

RAFAEL JANISKI

**EXPLORANDO A DINÂMICA DA PRODUÇÃO
DE SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO
INDUSTRIAL: UMA ABORDAGEM SISTÊMICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Pontifícia Universidade Católica do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas.

CURITIBA

2006

RAFAEL JANISKI

**EXPLORANDO A DINÂMICA DA PRODUÇÃO
DE SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO
INDUSTRIAL: UMA ABORDAGEM SISTÊMICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Pontifícia Universidade Católica do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas.

Área de Concentração: Gerência de Produção e Logística

Orientador: Prof. Dr. George Wagner Leão e Sousa

CURITIBA

2006

JANISKI, Rafael.

Explorado a Dinâmica da Produção de Serviços de Manutenção Industrial: Uma Abordagem Sistêmica. Curitiba, 2006. 143p.

Dissertação – Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas.

1. Manutenção Industrial 2. Gestão da Produção de Serviços 3. Pensamento Sistêmico
4. Modelagem e Dinâmica de Sistemas. Pontifícia Universidade Católica do Paraná.
Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção e Sistemas.



Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia

TERMO DE APROVAÇÃO

RAFAEL JANISKI

EXPLORANDO A DINÂMICA DA PRODUÇÃO DE SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL: UMA ABORDAGEM SISTÊMICA

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Curso de Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, do Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

Prof. Dr. George Wagner Leão e Sousa (PPGEPS - PUCPR)
Orientador

Prof. Dr. Fábio Favaretto (PPGEPS - PUCPR)
Membro Interno

Prof. Dr. Roberto Max Protol (PPAD - PUCPR)
Membro Externo

Curitiba, 15 de dezembro de 2006.



A Deus, porque a cada momento da minha
vida, me ilumina e me guia.

Agradecimentos

Ao meu orientador Professor Doutor GEORGE WAGNER LEÃO E SOUSA por incentivar e acreditar nesta difícil empreitada, pelas suas valiosas sugestões e confiança em mim depositada. O seu incentivo foi fundamental e decisivo para o término desta dissertação.

Aos Professores Doutor FÁBIO FAVARETTO e Doutor SÉRGIO EDUARDO GOUVÊA DA COSTA pelas dicas na fase de qualificação, com certeza suas contribuições elevaram muito a qualidade deste trabalho.

A todos os professores do programa de mestrado pelos ensinamentos transmitidos e a todos os meus amigos e colegas de trabalho pelo apoio e incentivo.

Em especial a minha esposa ROSELI meus filhos FERNANDO e GEOVANI pela torcida, apoio e paciência em todos os momentos.

Sumário

Agradecimentos.....	vi
Sumário	vii
Lista de figuras.....	x
Lista de tabelas.....	xii
Lista de abreviaturas e siglas.....	xiii
Resumo	xiv
Abstract	xv
Capítulo 1:.....	1
Introdução	1
1.1. Desafio.....	3
1.2. Motivação	4
1.2.1. Caracterização de Serviços de Manutenção Industrial	6
1.2.2. Desafios da Produção de Serviços.....	8
1.3. Proposta	8
1.3.1. Objetivos específicos	9
1.3.2. Contribuição	9
1.4. Organização do Texto	9
Capítulo 2:.....	11
Revisão bibliográfica.....	11
2.1. Desafios da Manutenção Industrial	11
2.2. Desafios da produção e gestão de Serviços	16
2.3. Gerenciamento da mudança Organizacional.	22
2.4. Modelagem e Simulação	26

Capítulo 3:	31
Metodologia de pesquisa	31
3.1. Propósito da Pesquisa.....	31
3.2. Objetivos Específicos.....	31
3.3. O Processo de Pesquisa.....	32
3.4. Dinâmica de Sistemas.....	34
3.5. Fundamentos Conceituais.....	35
3.5.1. Diagrama de loops causais.....	36
3.5.2. Polaridades.....	37
3.5.3. Diagrama de fluxos.....	38
3.5.4. Atrasos (<i>delays</i>).....	39
3.5.5. <i>Aging Chain</i> (Cadeia de envelhecimento).....	40
3.5.6. Estrutura e comportamento de Sistemas Dinâmicos.....	42
3.6. Descrição Detalhada dos Passos da Pesquisa.....	46
Capítulo 4:	48
4.1. Articulação do problema.....	48
4.2. Seleção do Tema.....	49
4.2.1. Qual é o problema e Porque é um Problema.....	49
4.2.2. Principais Conceitos e Variáveis Relacionados.....	49
4.2.3. Horizonte de Tempo.....	51
4.2.4. Definição Dinâmica do Problema.....	51
Capítulo 5:	55
Hipótese dinâmica	55
5.1. Geração de uma teoria inicial.....	55
5.2. Mapeamento.....	58
5.3. Suposições Simplificadoras.....	80
Capítulo 6:	81
Formulação e teste do modelo de simulação	81

6.1. Especificação da estrutura e regras de decisão	81
6.2. Estimativas de parâmetros e condições iniciais	85
6.3. Testes	87
6.3.1. Consistência dimensional.....	88
6.3.2. Reprodução de comportamento.....	88
Capítulo 7:.....	91
Projeto de estruturas e políticas alternativas.....	91
Capítulo 8:.....	110
Conclusões.....	110
8.1. Revisão dos objetivos.....	110
8.2. Contribuições	111
8.3. Limitações.....	112
8.4. Sugestão para trabalhos futuros.	112
Referências Bibliográficas	114
Resumo Classificatório do Levantamento Bibliográfico.	121
Anexo A	124
Visão ampliada da Figura 5.17.	124
Anexo B	126
Visão Ampliada da Figura 5.18.	126
Biografia Resumida	128

Lista de figuras

Figura 1.1: Idealização do processo de aprendizagem	3
Figura 1.2: Pesquisa anual de serviços.....	4
Figura 1.3: Pesquisa anual de serviços.....	5
Figura 1.4: Critérios utilizados na contratação.....	5
Figura 1.5: Conceitos dos serviços.	6
Figura 1.6: Encontro de serviços.	7
Figura 2.1: Tipos de manutenção. Cenário Brasileiro.	14
Figura 2.2: Conceito de serviço – duas perspectivas.....	16
Figura 2.3: Desenvolvendo o conceito de serviço.....	17
Figura 2.4: Curvas de comportamento.....	19
Figura 2.5: Olhando para trás: as lições da história.....	20
Figura 2.6: Metodologia <i>TransMeth</i>	24
Figura 3.1: Passos da Dinâmica de Sistemas.	32
Figura 3.2: Processo de pesquisa.....	33
Figura 3.3: Processo de <i>feedback</i>	35
Figura 3.4: Modelo Mental.....	36
Figura 3.5: Exemplo de diagrama de loop causal.....	37
Figura 3.6: Exemplo diagrama de fluxo.....	39
Figura 3.7: Exemplo de atrasos no sistema.....	40
Figura 3.8: Estrutura <i>Aging Chain</i>	41
Figura 3.9: <i>Feedback</i> Positivo.....	43
Figura 3.10: <i>Feedback</i> Negativo (busca de objetivos).....	43
Figura 3.11: Oscilação.	44
Figura 3.12: Crescimento em “S”.....	45
Figura 3.13: Crescimento com <i>overshoot</i>	45
Figura 3.14: Crescimento com <i>overshoot</i> e colapso.....	46
Figura 4.1: Definição do problema – Comportamento problemático de referência.....	52
Figura 4.2: Definição do problema – Comportamento problemático de referência.....	52
Figura 4.3: Tendência de contratação de serviços.....	53
Figura 5.1: Curva do Ciclo de Vida de um produto.....	56
Figura 5.2: Diagrama de <i>loops causais</i>	59
Figura 5.3: Fluxo 1 do mapeamento.	60

Figura 5.4: Fluxo 2 do mapeamento.	61
Figura 5.5: Fluxo 3 do mapeamento.	62
Figura 5.6: Fluxo 4 do mapeamento.	63
Figura 5.7: Fluxo 5 do mapeamento.	64
Figura 5.8: Fluxo 6 do mapeamento.	65
Figura 5.9: Fluxo 7 do mapeamento.	66
Figura 5.10: Fluxo 8 do mapeamento.	67
Figura 5.11: Fluxo 9 do mapeamento.	68
Figura 5.12: Fluxo 10 do mapeamento.	69
Figura 5.13: Fluxo 11 do mapeamento.	71
Figura 5.14: Fluxo 12 do mapeamento.	72
Figura 5.15: Fluxo 13 do mapeamento.	73
Figura 5.16: Fluxo 14 do mapeamento.	74
Figura 5.17: Fluxo 15 do mapeamento.	75
Figura 5.18: Fluxo final do mapeamento.	79
Figura 6.1: Resultado do teste de consistência dimensional do Modelo.	88
Figura 6.2: Gráfico com reprodução de comportamento de Contratos x Aderência.	89
Figura 6.3 Gráfico com reprodução de comportamento da MDO disponível x MDO extra. ..	90
Figura 7.1: Definição de estruturas alternativas.	91
Figura 7.2: Gráfico da simulação mantendo a estrutura atual.	92
Figura 7.3: Gráfico do número de contratos variando nível de aderência desejada.	95
Figura 7.4: Gráfico da aderência à programação variando nível de aderência desejada.	95
Figura 7.5: Gráfico da MDO Disponível variando nível de aderência desejada.	96
Figura 7.6: Gráfico da MDO Extra alocada variando nível de aderência desejada.	97
Figura 7.7: Gráfico da simulação com variação do período de planejamento da MDO extra.	98
Figura 7.8: Gráfico da simulação com o comportamento da margem de contribuição.	100
Figura 7.9: Combinação de cenários.	101
Figura 7.10: Simulação com choque de demanda para alternativa 01.	103
Figura 7.11: Simulação com choque de demanda para alternativa 02.	104
Figura 7.12: Simulação com choque de demanda para alternativa 03.	106
Figura 7.13: Simulação com choque de demanda para alternativa 04.	107
Figura 7.14: Simulação com choque de demanda para alternativa 05.	108

Lista de tabelas

Tabela 2.1: <i>Grid</i> de maturidade da manutenção.....	15
Tabela 3.1: Notação utilizada nos diagramas e modelos.....	41
Tabela 5.1: Variáveis utilizadas no mapeamento do fluxo 1.....	60
Tabela 5.2: Variáveis utilizadas no mapeamento do fluxo 2.....	61
Tabela 5.3: Variáveis utilizadas no mapeamento do fluxo 3.....	62
Tabela 5.4: Variáveis utilizadas no mapeamento do fluxo 4.....	63
Tabela 5.5: Variáveis utilizadas no mapeamento do fluxo 5.....	65
Tabela 5.6: Variáveis utilizadas no mapeamento do fluxo 6.....	66
Tabela 5.7: Variáveis utilizadas no mapeamento do fluxo 7.....	67
Tabela 5.8: Variáveis utilizadas no mapeamento do fluxo 8.....	68
Tabela 5.9: Variáveis utilizadas no mapeamento do fluxo 9.....	69
Tabela 5.10: Variáveis utilizadas no mapeamento do fluxo 10.....	70
Tabela 5.11: Variáveis utilizadas no mapeamento do fluxo 11.....	71
Tabela 5.12: Variáveis utilizadas no mapeamento do fluxo 12.....	72
Tabela 5.13: Variáveis utilizadas no mapeamento do fluxo 13.....	73
Tabela 5.14: Variáveis utilizadas no mapeamento do fluxo 14.....	74
Tabela 5.15: Variáveis utilizadas no mapeamento do fluxo 16.....	76
Tabela 5. 16: Suposições assumidas no modelo.....	80
Tabela 6. 1: Parâmetros estimados do modelo.....	85
Tabela 6. 2: Condições iniciais do modelo.....	86
Tabela 7.1: Simulação mantendo a estrutura atual.....	92
Tabela 7.2: Simulação variando o nível de aderência desejada.....	93
Tabela 7.3: Simulação variando o período de planejamento da MDO extra.....	98
Tabela 7.4: Simulação variando a margem de contribuição.....	99
Tabela 7.5: Simulação do melhor cenário.....	101
Tabela 7.6: Simulação com choque de demanda para alternativa 01.....	102
Tabela 7.7: Simulação com choque de demanda para alternativa 02.....	104
Tabela 7.8: Simulação com choque de demanda para alternativa 03.....	105
Tabela 7.9: Simulação com choque de demanda para alternativa 04.....	107
Tabela 7.10: Simulação com choque de demanda para alternativa 04.....	108
Tabela 7.11: Índice de desempenho das alternativas.....	109

Lista de abreviaturas e siglas

KPI - *Key Performance Indicator* (Indicador Chave de Desempenho)

TIA - *Totally Integrated Automation* (Automação Totalmente Integrada)

TIP - *Totally Integrated Power* (Força Totalmente Integrada)

ERP - *Enterprise Resources Planning* (Planejamento de Recursos Empresariais)

PCP - Planejamento e Controle da Produção

Abraman - Associação Brasileira de Manutenção

CMMS - *Computer Maintenance Management System* (Sistema Computadorizado para Gerenciamento da Manutenção)

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ISO - *International Organization for Standardization* (Organização Internacional para Padronização)

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

PIB - Produto Interno Bruto

USP – Universidade de São Paulo

Resumo

A busca pelo máximo retorno sobre os ativos do processo produtivo exige instalações industriais com a máxima confiabilidade e disponibilidade para a produção. Um cenário de economia globalizada e altamente competitiva exige processos de gestão baseados na plena satisfação de seus clientes e na qualidade intrínseca dos seus bens ou serviços. Diante disso muitas empresas de manufatura optam por transferir as atividades específicas de manutenção industrial para empresas especialistas nesta área. Nesse contexto, uma gestão de contratos ineficiente afeta a todos, gerando perdas financeiras, desmotivação nas pessoas e fazendo com que contratos de manutenção sejam transferidos para empresas concorrentes às quais muitas vezes passam a enfrentar então os mesmos problemas e o ciclo se repete.

Tendo como diretriz científica a metodologia da Dinâmica de Sistemas, buscou-se a elaboração de um modelo que auxilie a compreensão das características genéricas das atuais práticas, parâmetros e valores da gestão de contratos de manutenção industrial assim como seus possíveis pontos de conflito. Dessa forma, este trabalho focou na análise da estrutura atual de um caso real a fim de propiciar uma ilustração realística dessa problemática. Através dos métodos de modelagem próprios da Dinâmica de Sistemas, são estabelecidos os diagramas de *loops* causais que identificam as principais relações qualitativas identificadas, relações essas detalhadas por estoques e fluxos identificando-se desta forma os principais elementos estruturais envolvidos e suas principais relações. A partir deste diagrama e através de considerações quantitativas mais avançadas um modelo matemático complementar também foi criado. Esse modelo de simulação foi testado e serviu de base para a análise de cenários alternativos.

Os resultados obtidos devem ser de especial interesse de gestores de contratos de manutenção industrial e proporcionam idéias iniciais acerca de mudanças em políticas potencialmente capazes de melhorar o desempenho de sistemas semelhantes. Em termos genéricos, o modelo criado também pode ser usado para auxiliar a análise e especificação de melhorias em outros tipos de sistemas produtores de serviço, expandindo significativamente o universo de aplicação do modelo.

Palavras-chave: Manutenção Industrial, Gestão da Produção de Serviços, Pensamento Sistêmico, Modelagem e Dinâmica de Sistemas.

Abstract

The search for maximum return on investment over the assets of a production process requires high performing industrial facilities. A highly competitive global economy context demands management processes focused on product quality and customer satisfaction. For these reasons, many firms choose to outsource its maintenance functions. Under such conditions, inefficient contract management practices affect all parties involved, frequently causing financial losses and undermining employee motivation. Such inefficiency might ultimately affect the decision of transferring the outsourced work to another provider who, in turn, might face similar problems and the cycle repeats.

Under the scientific purview of the System Dynamics approach, this study created a model useful in helping to understand the generic characteristics of current practices, values, parameters as well as potential conflict points of maintenance contract management. Along these lines, the study focused on the analysis of the current system structure of a real maintenance firm, which provided a realistic background for the entire discussion. Guided by the System Dynamics modeling methodology, causal loop diagrams are developed in order to explore the main qualitative relationships among system elements. Such relationships are then further deployed by means of causal loop diagrams with stocks and flows. From this point, a mathematical model was developed and tested through numerical simulation, serving as a baseline for alternative future scenarios evaluation.

The results obtained should be of special interest to maintenance contract managers and have allowed initial insight into potential improvement actions capable of affecting desired system performance. In generic terms, the model created can also be used to support the identification and specification of improvement alternatives of similar service providing systems.

Key-Words: Industrial Maintenance, Service Production Management, Systems Thinking, System Dynamics Modeling.

Capítulo 1:

Introdução

A demanda incessante por maior produtividade e retorno do investimento nas plantas de processos industriais tem gerado exigências cada vez maiores nas funcionalidades e recursos disponíveis nos sistemas de controle de processos. A aplicação dos conceitos TIA (*Totally Integrated Power*) e TIP (*Totally Integrated Automation*)¹ surgem como uma solução tecnológica extremamente atual e inovadora para essas questões, trazendo mudanças e melhorias significativas desde o chão de fábrica até o nível de gestão empresarial ERP (*Enterprise Resources Planning*) nas indústrias de uma maneira geral. Entretanto, novas tecnologias requerem novos conhecimentos, novos investimentos, novos métodos de trabalho e novas formas de pensar e gerenciar pessoas e processos. Gerenciar com eficiência todas estas mudanças é um grande desafio, cada equipe espera tratamento especial. Cada membro da equipe espera e necessita que algum superior entenda o que o grupo está fazendo que equipamentos precisam e como deveria ser sua relação com outros departamentos da empresa (SENGE, 2000).

Muitas empresas com o objetivo de serem mais competitivas, reduzindo seus custos e aumentando a produtividade, optam por terceirizar as atividades que não fazem parte diretamente do seu negócio, como por exemplo, a atividade de manutenção industrial, (SLACK; CHAMBERS & JONHSTN, 2002), para empresas especializadas. De fato, uma das áreas com um grande potencial para transferir suas atividades a empresas especialistas é a área de manutenção industrial. A execução destas atividades por uma outra empresa permite que a empresa contratante concentre-se em seu negócio principal, porém gera a necessidade de desenvolver uma sistemática para gerenciar a empresa contratada. A incorporação dessa opção exige mais do que apenas alguns novos programas e práticas, exige novos parâmetros, novos valores, novas metas e novas políticas.

