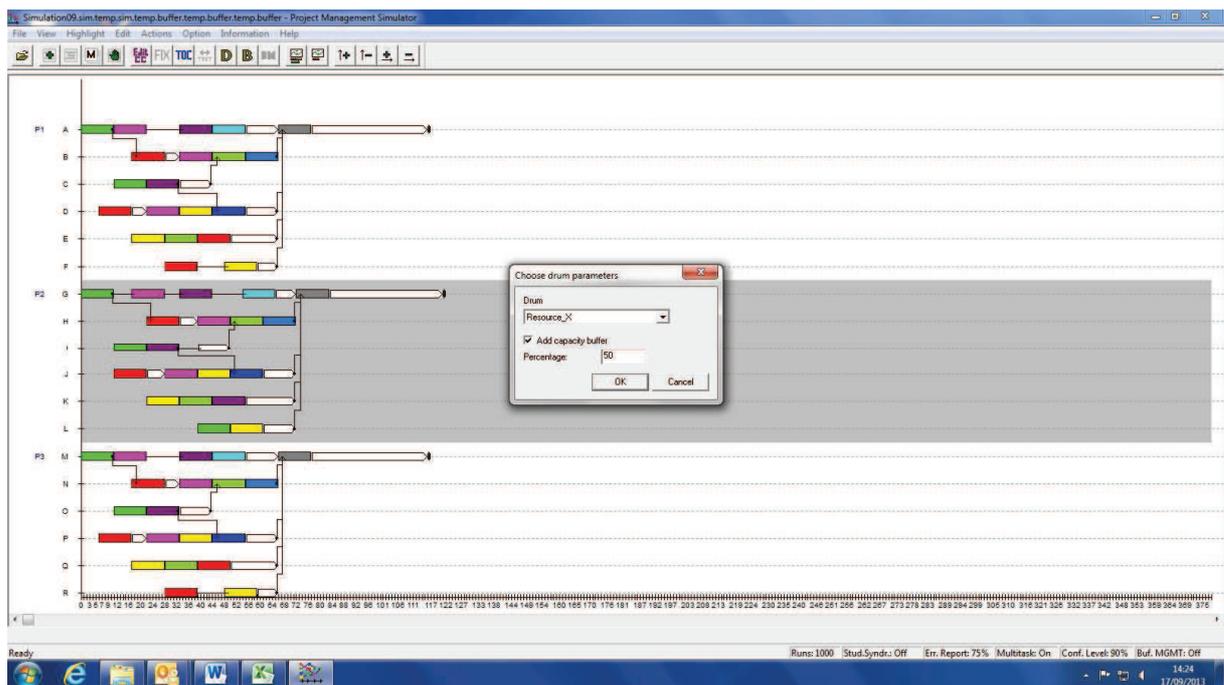


Fonte: (adaptado de PMSim Version 2.03).

A Figura 61 representa o cenário após os seguintes procedimentos, aplicados de acordo com o método da Corrente Crítica:

- 1º. Empurrar as atividades para “o mais tarde possível”, e nivelar a carga dos recursos;
- 2º. Identificar as Correntes Críticas de cada projeto;
- 3º. Ajustar as Correntes Críticas para “tempos secos” e inserir os Pulmões de Projeto;
- 4º. Ajustar a cadeia de atividades que “alimentam” as Correntes Críticas de cada projeto para “tempos secos” e inserir os Pulmões de Alimentação (ou Convergência);
- 5º. Identificar o Tambor dentre os vários projetos do portfólio (neste caso, o Recurso X – vermelho) e dimensionar o *setup* dos pulmões de capacidade entre projetos em 50% da soma das durações das atividades do Tambor predecessoras a ele⁴.

Figura 61 – Cenário do portfólio após aplicação dos princípios da Corrente Crítica em nível monoprojeto

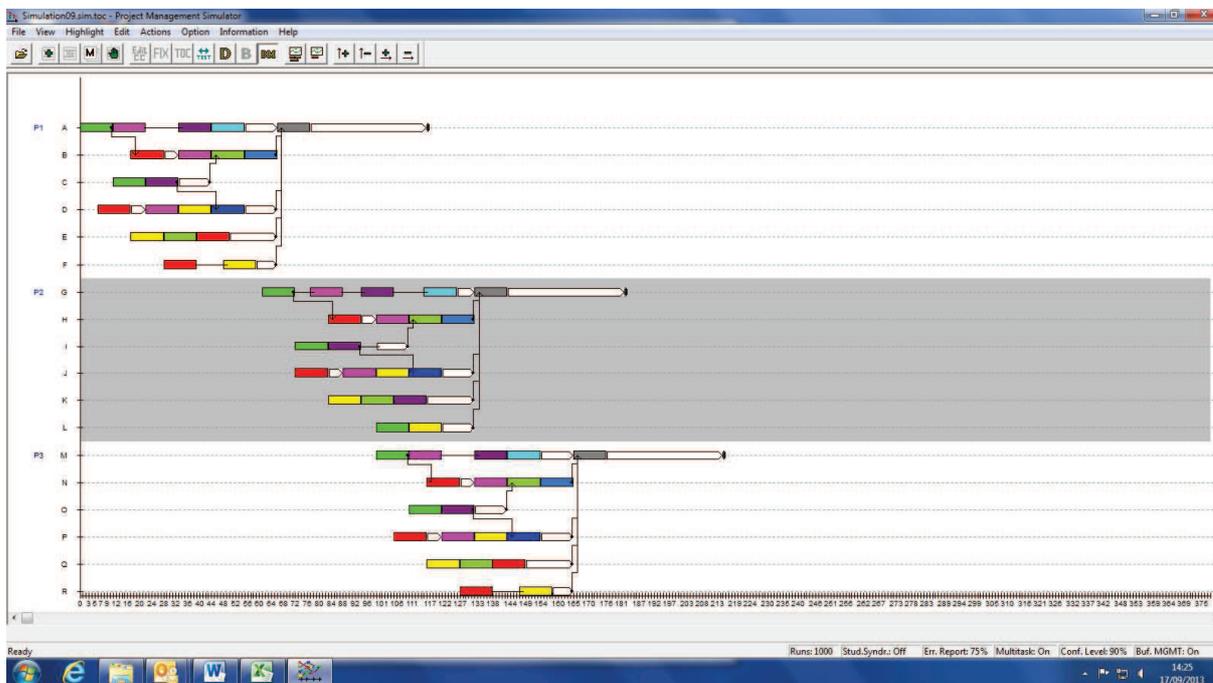


Fonte: (adaptado de PMSim Version 2.03).

⁴ NOTA: o *Software* PMSim Version 2.03 não disponibiliza a opção para cálculo e inserção dos Pulmões do Tambor.

A Figura 62 representa o cenário após sequenciamento entre os projetos por meio do nivelamento do Tambor e inserção dos Pulmões de Capacidade.

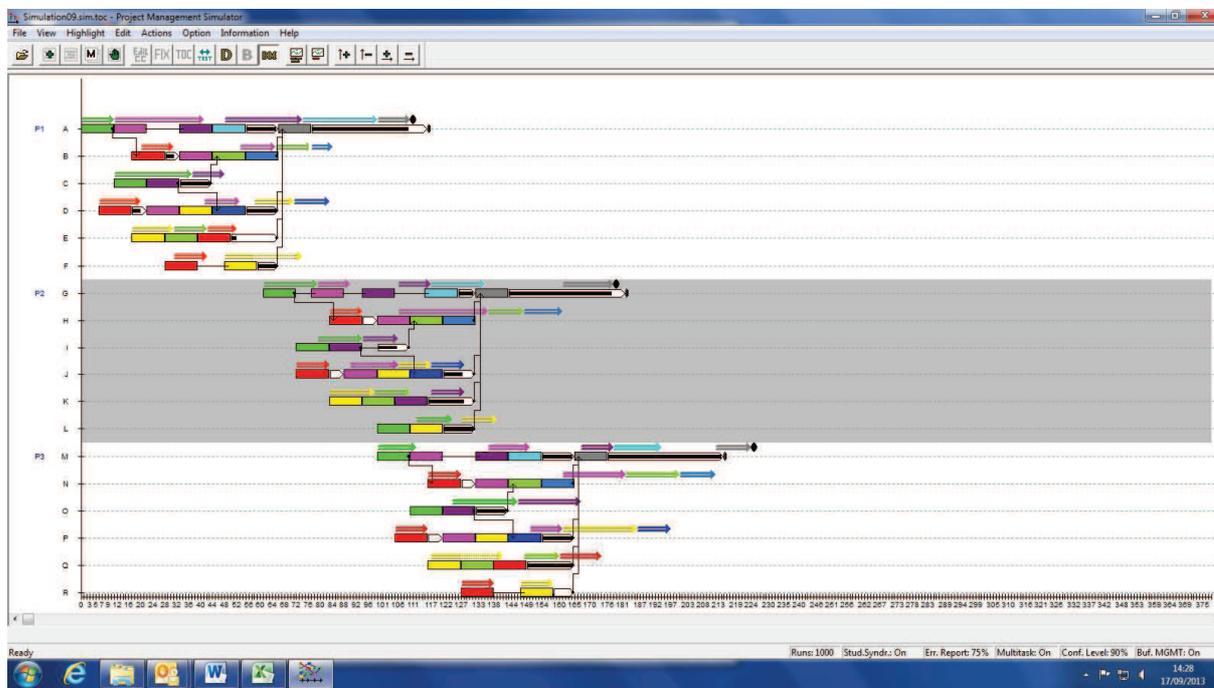
Figura 62 – Cenário do portfólio após aplicação dos princípios da Corrente Crítica em nível multiprojetos



Fonte: (adaptado de PMSim Version 2.03).

Processada a simulação, a Figura 63 mostra os resultados da última execução simulada.

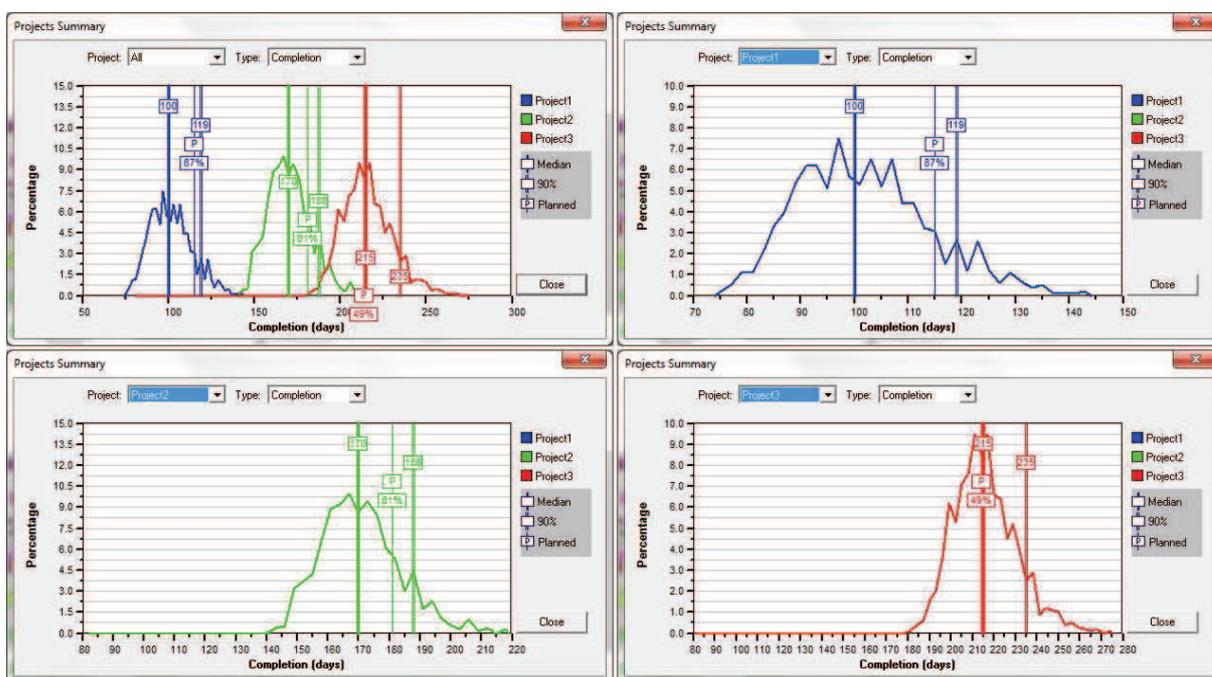
Figura 63 – Resultado da última execução da simulação da segunda fase de uma carteira hipotética com múltiplos projetos



Fonte: (adaptado de PMSim Version 2.03).

Na Figura 64 estão representados os resultados dos três projetos simulados simultaneamente, com as respectivas probabilidades de realização dos prazos (*completion*) de cada um deles representadas dentro dos quadrados (em 50% e 90% das ocorrências). Todos os três projetos ficaram dentro das expectativas dos prazos programados (a discussão dos resultados será abordada nas Tabelas da seção 4.6).

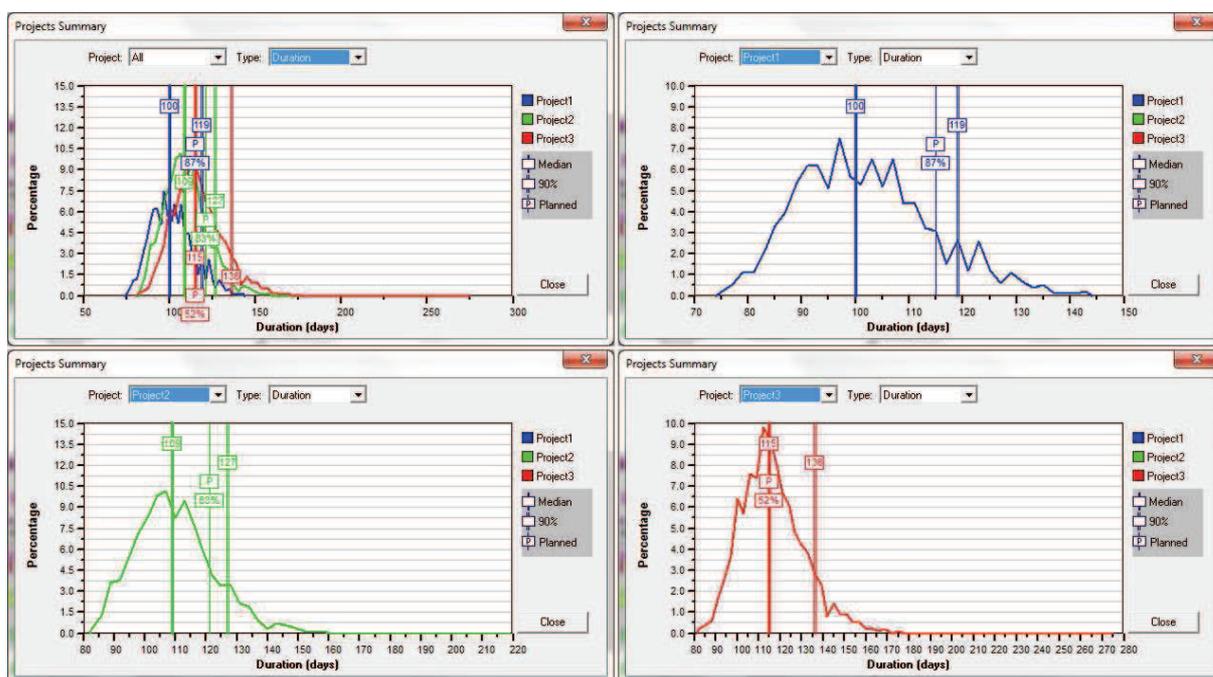
Figura 64 – Gráficos com o sumário dos resultados de completamento da simulação da segunda fase (consolidados e por projeto)



Fonte: (adaptado de PMSim Version 2.03).