Por outro lado, a realização de atividades de manutenção por parte dos prestadores desse serviço especializado também implica em desafios gerenciais. Afinal, a prestadora de serviços terá sua atividade sustentada apenas se for algo lucrativo, enquanto que o contratante

¹ Arquitetura orientada a objetos aplicada a projetos de automação de sistemas para controle de processos industriais.

espera ter a disponibilidade e a confiabilidade desejada com o menor custo possível. Essa relação torna-se uma relação complexa com inúmeros desafios gerenciais e estruturais.

De maneira geral, a sustentação de qualquer processo de mudança requer uma alteração fundamental na maneira de pensar (STERMAN, 2000). Inicialmente precisamos compreender a natureza dos processos e saber como organizá-los de forma a gerar os resultados esperados. Precisamos, por exemplo, analisar a inevitável interação entre os processos de crescimento e os processos limitantes, nesse sentido, fazer com que o sistema aprenda a conviver com culturas diferentes talvez seja o principal desafio para as organizações (SENGE, 2000).

O desempenho do sistema será uma função da sua estrutura? Quando uma organização agrupa suas atividades em torno de funções ela geralmente cria silos de especialização (SENGE, 2000). As pessoas nos departamentos funcionais separados recorrem aos modelos funcionais dentro de suas especialidades como pontos de referência ou *benchmark* (KAPLAN, 2004). Evidentemente, tal especialização é benéfica para a promoção da excelência funcional em cada departamento, mas na prática as diferentes unidades funcionais buscam a excelência sem se integrarem umas com as outras (KAPLAN, 2004). Cada departamento compete pelos recursos escassos da organização; enquanto, por exemplo, um busca melhorar o treinamento dos empregados, o outro procura expandir os recursos tecnológicos; ou seja, desenvolvem-se soluções isoladas.

Genericamente o alinhamento e a integração fornecem os elementos básicos conceituais para o desenvolvimento de objetivos de capital humano, de capital da informação e de capital organizacional, na perspectiva de aprendizado e crescimento (CORRÊA & GIANESI, 1994). Assim sendo, a transformação organizacional requer que a organização aprenda e ponha em prática o que aprendeu. O fenômeno da aprendizagem pode ser entendido como um processo recorrente (STERMAN, 2000). Indivíduos e organizações tomam decisões que alteram o mundo real. Informações sobre o mundo real são obtidas e usadas para revisar o entendimento do próprio mundo e para tomar novas decisões (Figura 1.1). Na medida em que os modelos mentais mudam, as pessoas mudam a estrutura de seus sistemas criando diferentes regras de decisões e novas estratégias.

De acordo com Senge (2000), não temos modelos mentais, somos nossos modelos mentais, eles são o meio através do qual nós e o mundo interagimos e a aprendizagem que altera os modelos mentais é altamente desafiadora, desorientadora. Porém “reconceber modelos mentais” não é como reprojeter um equipamento de engenharia.

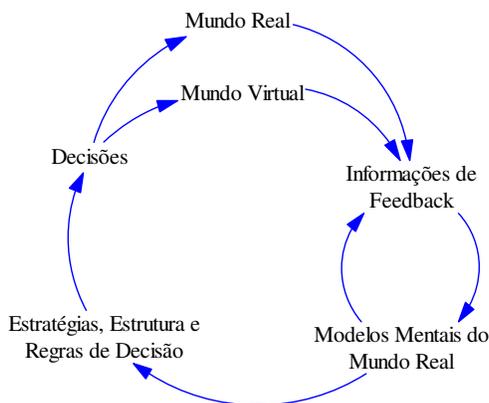


Figura 1.1: Idealização do processo de aprendizagem .

Fonte: Adaptado de Sterman (2000), pág. 19.

Existem muitas dificuldades para um efetivo aprendizado, um dos maiores é a complexidade do mundo, esta complexidade está comumente associada a um grande número de componentes dentro de um sistema ou a combinação destes que precisa ser considerada dentro deste sistema quando da tomada de decisão (SENGE, 2000; STERMAN, 2000).

De acordo com Sterman (2000), uma aprendizagem efetiva envolve contínua experimentação no mundo virtual dos dados e observações captadas do mundo real, onde o Feedback de ambos serve de guia para o desenvolvimento de modelos mentais, modelos formais e o projeto do experimento e suas interações.

Busca-se através deste estudo a elaboração de um modelo de simulação computacional simplificado capaz de auxiliar a compreensão das características genéricas das atuais práticas de gestão da produção de serviços tomando como base a análise da gestão de contratos de uma grande empresa especialista na área de prestação de serviços de manutenção industrial.

1.1. Desafio

Diante do contexto exposto acima, o desafio que norteia esta pesquisa é a busca pela identificação e compreensão das relações causais entre os principais elementos sistêmicos capazes de propiciar excelência na geração de serviços de manutenção industrial.

1.2. Motivação

A motivação para esta pesquisa é buscar compreender quais são os principais fatores que influenciam diretamente a relação entre cliente/fornecedor na gestão de contratos de manutenção industrial. Também motivação pessoal em acreditar que é possível conciliar a experiência profissional com um trabalho acadêmico tendo assim, a oportunidade de aplicar no dia-a-dia fundamentos e teorias com o objetivo de buscar a excelência profissional através da melhoria contínua dos métodos e processos de trabalho. Na era do serviço, “*Bussines on demand*” (IBM, 2003), fica evidente que as empresas do futuro serão aquelas que mais rapidamente conseguirem se adequar para atender as necessidades dos seus clientes.

A Figura 1.2 mostra que o número de empresas prestadoras de serviços a outras empresas, classificados como serviços especializados, está próximo a 170.000 no Brasil, ocupando o segundo lugar na classificação das empresas prestadoras de serviços por tipo de serviços, também classificadas como maiores empregadores empregando atualmente mais de 2,2 milhões de pessoas, conforme a Figura 1.3.

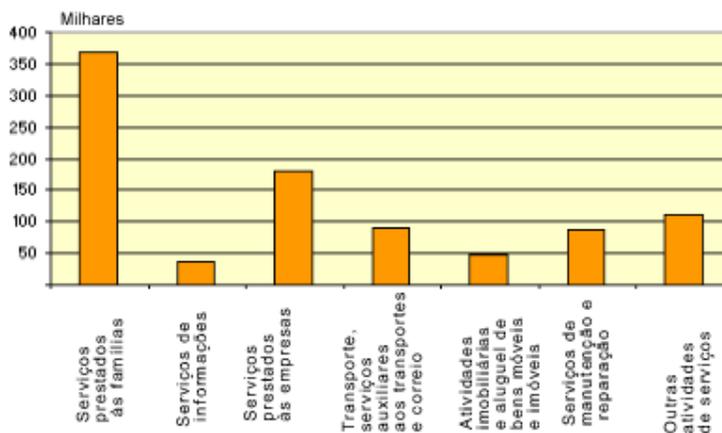


Figura 1.2: Pesquisa anual de serviços

Fonte: IBGE (2003).

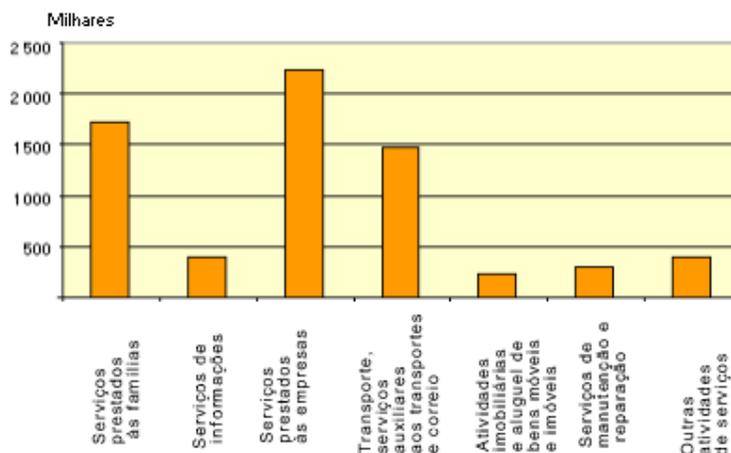


Figura 1.3: Pesquisa anual de serviços

Fonte: IBGE (2003).

A Abraman em pesquisa realizada em 2005 procurou levantar quais os critérios utilizados pelas empresas para a contratação de um prestador de serviços de atividades de manutenção e constatou (veja Figura 1.4) que o primeiro critério utilizado para contratação de empresas prestadoras de serviços é o quesito “qualidade” do serviço prestado, sendo o preço do serviço oferecido ter sido considerado como o segundo item qualificador.

Ano	Critérios Utilizados na Contratação de Serviços Pelas Empresas				
	Preço	Tecnologia	Prazo	Qualidade	Experiência
2005	II	V	IV	I	III
2003	III	IV	V	I	II
2001	II	IV	V	I	III
1999	II	III	V	I	IV
1997	I	V	III	II	IV

Figura 1.4: Critérios utilizados na contratação.

Fonte: Abraman (2005).

Já a Figura 1.5 mostra a percepção de qualidade dos contratantes em relação ao serviço prestado pelos contratados. A maioria dos clientes atribuiu o conceito “bom” aos serviços recebidos. Percebe-se então que existe um grande “gap” a ser alcançado pelos prestadores de serviço para que estes venham a obter o conceito “muito bom” e “Excelente”.

Ano	Conceito dos Serviços Contratados (% de Empresas)					
	Excelente	Muito Bom	Bom	Regular	Deficiente	Insuficiente
2005	0,86	18,10	56,04	22,41	1,73	0,86
2003	0,79	15,75	56,69	24,41	2,36	0,00
2001	0,70	12,68	57,75	25,35	3,52	0,00
1999	0,00	14,16	58,41	23,89	3,54	0,00
1997	0,87	8,70	45,22	40,87	4,35	0,00
1995	3,13	8,33	48,44	33,85	5,21	1,04

Figura 1.5: Conceitos dos serviços.

Fonte: Abraman (2005).

Portanto, parece evidente a importância de se desenvolverem, continuamente, conceitos e técnicas de administração para as operações de serviços, pelo menos com a mesma ênfase que tem sido dada a manufatura ou corre-se o risco de ter a economia dominada por uma atividade pouco produtiva e vulnerável a competição internacional. Essas idéias são compartilhadas por autores como Corrêa & Caon (2002).

1.2.1. Caracterização de Serviços de Manutenção Industrial

De acordo com Corrêa & Caon (2002), o termo serviços de manutenção industrial refere-se ao papel de suporte às atividades de manufatura. Há o entendimento de que muitas funções dentro das empresas de manufatura são de fato operações de serviços fundamentais para o desempenho competitivo da empresa como um todo.

O setor de manutenção industrial em geral executa serviços de reparos, avaliações de funcionamento, limpeza e substituição de componentes, entre outros, nos equipamentos utilizados pela área de manufatura. Sua missão é garantir disponibilidade, confiabilidade e desempenho dos equipamentos e instalações produtivas. Seu próprio desempenho pode ser avaliado pela rapidez com que as solicitações da área de operações são atendidas, pela competência ou qualidade na execução de suas atividades e pelos custos que gera para a empresa, em função da capacidade de atendimento que mantém disponível (FITZSIMMONS & FITZSIMMONS, 2000).

A qualidade dos serviços e bens físicos produzidos pelo sistema gerador de valor principal, os tempos envolvidos em sua produção e a confiabilidade desses tempos, entre outros, dependem, em certo grau, do desempenho do setor da manutenção (CORRÊA &

CAON, 2002). Corrêa & Caon (2002), destacam ainda como função das atividades de serviços:

- Apoio à criação de diferencial competitivo: sua atuação pode ser um fator fundamental para agregar valor gerando um diferencial competitivo em relação aos concorrentes;
- Suporte às atividades de manufatura: garantindo a disponibilidade dos equipamentos produtivos e permitindo a produção cumprir prazos e ganhar com a produção em escala;
- Geração de lucro: muitas atividades podem desenvolver-se de modo a ultrapassarem a mera função de apoio passando a constituir centros de lucro na prestação destes serviços a outras empresas.

Uma das características singulares dos serviços é a participação ativa do cliente no processo de produção do serviço. De acordo com Fitzsimmons & Fitzsimmons (2000); Corrêa & Giansi (1994), cada momento de verdade representa um momento de interação entre um cliente e um prestador de serviços, cada um tem um papel a desempenhar. A tríade encontro de serviço, conforme ilustra a Figura 1.6, situa as três partes no encontro de serviços e sugere possíveis fontes de conflito.

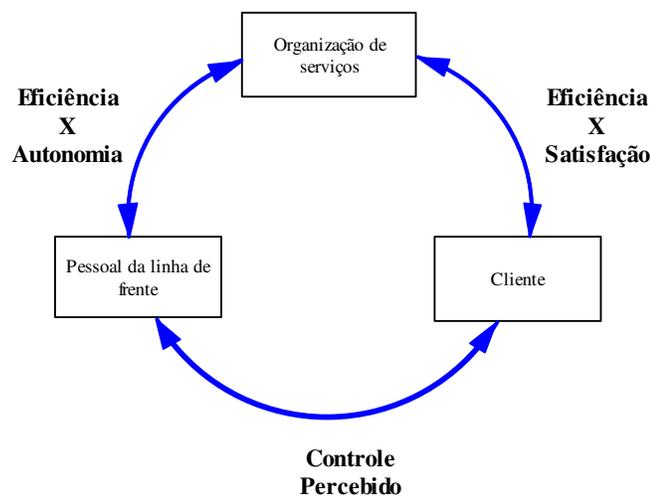


Figura 1.6: Encontro de serviços.

Fonte: Adaptado de Fitzsimmons e Fitzsimmons (2000).

Os gerentes de uma organização de serviços para controlar tendem a impor regras e procedimentos ao pessoal da linha de frente para limitar sua autonomia. Tais regras e procedimentos limitam tanto a extensão do serviço prestado ao cliente quanto a sua personalização, o que pode produzir um cliente insatisfeito (FRITZSIMMONS &

FRITZSIMMONS, 2000). Os gerentes devem buscar compreender a abrangência desta interação e gerenciá-la adequadamente buscando com isso obter vantagem competitiva.

1.2.2. Desafios da Produção de Serviços

De acordo com Kotler (1998): “Serviço é qualquer ato ou desempenho que uma parte possa oferecer a outra e que seja essencialmente intangível e não resulte na propriedade de nada”. Administração de serviços requer uma abordagem específica, devido a sua intangibilidade e variabilidade, pois são produzidos e consumidos simultaneamente, o que afeta o seu resultado de acordo com a interação de um fornecedor com seus consumidores (KOTLER, 1998).

Devido a essas características, são grandes os desafios no projeto e na gestão de qualquer tipo de serviço. Na produção de bens físicos, o material move-se de uma operação para outra, o status dessa movimentação deve ser monitorada para que possamos avaliar o seu progresso. Os gestores nesse caso devem assegurar-se de que tudo corra conforme planejado e se alguma peça ou parte não está disponível ou alguma parte do processo se tornou um gargalo, o conjunto todo perde produtividade e certamente teremos um problema para atender a demanda. A produção de bens físicos é mais facilmente quantificada e visualizada enquanto que a produção de serviços é mais abstrata.

Evans (1997) descreve que pesquisadores sugerem que serviços têm 3 componentes básicos: (1) instalações físicas, processos e procedimentos; (2) comportamento dos empregados e (3) julgamento profissional dos empregados. Devido a estes componentes o projeto da função serviços deve buscar balancear o uso destes componentes. A voz do cliente deve guiar este processo. Uma extensiva análise das necessidades do cliente e suas expectativas é essencial.

1.3. Proposta

Tendo como diretriz científica a metodologia de Dinâmica de Sistemas, o objetivo maior deste trabalho é investigar a relação entre estrutura e desempenho sistêmicos observada na gestão de contratos de manutenção industrial.

1.3.1. Objetivos específicos

1. Levantar as principais práticas da gestão de contratos de manutenção industrial e seus possíveis pontos de conflito;
2. Com base em um sistema real de referência, levantar amostras de comportamento sistêmico, formalizar um referencial problemático e elaborar uma hipótese dinâmica acerca da relação causal entre as principais variáveis envolvidas no fenômeno da gestão de contratos de manutenção industrial;
3. Testar a hipótese dinâmica criada através da elaboração e execução de um modelo de simulação;
4. Com base no modelo desenvolvido, avaliar sua generabilidade e explorar possíveis inovações na gestão de contratos de manutenção industrial.

1.3.2. Contribuição

A contribuição deste trabalho se dá por um estudo junto ao tema abordado, que através da metodologia de dinâmica de sistemas visa captar as inter-relações do sistema através de seus modelos de comportamentos. A curto prazo, este projeto contribuirá para consolidar os conhecimentos a respeito da gestão de serviços. A médio e longo prazos os resultados obtidos poderão contribuir significativamente para um melhor entendimento a respeito desse tipo de atividade e também servir de referência para trabalhos futuros que exploram o tema sob a perspectiva sistêmica.

1.4. Organização do Texto

A dissertação esta dividida em 8 capítulos:

- Capítulo 1: apresenta o tema central que norteia a investigação aqui descrita, assim como os principais objetivos e estratégia de pesquisa;
- Capítulo 2: refere-se à revisão de literatura abordando os principais conceitos para desenvolvimento deste estudo;
- Capítulo 3: apresenta em detalhes a metodologia de pesquisa adotada;
- Capítulo 4: descreve o problema em termos mais precisos e formais, destacando o comportamento problemático histórico, os principais conceitos relacionados, as variáveis chaves e o horizonte de tempo a ser explorado pelo trabalho;

- Capítulo 5: é desenvolvida uma teoria (hipótese dinâmica) acerca das causas do comportamento problemático; isso é feito apresentando-se passo-a-passo um digrama de relações causais com estoques e fluxos o qual captura os principais aspectos qualitativos da teoria criada;
- Capítulo 6: são apresentadas as equações utilizadas para a especificação matemática desta hipótese dinâmica, assim como, os principais parâmetros quantitativos adotados como referência para a quantificação do modelo desenvolvido, assim como resultados de procedimentos visando testar a qualidade do modelo desenvolvido;
- Capítulo 7: são apresentadas as estruturas e políticas alternativas, discutidos os resultados obtidos e as devidas conclusões acerca da relação estrutura-comportamento do sistema em questão;
- Capítulo 8: apresenta as conclusões gerais através de uma revisão dos objetivos, e discussão acerca das principais contribuições, limitações e sugestões de trabalhos futuros.

Capítulo 2:

Revisão bibliográfica

Neste capítulo serão abordados os principais conceitos e conhecimentos específicos e indispensáveis para compreensão e desenvolvimento deste estudo. Serão abordados os seguintes conceitos:

- Desafios da manutenção industrial;
- Desafios da Gestão da Produção de Serviços;
- Gerenciamento da Mudança Organizacional;
- Modelagem e Simulação.

2.1. Desafios da Manutenção Industrial

Em um cenário de economia globalizada e altamente competitiva, onde as mudanças se sucedem em alta velocidade, cresce a importância de pensar e agir estrategicamente para que a atividade de manutenção industrial se integre de maneira eficaz ao processo de produção, contribuindo para que a empresa caminhe rumo a excelência empresarial (KARDEC & RIBEIRO, 2002).

Para a ABNT (1994), manutenção é conceituada como: A combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida.

Já o dicionário Aurélio define manutenção como sendo “as medidas necessárias para a conservação ou a permanência de alguma coisa, ou de uma situação, ou cuidados técnicos indispensáveis para ao funcionamento regular e permanente de motores e máquinas”.

Alan Kardec & Julio Nascif (1999) definem manutenção como: garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção e a preservação do meio ambiente, com confiabilidade, segurança e custos adequados.

As atividades de manutenção industrial são essenciais para garantir que determinado equipamento continue a desempenhar as funções para os quais foi projetado. Com o tempo e com o uso é natural que o equipamento venha a apresentar sinais de desgaste podendo culminar em perda de produção, paradas de produção, má qualidade do produto produzido e

até mesmo apresentar falta de segurança para o operador e poluição ambiental (FILHO, 2000). As manutenções podem ser classificadas em: manutenção preventiva, manutenção corretiva e manutenção preditiva.

Manutenção Corretiva: é a atuação para a correção da falha ou do desempenho menor do que o esperado de determinado equipamento, (KARDEC & NASCIF, 1999). Inclui todas as ações para retornar um sistema do estado falho para o estado operacional ou disponível (LAFRAIA, 2001), visa recolocar o equipamento em operação após uma parada por algum tipo de defeito, geralmente paralisa o processo produtivo. Geralmente é classificada em:

1. Corretiva Emergencial ou não planejada: atua no momento seguinte a identificação do defeito. Implica em parada do processo com perdas de produção e/ou qualidade. É a correção da falha de maneira aleatória. Normalmente, manutenção corretiva não planejada implica altos custos, pois a parada/quebra inesperada pode acarretar perdas de produção, perdas da qualidade do produto e elevados custos indiretos de manutenção, além disso, quebras aleatórias podem trazer conseqüências bastante graves para o equipamento (KARDEC, NASCIF & BARONI, 2002);
2. Corretiva Planejada: é caracterizada pela existência de um defeito que não caracteriza uma falha, é efetuada em uma data programada com a gestão da produção. É a correção do desempenho menor do que o esperado ou da falha, por decisão gerencial (KARDEC & NASCIF, 1999). Será sempre um trabalho mais barato e mais seguro, porém sua eficácia depende muito das informações obtidas durante o acompanhamento do funcionamento do equipamento.

Manutenção preventiva: é a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos de tempo (KARDEC & NASCIF, 1999). São paradas programadas com o objetivo de substituir peças gastas por novas assegurando desta forma um perfeito funcionamento do equipamento e reduzindo a probabilidade de falhas por um período pré-determinado. De acordo com Lafraia, (2001) a manutenção preventiva procura reter o sistema em estado operacional ou disponível através da prevenção de ocorrência de falhas. Isto pode ser executado por meio de inspeção, controles e serviços como: limpeza, lubrificação, calibração, detecção de defeitos (falhas incipientes) etc. Em determinados setores, como na aviação, a manutenção preventiva é obrigatória para determinados sistemas ou componentes devido ao fator segurança.

Manutenção preditiva: manutenção que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise (análise de dados instantâneos, curvas de tendência, etc.), utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem para reduzir ao mínimo a manutenção corretiva (ABNT NBR 5462-1994). É a atuação realizada com base em modificações de parâmetro de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática (KARDEC & NASCIF, 1999). A manutenção preditiva é a primeira grande quebra de paradigma, pois o acompanhamento das condições operacionais dos equipamentos com aplicação de técnicas adequadas de monitoramento de diversos parâmetros pode-se assegurar sua disponibilidade para a operação.

Engenharia de manutenção: a engenharia de manutenção busca identificar as causas básicas, modificar situações permanentes de desempenho abaixo do desejado, melhorar padrões e sistemáticas, desenvolver a manutenção, dar feedback ao projeto visando à melhoria contínua no desempenho dos equipamentos (SARANGA, 2002). É utilizar para análises, estudos e proposições de melhorias todos os dados que a manutenção preditiva colhe e armazena.

Os tipos de manutenção adotados estão diretamente relacionados com os resultados alcançados (KARDEC & RIBEIRO, 2002). Uma gestão estratégica quando bem definida direciona a estratégia da manutenção corretiva não planejada para a engenharia de manutenção. A engenharia de manutenção preocupa-se com as causas básicas, busca melhorar situações de mau desempenho, procura dar feedback ao projeto do equipamento no sentido de melhorar as condições operacionais do equipamento. O sistema de monitoramento da manutenção preventiva é que fornecerá os dados necessários para que a engenharia de manutenção possa estudar as melhorias possíveis na busca da máxima disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos. MARQUEZ & HEGUEDAS (2002) destacam que o tipo de manutenção adequada está diretamente ligado a correta determinação do intervalo, frequência, condições e recursos necessários e/ou disponíveis para realização de cada atividade. A Figura 2.1 mostra a aplicação dos tipos de manutenção no Brasil.

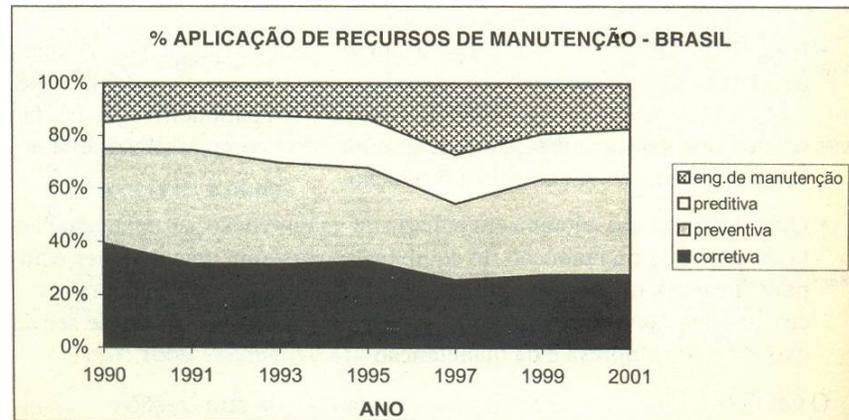


Figura 2.1: Tipos de manutenção. Cenário Brasileiro.

Fonte: Kardec e Ribeiro (2000). Abramam – Documento Nacional.

A importância do item manutenção dentro do processo produtivo é até preocupação da ISO 9000. O certificado ISO 9000 é uma garantia da qualidade do produto ou serviço que uma empresa fornece aos seus clientes demonstrando que possui todos os requisitos e procedimentos para solucionar qualquer problema de qualidade relacionado ao seu produto ou serviço. Esta norma em seu item 4.9 trata do controle do processo “o fornecedor deve identificar e planejar os processos de produção, instalação e serviços associados que influem diretamente na qualidade e deve assegurar que estes processos sejam executados sob condições controladas”. E no item 4.9.e diz que a empresa deve assegurar “manutenção adequada dos equipamentos para assegurar a continuidade da capacidade do processo produtivo”.

A importância do papel da manutenção vem crescendo especialmente nos mercados globalizados. FERNANDEZ, LABIB, WALMSLEY & PETTY (2003) citam cinco estágios (Tabela 2.1) que identificam a cultura da função manutenção dentro das indústrias de uma maneira geral. O primeiro estágio identifica uma cultura predominantemente reativa passando a preventiva e eventualmente a preditiva nos estágios finais. Para que a empresa possa evoluir do estágio 1 até o estágio 5 é necessário que os gestores entendam o papel chave da manutenção no negócio da empresa, não sendo somente o de reduzir custos pela redução na frequência de falhas, mas pelo incremento de disponibilidade e confiabilidade nas plantas industriais culminado com a melhoria da qualidade dos produtos manufaturados.

Grid de maturidade na organização da manutenção

	Estágio 1: Incerteza	Estágio 2: Acordar	Estágio 3: Iluminação	Estágio 4: Sabedoria	Estágio 5: Certeza
Gerenciamento e Atitude	Não existe compreensão de que a manutenção deve ser gerenciada eficazmente.	Reconhecimento de que o gerenciamento da manutenção talvez tenha algum valor.	Aprender um pouco mais sobre gerenciamento da manutenção talvez seja interessante.	Os participantes reconhecem seu papel.	A manutenção é uma parte essencial da empresa.
Manipulação do problema	Os problemas são resolvidos assim que ocorrem.	Ainda reativa, mas com estoque de alguns sobressalentes para quando os problemas ocorrem.	Problema resolvido com envolvimento da manutenção, operação, engenharia e controle de qualidade.	Uso de técnicas de monitoramento preditivo.	Prevenção dos Problemas com incremento da disponibilidade e produtividade.
Postura da empresa em relação a manutenção	“Nós não sabemos por que temos problemas com a manutenção”.	“É necessário ter problemas de manutenção?”.	“Nós identificamos e resolvemos os problemas”.	“Produtos de qualidade não podem ser produzidos com uma manutenção de equipamentos pobre, portanto, manutenção de qualidade é uma rotina”.	“Nós não esperamos quebras, pelo contrário, ficamos surpresos quando eles ocorrem”.
CMMS	Nenhum CMMS é usado	Sistema com módulos para gerenciamento de ativos e materiais	Um módulo para monitoramento das condições de alguns equipamentos é integrado ao sistema.	O sistema é capaz de gerar um plano de manutenção preventiva. Um módulo de suporte a decisão faz parte do processo.	Plenamente automatizado, desde a descoberta da falha até a geração de ordens de trabalho.

Tabela 2.1: *Grid de maturidade da manutenção.*

Fonte: Adaptado de Antil (1991) apud Fernandez et al (2003).

2.2. Desafios da produção e gestão de Serviços

De acordo com Kotler (1998), “serviço é qualquer ato ou desempenho que uma parte possa oferecer a outra e que seja essencialmente intangível e não resulte na propriedade de nada. Sua produção pode ou não estar vinculada a um produto físico”. Já de acordo com Slack et al. (2002) o conceito de serviços esta relacionado ao “conjunto de benefícios esperados que o consumidor esta comprando”. Ou seja, qualquer que seja a definição de serviços, esta deverá levar em conta as ações realizadas para valorizar e satisfazer as necessidades e expectativas do cliente.

Para Johnston e Clark (2002), o conceito de serviços tem duas perspectivas: uma da organização e outra do cliente. Da perspectiva organizacional, o conceito de serviço é o modo como a organização gostaria de ter seus serviços percebidos por seus clientes, funcionários, acionistas e financiadores, ou seja, é a proposição do negócio. Da perspectiva do cliente é o modo pelo qual o cliente percebe os serviços da organização (Figura 2.2).



Figura 2.2: Conceito de serviço – duas perspectivas.

Fonte: Johnston & Clarck (2002).

Johnston & Clark também sugerem que os gerentes devem utilizar o conceito de serviços para obter vantagem competitiva ao pensar cuidadosamente sobre o mercado, sobre os diferentes segmentos de cliente e suas necessidades e com um entendimento desapaixonado das competências essenciais da operação, os gerentes podem estar preparados

para desenvolver totalmente novos conceitos que têm grande apelo para os clientes e que darão grande vantagem competitiva para a empresa (Figura 2.3).

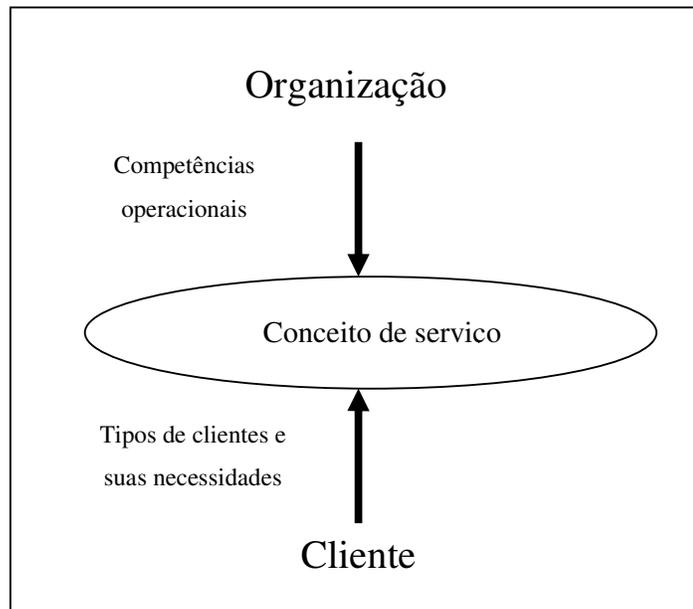


Figura 2.3: Desenvolvendo o conceito de serviço.

Fonte: Johnston & Clark (2002).

Porém, o principal desafio tanto na gestão de serviços como na gestão de produção de bens físicos é equilibrar a taxa da demanda com a taxa de produção, (STERMAN, 2000; SOUSA, 2005; FOWLER,1999); no caso de serviços seria a taxa de solicitação dos serviços com a taxa de execução das atividades, porém com algumas particularidades, Corrêa e Giancesi (1993):

- Produção unitária: os serviços dificilmente poderão ser executados em unidades maiores.
- Re-projeto de parte do sistema: para execução de um serviço é necessário que haja uma intervenção em um sistema ativo.
- Atividades não planejadas vão sempre concorrer com as atividades planejadas;
- Lead Time longo para as atividades não programadas;
- Pessoas são o principal recurso no processo de produção de serviços.
- A produção de serviços será na maioria das vezes *Make to Order*.

No processo produtivo em geral pode-se influenciar muito pouco na taxa de demanda, e para ter um controle da produção utilizamos os estoques como um regulador da demanda

(SLACK et al, 2002). Na produção de serviços, apesar de podermos influenciar um pouco mais na taxa de solicitação de serviços mesmo assim isto não é suficiente, pois uma das características dos serviços é que eles não podem ser estocados sendo na sua grande maioria produzidos e consumidos simultaneamente (EVANS, 1997).

De acordo com Evans, 1997 serviços requerem um novo tipo de trabalhadores: flexíveis, criativos e pessoas que sejam capazes de trabalharem com o mínimo de supervisão, que estejam disponíveis quando o cliente necessitar, que sejam amáveis no tratamento com os clientes e que tenham responsabilidade para resolverem problemas inesperados.

Outro fator que deve ser levado em consideração é que existe uma inércia entre a tomada da decisão e a implementação da ação. As decisões são tomadas no presente, entretanto, como os diversos níveis de decisão têm diversos níveis de inércia, é indispensável considerar os diferentes horizontes de tempo, para que cada decisão seja tomada com a antecedência que sua inércia requer. Também a interligação de uma área de apoio com os processos de produção forma um sistema extremamente complexo, pois dentro do conceito de cliente interno todas as áreas de uma indústria tornam-se clientes das áreas de apoio.

Como o produto final de um serviço não pode ser todo ele estocado, a estocagem só é possível para partes do serviço (EVANS, 1997) e mesmo assim baseado em uma previsão de demanda os mesmos conceitos de produção são utilizados no planejamento para produção de um serviço.

Para permanecer competitiva as empresas devem produzir produtos e serviços com alta qualidade, exatamente quando o cliente necessitar e ao custo que o cliente está disposto a pagar e usando o máximo de tecnologia possível. A chave para que uma empresa tenha estas qualidades, segundo Morrison (1997), é a agilidade. Agilidade implica na habilidade de constantemente monitorar a demanda, rapidamente responder com novos produtos, serviços ou informações, rapidamente introduzir novas tecnologias e rapidamente modificar os métodos de negócios, Morrison (1997).

Apesar de existirem inúmeras possibilidades de medição dos processos, de acordo com a atividade são adotados alguns indicadores de performance. Entretanto, a performance projetada pode ser interpretada pelo desejo descrito nas medidas definidas estrategicamente.

De acordo com Forrester (1975) apud Sousa (2004), existem algumas curvas de comportamento características das empresas. A Figura 2.4 representa na curva A um tipo muito raro de empresa que cresce saudável sem nenhum obstáculo durante seu ciclo de vida. O comportamento mais frequente é o descrito na curva B, onde depois de um aparente sucesso uma seqüência de crises provoca o fechamento ou a venda da empresa. O

comportamento descrito na curva C também é bastante comum e representa estagnação da empresa. O comportamento descrito na curva D representa uma gama grande de empresas onde existe um crescimento, porém acompanhado por repetidas crises.

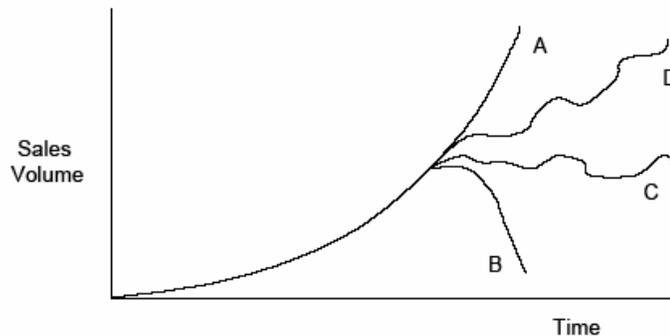


Figura 2.4: Curvas de comportamento.

Fonte: Forrester (1975) apud Sousa (2004).

A demanda da produção necessita que seus equipamentos estejam disponíveis a maior parte do tempo possível (*Uptime*), que devido ao trabalho realizado gera um desgaste destes equipamentos que necessitam de intervenções programadas, previamente agendadas com a produção, ou intervenções corretivas, não agendadas com a produção, quando ocorre a quebra do equipamento, Tavares (1999). As conseqüências de um equipamento fora de operação (*Downtime*) afetam todo planejamento realizado pelo PCP.

Uma clara definição de quais métodos e processos serão utilizados deverão levar em consideração o escopo da atividade, Medidas que meçam o desempenho do processo devem estar claramente definidas levando em consideração as varáveis do processo produtivo e a integração que deve haver entre ambos (CORRÊA & GIANESI, 1993). A Figura 2.3 sintetiza o processo de medidas claras e reais que ajudam a garantir o poder de competitividade da empresa.