Na Figura 65 estão representados os resultados dos três projetos simulados simultaneamente, com as respectivas probabilidades de **duração** representadas dentro dos quadrados (em 50% e 90% das ocorrências). Todos os três projetos ficaram dentro das expectativas em termos das durações planejadas (a discussão dos resultados será abordada nas Tabelas da seção 4.6).

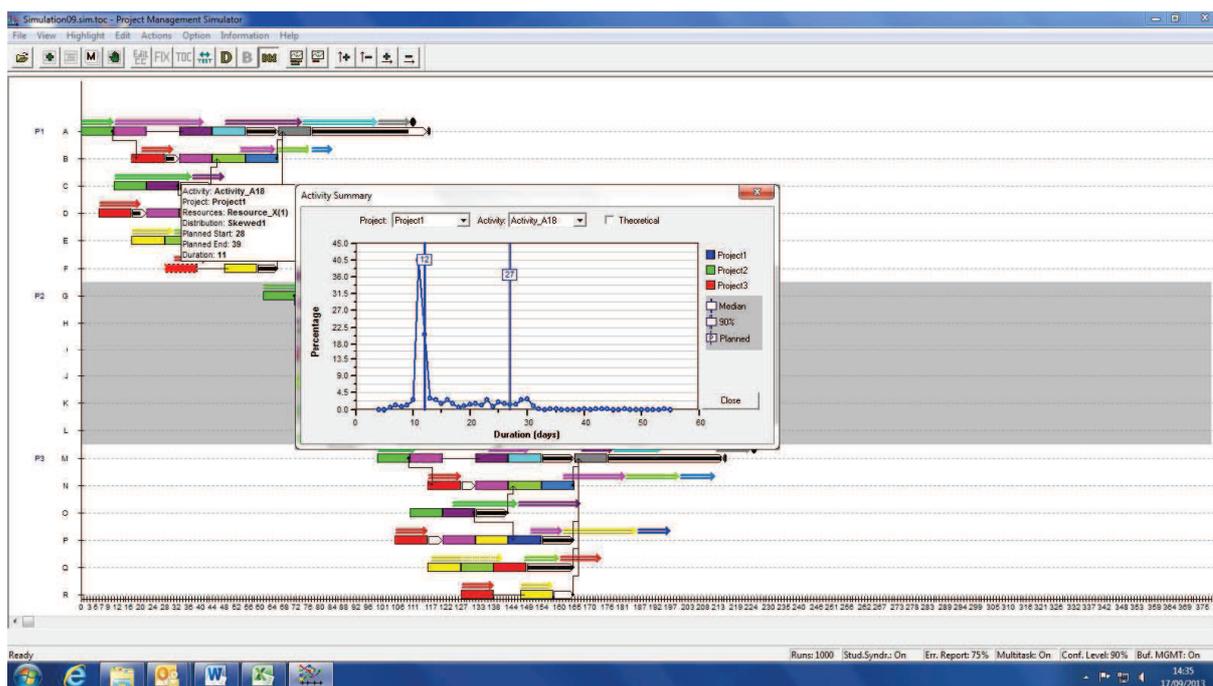
Figura 65 – Gráficos com o sumário dos resultados de duração da simulação da segunda fase (consolidados e por projeto)



Fonte: (adaptado de PMSim Version 2.03).

Enfim, seguindo a mesma lógica da primeira fase da simulação (seção 4.4), a Figura 66 mostra o comportamento da atividade A18 do Projeto 1 (a mesma escolhida na simulação anterior), a qual é executada pelo Recurso X (Recurso vermelho), a fim de apenas ilustrar probabilisticamente o regime de desempenho desta atividade.

Figura 66 – Gráfico dos resultados *status* da atividade A18 do Projeto 1 simulado na segunda fase



Fonte: (adaptado de PMSim Version 2.03).

Na próxima seção discute-se o comparativo dos resultados das simulações entre a primeira e a segunda fases.

4.6 ANÁLISE COMPARATIVA DOS RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES DE MONTE CARLO

As Tabelas 2 e 3 apresentam os resultados consolidados das duas simulações descritas nas seções 4.4 e 4.5, e resumem as respostas do *Software* PmSim Version 2.03, a fim de comparar os valores de término e de duração simulados dos três projetos com os valores planejados.

A fim de facilitar a compreensão, as comparações levam em consideração principalmente os valores em torno da mediana, que conforme explicada na Seção 2.3.1,

corresponde a um determinado valor pelo qual até 50% dos resultados têm probabilidade de ocorrer.

Tabela 2 - Resultados da simulação da primeira fase

Primeira fase: simulação convencional								
Projeto	Data de término planejada	Data de término simulada			Duração planejada	Duração simulada		
		50% (mediana)	Desvio	90%		50% (mediana)	Desvio	90%
Project 1	150	364	214	416	150	356	206	407
Project 2	150	365	215	416	150	355	205	408
Project 3	150	366	216	416	150	357	207	410

Fonte: (elaborada pelo próprio autor).

Tabela 3 - Resultados da simulação da segunda fase

Segunda fase: simulação segundo a Corrente Crítica								
Projeto	Data de término planejada	Data de término simulada			Duração planejada (aproximada)	Duração simulada		
		50% (mediana)	Desvio	90%		50% (mediana)	Desvio	90%
Project 1	115	100	-15	119	115	100	-15	119
Project 2	180	170	-10	188	120	109	-11	127
Project 3	215	215	0	235	115	115	0	136

Fonte: (elaborada pelo próprio autor).

Na primeira simulação, representada pela Tabela 2, aplicada a um cenário convencional, considerando-se então os valores em torno da mediana, todos os três projetos excederam os prazos e durações em mais de 100%. Notar que os projetos são congruentes e não foram desconfitados, e por isso as datas de término planejadas para todos eles são iguais a 150 dias.

Neste cenário simulou-se o conflito de recursos com a consequente multitarefa, somados à Síndrome do Estudante e à Lei de Parkinson. A soma destes fatores resultou em uma extrapolação dos prazos de 214, 215 e 216 dias em relação às datas planejadas de 150 dias, respectivamente para os Projetos 1, 2 e 3.

Analogamente, também houve uma extrapolação da duração em 206, 205 e 207 dias em relação às durações planejadas de 150 dias, respectivamente para os Projetos 1, 2 e 3.

Na segunda simulação, representada pela Tabela 3, adotou-se o mesmo cenário inicial, porém optou-se pela aplicação do método da Corrente Crítica, fato este que postergou as datas planejadas de término dos Projetos 2 e 3 em relação ao cenário convencional da primeira fase. Ou seja, no segundo cenário, as datas de término planejadas correspondem a 115, 180 e 215 dias, respectivamente para os Projetos 1, 2 e 3, contra os 150 dias planejados para o primeiro cenário.