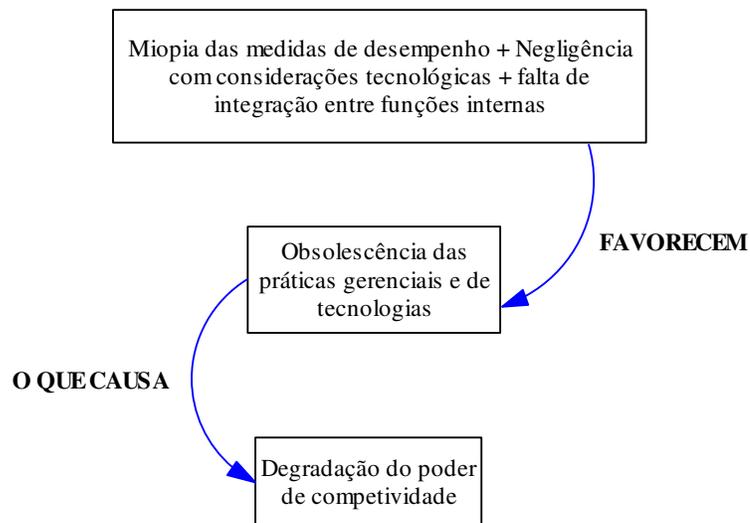


Figura 2.5: Olhando para trás: as lições da história.

Fonte: Adaptado de Corrêa & Gianesi (1993).

Johnston & Clark (2002) estabelece nove questões-chaves a serem dirigidas pelos gestores de serviços:

Saber quem é o cliente: Parece algo direto, mas para muitas organizações não é. O fundamental é saber quem são os vários clientes, identificar suas necessidades, desenvolver relacionamentos com eles e orientar estes clientes, ou seja, características individuais de cada cliente deve ser levada em conta pra realização do serviço.

Conhecer o que a organização esta vendendo/fornecendo: pode haver diferença entre o que a organização esta vendendo e/ou o que o cliente espera receber. Articular e comunicar o conceito de serviço é critico para identificar o produto da organização para todos os seus clientes, para assegurar que ele possa ser entregue e seja entregue conforme a especificação.

Gerenciar o resultado e a experiência: é critico para os gerentes gerenciar simultaneamente os resultados e a experiência. A natureza intangível da experiência proporciona problemas específicos tanto para a especificação quanto para o controle de fato.

Gerenciar o cliente: os gerentes de serviços tipicamente enfrentam um desafio em geral não compartilhado pelos gerentes da manufatura, que é a presença do cliente, como

parte essencial do processo de produção do serviço. Esta presença pode afetar não apenas o serviço que ele recebe, mas também outros clientes no processo.

Executar serviços em tempo real: muitos serviços ocorrem em tempo real e não podem ser adiados ou interrompidos, com isso gerenciar a capacidade e criar uma cultura apropriada são os desafios para administrar serviços em tempo real.

Coordenação: o gerente deve coordenar as várias atividades da organização para a entrega do serviço, isso não inclui apenas entender as necessidades dos clientes, mas também supervisionar a logística da cadeia de suprimentos para assegurar que todos os materiais e equipamentos estejam no local correto e no momento correto.

Conhecer o relacionamento entre as decisões de operação e o sucesso da empresa: o problema está em conhecer o efeito de ações que alavanquem as operações para melhorar o desempenho da empresa e identificar quais ações são as mais adequadas. O sucesso da empresa pode significar satisfação e retenção dos clientes, atração de outros novos, entrada em outros mercados, lucro, redução de custos e cumprimento de metas.

Conhecer, implementar e influenciar a estratégia: as operações de serviços, também são responsáveis pela implementação de estratégias ao conhecerem o que podem ou poderiam entregar e ao promoverem mudanças em toda organização.

Melhorando a operação: um desafio enfrentado por todos é como melhorar e desenvolver continuamente seus processos e produtos, assegurar que os resultados sejam melhorias reais e que haja uma cultura que apóie o serviço e a mudança buscando gerenciar o aumento da complexidade resultante dessa mudança.

LAI, IP & LEE (2001), relaciona como causas principais de uma performance não satisfatória na produção de serviços:

- Grande variabilidade na entrada de solicitações;
- Fluxo de informações lento;
- Gerenciamento pobre dos recursos humanos;
- Insuficiente padronização e *guideline*;

A necessidade de alcançar uma performance capaz de atrair e reter novos clientes força as empresas a mudar sua forma de agir na busca de soluções apropriada para cada cliente.

E a implementação de mudanças na forma de agir, geralmente, requer que as empresas efetuem mudanças organizacionais.

2.3. Gerenciamento da mudança Organizacional.

Fleury (2004) descreve que uma mudança sutil, porém de enorme repercussão, observada em mercados extremamente competitivos como os que hoje, o que mais importa é compreender qual seria o serviço que clientes e consumidores estariam interessados, valorizariam e estariam dispostos a pagar. Até pouco tempo atrás, visão estratégica era privilégio da minoria pensante, situada na cúpula da organização. Hoje, essa visão tem que estar presente em todos os níveis, fazendo parte das competências do indivíduo.

De acordo com o INCOSE Insight (2004), um dos desafios das empresas é sobreviver às mudanças e cita que somente empresas inteligentes é que terão a habilidade de além de maximizar valor para seus *stakeholders* e sobreviver as mudanças.

Tempo é equivalente a dinheiro, produtividade, qualidade e também inovação. Manter isso não depende apenas de tecnologia, mas de uma reorganização dos negócios centrais e, a tecnologia é que fará a integração desses processos. Estamos entrando em uma nova era dos negócios, nossos clientes demandarão mais responsabilidade, e mais flexibilidade, a expectativa é que possamos produzir os serviços ou produtos somente quando os clientes ordenarem (IBM, 2003).

Dentre as várias ferramentas para gerenciamento de mudanças organizacionais, como exemplo, adotamos a *TransMeth*.

TransMeth

Metodologia desenvolvida pela USP junto com Virginia Tech dos Estados Unidos que tem como objetivo definir um método que pode ser utilizado em diferentes situações para a condução de processos de mudanças. De acordo com Sousa (1999) a *TransMeth* pode ser aplicada a qualquer unidade organizacional, um grupo ou um time, um departamento, uma fábrica ou até para uma cadeia de fornecimento completa, pois fornece uma estrutura própria para sistematizar, organizar e integrar diversos métodos referente ao gerenciamento de mudanças e transformações, garantindo a implementação coordenada de diferentes processos de melhoria garantindo com isso uma sinergia entre eles.

Um dos diferenciais da *TransMeth* com relação a outras metodologias existentes é o conceito de integração. A metodologia da *TransMeth*, Figura 2.6, é uma proposta de abordagem estratégica, abrangente e integrada para gerenciar o processo de melhoria organizacional, Rentes (2000) e tem como principais objetivos:

- Criar alinhamento horizontal entre a organização e o seu ambiente externo, assim como criar alinhamento vertical dos elementos internos, procurando maximizar a probabilidade de sucesso do processo de transformação (mudança);
- Auxiliar na condução do processo de mudança de forma aberta e honesta, estimulando a participação de elementos chaves da empresa de todos os níveis organizacionais na identificação dos problemas raízes, remoção de obstáculos e criação das idéias de melhoria;
- Oferecer subsídios para um detalhamento eficaz das iniciativas de melhorias organizacionais, criando macros de curto prazo com comunicação clara dos ganhos a serem alcançados;
- Auxiliar o alinhamento das estratégias organizacionais e iniciativas com ações e medidas de desempenho com mecanismos de revisão periódica de progresso do processo de melhoria;
- Auxiliar na comunicação eficaz de todo o processo de mudança, tornando transparente a necessidade de mudar, a visão da empresa, os obstáculos existentes, os problemas raízes, os objetivos de curto prazo e as melhorias alcançadas.



Figura 2.6: Metodologia *TransMeth*.

Fonte: Sousa (1999).

Os estágios da *TransMeth*

Os estágios da *TransMeth* são apresentados em passos seqüenciais, porém em determinadas situações eles podem ser executados paralelamente a atividades de outros passos. Os passos são: compreender a necessidade de mudança, análise da situação atual, estabelecimento de direção para a mudança, definição de iniciativas de melhoria, detalhamento e implementação da melhoria, análise e revisão dos resultados. Os *outputs* de cada estágio servem de inputs para os estágios seguintes, caso necessário o retorno para passos anteriores pode acontecer de forma a garantir maior segurança no processo de mudança.

Compreender a necessidade de mudança: Neste estágio os membros da organização devem responder a questão: “Porque nós precisamos mudar?”. Normalmente a resposta estará associada a existência de uma oportunidade interna ou externa que possam ser consideradas uma vantagem competitiva relevante.

Criar uma infra-estrutura adequada para a mudança: Atividade executada em paralelo com as demais, busca dar suporte para assegurar que o processo de mudança evolua adequadamente. Este estágio está associado a diversos elementos-chaves.

- Criação de uma equipe para liderar o processo de mudança;
- Elaboração de um programa de treinamento para os envolvidos neste processo;
- Elaboração de um sistema de medida que possa avaliar e evolução deste processo;
- Disponibilização dos recursos necessários.

Análise da situação atual: Busca responder a questão “Onde nós estamos agora?”, através da análise e representação do estado atual da organização com seus respectivos processos internos e externos.

Estabelecimento de direção para a mudança: Nesta etapa o foco é “para onde nós queremos ir?” Conhecidas as respostas para “Porque nós precisamos mudar?” e “Onde nós estamos agora?” através da visão organizacional podemos capturar o futuro esperado para a organização.

Definição de iniciativas de melhoria: As iniciativas de melhoria possibilitarão responder a pergunta “Como chegaremos lá?”, através de ações planejadas que buscam diminuir a distância entre a situação atual e o futuro desejado.

Desdobrar e implementar as melhorias: Os melhores planos de melhoria não têm valor se não forem eficazmente detalhados e implementados. A pergunta que deve ser respondida é “Como podemos implementar com sucesso as iniciativas de melhoria?” para aumentar a probabilidade de sucesso nesta etapa deve-se utilizar um plano com métricas específicas para as iniciativas.

Analisar o progresso e resultados: Esta fase assim como a criação de infra-estrutura para a mudança não ocorre somente no final do processo, mas é uma fase que ocorre ao final de cada estágio da *TransMeth*. A pergunta que deve ser respondida é “Como sabemos que chegamos e lá?”.

A *TransMeth* é uma metodologia projetada com a intenção de propiciar um caminho mais seguro no processo de transformação (RENTES 2000). Já Sousa & Groesbeck (2004)

ênfatisam que a habilidade de gerenciar a complexidade dinâmica o mais cedo possível no ciclo de transformação será fundamental e é o que determina o poder de competitividade da empresa.

2.4. Modelagem e Simulação

Pidd (1998) relata que sistemas possuem mais do que um componente, são organizados de alguma forma, têm fronteiras e possuem um determinado comportamento. Já Vasconcelos (2003), descreve sistema como um grupo de elementos que interagem são inter-relacionados ou interdependentes, formam um todo complexo e único com um objetivo específico e têm propriedades diferentes que qualquer um de seus elementos.

Para o gerenciamento eficaz de um sistema será necessário um enfoque sistêmico que será a base para o entendimento de sua complexidade e guiar as mudanças necessárias abrangendo desde um pequeno negócio até um grande cadeia de produção e distribuição (Stermán, 2000). Através da modelagem e simulação conseguimos captar e analisar o inter-relacionamento entre os vários componentes de qualquer sistema, podendo desta forma propor novas políticas que possam melhorar os resultados esperados.

Stermán (1991) define modelo como uma representação da realidade projetado para algum propósito definido, já Sousa (1999) define modelo como uma representação simplificada da realidade. De acordo com Stermán (1991), os modelos podem ser classificados em vários tipos. A classificação mais utilizada é modelos de simulação e modelos de otimização. De acordo com o dicionário Aurélio, otimização é o processo pelo qual se determina o valor ótimo de uma grandeza. O resultado esperado de um modelo de otimização é o melhor caminho para alcançar um determinado objetivo. Modelos de otimização não dizem o que deve acontecer em certas condições, apenas dizem o que se deve fazer para que se obtenha o melhor resultado sob certas condições. Este tipo de modelagem têm três componentes básicos: o objetivo a ser alcançado, as escolhas a serem feitas e as restrições a serem atendidas.

Para o dicionário Aurélio, simulação é a experiência ou ensaio que consiste numa série de cálculos numéricos e decisões de escolha limitada, realizado segundo um conjunto de regras predeterminadas e apropriado ao emprego de computadores digitais. Para Stermán (1999) simular é imitar o sistema real através do estudo do seu comportamento, com o propósito estimar qual será o comportamento futuro do sistema sob certas condições. Esse

tipo de modelagem tem dois componentes básicos: 1) representação física do problema a ser estudado e, 2) representação das regras de decisão que regulam os fluxos ao longo do sistema.

Para Sterman (1991), as pessoas usam modelos todos os dias, são os modelos mentais. Todas as nossas decisões e ações não são baseadas no mundo real, mais sim em nossas imagens mentais do mundo, no inter-relacionamento entre as suas partes e na influência de nossas ações nesta interação. Estes modelos mentais são extremamente poderosos e flexíveis pois podem ser adaptados a novas situações e modificados assim que novas informações estejam disponíveis. Estes modelos acabam se tornando um filtro onde através das nossas experiências interpretamos e avaliamos os planos escolhendo entre as varias possibilidades qual ação será tomada. Sterman (2001), também destaca que a arte de construir modelos é saber o que cortar e o propósito do modelo atua como uma faca lógica. Ela determina o que será cortado deixando somente detalhes essenciais para atender o propósito do modelo.

Filho (2001), conceitua simulação, como utilização de determinadas técnicas matemáticas, empregadas em computadores, as quais permitem imitar o funcionamento de, praticamente, qualquer tipo de operação ou processo do mundo real. Já Prado (1999), define como um processo de criar e projetar um modelo computacional de um sistema real e conduzir experimentos com este modelo com o propósito de entender seu comportamento ou avaliar estratégias para sua concepção, mostrando-se uma poderosa ferramenta para estudos e análises, tendo como vantagem principal o fato de permitir a análise de diversas alterações no cenário virtual, sem o risco de comprometer ou impactar no cenário atual.

Para Dewhrst, Barber & Pritchardc (2002), somente a partir dos anos 90 é que a simulação passou a ser mais estudada e desenvolvida por não especialistas devido principalmente a sua interface amigável que os modelos puderam ser construídos através da manipulação de objetos gráficos, podendo ter suas propriedades e funções pré-configuradas e sua lógica dinâmica pode ser construída através de uma linguagem simples e direta.

Chang (2001), cita algumas vantagens de se utilizar simulação, tais como:

- Ela ajuda entender todo o processo e características da cadeia de suprimentos através de gráficos/animação;
- Capacidade de capturar dados para análise: usuários podem modelar eventos inesperados em certas áreas e entender o impacto deles na cadeia de suprimentos;

- Pode diminuir drasticamente o risco inerente às mudanças de planejamento: usuários podem testar várias alternativas antes de fazer a mudança no planejamento;
- Investigar o impacto de mudanças devido a uma maior demanda por componentes na cadeia de suprimentos;
- Investigar o impacto de algumas inovações dentro da cadeia de suprimentos;
- Investigar o impacto de eliminar uma infra-estrutura existente ou acrescentar uma nova dentro da cadeia de suprimentos;
- Investigar o impacto de mudanças operacionais estratégicas na cadeia de suprimentos, tais como, processo, localização e uso de novas instalações;
- Investigar o impacto da fusão de duas cadeias de suprimentos ou o impacto da separação de alguns componentes da cadeia de suprimentos;
- Investigar as relações entre fornecedores e outros componentes da cadeia de suprimentos de maneira a racionalizar o número e tamanho dos lotes de pedidos, utilizando como base o total de custos, qualidade, flexibilidade e responsabilidades;
- Investigar o impacto de se fabricar partes dos produtos na própria empresa, e também o impacto de se criar novos fornecedores, ou seja, terceirizar alguns processos;
- Investigar as oportunidades de se diminuir as variedades de componentes dos produtos e padronizá-los por toda a cadeia de suprimentos.

Como em todas as metodologias e técnicas utilizadas, a simulação também possui algumas desvantagens, podendo-se citar:

a) Um bom modelo de simulação pode se tornar caro e levar vários meses para o seu desenvolvimento, especialmente quando os dados são de difícil obtenção;

b) Os resultados da simulação são, muitas vezes, de difícil interpretação. Uma vez que os modelos tentam capturar a variabilidade dos sistemas, é comum que existam dificuldades em determinar quando uma observação realizada durante uma execução se deve a alguma relação significativa no sistema ou a processos aleatórios construídos e embutidos no modelo.

Dysnei, Naim & Towill (1997), relatam que as decisões têm seu efeito multiplicado pelo sistema e que modelos robustos nos ajudam a visualizar estes efeitos e a responder as mudanças rapidamente e Sterman (2000), cita que para desenvolver um modelo é preciso:

a) Ter conhecimento profundo do problema a ser estudado, pois os modelos mais úteis serão construídos por pessoas que conhecem o sistema real;

b) Ter um método para estruturar o organizar o conhecimento sobre o problema e dar encadeamento a todas as relações importantes que tenham sido definidas o que foi conseguido através da dinâmica de sistemas.

Fraser (1994), descreve três motivos para que uma organização modele sua estrutura:

1) Modelos possibilitam avaliar e comparar a performance da organização frente a propostas de mudanças; e estas mudanças podem ter motivação interna ou externa. **Motivação interna:** são as metas ou desejos que a organização quer alcançar, como: melhorar a satisfação dos clientes, incrementar os lucros, melhorar a qualidade, reduzir custos, diminuir tempo de ciclo, aumentar a satisfação dos acionistas, melhorar as decisões sobre condições de incertezas. **Influências externas:** quando a empresa é forçada a mudar devido a efeito de mudanças externas, como: alteração de legislação, tendências econômicas, influências sociais ou vantagens tecnológicas. Normalmente, esses fatos podem ocorrer simultaneamente e criam a necessidade de respostas rápidas;

2) Comunicar a existência de uma situação e novas opções de uma maneira eficaz as partes interessadas;

3) Ajudar a melhorar processos existentes e selecionar possíveis mudanças.

Modelos de simulação devem ter dois componentes básicos: primeiramente devem incluir uma representação física relevante do problema a ser estudado. Em um de seus estudos Forrester construiu um modelo para entender porque grandes cidades dos Estados Unidos continuavam com baixo desenvolvimento apesar de inúmeros programas de investimentos. O modelo contemplava a representação física de vários componentes da cidade como o tamanho e qualidade da infra-estrutura incluindo casas residências e comerciais, atributos da população como tamanho e composição familiar, habilidades, renda dentre outros, fluxos de entrada e saída da cidade e outras características físicas.

A quantidade de detalhes do modelo depende de seus objetivos, o modelo desenvolvido por Forrester necessitava apenas da representação de componentes principais comuns a grandes cidades. O segundo componente básico é capturar o comportamento dos atores envolvidos no sistema. Ou seja, como as pessoas respondem a diferentes situações como elas tomam suas decisões. Este componente é representado no modelo na forma de

regras de decisão que são determinadas pela observação de como as decisões no mundo real são tomadas. Com a representação da estrutura física do sistema e das regras de decisão o modelo pode simular o comportamento da situação real. Na publicação *A Skeptic's Guide to computer models* (STERMAN, 1991), cita como exemplo um estudo pioneiro de simulação conduzido por Cyert & March em 1963. Neste estudo os pesquisadores mostraram que lojas de departamento usam uma regra de decisão simples para determinar o preço das mercadorias. A regra para determinar o preço das mercadorias, já por tradição, era colocar uma margem fixa em cima do seu preço de custo. Eles notaram que o preço se ajustava vagarosamente a medida que as mercadorias eram ou não vendidas, se o estoque de mercadorias estivesse alto o preço diminuía e, se as vendas excedessem o esperado o preço aumentava, os preços eram ajustados também de acordo com os concorrentes. Os pesquisadores então construíram um modelo baseado nestas regras de decisão que quando foi comparado com dados reais notaram que o modelo de simulação reproduzia o comportamento real do sistema.

Para Sterman (1991), a eficiência de um modelo se dará pela capacidade do modelador em estabelecer a representação física da situação, estabelecer regras de decisão através da observação do comportamento do sistema real e de estabelecer os limites físicos do modelo.

Para Freitas (2001), a simulação computacional permite a evolução da performance operacional e de processos antes de sua execução. Pidd (1998) cita que ultimamente tem sido grande o interesse de empresários em assegurar que seus processos mais importantes sejam operados de maneira eficiente e eficaz e para isso uma das aplicações da simulação computacional é na engenharia dos processos de negócios. O princípio é observar o processo fundamental sem o qual a empresa não funcionaria e o qual contribui expressivamente para o lucro e para o custo com o objetivo de capturar o comportamento deste sistema elaborando então um modelo de simulação que servirá de base para exploração e estudos de possíveis estruturas alternativas deste sistema.

Esse capítulo apresentou os principais conceitos utilizados no desenvolvimento deste trabalho. Abordou e classificou os tipos e a importância da manutenção, os desafios da produção e gestão de serviços e apresentou uma metodologia para gestão de mudanças. Também apresentou conceitos de modelagem e simulação.

No capítulo 3 será apresentada a metodologia utilizada para seqüência deste estudo.

Capítulo 3:

Metodologia de pesquisa

Neste capítulo apresentamos detalhadamente a metodologia de pesquisa utilizada no estudo.

3.1. Propósito da Pesquisa

O objetivo principal deste trabalho é investigar a relação entre estrutura e desempenho sistêmicos observada na gestão de contratos de manutenção industrial.

3.2. Objetivos Específicos

Quatro objetivos chaves foram definidas para esta pesquisa:

1- Levantar as principais práticas da gestão de contratos de manutenção industrial e seus possíveis pontos de conflito;

2- Com base em um sistema real de referência, levantar amostras de comportamento sistêmico, formalizar um referencial problemático e elaborar uma hipótese dinâmica acerca da relação causal entre as principais variáveis envolvidas no fenômeno da gestão de contratos de manutenção industrial;

3- Testar a hipótese dinâmica criada através da elaboração e execução de um modelo de simulação;

4- Com base no modelo desenvolvido, avaliar sua generabilidade e explorar possíveis inovações na gestão de contratos de manutenção industrial.

3.3. O Processo de Pesquisa

Dentre as várias abordagens possíveis, a metodologia de modelagem fundamentada em Dinâmica de Sistemas descrita por Sterman (2000), será adotada como guia para o desenvolvimento desta pesquisa.

A abordagem de Dinâmica de Sistemas, Figura 3.2, envolve a documentação, formalização e teste de uma hipótese utilizando-se métodos de modelagem formais. A metodologia de modelagem em Dinâmica de Sistemas é constituída pelos seguintes passos:

- 1) Articulação do Problema;
- 2) Definição de uma Hipótese Dinâmica;
- 3) Formulação do Modelo de Simulação;
- 4) Testes do Modelo;
- 5) Formulação e Avaliação de Políticas e Estruturas Alternativas.



Figura 3.1: Passos da Dinâmica de Sistemas.

Fonte: Adaptado de Sterman (2000).

Complementarmente, cabe destacar que o estudo de caso é uma das muitas maneiras de se fazer pesquisa. Em geral, os estudos de caso representam a estratégia preferida quando se colocam questões do tipo “como” e “por que”, quando o pesquisador tem pouco controle sobre os eventos e quando o foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real (YIN, 2001).

Scholz (2002), destaca que a metodologia da Dinâmica de Sistemas para estudo de caso é adequada quando uma resposta afirmativa for encontrada para três questões básicas:

- 1) O sistema tem variáveis quantitativas que variam o tempo todo?

2) A mudança em uma ou mais variáveis impacta de algum modo outras variáveis do sistema, caracterizando uma relação de causa-efeito?

3) O sistema pode ser representado fechado com *loops* de *feedback*?

Dessa forma, a partir desses fundamentos, o processo de pesquisa específico para esse estudo foi definido (Veja Figura 3.2).

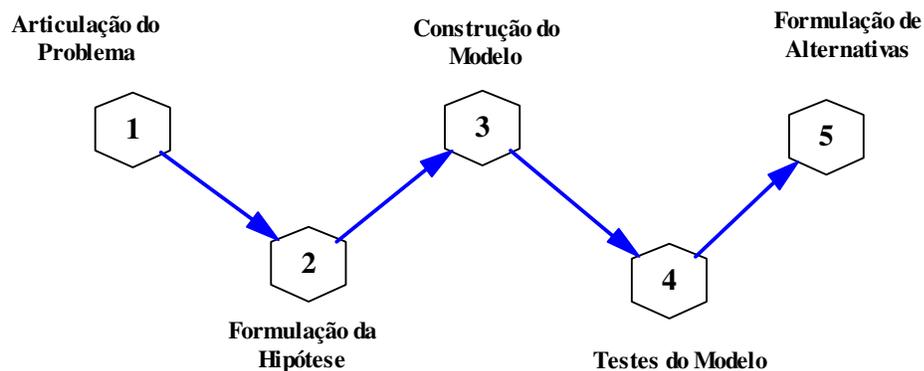


Figura 3.2: Processo de pesquisa.

Fonte: Adaptado de Sterman (2000).

A finalidade da pesquisa é descobrir respostas para questões, mediante a aplicação de métodos científicos, (YIN, 1965). A abordagem central adotada para responder à pergunta central de pesquisa e atender aos objetivos específicos é a experimentação indireta através de métodos formais de modelagem e simulação próprios da Dinâmica de Sistemas. A experimentação indireta consiste em uma abordagem quantitativa voltada à realizar experimentos com um modelo da realidade e não diretamente com a realidade de interesse – uma estratégia interessante quando experimentar com o real não é viável ou desejável, Markoni & Lakatos (1999). Neste trabalho, a estratégia adotada é complementar a esta abordagem com conceitos próprios do estudo de caso, a fim de formalizar um modelo de simulação representativo de um cenário real específico a ser adotado como ilustração.

3.4. Dinâmica de Sistemas ²

Forrester em 1961 desenvolveu o conceito da Dinâmica de Sistemas, que tem como foco principal a determinação da estrutura de um sistema, que por sua vez, determina seu comportamento ao longo do tempo (VASCONCELOS, 2003). A partir dos trabalhos de Forrester e seu grupo no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) a modelagem de sistemas dinâmicos e sua simulação computacional permitiram a análise de diversos problemas nas áreas gerenciais e de políticas públicas. Contudo a complexidade do método e as dificuldades de implementação computacional dos modelos dificultaram a adoção mais generalizada desta metodologia. Mais recentemente, principalmente em razão do aperfeiçoamento das ferramentas computacionais o uso da Dinâmica de Sistemas está se tornando relativamente mais simples, passando a ser aplicado em diversas áreas do conhecimento.

Primeiramente devemos ter uma visão sistêmica que é projetar a análise para o sistema mais amplo, levando em consideração as propriedades e a influência de cada parte na estrutura do todo. É uma contínua revisão do mundo, do sistema total e de seus componentes (CHURCHMAN, 1972), ela encara o mundo como um conjunto de sistemas e subsistemas, sendo que por sistema deve-se entender uma reunião de elementos inter-relacionados que interagem entre si para atingir um determinado objetivo.

A metodologia de modelagem e simulação de sistemas dinâmicos envolve as seguintes etapas principais (STERMAN 2000):

a) construção de diagramas de influência representado os mapas mentais dos analistas e tomadores de decisão, os quais visam o entendimento explícito de um problema e a busca das relações entre os componentes;

b) especificação e desenvolvimento de modelos matemáticos, que visam formalizar as relações de feedback e defasagens (tempo decorrido entre estímulo e resposta) do sistema;

c) Desenho e simulação do modelo que testam hipóteses diferentes em relação ao comportamento da estrutura.

Após a simulação do modelo com as hipóteses testadas a estrutura que propor melhor resultado ao sistema estudado será aplicada a um caso real com o objetivo de validar esta pesquisa.

² O conceito da Dinâmica de Sistemas pode ser estudado através de Road maps 2 que é um guia didático para aprendizagem desta metodologia desenvolvido pelo Massachusetts Institute of Technology (MIT) sob supervisão de Jay W. Forrester e disponível em <http://sysdyn.clexchange.org/road-maps/home.html>.

3.5. Fundamentos Conceituais

Scholz (2002) destaca que a tarefa principal da modelagem através da Dinâmica de Sistemas é conseguir *insight* de comportamentos futuros. Em um dos exemplos de Forrester muitas pessoas quando perguntadas quem é a pessoa mais importante na operação segura de um avião respondem que é o piloto. Entretanto, segundo Forrester (1975) apud Sousa (2005), não seria o piloto e sim o projetista da aeronave. O projetista é o responsável por fazer que a aeronave seja estável e robusta mesmo sob condições extremas e que pilotos bem treinados, sem nenhuma habilidade extraordinária, possam pilotar com segurança mesmo quando cansados ou estressados. Em um ambiente social ou empresarial os gerentes têm a dupla função, projetar e operar o sistema. Projetar moldando a estrutura, estabelecendo estratégias e regras de decisão. Operar o sistema baseados no projeto da estrutura.

A maior constante dos tempos modernos é a mudança. Algumas mudanças são maravilhosas, outras afetam o planeta, empobrecem o espírito humano e comprometem nossa sobrevivência (Sterman, 2000). Muitas vezes apenas o nosso melhor entendimento não é o suficiente para resolvemos um problema e a solução proposta acaba tornando até pior. Nossas decisões provocam reações em outros componentes do sistema que reagem e introduzem suas ações. Forrester (1971a) apud Sterman (2000), denominou este fenômeno de “comportamento contraintuitivo de sistemas sociais”. De acordo com nossos objetivos tomamos nossas decisões que afetam o ambiente no qual estamos inseridos demandando novas decisões este fenômeno é conhecido como *feedback* (Figura 3.3).

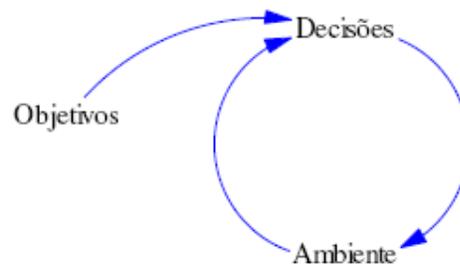


Figura 3.3: Processo de *feedback*.

Fonte: Adaptado de Sterman (2000).

Sterman (2000) e Sousa (2005), conclui que todas as nossas decisões são baseadas em modelos, geralmente modelos mentais. Em sistemas dinâmicos o termo ‘modelo mental’

inclui nossas crenças sobre a rede de causa e efeito que descreve como o sistema esta operando (Figura 3.4).



Figura 3.4: Modelo Mental.

Fonte: Sousa (2005) adaptado de Sterman (2000).

3.5.1. Diagrama de *loops causais*.

Feedback é um dos principais conceitos de sistemas dinâmicos. Diagrama de *loops causais* é uma importante ferramenta para representar o *feedback* da estrutura do sistema. Cada *link* é mostrado por setas e estas setas assumem uma polaridade (positiva ou negativa), que descrevem a estrutura do sistema, não se refere ao comportamento das variáveis e sim descreve o que acontece a variável dependente muda quando a variável independente muda. Representam a interdependência dos processos, capturam rapidamente a hipótese sobre a causa da dinâmica, capturam os modelos mentais de indivíduos ou de equipes e comunicam importantes realimentações que podem ser responsáveis pelo problema. Consiste de variáveis conectadas por setas indicando a influência de uma variável sobre a outra. Quando uma informação chega ao sistema provoca uma decisão que tem como objetivo provocar uma mudança no sistema, cada nova informação pode gerar uma ou mais mudanças no sistema, gerando uma seqüência circular de causa e efeitos denominados *loops de feedback*. A metodologia de Dinâmica de Sistema guia o pesquisador a identificar as variáveis pertinentes

ao sistema. Muitas vezes ao se modelar a estrutura do modelo acaba-se percebendo estruturas, variáveis ou ligações até então não percebidas ou não identificadas.

3.5.2. Polaridades

As polaridades descrevem a estrutura do sistema (Sterman, 2000). Descrevem o que aconteceria se tivéssemos mudança no sistema. As entidades estão relacionadas entre si com setas que indicam as relações de causalidade, o sentido das setas indica qual variável ou entidade é afetada, estas setas carregam também sinais de positivo (+) ou negativo (-) nas pontas indicando a mudança que a variável provoca no sistema. O sinal (+) indica que a variável causa provoca efeito no mesmo sentido, o sinal (-) indica que a variável causa provoca um efeito no sentido contrário.

Se a causa aumenta ou diminui o efeito aumenta ou diminui. Para avaliar a polaridade de uma ligação causal, devemos assumir que todas as variáveis permanecem constantes.

Loop positivo: Se a causa aumenta ou diminui o efeito aumenta ou diminui;

Loop negativo: se a causa aumenta ou diminui o efeito diminui ou aumenta.

Um exemplo bem simples: quanto maior o saldo na conta de poupança, mais juros ela receberá, quanto maiores os juros, maior será o saldo e assim por diante. O oposto também é verdadeiro, quanto menor o saldo de poupança, menores serão os juros recebidos, também quanto menor a taxa de juros menores serão os juros da poupança, conseqüentemente menor será o incremento no saldo na conta de poupança, como mostra a figura 3.5.

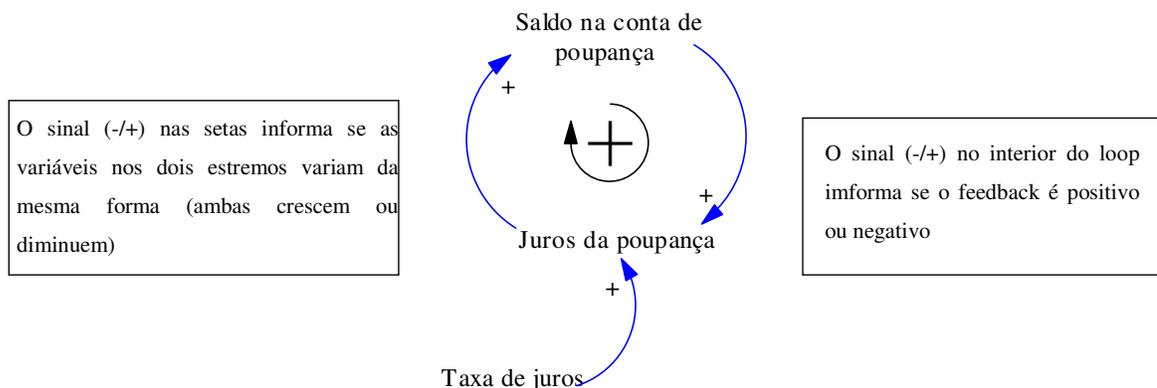


Figura 3.5: Exemplo de diagrama de *loop causal*.

Fonte: O autor. Adaptado do Manual do *Software Vensim*.

3.5.3. Diagrama de fluxos.

Nos modelos da Dinâmica de Sistemas estoques são representados por retângulos também são conhecidos como integrais ou estado das variáveis, representa tudo que se acumula e pode ser medido em um determinado ponto no tempo, como o dinheiro no saldo na conta de poupança. Matematicamente estoques acumulam ou integram seu fluxo líquido, ou seja, o fluxo de entrada menos o fluxo de saída (STERMAN, 2000); enquanto que fluxos são representados por setas de linhas duplas com um “X” que representando uma válvula, que apontam para ou saem do estoque e representam as taxas ou derivadas, representa coisas que variam no tempo, como a taxa de juros. Também matematicamente, o ângulo da tangente sobre qualquer ponto na trajetória do gráfico corresponde à mudança líquida do estoque naquele ponto (STERMAN, 2000).

Os estoques refletem a diferença líquida entre o fluxo de entrada e o fluxo de saída, com algumas características:

a) Caracterizam o estado do sistema e servem de base para tomada de decisões: Assim como os pilotos precisam saber o estado da aeronave (posição, altitude, longitude, nível de combustível) os gestores em uma empresa precisam saber o nível de seus estoques que devem ser considerados na tomada de decisão.

b) Propiciam inércia e memória aos sistemas: estoques acumulam eventos passados que somente podem ser mudados através dos fluxos de entrada e saída.

c) São fontes de atraso: em um determinado processo a diferença entre a entrada e saída acumulada é um estoque de material em processo.

d) desconectam fluxos e criam dinâmicas de desequilíbrio: os estoques absorvem as diferenças entre entradas e saídas permitindo que entradas e saídas sejam processos diferentes.

Combinando os diagramas de *loops causais* com os diagramas de fluxos podemos perceber como os estoques e fluxos influenciam um no outros e como a ocorre a realimentação do sistema. Na figura 3.6 pode-se observar o exemplo do saldo na conta de poupança. Tanto a seta do fluxo entrada quanto a seta do fluxo de saída, começa e termina numa nuvem que representa o limite do sistema (ou seja, estoques externos infinitos). A seta da taxa de juros é uma constante e afeta o saldo da conta da poupança.