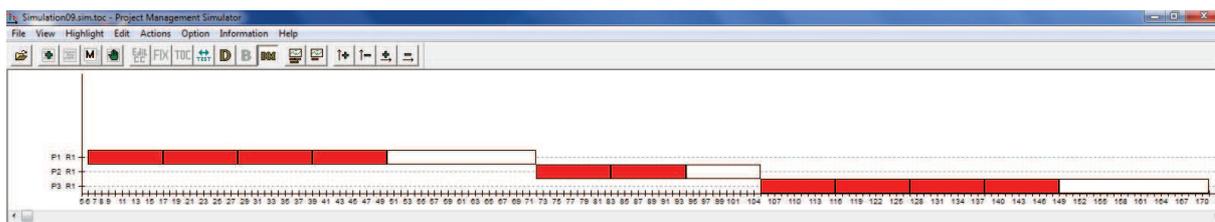
Em contrapartida, considerando os resultados em torno da mediana, após a simulação, os Projetos 1 e 2 terminaram em 100 e 170 dias, antecipadamente em relação às datas planejadas de 115 e 180 dias, enquanto que o Projeto 3 terminou no prazo.

Analogamente, não houve extrapolação das durações planejadas. Pelo contrário, as durações simuladas de 100 e 109 dias para os Projetos 1 e 2 foram inferiores às respectivas durações planejadas de 115 e 120 dias, enquanto que a duração do Projeto 3 se manteve em 115 dias, conforme o planejado.

Por último, depreende-se de uma análise global entre os dois cenários que, empregando-se o método da Corrente Crítica, apesar das datas de término planejadas de alguns projetos serem mais avançadas em relação às datas planejadas no cenário convencional, em contrapartida, após as simulações, todos os três projetos terminaram em datas anteriores aos resultados da simulação da primeira fase. Neste caso, vale destacar que o Projeto 3 (o projeto que terminou mais tarde na segunda simulação, ou seja, no 215º. dia), terminou 149 dias antes do melhor resultado do cenário convencional, que corresponde ao Projeto 1 (finalizado no 364º. dia).

Concluindo, pode-se resumir que apesar dos prazos planejados serem mais avançados no segundo cenário, o atraso é menor quando planejado e gerenciado segundo o método da Corrente Crítica. E a Figura 67 mostra que este resultado se deve, em boa parte, pela “proteção” das atividades do Tambor por meio da inserção de Pulmões, tanto durante a programação monoprojeto quanto pelo sequenciamento multiprojetos.

Figura 67 – Atividades planejadas do Tambor protegidas pelos Pulmões



Fonte: (adaptado de PMSim Version 2.03).

Enfim, o propósito deste capítulo consistiu em demonstrar a eficácia do método da Corrente Crítica em relação ao gerenciamento de um portfólio de projetos, fechando todas as premissas quantitativas do presente trabalho em termos de desempenho de prazos de uma carteira de projetos, indicando prováveis resultados similares à realidade dos ambientes multiprojetos.

5 ASPECTOS COMPLEMENTARES, CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

5.1 ASPECTOS COMPLEMENTARES ENTRE A CC E O SEDP PARA O GERENCIAMENTO MULTIPROJETOS

Aqui estão sumarizadas e mapeadas as características do SEDP e da CC explanadas durante o desenvolvimento desta pesquisa, estruturadas de forma a evidenciar os pontos fortes de cada sistema, seja sob a perspectiva conjunta, seja pela abordagem exclusiva de cada um dos métodos, frisando que o presente trabalho recomenda o uso concomitante de todos os elementos delineados a seguir.

Em primeiro, dentre as principais contribuições sob o aspecto de comunalidade de princípios entre a CC e o SEDP, pode-se elencar:

- Em relação aos 5 Princípios da Mentalidade Enxuta (*Lean Thinking*) (LEACH, 2005):
 - 1º. Valor: a meta é manter a rentabilidade do sistema, focalizando na identificação do que realmente agrega valor sob o ponto de vista do cliente, principalmente no atendimento aos prazos, com consequente faturamento;
 - 2º. Fluxo de Valor: o processo que mais contribui para gerar valor ao sistema como um todo (ótimo global) é o processo de entrega dos projetos por meio do Gerenciamento da Restrição (o Tambor). Portanto, deve-se mapear o estado atual e identificar aonde o fluxo da informação é interrompido (abordagem do mapeamento do fluxo de valor – VSM – para detecção de “gargalos” e gerenciamento de “quem comanda o fluxo”).
 - 3º. Fluxo contínuo: promover o nivelamento do fluxo do processo de desenvolvimento e maximizar o fluxo de projetos por meio do Gerenciamento da Restrição e dos Pulmões, fazendo com que o nivelamento do fluxo do processo no desenvolvimento de projetos se desenvolva dentro de uma variabilidade possível de ser absorvida.
 - 4º. Sistema puxado: executar a gestão de projetos em regime "puxado", gerenciando o progresso da execução por meio do consumo dos Pulmões. O Gerenciamento dos Pulmões indica aonde intervir para não interromper o fluxo, e garante que as tarefas são executadas somente quando necessárias;
 - 5º. Busca da Perfeição: a Mentalidade Enxuta, assim como o Processo de Focalização em 5 Etapas (processo de melhoria contínua da TOC), combatem a

inércia, superando e alinhando as expectativas, criando e incrementando valor continuamente.

- Abordagem multiprojetos clara e transparente, promovendo o alinhamento entre o planejamento do portfólio com as estratégias da empresa, a fim de otimizar o compartilhamento de recursos entre projetos múltiplos e simultâneos;
- Consideração da sobrecarga como variável direta e quantitativa, realizando o planejamento em função do nivelamento pela capacidade dos recursos, por meio do desconflito de atividades (curva de carga-capacidade) e do planejamento de ciclos;
- Estabilidade do fluxo do processo de desenvolvimento, por meio da disciplina concentrada na importância em se conservar o plano relativamente estável, a partir da revisão do desempenho do portfólio atual durante o planejamento de ciclos, concomitantemente com a prática da ética da efetividade e do combate à multitarefa, e ao mesmo tempo, mitigando os aspectos comportamentais nocivos da Síndrome do Estudante e da Lei de Parkinson, exercidos pelos recursos executores;
- Combate à antecipação de tarefas, o que se traduz em evitar a produção em excesso, ou seja, o fenômeno de "produzir" mais, ou antes do que o processo necessita (desenvolver atividades previamente ao planejado), gerando acúmulos e tarefas simultâneas e não sincronizadas, consequentemente provocando a multitarefa;
- Aplicáveis em empresas de organograma matricial, cujos departamentos trabalham simultaneamente com vários projetos, consequentemente enfrentando desafios similares em matéria de gerenciamento de recursos compartilhados, em que é preciso ver o processo de desenvolvimento como um sistema no qual as demandas representam trabalho para recursos com capacidades finitas;
- Planejamento dos processos que se estabelece pela investigação, compreensão e neutralização da verdadeira origem dos problemas, e não pelo tratamento dos sintomas decorrentes das causas-raiz.

Em segundo, apresenta-se como principais contribuições segundo os princípios da CC:

- Emprego dos Pulmões como mecanismo para garantir a utilização ininterrupta do Tambor e das atividades sucessoras a ele, resguardando a capacidade do sistema em atender à programação;
- Utilização dos Pulmões como mecanismo de absorção da variabilidade intrínseca presente na natureza das atividades de desenvolvimento, posto que a TOC pressupõe

que haverá flutuações, e portanto, estas devem ser consideradas desde o planejamento do portfólio;

- Consideração dos desperdícios, irregularidades e variabilidades como variáveis comportamentais, que levam ao incremento das estimativas e à antecipação de atividades com conseqüente multitarefa, além da conduta pela Síndrome do Estudante e pela Lei de Parkinson, conseqüentemente gerando desperdício;
- Algoritmo de gestão multiprojetos simplificado, executando o planejamento do portfólio e o controle da execução concentrados na variável estratégica (Tambor), pressupondo uma rede de atividades interligada, direta ou indiretamente, ao recurso restritivo de capacidade, estratégico e necessário na maior parte ou totalidade dos projetos.