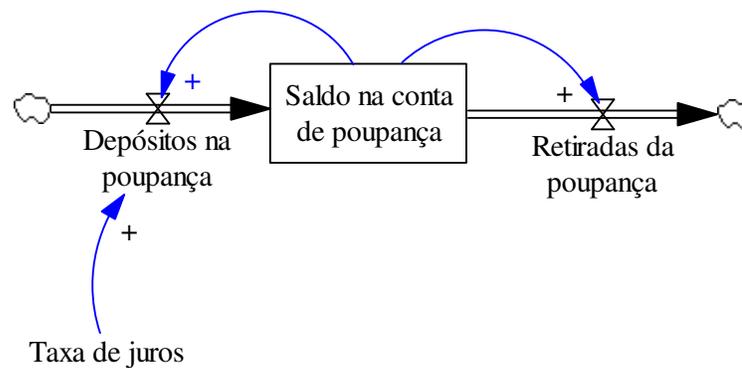


Figura 3.6: Exemplo diagrama de fluxo.

Fonte: O autor.

As unidades de medidas nos ajudam a diferenciar estoques de fluxos. Estoques geralmente são medidos em quantidades enquanto que Fluxos devem ser medidos na mesma unidade do estoque por um período de tempo.

3.5.4. Atrasos (*delays*).

Atraso é um processo no qual uma saída qualquer é postergada em relação a uma entrada. Atrasos são críticos em Dinâmica de Sistemas, muitos são responsáveis por gerar instabilidade e oscilações nos sistemas (STERMAN, 2000). Sempre existirá um tempo entre medir, relatar e inserir a informação no sistema e tomar a decisão. Também levará um tempo para que a decisão tomada afete o estado do sistema. A figura 3.8 exemplifica um atraso entre a modificação no controle do equipamento relacionado a medição, relato e percepção da temperatura atual, assim como também existe outro atraso relacionado a percepção da diferença entre a temperatura atual e a desejada e a modificação da temperatura no controle do equipamento.

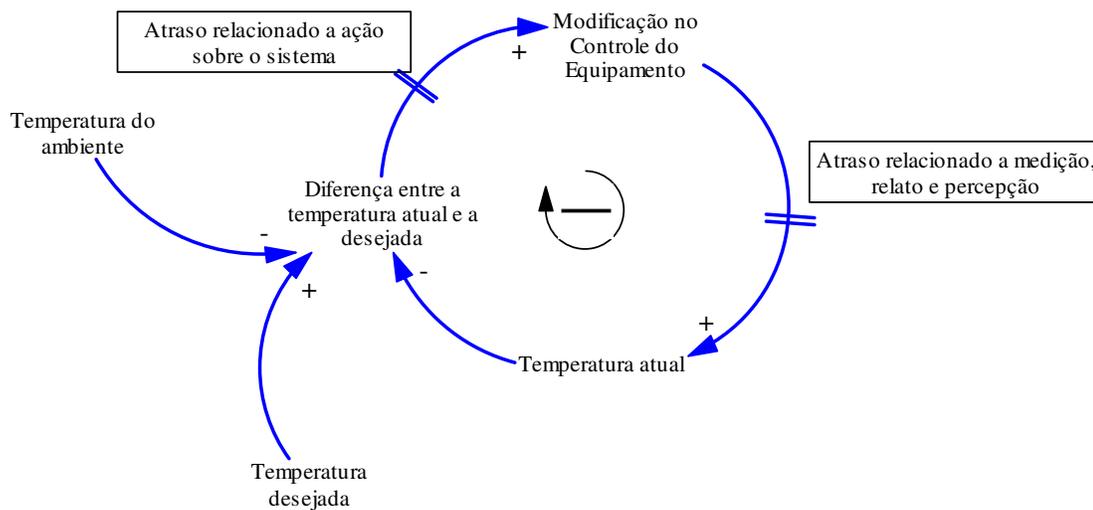


Figura 3.7: Exemplo de atrasos no sistema.

Fonte: O Autor.

3.5.5. *Aging Chain* (Cadeia de envelhecimento).

A taxa de saída dos itens do estoque depende fortemente da idade dos itens, A taxa de mortalidade das pessoas depende fortemente de sua idade, a taxa de descarte e troca de automóveis depende do tempo de uso, etc.. *Aging chains* são usadas para representar situações onde a taxa de mortalidade dos itens na estrutura de estoques e fluxos são dependentes da idade e permitem a modelagem de mudanças na estrutura dos estoques em função da idade dos itens (STERMAN, 2000). *Aging chain* pode ser usada para qualquer população onde a probabilidade de saída desta população depende da idade de seus componentes. Uma *Aging chain* pode ter “n” numero de estoques e cada estoque pode ter “n” número de entradas e saídas, figura 3.8.

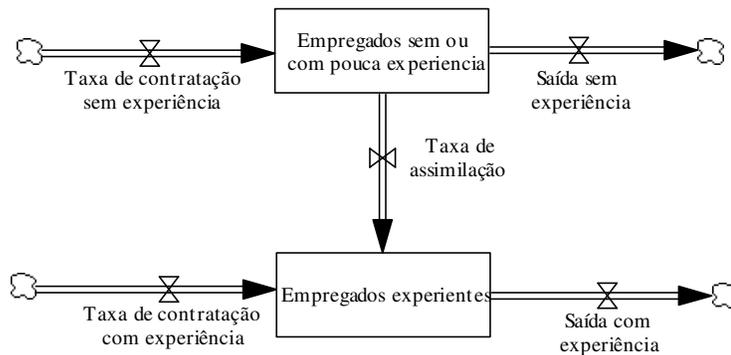


Figura 3.8: Estrutura Aging Chain.

Fonte: O autor, adaptado de Sterman (2000).

O total de estoque é dividido 'n' estoques, $C(i)$ cada um com sua taxa de entrada $I(i)$ e taxa de saída $O(i)$, o fluxo do estoque i move-se para o estoque $i + 1$ através do taxa $T(i, i + 1)$, podendo ser negativo ou positivo. Matematicamente será representado por:

$$C(i) = \text{Integral}(I(i) + T(i - 1, i) - O(i) - T(i, i + 1), C(i) t_0).$$

A taxa de transição pode ser formulada como um atraso (*delay*), desta forma a taxa será representada $T(i, i + 1) = C(i)/AE(i)$ onde AE representa anos no estoque, já a taxa de saída pode ser representada por: $O(i) = C(i) * \text{fração da taxa de saída por estoque } (i)$.

A Tabela 3.1 apresenta um resumo das notações utilizadas para representação dos diagramas de fluxos e no modelo de simulação.

Nome	Descrição	Notação	Exemplo
Laço causal	Indica relação entre variáveis ou constantes	Flechas simples	
Polaridades Positiva ou negativa	Indica que quando uma variável ou constante varia, isso faz com que a variável ou constante seguinte aumente no mesmo sentido (+) ou diminua em sentido contrário (-)	Flecha simples com sinal de positivo (+) ou negativo (-) nas postas	
Estoques	Indica o acúmulo e/ou saída (vazão)	Retângulos com nome da variável iniciando em maiúsculo	

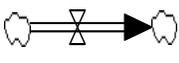
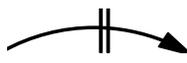
Fluxos	Indica entrada ou saída de um estoque, gera acumulação ou vazão do mesmo.	Flechas com linhas duplas e ponta negra com um "X" no meio simulando uma válvula	
Variáveis auxiliares	Variável que compõem a lógica do modelo	Nome da variável	MDO necessária
Constantes	Indica variáveis referentes a tomadas de decisões, normalmente exógenas ao sistema.	Nome da constante em maiúsculo	<TIME STEP>
Alcance de entrada	Indica o limite de entrada do sistema/modelo.	Entrada do fluxo fora do alcance do sistema/modelo.	
Alcance de saída	Indica o limite de saída do sistema/modelo.	Saída do fluxo fora do alcance do sistema/modelo	
Atrasos (<i>delay</i>)	Indica um retardo no sistema/modelo. Normalmente o efeito de uma decisão.	Barras duplas em cima da seta.	
Polaridade do <i>loop</i>	Indica que existe um <i>loop</i> que fecha um ciclo de reforço (+) ou de equilíbrio (-)	Sinal de positivo (R) ou negativo (B) no centro do <i>loop</i>	
Variável exógena	Variável que impacta o sistema, porém não é impactada por ele.	Diamante/Losango	
Variável exógena controlável	Variável que impacta o sistema, não é impactada por ele, porém é controlável pelo modelador.	Circulo cheio	

Tabela 3.1: Notação utilizada nos diagramas e modelos.

Fonte: O autor, baseado em Sterman (2000), capítulos 5 e 6.

3.5.6. Estrutura e comportamento de Sistemas Dinâmicos.

O comportamento de um sistema é função de sua estrutura (STERMAN, 2000). Basicamente a estrutura é constituída de *feedback*, *loops*, estoques e fluxos criados pela integração física e lógica do sistema com o processo de tomada de decisão dos agentes que nele atuam.

Os modelos básicos (fundamentais) de comportamento são:

- a) **Crescimento**, caracterizado pelo *feedback* positivo Figura 3.9. Provoca crescimento, amplifica desvios e reforça as mudanças.

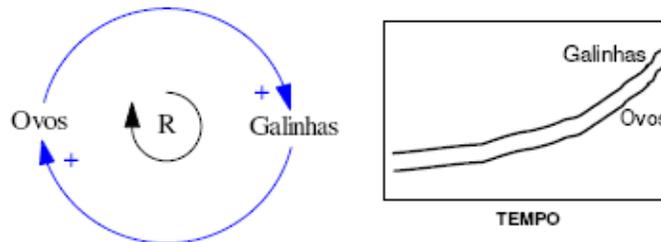


Figura 3.9: *Feedback* Positivo.

Fonte: Sousa (2005) adaptado de Sterman (2000).

- b) **Busca de objetivos**, caracterizado pelo *feedback* negativo. Busca equilíbrio do sistema, se existe uma discrepância entre o estado atual do sistema e seu estado desejado, ações corretivas são disparadas para fazer com que o sistema volte ao estado desejado. Figura 3.10.

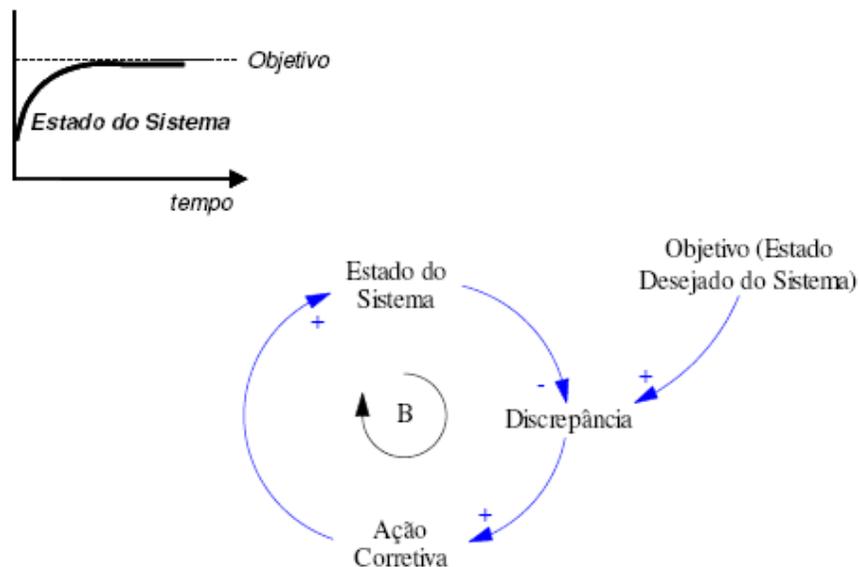


Figura 3.10: *Feedback* Negativo (busca de objetivos).

Fonte: Sousa (2005) adaptado de Sterman (2000).

- c) **Oscilação**, criado pelo *feedback* negativo combinado com algum tempo de retardo. O estado atual do sistema é comparado com seu objetivo, caso seja detectada alguma discrepância algumas ações são tomadas com o objetivo de corrigir estas distorções, porém as ações corretivas demoram certo tempo devido a medição, relato, percepção,

tomada de decisão e atrasos relacionados a ação sobre o sistema o que acaba gerando alguma oscilação. Figura 3.11.

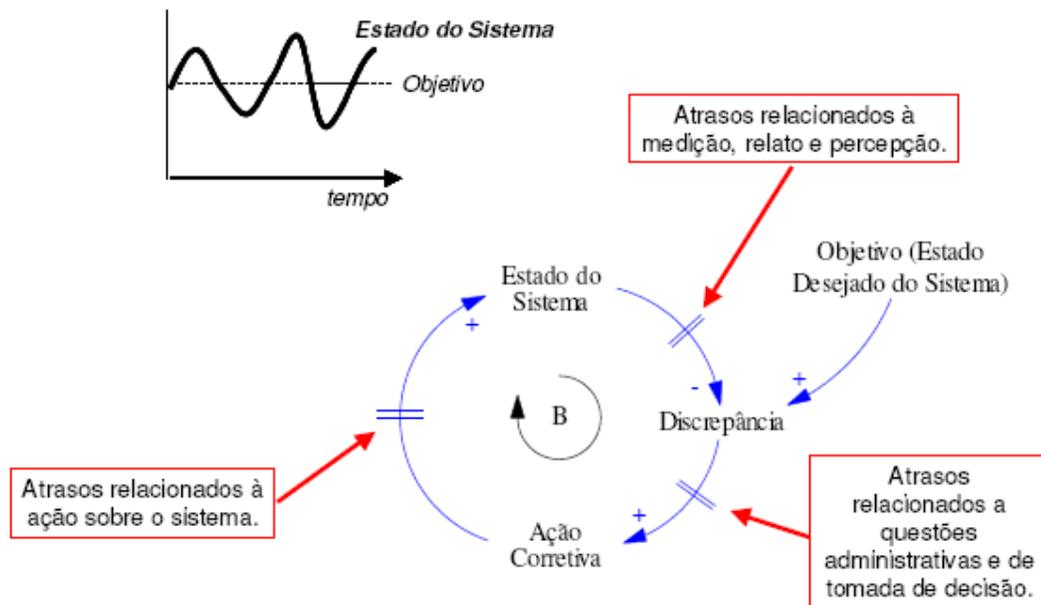


Figura 3.11: Oscilação.

Fonte: Sousa (2005) adaptado de Sterman (2000).

Também alguns comportamentos mais complexos podem ser representados;

- d) **Crescimento em S**, um comportamento bastante comum, inicialmente o sistema apresenta um crescimento exponencial que depois gradativamente diminui entrando em equilíbrio quando atinge o objetivo. Figura 3.12.

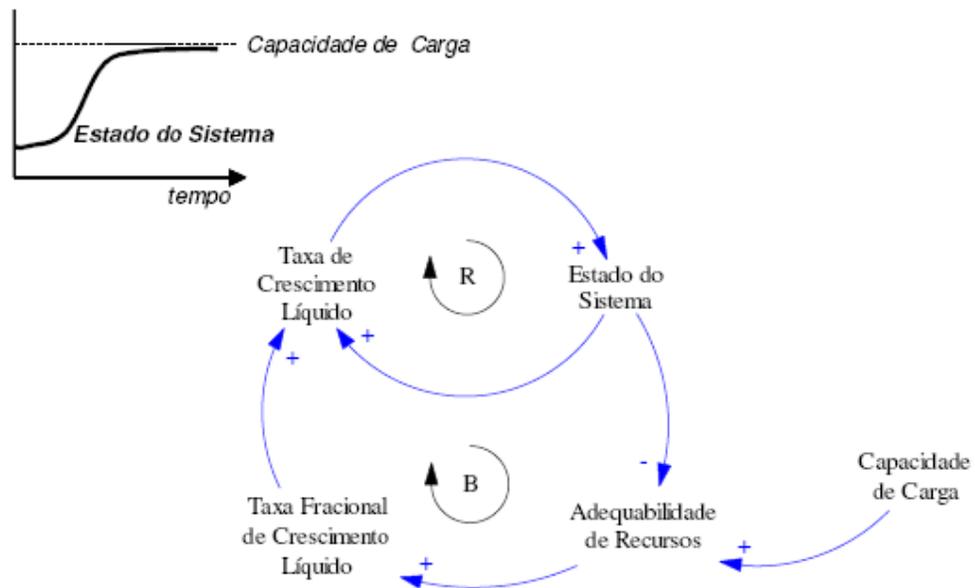


Figura 3.12: Crescimento em “S”.

Fonte: Sousa (2005) adaptado de Sterman (2000).

- e) **Crescimento com *overshoot***, o sistema apresenta um crescimento inicial exponencial até atingir seu objetivo quando então começa a oscilar em busca de seu objetivo devido a significativos atrasos para ajustes entre a situação real e a situação desejada. Figura 3.13.

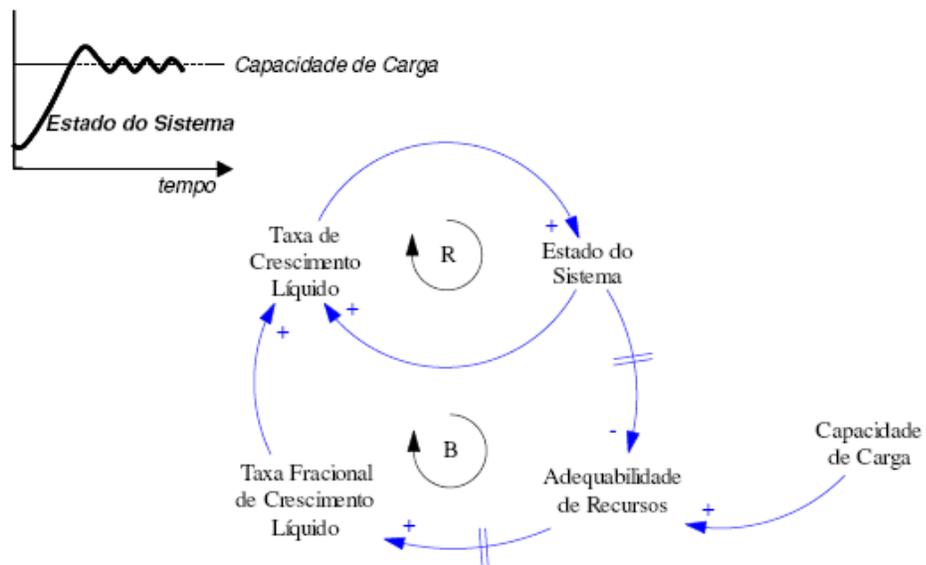


Figura 3.13: Crescimento com *overshoot*.