Por último, tem-se como principais contribuições segundo os princípios do SEDP:

- Esforços concentrados nas atividades de planejamento nas fases iniciais dos projetos;
- Planejamento de ciclos de desenvolvimento de produtos, por meio do gerenciamento de plataformas de produtos, concomitantemente com minimização de sobrecargas devido à simultaneidade equilibrada entre o lançamento de novos produtos e as evoluções dos produtos correntes;
- Consideração dos desperdícios, irregularidades ou variabilidades como variáveis diretas e quantitativas.

5.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

O principal objetivo deste trabalho consistiu em apresentar um sistema de planejamento e gestão voltado para ambientes multiprojetos, baseado nos fundamentos e no algoritmo da Corrente Crítica. De forma complementar, foi demonstrado como o método da Corrente Crítica pode, ainda, ser apoiado por alguns princípios do Sistema Enxuto de Desenvolvimento de Produto.

O desenvolvimento da pesquisa evidenciou como a lógica, os princípios e os processos preconizados pela CC, suplementados pelos ensinamentos do SEDP, ambos orientados para o gerenciamento por processos, podem ser empregados como uma proposta viável de planejamento e gestão integrados dos recursos e das áreas em organizações constituídas por

estruturas matriciais, e que por necessitarem gerenciar eficientemente e eficazmente seus portfólios de projetos, requerem compartilhar os seus recursos com capacidades finitas de forma racional e sustentável, a fim de atender as demandas dos gerentes de vários projetos.

Dentre as principais características reveladas em relação ao gerenciamento multiprojetos, tanto a CC quanto o SEDP estabelecem uma visão prioritária para o alinhamento do portfólio de projetos com as estratégias da organização, visando ao cumprimento dos requisitos de prazos planejados para os projetos por meio da programação e tomada de decisões com base nas restrições de capacidade dos recursos executores, assim como pelas deliberações com base nos processos críticos que afetam o desempenho global.

O desenvolvimento da pesquisa se amparou, também, pela aplicação da Simulação de Monte Carlo em uma carteira hipotética de projetos, demonstrando os benefícios em se aplicar o algoritmo da Corrente Crítica em termos de desempenho de prazos, em detrimento da gestão convencional sobre a mesma carteira simulada. Aqui, ressalte-se a limitação do *software* de simulação adotado, o qual consiste em um algoritmo protegido, cujos parâmetros são padronizados e limitados, tendo as simulações sido realizadas com o valor limite de execuções permitido pelo *software*.

E como contribuição, espera-se que o modelo proposto sirva, senão como referência imediata para implantação nas organizações, pelo menos como um meio de instigar os gerentes de projetos a confrontarem os conceitos aqui expostos com os métodos de gestão usualmente praticados.

Deste modo, espera-se que o conjunto de ideias e métodos apresentados auxiliem a promover um melhor e mais estável sistema de gerenciamento multiprojetos de uma organização, por meio do fluxo equilibrado de informações e entregas intermediárias, com resultados consistentes em um ambiente colaborativo para todos os parceiros da cadeia de projetos.

E sendo o gerenciamento multiprojetos um dos fatores críticos, tanto para o sucesso quanto para a sobrevivência das organizações frente à competitividade, fica evidente que, sob esta perspectiva, todas as partes devem ser encorajadas a focalizarem seus esforços nos ganhos globais da rede de projetos. Isto significa direcionar os esforços individuais colaborativamente em direção às atividades que realmente agreguem valor ao sistema e às suas metas. Para tanto, deve-se persuadir os envolvidos a melhorarem não somente as suas operações, mas, principalmente, a colaboração entre eles, criando, assim, uma vantagem competitiva.

É importante ressaltar também que para se adotar a proposta aqui desenvolvida, torna-se necessário, antes de tudo, concretizar uma mudança cultural, posto que um dos grandes erros que as empresas cometem ao aplicarem um sistema de natureza holística e inovadora (como a CC, o STP e o SEDP, por exemplo) acaba por se focalizar no uso das ferramentas, e não no âmbito comportamental.

Sendo assim, é sensato também destacar que a pesquisa foi direcionada (espera-se que com a devida prudência) em se evidenciar não somente os prováveis benefícios, mas também as possíveis dificuldades, principalmente culturais e comportamentais, inerentes a todos os processos de transformação empresariais.

Enfim, dentre os possíveis benefícios esperados da concepção desenvolvida pode-se enumerar:

- Previsão do impacto de novos projetos no portfólio de projetos correntes;
- Redução do *lead time* (comparado com os sistemas convencionais), com melhor aproveitamento da capacidade disponível, permitindo realizar mais projetos no mesmo período de tempo;
- Melhora da visibilidade e da transparência, prevendo os atrasos com antecedência, com maior facilidade e efetividade no gerenciamento, focalizando ações apenas aonde alguma interferência é necessária (quais atividades de um projeto estão impactando em outro projeto);
- Minimização do replanejamento, em função das flutuações absorvidas pelos Pulmões;
- Visualização do "gargalo" do fluxo do processo, evitando colocar pessoas onde não se contribui para os resultados, pessoas paradas e ou trabalhando desnecessariamente, intensificando o trabalho em equipe.

Contudo, para se atender a outro propósito desta pesquisa, mais precisamente em tornar exequível a aplicação prática da proposta CC-SEDP no gerenciamento multiprojetos, é necessário salientar que é recomendável que sejam exploradas as possibilidades de agregar outras soluções e ferramentas auxiliares, a fim de suportar a transposição de toda a arquitetura teórica para a realidade corporativa.

5.3 SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS OU CONTINUIDADE ACERCA DO TEMA

Aqui estão elencadas possíveis perspectivas de contribuições, sugerindo, ainda, futuras pesquisas do tema agregado a outros modelos de gestão.

Primeiramente, deve ser ressaltado que esta investigação poderá vir ao encontro de outros estudos acerca da aplicação sinérgica entre a TOC e a Mentalidade Enxuta, conforme apontam Almeida, Souza e Baptista (2010), Leach (2005) e Sproul (2009). Porém, ela necessita ser validada empiricamente, a fim de propiciar “não apenas que se identifiquem os necessários elementos de ligação entre ambas, mas também que se tornem explícitos as carências de cada uma, e como a união de ambas pode ajudar a mitigá-las” (ALMEIDA; SOUZA; BAPTISTA, 2010), estimulando também, sob este último aspecto, agregar outros processos de melhoria contínua às futuras pesquisas, como, por exemplo, o Seis Sigma (SPROUL, 2009; ALMEIDA; SOUZA; BAPTISTA, 2010).

Assim sendo, concomitantemente a estas técnicas, pesquisas futuras poderão investigar e explorar, por exemplo, como o modelo Seis Sigma pode contribuir para promover um alinhamento estratégico do portfólio de projetos, utilizando indicadores de desempenho alinhados aos resultados da organização e prioridades estratégicas como alvos dos projetos (CARVALHO; ROTONDARO, 2005). E sob este aspecto, as ferramentas de projeto de processo Seis Sigma podem ser usadas a fim de auxiliar a projetar e medir o desempenho de seu processo de gestão de projetos (LEACH, 2005).

Contudo, conforme aponta Kwak (2010), apesar de ser observado que a aplicação das ferramentas Seis Sigma têm tentado auxiliar o gerenciamento de projetos e, ao mesmo tempo, conduzir a análises estatísticas sobre os dados do negócio, verifica-se que os projetos têm empregado as ferramentas do Seis Sigma apenas para alcançar resultados individuais focado na natureza destes, “mas ainda não se discutiu suficientemente o uso do gerenciamento de projetos como uma metodologia separada ou combinada com a do Seis Sigma”.