Fonte: Sousa (2005) adaptado de Sterman (2000).

f) **Overshoot e colapso**, inicialmente o sistema apresenta o comportamento de crescimento em S, porém abruptamente cai sem conseguir recuperar-se. Figura 3.14.

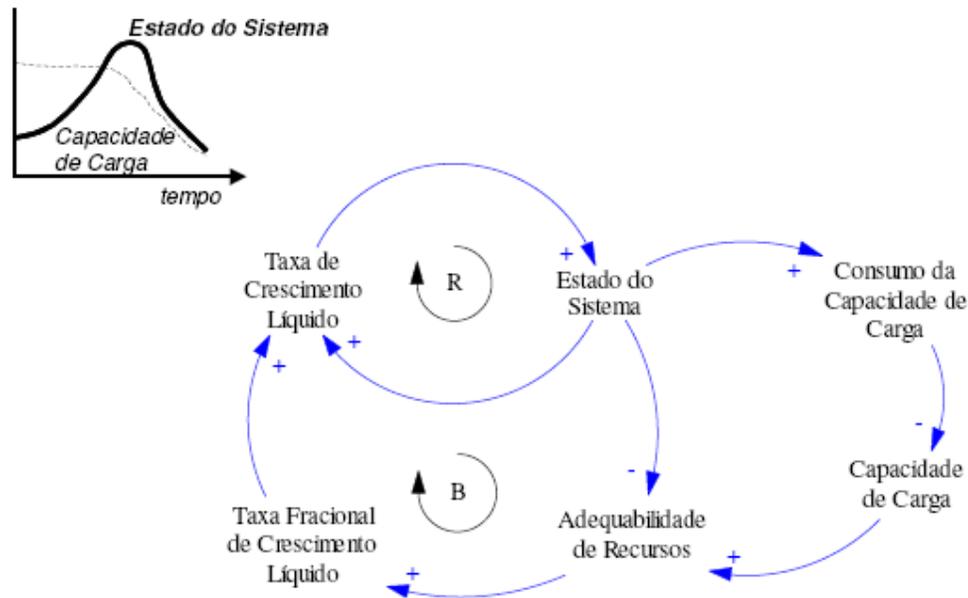


Figura 3.14: Crescimento com *overshoot* e colapso.

Fonte: Sousa (2005) adaptado de Sterman (2000).

Um ponto bastante importante é observar o sistema buscando identificar um comportamento dominante, este detalhe irá ajudar na pesquisa de estruturas particulares do sistema estudado. Não se começa construindo um modelo, mas sim identificando um problema seus sintomas e seu comportamento, que é o objetivo do estudo. Neste capítulo buscou-se conceituar os principais conceitos que serão utilizados nos capítulos seguintes.

3.6. Descrição Detalhada dos Passos da Pesquisa

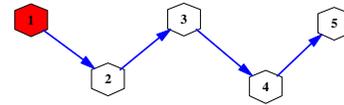
De acordo com Sterman (2000), um modelo de sucesso deve seguir um processo disciplinado envolvendo as seguintes atividades:

- 1) **Articulação do problema.** Definição clara de qual é o problema e por que é um problema. Quais as variáveis e horizonte de tempo? Qual é o comportamento histórico, qual deverá ser o comportamento no futuro?

- 2) **Formulação da hipótese dinâmica.** **a)** Geração da hipótese inicial – qual é o comportamento do problema no sistema. **b)** Foco endógeno - formulação da hipótese dinâmica que explica a dinâmica interna de comportamento da estrutura. **c)** Mapeamento - desenvolvimento de mapas baseados na hipótese inicial, variáveis chaves, e modos de referência e algum outro dado disponível usando ferramenta adequada.
- 3) **Formulação do modelo de simulação:** **a)** especificação da estrutura e regras de decisão. **b)** estimar os parâmetros, relacionamentos e condições iniciais. **c)** testar a consistência com o propósito e abrangência.
- 4) **Teste do modelo:** **a)** comparação com modelos de referência, **b)** testar a robustez sob condições extremas.
- 5) **Formulação e avaliação de políticas e estruturas alternativas:** **a)** especificar os cenários, **b)** projetos das novas regras de decisão, estratégias e estruturas, **c)** análise dos efeitos das políticas, **d)** análise da sensibilidade em cenários diferentes, **e)** interação das regras propostas no sistema.

Neste capítulo foi apresentada detalhadamente a metodologia de pesquisa, conceitos fundamentais, estrutura e comportamento de sistemas dinâmicos, assim como descrição detalhada dos passos da pesquisa.

No capítulo 4, será definido o problema, o comportamento histórico, assim como as principais variáveis utilizadas neste estudo de acordo com a metodologia da Dinâmica de Sistemas.



Capítulo 4:

Neste capítulo, utilizando-se como referência um sistema real, será inicialmente descrito e definido o problema, suas variáveis chaves e o horizonte de tempo de acordo com a metodologia da Dinâmica de Sistemas, conforme descrito item 3.4.1. Também de acordo com a necessidade outros conceitos serão revisados.

4.1. Articulação do problema

À medida que o mundo torna-se mais complexo e interdependente, a capacidade de pensar sistemicamente torna-se diferencial competitivo para as empresas conseguirem visualizar os efeitos causais de suas decisões na interação do sistema (STERMAN, 2000). Quando uma empresa transfere algumas de suas atividades para empresas especialistas e esta não analisa corretamente os processos a serem integrados, as atuais práticas, parâmetros e valores importantes para o cliente, têm-se o risco desta atividade não ser executada de maneira satisfatória ao cliente. Direcionar esforços para que duas ou mais empresas com culturas diferentes possam direcionar suas competências em prol de um objetivo de maximizar a produção, através do aumento da disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos produtivos e do aumento do volume de produtos produzidos pode gerar um grande conflito.

Gerenciar um contrato requer cuidados com detalhes específicos que variam de cliente para cliente e também de acordo com cada escopo contratado. Para que o serviço prestado possa atender as expectativas do cliente o correto gerenciamento do contrato será de extrema importância para manter o contrato ativo por um longo período. Um contrato mal gerido afeta a todos os envolvidos no processo gerando perdas financeiras e desmotivação das pessoas envolvidas. De forma mais específica este estudo trata de analisar a queda do número de contratos de manutenção industrial geridos por uma empresa especializada. Vale ressaltar que este estudo esta baseado em dados reais, porém para manter a confidencialidade da empresa os valores são modificados, mantendo-se a proporcionalidade.

4.2. Seleção do Tema

De acordo com Sterman (2000), este é o passo mais importante. Qual é o objetivo? Qual o problema que está se tentando resolver? Qual é o real problema não apenas o sintoma ou dificuldade?

4.2.1. Qual é o problema e Porque é um Problema

Gerenciar com eficiência qualquer mudança é um grande desafio. Cada equipe espera tratamento especial. Cada membro da equipe espera, e necessita, de que algum superior entenda o que o grupo está fazendo, de que equipamentos ele precisa, e como deveria ser sua relação com outros departamentos da empresa. Muitas vezes perceber como são as coisas, quais são as causas e quais são as conseqüências é muito difícil. Principalmente quando a empresa fornecedora está assumindo a responsabilidade por parte de um processo crítico para a empresa cliente. Cada empresa tem sua estrutura e seu desempenho, a partir do momento que a empresa cliente contratou determinada atividade ela espera receber esta atividade concluída dentro dos padrões previamente acordados. Ocorre que dentro da organização os processos funcionam de uma maneira contínua. Como e quando determinada atividade vai ser executada afeta o sistema como um todo. Buscar sempre uma integração que traga ganhos aos processos entre empresa cliente e empresa fornecedora é o principal desafio dos gestores atuais.

De maneira específica este estudo trata de analisar uma empresa que gerencia vários contratos simultaneamente, cada um com escopo diferente e particularidades específicas de cada cliente. Ocorre que no final do período contratual vários contratos não estão sendo renovados. Isso gera um problema para o contratante e um para o fornecedor atual. O contratante tem a necessidade de buscar um novo fornecedor e o fornecedor atual tem todo o dispêndio financeiro, tempo, imagem, etc., na desmobilização do contrato..

4.2.2. Principais Conceitos e Variáveis Relacionados

Parâmetros que meçam o desempenho do processo atual devem ser analisados. Se a responsabilidade por determinada atividade esta sendo transferida a uma empresa fornecedora, esta decisão deve ter sido tomada no plano estratégico. Buscar os detalhes para saber qual é o objetivo que o cliente busca com determinada ação e a forma atual pela qual o

sistema esta sendo avaliado trará uma contribuição significativa para compreensão do comportamento atual e as perspectivas de comportamento futuro.

O principal desafio tanto na gestão de serviços como na gestão de produção de bens é equilibrar a taxa da demanda com a taxa de produção, (SLACK et al, 2002; SOUSA, 2005), no caso de serviços seria a taxa de solicitação dos serviços com a taxa de execução das atividades, porém com algumas particularidades (CORRÊA & GIANESI, 1993):

- Produção unitária: os serviços dificilmente poderão ser executados em unidades maiores;
- Re-projeto de parte do sistema: para execução de um serviço é necessário que haja uma intervenção em um sistema ativo;
- Atividades não planejadas vão sempre concorrer com as atividades planejadas;
- Lead Time longo para as atividades não programadas;
- Pessoas são o principal recurso no processo de produção de serviços;
- A produção de serviços será na maioria das vezes *Make to Order*.

No processo produtivo em geral pode-se influenciar muito pouco na taxa de demanda, e para ter um controle da produção utilizamos os estoques como um regulador da demanda (SLACK et al, 1997). Na produção de serviços, apesar de podermos influenciar um pouco mais na taxa de solicitação de serviços mesmo assim isto não é suficiente, pois uma das características dos serviços é que eles não podem ser estocados sendo na sua grande maioria produzidos e consumidos simultaneamente (EVANS, 1997).

Outro fator que deve ser levado em consideração é que existe uma inércia entre a tomada da decisão e a implementação da ação. As decisões são tomadas no presente, entretanto, como os diversos níveis de decisão têm diversos níveis de inércia, é indispensável considerar os diferentes horizontes de tempo, para que cada decisão seja tomada com a antecedência que sua inércia requer.

A interligação de uma área de apoio com os processos de produção forma um sistema extremamente complexo, pois dentro do conceito de cliente interno todas as áreas de uma indústria tornan-se clientes das áreas de apoio.

Como o produto final de um serviço não pode ser todo ele estocado, a estocagem só é possível para partes do serviço (EVANS, 1997) e mesmo assim baseado em uma previsão de demanda os mesmos conceitos de produção são utilizados no planejamento para produção de um serviço.

4.2.3. Horizonte de Tempo

Várias empresas adotam um período de 12 meses como tempo de duração de um contrato. Muitas outras adotam 36 meses como sendo um período padrão para a duração e/ou renovação de um contrato. Neste trabalho adotamos como duração para os contratos o período de 36 meses, justamente por ser o período adotado na empresa do caso analisado. Analisaremos o comportamento do número de contratos desde 2000, planejando o comportamento do sistema para ano 2020.

4.2.4. Definição Dinâmica do Problema

O objetivo deste estudo é desenvolver um modelo de Dinâmica de Sistemas para analisar o comportamento dinâmico do processo de gestão simultânea de vários contratos de manutenção industrial e propor políticas de possam levar a uma renovação automática do contrato ao seu término. A aquisição de novos clientes é o processo mais difícil e caro para qualquer organização prestadora de serviços de manutenção industrial. Muitas vezes é necessário investir muitos recursos e muito tempo em um determinado cliente sem obter o retorno esperado. O mercado de manutenção industrial é muito promissor. A Abramam estima que exista um mercado em torno de 20 bilhões de Reais à disposição das empresas prestadoras de serviços de manutenção industrial (ABRAMAN, 2005).

A Figura 4.1 resume o comportamento de uma empresa, objeto deste estudo, que administra vários contratos de manutenção industrial. A partir de 2000 esta empresa teve um crescimento bastante expressivo da ordem de 40% a.a., porém no decorrer de 2004 o número de contratos em carteira começou a diminuir aparentemente sem um motivo específico. Observou-se que além de muitos contratos não estarem sendo renovados a entrada de novos contratos também teve uma queda significativa. A atividade não deixara de existir, por uma decisão do cliente baseada em 'n' motivos esta atividades passaram a ser executadas por outras empresas ou até pelo próprio cliente. A aderência, calculada em percentual, que considera o número de atividades executadas dividido pelo número de atividades planejadas para serem executadas, também apresenta uma queda significativa.

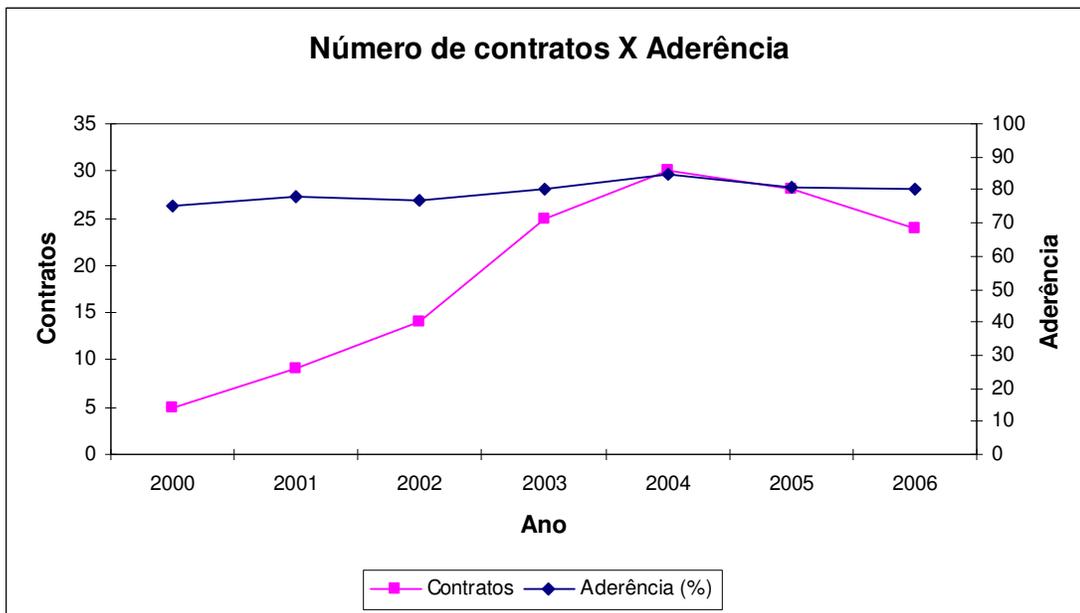


Figura 4.1: Definição do problema – Comportamento problemático de referência.

Fonte: O autor.

A Figura 4.2 mostra também a quantidade de mão-de-obra disponível nos contratos variou proporcionalmente acompanhando o número de contratos e a realização de trabalho extra com utilização da mesma mão-de-obra alocada em cada contrato teve uma queda acentuada.

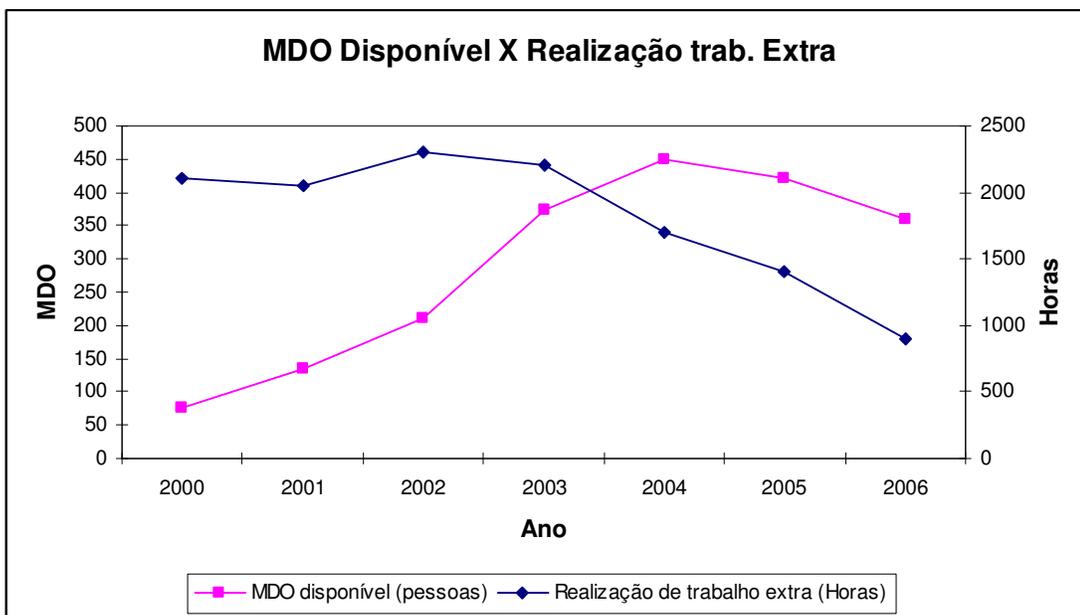


Figura 4.2: Definição do problema – Comportamento problemático de referência.

Fonte: O autor.

Porque contratos onde os gestores têm dedicação exclusiva e para solução de problemas mais complexos são apoiados por uma equipe de engenharia comum a todos, quando chegam ao final do período de vigência não conseguem a renovação? Praticamente toda a equipe é transferida para uma outra empresa onde provavelmente terão que atingir os mesmos objetivos, porém sob a orientação de um outro gestor e outra equipe de apoio.

Os transtornos são grandes para os dois lados: o cliente precisa investir tempo e recursos na busca de um novo fornecedor, o fornecedor tem todos os custos de desmobilização da sua estrutura e muitas vezes também tem sua imagem perante o mercado um pouco abalada.

Um ponto bastante interessante é que quando uma organização assume as atividades de outra, inicialmente as pessoas tem certa resistência em mudar sua maneira de desempenhar as mesmas atividades de maneira diferente. Ou seja, já dispõem de maneiras arraigadas, modelos mentais, de fazer as coisas e apesar de terem habilidade, talento e conhecimento para executar as atividades muitas vezes tem muita dificuldade para mudar a maneira de pensar e agir de acordo com uma nova filosofia de trabalho.

Na Figura 1.5, no capítulo 1, mostramos percepção de qualidade que os contratantes têm em relação aos serviços prestados pelos contratados, ou seja, como o mercado avalia os serviços prestados atualmente pelas empresas especialistas. A maioria dos clientes atribuiu o conceito “bom” aos serviços recebidos nota-se então que existe um grande *gap* a ser alcançado pelos prestadores de serviço para que venham a obter conceito “muito bom” e “Excelente”. Mesmo assim a figura 4.3 aponta que a existe uma tendência de manter ou até aumentar a contratação deste tipo de serviço nos próximos anos.