Em adição a isto, torna-se necessário enfatizar que, apesar dos modelos de gestão geralmente serem desenvolvidos para utilização sob o âmbito holístico, metodologias como o *Design for Lean Six Sigma* (DFLSS) também trazem a sua contribuição no contexto de excelência em desenvolvimento de projetos robustos no plano monoproyetos, permitindo maior estabilidade ao sistema por meio do lançamento no mercado do produto certo, no prazo mais curto possível e com custos mínimos (WERKEMA, 2012).

REFERÊNCIAS

AKINTOYE, A. S.; MACLEOD, M. J. Risk analysis and management in construction. **International Journal of Project Management**, v. 15, n. 1, p. 31-38, feb. 1997.

ALMEIDA, G. V.; SOUZA, F. B.; BAPTISTA, H. R. Toyota e TOC: uma comparação com base em seus princípios fundamentais. In: XIII SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS – SIMPOI. **Anais...** São Paulo: FGV-EAESP, 2010. não paginado.

ALVES, A.; COGAN, S.; ALMEIDA, R. S. de Utilizando o processo de raciocínio da teoria das restrições para a gestão de projetos de pesquisas e atividades científicas. **Revista Eletrônica Sistemas & Gestão**, v. 5, n. 3, p. 161-178, set.-dec. 2010.

ARTTO, K.; MARTINSUO, M.; GEMÜNDEN, H. G.; MURTOARO, J. Foundations of program management: a bibliometric view. **International Journal of Project Management**, v. 27, p. 1–18, 2009.

BALLARD, G.; HOWELL, G. Lean project management. **Building Research & Information**, v. 31, n. 2, p. 119-133, mar. 2003.

BEAUME, R.; MANIAK, R.; MIDLER, C. Crossing innovation and product projects management: a comparative analysis in the automotive industry. **International Journal of Project Management**, v. 27, n. 2, p. 166-174, feb. 2009.

BEVILACQUA, M.; CIARAPICA, F. E.; GIACCHETTA, G. Critical chain and risk analysis applied to high-risk industry maintenance: a case study. **International Journal of Project Management**, v. 27, n. 4, p. 419-432, may 2009.

BIE, L.; CUI, N.; ZHANG, X. Buffer sizing approach with dependence assumption between activities in critical chain scheduling. **International Journal of Production Research**, v. 50, n. 24, p. 7343–7356, dec. 2012.

BLACKSTONE, J. H. Jr. Theory of constraints: a status report. **International Journal of Production Research**, v. 39, n. 6, p. 1053-1080, 2001.

BLACKSTONE, J. H.; COX, J. F., SCHLEIER J. G. A tutorial on project management from a theory of constraints perspective. **International Journal of Production Research**, v. 47, n. 24, p. 7029–7046, dec. 2009.

BRASIL, A. V. N. **A aplicação da teoria das restrições nas negociações empresariais e relações humanas**. Apostila (treinamento). PH-Brasil Consultoria, 2007.

BRASIL, A. V. N. **Corrente Crítica: um algoritmo para gerenciamento de projetos, programas ou empreendimentos segundo a Teoria das Restrições**. Apostila (treinamento). PH-Brasil Consultoria, 2008.

CARVALHO, M. M. de; ROTONDARO, R. G. Modelo Seis Sigma. In: CARVALHO, M. M. de; PALADINI, E. P. *et al.* **Gestão da qualidade: teoria e casos**. Rio de Janeiro: Elsevier - ABEPRO, 2005. 355 p.

CORBETT NETO, T. **Contabilidade de ganhos**. São Paulo: Editora Nobel. 1997. 189p.

COX III, J. F.; BLACKSTONE, J. H.; SPENCER, M. S. **APICS Dictionary**. 8th ed., Falls Church VA: American Production and Inventory Society, 1995.

COX III, J. F.; SPENCER, M. S. **Manual da teoria das restrições**. Porto Alegre: Bookman, 2002. 280p.

CSILLAG, J. M.; CORBETT NETO, T. (Ed.). Utilização da teoria das restrições no ambiente de manufatura em empresas no Brasil. **EAESP/FGV/NPP – Núcleo de Pesquisas e Publicações**, relatório de pesquisa n. 17, 1998.

DANILOVIC, M.; SANDKULL, B. The use of dependence structure matrix and domain mapping matrix in managing uncertainty in multiple project situations. **International Journal of Project Management**, v. 23, n. 3, p. 193-203, apr. 2005.

DAVIDOVITCH, L.; PARUSH, A.; SHTUB, A. Simulator-based team training to share resources in a matrix structure organization. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 57, n. 2, p. 288-300, may 2010.

DEAN, B. V.; DENZLER, D. R.; WATKINS, J. J. Multiproject staff scheduling with variable resource constraints. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 39, n. 1, p. 59-72, feb. 1992.

DOMBROWSKI, U.; ZAHN, T. Design of a lean development framework. In: **IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management**, art. n. 6118249, p. 1917-1921, 2011.

DONATELLI, G. D.; KONRATH, A. C. Simulação de Monte Carlo na avaliação de incertezas de medição. **Revista de Ciência & Tecnologia**, v. 13, n. 25/26, p. 5-15, jan.-dez. 2005.

EAST, E. W.; LIU, L. Y. Multiproject planning and resource controls for facility management. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 132, n. 12, p. 1294-1305, dec. 2006.

ENSSLIN, L.; VIANNA, W. O papel do *design* de pesquisa quali-quantitativa em engenharia de produção. In: OLIVEIRA, V. F.; CAVENAGHI, V.; MÁSCULO, F. S. **Tópicos emergentes e desafios metodológicos em engenharia de produção: casos, experiências e proposições – volume ii**. Rio de Janeiro: ABEPRO, 2009. 542 p.

FORD, D. N.; SOBEK, D. K. Adapting real options to new product development by modeling the second Toyota paradox. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 52, n. 2, p. 175-185, may 2005.

GALVÃO, M. Análise quantitativa de riscos com Simulação de Monte Carlo. **Revista Mundo Project Management**, n. 05, p. 6-17, out./nov. 2005.

GEEKIE, A. **Buffer sizing for the Critical Chain Project Management Method**. 2006, 144 f. ,M.Sc. Dissertation (Masters of Engineering – Project Management) – Department of Engineering and Technology Management, Faculty of Engineering, the Built Environment and Information Technology, University of Pretoria, Pretoria, 2006.

GOLDRATT, E. M. **Corrente Crítica**. São Paulo: Nobel, 1998. 260p.

GOLDRATT, E. M. **Production the TOC way**. Great Barrington: The North River Press, 2003. 146p.

GOLDRATT, E. M. **TOC em gerenciamento de projetos e engenharia: programa de auto aprendizado**. Goldratt's Marketing Group, 2002a.

GOLDRATT, E. M. **TOC insights into project management and engineering**. Goldratt's Marketing Group, 2002b. Disponível em: < https://toc-goldratt.com/insights_excerpts/index2.php?ses=3&ext=n >. Acesso em: 19 dez. 2013.

GOLDRATT, E. M.; COX, J. **A meta: um processo de melhoria contínua**. 2. ed. São Paulo: Nobel, 2002. 365p.

GOLDRATT, E. M.; FOX, R. E. **A corrida pela vantagem competitiva**. São Paulo: Educator - IMAN, 1992. 177p.

GOLDRATT, E. M. and Elyakim Management Systems Ltd. **Software PmSim Version 2.03**. Thru-Put Technologies, San Jose: CA, 1998. Cortesia de BAPTISTA, H. R. Goldratt's Marketing Group.

JUNG, Y.; KANG, S. Knowledge-based standard progress measurement for integrated cost and schedule performance control. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 133, n. 1, p. 10-21, jan. 2007.

KHAN, M. S.; AL-ASHAAB, A.; SHEHAB, E.; HAQUE, B.; EWERS, P.; SORLI, M.; SOPELANA, A. Towards lean product and process development. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, v. 33, n. 12, p. 1105-1116, 2011.

KENDALL, G. I. **Visão viável: transformando o faturamento em lucro líquido**. Porto Alegre: Bookman, 2007. 160p.

KWAK, Y. H.; ANBARI, F. T. Analyzing project management research: perspectives from top management journals. **International Journal of Project Management**, v. 27, n. 5, p. 435-446, jul. 2009.

KWAK, Y. H. O interrelacionamento entre o gerenciamento de projetos e seis sigma. **Mundo Project Management**, v. 30, p. 8-13, dec. 2009 - jan. 2010.

LASLO, Z.; GOLDBERG, A. I. Resource allocation under uncertainty in a multi-project matrix environment: is organizational conflict inevitable? **International Journal of Project Management**, v. 26, n. 8, p. 773-788, nov. 2008.

LEACH, L. P. **Lean Project Management: eight principles for success**. Boise: Advanced Projects, Inc. 2005. 226p.

LEE-KELLEY, L.; SANKEY, T. Global virtual teams for value creation and project success: a case study. **International Journal of Project Management**, v. 26, n. , p. 51-62, 2008.

LINDNER, F.; WALD, A. Success factors of knowledge management in temporary organizations. **International Journal of Project Management**, v. 29, n. 7, p. 877-888, oct. 2011.

LIKER, J. K. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo.** Porto Alegre: Bookman, 2005. 316p.

MABIN, V. J.; BALDERSTONE, S. J. The performance of the theory of constraints methodology: analysis and discussion of successful TOC applications. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 23, n. 6, p.568-595, 2003.

MAHMOUD-JOUINI, S. B.; LENFLE, S. Platform re-use lessons from the automotive industry. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 30, n. 1, p. 98-124, 2010.

MARTINS, R. A. Abordagens qualitativa e quantitativa. In: MIGUEL, P. A. *et al.* **Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações.** Rio de Janeiro: Elsevier - ABEPRO, 2010. 226p.

MELLO, C. H. P. **Metodologia de pesquisa: estratégias, métodos e técnicas para pesquisa científica em engenharia de produção.** Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI, 2007. 147p.

MOELLMANN, A. H. **Aplicação da teoria das restrições no gerenciamento da cadeia de suprimentos.** São Paulo: Blucher Acadêmico, 2009. 162 p.

MORGAN, J. M.; LIKER, J. K. **Sistema Toyota de desenvolvimento de produto: integrando pessoas, processo e tecnologia.** Porto Alegre: Bookman, 2008. 392p.

NEWBOLD, R. C. **Project management in the fast lane: applying the theory of constraints management.** Boca Raton: St. Lucie Press – CRC Press LLC, 1998. 284p.

NOBEOKA, K.; CUSUMANO, M. A. Multiproject strategy, design transfer, and project performance: a survey of automobile development projects in the US and Japan. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 42, n. 4, p. 397-409, nov. 1995.

OPPENHEIM, B. W. Lean Product Development Flow. **Systems Engineering**, v. 7, n. 4, p. 352-376, dec. 2004.

OSHRI, I.; NEWELL, S. Component sharing in complex products and systems: challenges, solutions, and practical implications. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 52, n. 4, p. 509-521, nov. 2005.

PEREZ, J. L. TOC for world class global supply chain management. **Computers Industrial Engineering**, v. 33, n. 1-2, p. 289-293, 1997.

PMI – Project Management Institute. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos (Guia PMBOK®)**. 4. ed. Project Management Institute, Inc.: Newton Square, 2008. 337p.

PMSURVEY.ORG Estudo de Benchmarking em Gerenciamento de Projetos Brasil 2010. **Project Management Institute – Chapters Brasileiros**, 2010. < <http://www.pmsurvey.org> >. Acesso em: 19 dec. 2014.

RAHMAN, S. Theory of constraints: a review of the philosophy and its applications. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 18, n. 4, p. 336-355, 1998.

RAHMAN, S. The theory of constraints' thinking process approach to developing strategies in supply chain. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 32, n. 9/10, p. 809-827, 2002.

RAZ, T.; MICHAEL, E. Use and benefits of tools for project risk management. **International Journal of Project Management**, v. 19, n. 1, p. 9-17, jan. 2001.

RO, Y. K., LIKER, J. K.; FIXSON, S. K. Modularity as a strategy for supply chain coordination: the case of U.S. auto. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 54, n. 1, p. 172-189, feb. 2007.

ROBINSON, H.; RICHARDS, R. Critical chain project management: motivation & overview. **IEEE Aerospace Conference**, art. n. 1436, p. 1-10, sep. 2009.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Learning to see: value stream mapping to add value and eliminate muda**. Brookline, MA: The Lean Enterprise Institute, 1999. 102 p.

RUPANI, S. **Standardization of product development processes in multi-project organizations**. 2011, 126 f. Ph.D. Thesis (Doctorate of Philosophy in Engineering Systems) – Engineering Systems Division 9ESD, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 2011.

SACKS, R.; HAREL, M. An economic game theory model of subcontractor resource allocation behavior. **Construction Management and Economics**, v. 24, p. 869-881, aug. 2006.

SILVA, E. L. da; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4. ed. Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de pós-graduação em engenharia de produção, laboratório de ensino à distância, Florianópolis, 2004.

SOLER, A. M. **Tópicos avançados em gerenciamento de projetos**. Apostila (treinamento). J2DA Consulting, 2008.

SPROULL, R. **The ultimate improvement cycle: maximizing profits through the integration of lean, six sigma, and theory of constraints**. Boca Raton: CRC Press – Taylor & Francis Group, LLC, 2009. 250p.

TANG, C. M.; LEUNG, A. Y. T.; LAM, K. C. Entropy application to improve construction finance decisions. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 132, n. 10, p. 1099-1113, oct. 2006.

THOMAS, G.; FERNÁNDEZ, W. Success in IT projects: a matter of definition? **International Journal of Project Management**, v. 26, p. 733–742, jun. 2008.

TUKEL, O. I.; ROM, W. O.; EKŞIOĞLU, S. D. An investigation of buffer sizing techniques in critical chain scheduling. **European Journal of Operational Research**, v. 172, n. 2, p. 401-416, jul. 2006.

TURRIONI, J. B.; MELLO, C. H. P. Abordagens metodológicas típicas na engenharia de produção. In: OLIVEIRA, V. F.; CAVENAGHI, V.; MÁSCULO, F. S. **Tópicos emergentes e desafios metodológicos em engenharia de produção: casos, experiências e proposições – volume ii**. Rio de Janeiro: ABEPRO, 2009. 542 p.

WARD, A. C.; SHOOK, J.; SOBEK, D. **Lean Product and Process Development**. Cambridge: Lean Enterprise Institute, 2007. 208 p.

WATSON, K. J.; BLACKSTONE, J. H. Jr.; GARDINER, S. C. The evolution of a management philosophy: the theory of constraints. **Journal of Operations Management**, v. 25, p. 387-402, 2007.

WERKEMA, C. **Design for Lean Six Sigma: ferramentas básicas usadas nas etapas D e M do DMADV**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. 213 p.

ZHANG, W.; HILL A. V.; SCHROEDER, R. G.; LINDERMAN, K. W. Project management infrastructure: the key to operational performance improvement. **Operations Management Research**, v. 1, n. 1, p. 40-52, jul. 2008.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ANDERSON, D. K.; MERNA, T. Project management strategy: project management represented as a process based set of management domains and the consequences for project management strategy. **International Journal of Project Management**, v. 21, n. 6, p. 387-393, aug. 2003.

ASSAF, S. A.; AL-HEJJI, S. Causes of delay in large construction projects. **International Journal of Project Management**, v. 24, n. 4, p. 349-357, may 2006.

ATKINSON, R. Project management: cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, its time to accept other success criteria. **International Journal of Project Management**, v. 17, n. 6, p. 337-342, dec. 1999.

ATKINSON, R.; CRAWFORD, L.; WARD, S. Fundamental uncertainties in projects and the scope of project management. **International Journal of Project Management**, v. 24, n. 8, p. 687-698, nov. 2006.

BAINES, T.; H LIGHTFOOT, H.; WILLIAMS, G.M.; R GREENOUGH, R. State-of-the-art in lean design engineering: a literature review on white collar lean. **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture**, v. 220, n. 9, p. 1539-1547, may 2006.

BELOUT, A.; GAUVREAU, C. Factors influencing project success: the impact of human resource management. **International Journal of Project Management**, v. 22, n. 1, p. 1-11, jan. 2004.

BING, L.; AKINTOYE, A.; EDWARDS, P. J.; HARDCASTLE, C. The allocation of risk in PPP/PFI construction projects in the UK. **International Journal of Project Management**, v. 23, n. 1, p. 25-35, jan. 2005.

BOONSTRA, A. Interpreting an ERP-implementation project from a stakeholder perspective. **International Journal of Project Management**, v. 24, n. 1, p. 38-52, jan. 2006.

COOKE-DAVIES, T. The "real" success factors on projects. **International Journal of Project Management**, v. 20, n. 3, p. 185-190, apr. 2002.

EL-SABAA, S. The skills and career path of an effective project manager. **International Journal of Project Management**, v. 19, n. 1, p. 1-7, jan. 2001.

FLEURY, A. Planejamento do projeto de pesquisa e definição do modelo teórico. In: MIGUEL, P. A. *et al.* **Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. Rio de Janeiro: Elsevier - ABEPRO, 2010. 226p.

FRICKE, S.E.; SHENBAR, A.J. Managing multiple engineering projects in a manufacturing support environment. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 47, n. 2, p. 258-268, may 2000.

GRIMSEY, D.; LEWIS, M. K. Evaluating the risks of public private partnerships for infrastructure projects. **International Journal of Project Management**, v. 20, n. 2, p. 107-118, feb. 2002.

HUEMANN, M.; KEEGAN, A.; TURNER, J. R. Human resource management in the project-oriented company: a review. **International Journal of Project Management**, v. 25, n. 3, p. 315-323, apr. 2007.

JAAFARI, A. Management of risks, uncertainties and opportunities on projects: time for a fundamental shift. **International Journal of Project Management**, v. 19, n. 2, p. 89-101, feb. 2001.

KALTON, A.; RICHARDS, R. A. Advanced scheduling technology for more efficient (shorter) resource constrained schedules. **IEEE Aerospace Conference**, art. 1045, p. 1-9, mar 2008.

KOGAN, K.; SHTUB, A. Scheduling projects with variable-intensity activities: the case of dynamic earliness and tardiness costs. **European Journal of Operational Research**, v. 118, n. 1, p. 65-80, oct. 1999.

LIKER, J.K.; MORGAN J.M. The Toyota way in services: the case of lean product development. **Academy of Management Perspectives**, v. 20, n. 2, p. 5-20, may 2006.

LIPKE, W.; ZWIKAEEL, O.; HENDERSON, K.; ANBARI, F. Prediction of project outcome: the application of statistical methods to earned value management and earned schedule performance indexes. **International Journal of Project Management**, v. 27, n. 4, p. 400-407, may 2009.

LOVA, A.; MAROTO, C.; TORMOS, P. A multicriteria heuristic method to improve resource allocation in multiproject scheduling. **European Journal of Operational Research**, v. 127, n. 2, p. 408-424, dec. 2000.

MUFFATTO, M. Evolution of product development in Japanese automobile firms. **International Journal of Vehicle Design**, v. 17, n. 4, p. 343-359, 1996.

MÜLLER, R.; TURNER, J. R. Matching the project manager's leadership style to project type. **International Journal of Project Management**, v. 25, n. 1, p. 21-32, jan. 2007.

MÜLLER, R.; TURNER, R. Leadership competency profiles of successful project managers. **International Journal of Project Management**, v. 28, n. 5, p. 437-448, jul. 2010.

MUNNS, A. K.; BJEIRMI, B. F. The role of project management in achieving project success. **International Journal of Project Management**, v. 14, n. 2, p. 81-87, apr. 1996.

PATANAKUL, P.; MILOSEVIC, D. The effectiveness in managing a group of multiple projects: factors of influence and measurement criteria. **International Journal of Project Management**, v. 27, n. 3, p. 216-233, apr. 2009.

PMI – Project Management Institute. **The Standard for Program Management**. Project Management Institute, Inc. Newtown Square: Pensilvania. 2006. 109p.

PMI – Project Management Institute. **The Standard for Portfolio Management**. Project Management Institute, Inc. Newtown Square: Pensilvania. 2006. 79p.

RATCHEVA, V. Integrating diverse knowledge through boundary spanning processes: the case of multidisciplinary project teams. **International Journal of Project Management**, v. 27, n. 3, p. 206-215, apr. 2009.

SAMBASIVAN, M.; SOON, Y. W. Causes and effects of delays in Malaysian construction industry. **International Journal of Project Management**, v. 25, n. 5, p. 517-526, 2007.

SILVA, E. M. **Proposta de aplicação da corrente crítica no gerenciamento de projetos executivos de engenharia em uma refinaria**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Produção). Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2010.

SPECTOR, R. Optimizing continuous improvement project selection and execution with Lean Program Management (LPM). **Operational Excellence Conference and Expo**, St. Louis - MO, oct. 2009.

STEYN, H. An investigation into the fundamentals of critical chain project scheduling. **International Journal of Project Management**, v. 19, n. 6, p. 363-369, aug. 2001.

STEYN, H. Project management applications of the theory of constraints beyond critical chain scheduling. **International Journal of Project Management**, v. 20, n. 1, p. 75-80, jan. 2002.

VOLPATO, G. L. **Bases teóricas para redação científica**. São Paulo: Cultura Acadêmica. Vinhedo: Scripta. 2007. 125p.

WALSH, K.D.; HERSHAUER, J.C.; TOMMELEIN, I.D.; WALSH, T.A. Strategic positioning of inventory to match demand in a capital projects supply chain. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 130, n. 6, p. 818-826, nov.-dec. 2004.

WARD, S.; CHAPMAN, C. Transforming project risk management into project uncertainty management. **International Journal of Project Management**, v. 21, n. 2, p. 97-105, feb. 2003.

WHITE, D.; FORTUNE, J. Current practice in project management: an empirical study. **International Journal of Project Management**, v. 20, n. 1, p. 1-11, jan. 2002.

WINTER, M.; SMITH, C.; MORRIS, P.; CICMIL, S. Directions for future research in project management: the main findings of a UK government-funded research network. **International Journal of Project Management**, v. 24, n. 8, p. 638-649, nov. 2006.

YEO, K.T.; NING, J.H. Managing uncertainty in major equipment procurement in engineering projects. **European Journal of Operational Research**, v. 171, n. 1, p. 123-134, may 2006.

ZOU, P. X. W.; ZHANG, G.; WANG, J. Understanding the key risks in construction projects in China. **International Journal of Project Management**, v. 25, n. 6, p. 601-614, aug. 2007.