Ano	Tendência da Contratação de Serviços (%)		
	Aumentar	Manter Mesmo Nível	Diminuir
2005	42,37	45,77	11,86
2003	44,44	49,21	6,35
2001	51,77	41,14	7,09
1999	46,43	45,53	8,04
1997	64,10	28,21	7,69
1995	66,49	27,32	6,19

Figura 4.3: Tendência de contratação de serviços.

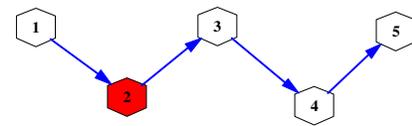
Fonte: Abramam (2005).

Será que é possível no decorrer da vida útil de um contrato de prestação de serviços captar evidências de que a relação cliente / fornecedor esta com sua estrutura comprometida e como tomar ações que possam minimizar futuros conflitos?

Será que é possível chegarmos a um nível de maturidade onde o prestador de serviços deixe de ser apenas o executor de determinadas tarefas e venha a ser um parceiro assumindo e dividindo o risco de algumas decisões?

Como resultado do modelo deve-se simular várias situações que permitam entender o processo e permitam alterações na estrutura do sistema que possam estar causando comportamento da perda de contratos.

Neste capítulo foi detalhado o problema a ser estudado, os principais conceitos e variáveis relacionados. No capítulo 5, será desenvolvida a hipótese dinâmica e o mapeamento através de diagramas de *loops causais* com seus estoques e fluxos.



Capítulo 5:

Hipótese dinâmica

Uma vez que o problema foi identificado o horizonte do tempo definido deve-se começar a desenvolver a hipótese dinâmica do modelo que irá evidenciar o problema e detalhar seu comportamento através das variáveis que fazem parte do sistema. Primeiramente iremos elaborar uma teoria inicial, a qual orientará o diagrama de *loops causais* que servirá de base para a o desenvolvimento dos diagramas de estoques e fluxos.

5.1. Geração de uma teoria inicial

Influenciados por uma tradição estabelecida pelos modelos de “administração científica” desenvolvidos no início do século passado, em grande parte devidos a Frederick Taylor e Henry Ford, os administradores ocidentais teriam tendido a dividir questões complicadas em questões mais simples e especializadas, sem, por outro lado desenvolver mecanismos apropriados de integração que mais tarde juntassem as partes de modo a permitir que se lidassem com o quadro geral (CORRÊA & GIANESI, 1993). Como consequência, cada área especialista cria processos e ações específicas que muitas vezes não convergem de forma rápida e eficaz com as demais áreas da organização. Cada área esta fornecendo um produto parcial, muitas vezes olhando somente para sua própria eficiência enquanto que para o cliente final interessa o produto como um todo, e não se a área X da empresa é mais eficiente que a área Y.

A globalização da economia trouxe novos desafios para a atividade industrial, tanto no aumento da competitividade como na questão ambiental, na qualidade dos produtos e até mesmo nas questões de responsabilidade social (SCRAMIM, 2004). Uma complexidade tão grande acabou trazendo um efeito contraditório de aumento da autonomia local. As soluções globais precisam de forte aplicação em cada mercado e exigem uma vasta gama de produtos com portfolios versáteis e que permitem adaptação fácil (SOUSA, 2004). Os processos industriais ficaram interligados no tempo e no espaço. Em cada fábrica foi criada uma multicadeia de fornecedores, às vezes até no mesmo território físico. A divisão de trabalho foi

acelerada e o sistema de terceirização teve grande impulso (FRITZSIMMONS & FRITZSIMMON, 2000).

Muitas vezes uma visão distorcida dos processos a utilização de indicadores de desempenho que não levam em conta as variáveis tecnológicas incorporadas ao processo fazem com que a integração entre os processos falhem e com isso toda a empresa perde competitividade.

Muitos contratos não conseguem a sua renovação após o período de vigência. Muitas são as tentativas para tentar explicar o motivo, porém após algumas observações podemos afirmar que muitos contratos visam o retorno financeiro como principal indicador a ser alcançado. A partir deste momento começamos a ter então dois objetivos distintos para uma mesma atividade: o fornecedor preocupa-se prioritariamente com a margem financeira do contrato, enquanto que o cliente espera que todos os recursos necessários sejam alocados para que ele tenha uma maior disponibilidade possível dos equipamentos necessários ao processo.

O gráfico da Figura 4.1 pode ser comparado com o gráfico da Figura 5.1 que representa um gráfico típico de volume de vendas versus tempo para um produto novo (EVANS, 1997). Esta curva mostra que após o produto ser lançado (introdução) no mercado as vendas crescem timidamente, logo após certo período as vendas sobem rapidamente (crescimento) chegando a um período de maturidade (maturidade). Quando a partir de certo momento as vendas começam a diminuir (declínio) supondo-se que outros competidores também disputam este mesmo nicho de mercado com outras estratégias, preços menores ou até produtos melhores por preços similares.

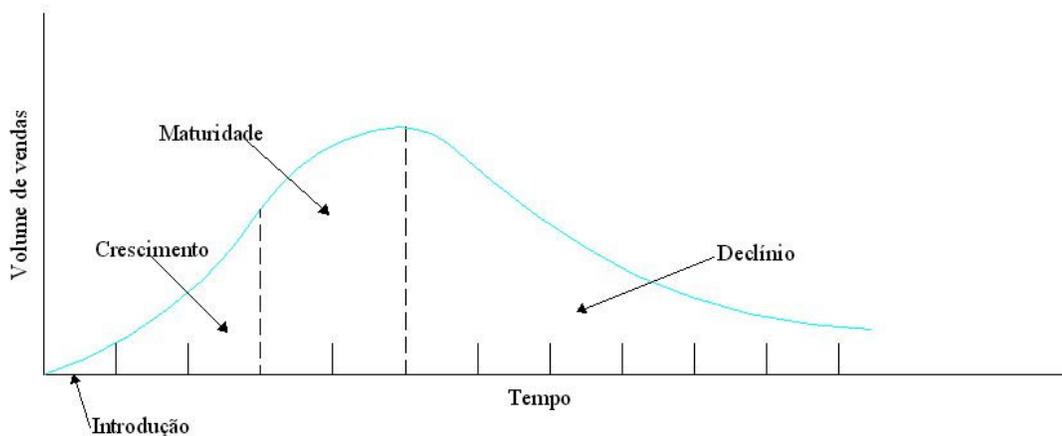


Figura 5.1: Curva do Ciclo de Vida de um produto.

Fonte: Adaptado de Evans (1997).

A partir desta analogia podemos concluir que talvez o produto “serviços” chegou ao seu ponto de maturidade e está começando a perder mercado? Ou, o sistema está entrando em declínio, porém tenderá a oscilar na busca de um objetivo, ou seja, buscará manter um número médio de contratos? Precisamos então analisar as possíveis causas e propor as ações necessárias a fim de que o sistema estudado no mínimo mantenha o volume atual de vendas ou aumente consequentemente aumentando seu *market share*.

Como possíveis explicações para o comportamento do sistema apresentado nas Figuras 4.1 e 4.2, podemos especular algumas explicações isoladas de forma a elaborar uma teoria inicial:

1. Pode estar ocorrendo uma possível retração do mercado;
2. Demora na contratação de mão-de-obra;
3. Treinamento insuficiente: devido a falta ou ineficiência de treinamento os técnicos demoram mais tempo para realizar determinadas atividades, comprometendo a produtividade;
4. Falta de foco em um segmento específico do mercado: com equipes de apoio técnico-administrativas especializadas em determinado segmento a solução ou otimização de determinado processo pode ocorrer de maneira mais eficiente. Um técnico com experiência em indústria automobilística pode ter uma produtividade maior realizando atividades em indústrias deste segmento, a sua alocação em outro segmento pode trazer redução de produtividade ou até mesmo vir a desmotivá-lo;
5. Ferramentas e equipamentos inadequados: muitas vezes devido ao alto custo do investimento inicial “mobilização do contrato” existe uma demora ou até a indisponibilidade de alguns equipamentos, devido ao fluxo de caixa baixo, deixa-se de contemplar alguns específicos, o que acaba deixando deficiente a execução de algumas atividades;
6. Pouco incentivo: geralmente a margem baixa, faz com que o prestador não tenha muito incentivos para melhoria dos processos;
7. Equipamentos antigos e com necessidade de muita intervenção; dentre outras.

Também uma significativa redução do número de horas extras pode ter um impacto significativo na aderência, devido a equipe já estar acostumada a realizar um grande número de horas extras. A realização de horas extras implica em um aumento de custos que deve ser assumido pelo contratado reduzindo assim a sua margem, porém devido a um mercado

altamente competitivo, e com o objetivo de aumentar a sua margem a realização de horas extras tem sido desaconselhada, ou realizada o mínimo possível, isso pode estar provocando uma desmotivação do pessoal operacional devido a realização de horas extras já ter sido aceita e incorporada como ganho extra, deste modo a aderência vem baixando, pois na nesta visão este é um dos meios para se forçar a realização de trabalho extra. Como consequência da baixa aderência a satisfação do cliente tende a ser baixa podendo resultar na não renovação do contrato e na perda de possíveis novos clientes, pois os contratos ativos servem de referência a outros clientes quando estes estão analisando a contratação de um fornecedor.

O caso estudado apresenta características de comportamento crescimento com *overshoot*, pois apresenta um crescimento exponencial, esta na fase do *overshoot* até que encontre a capacidade de carga do sistema, neste caso um “X” número de contratos, quando então deve apresentar uma oscilação para mais ou para menos em torno desse número.

5.2. Mapeamento

Essa compreensão inicial acerca da estrutura atual do sistema é apresentada a seguir através de diagramas de *loops causais* com seus estoques e fluxos. A Figura 5.2 destaca os seguintes *loops*:

R1: Retrabalho gera retrabalho: loop de reforço, onde quanto maior a carga de trabalho maior a carga de retrabalho; a idéia aqui é que a não ser que a qualidade do trabalho realizado seja 100%, sempre que um trabalho é realizado gera-se inevitavelmente certa porcentagem de retrabalho;

R2: Negócio gera negócio: *loop* de reforço, onde quanto maior a aderência entre carga programada e carga realizada maior será o número de contratos, quanto maior o número de contratos maior será o número de recursos, quanto maior o número de recursos maior o número da MDO, quanto maior a MDO maior a aderência entre carga e capacidade; e quanto maior a aderência entre carga e capacidade novamente maior a aderência entre carga programada e carga realizada;

R3: MDO extra consome recursos: *loop* de reforço, quanto maior aderência entre carga programada e carga realizada maior o número de contratos, quanto maior o número de contratos maior o número de recursos, quanto maior o número de recursos maior o número de treinamento, quanto maior o número de treinamento maior a qualidade da MDO, quanto maior a qualidade da MDO menor a carga de retrabalho, quanto maior a carga de retrabalho maior a carga de trabalho, quanto maior a carga de trabalho menor a aderência entre carga e

A partir de agora, os conceitos de estoques e fluxos também serão acrescentados ao mapa. Na figura 5.3 mapeamos o processo de entrada e saída dos contratos. O fluxo taxa de entrada de contratos (TXEC), regula a entrada de contratos acumulando no estoque de contratos com até um ano ou contratos renovados (CNR). O estoque CNR será modificado de duas formas: pela taxa de passagem 1 (TXP1) que irá controlar o fluxo de contratos que passam para a etapa seguinte e pela taxa de saída 1, que irá controlar a saída de contratos rescindidos enquanto estes estiverem neste estoque.

O estoque CNR acumula a diferença líquida entre TXEC, TXP1 e TXS1.

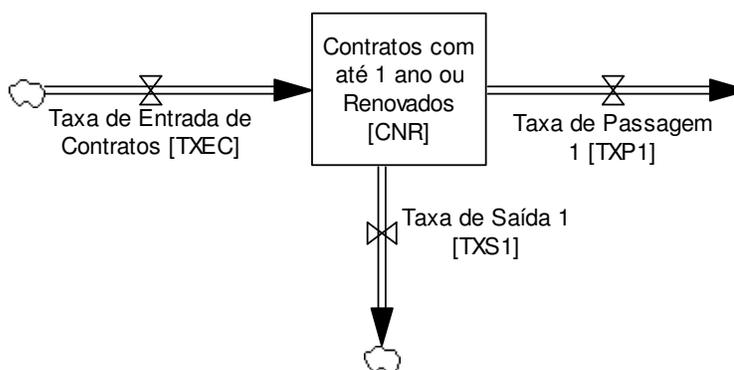


Figura 5.3: Fluxo 1 do mapeamento.

Fonte: O autor.

Na tabela 5.1 relacionamos as variáveis utilizadas nesta fase do modelo.

Variável	Sigla	Unidade de medida
Taxa de entrada de contratos	TXEC	Contratos/Ano
Contratos com até 1 ano ou Renovados	CNR	Contratos
Taxa de saída 1	TXS1	Contratos/Ano
Taxa de Passagem 1	TXP1	Contratos/Ano

Tabela 5.1: Variáveis utilizadas no mapeamento do fluxo 1.

Fonte: O autor.

Incorporamos a Figura 5.4 o estoque de contratos com mais de um ano de duração C12A, o fluxo taxa de Passagem 2 (TXP2) e taxa de saída 2 (TXS2). A taxa TXS2 e TXP2 regula a saída e a passagem dos contratos para a etapa seguinte do modelo, Figura 5.3.

O estoque C12A acumula a diferença líquida entre $TXP1 - TXP2 - TXS2$.

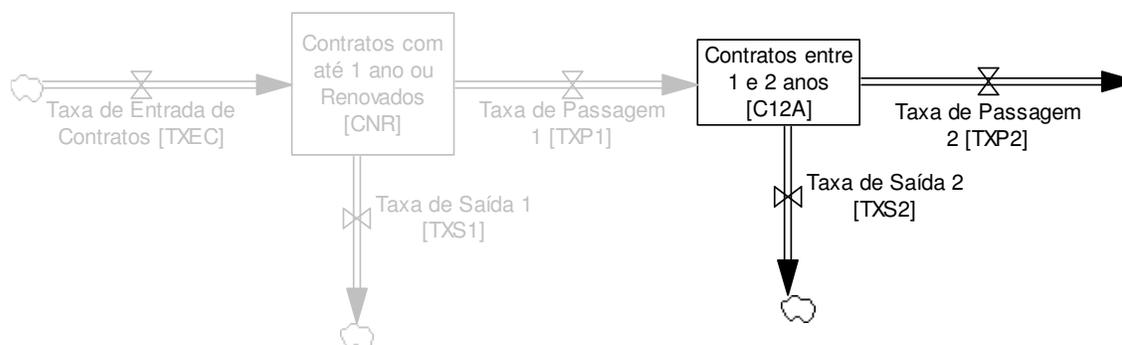


Figura 5.4: Fluxo 2 do mapeamento.

Fonte: O autor.

Na tabela 5.2 relacionamos as variáveis utilizadas no mapeamento do fluxo 2.

Variável	Sigla	Unidade de medida
Taxa de entrada de contratos	TXEC	Contratos/Ano
Contratos com até 1 ano ou Renovados	CNR	Contratos
Taxa de saída 1	TXS1	Contratos/Ano
Taxa de Passagem 1	TXP1	Contratos/Ano
Contratos entre 1 e 2 anos	C12A	Contratos
Taxa de Passagem 2	TXP2	Contratos/Ano
Taxa de Saída 2	TXS2	Contratos/Ano

Tabela 5.2: Variáveis utilizadas no mapeamento do fluxo 2.

Fonte: O autor.

Na figura 5.5 acrescentamos ao modelo o estoque de contratos com duração acima de dois anos (CM2A) e o fluxo taxa de saída 3.

O estoque CM2A acumula a diferença líquida entre $TXP2 - TXS3$.

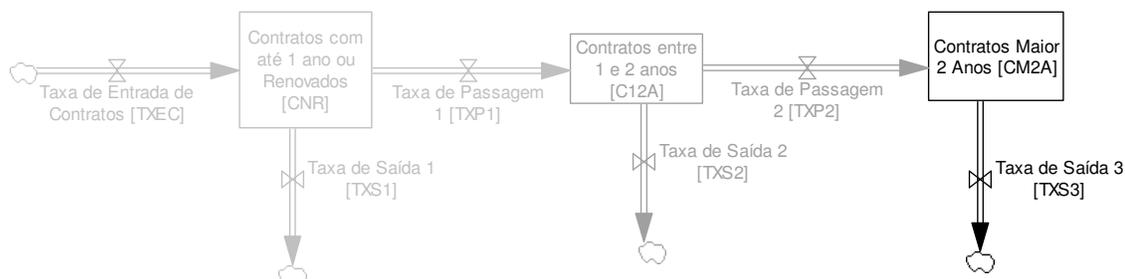


Figura 5.5: Fluxo 3 do mapeamento.

Fonte: O autor.

Na Tabela 5.3, relacionamos as variáveis utilizadas no mapeamento do fluxo 3.

Variável	Sigla	Unidade de medida
Taxa de entrada de contratos	TXEC	Contratos/Ano
Contratos com até 1 ano ou Renovados	CNR	Contratos
Taxa de saída 1	TXS1	Contratos/Ano
Taxa de Passagem 1	TXP1	Contratos/Ano
Contratos entre 1 e 2 anos	C12A	Contratos
Taxa de Passagem 2	TXP2	Contratos/Ano
Taxa de Saída 2	TXS2	Contratos/Ano
Contratos maior 2 Anos	CM2A	Contratos
Taxa de Saída 3	TXS3	Contratos/Ano

Tabela 5.3: Variáveis utilizadas no mapeamento do fluxo 3.

Fonte: O autor.

Na figura 5.6 a variável fração de passagem 1 (FP1) regula a taxa TXP1 que possibilita a passagem de contratos com mais de um ano para o estoque que acumula contratos com mais de um ano e menores que dois anos, regula a TXS1, efetuando a saída de contratos que podem ser rescindidos antes de completarem um ano. Na medida em que FP1 aumenta ou diminui TXP1 e TXS1 também aumenta ou diminui. Já a fração de passagem 2 (FP2) regula a taxa de TXP2 possibilitando a passagem de contratos com dois anos completos para o estoque seguinte. Influência também na TXS2 fazendo com que os contratos que venham a ser rescindidos no seu segundo ano de duração possam sair do sistema através deste fluxo, na relação de causalidade, na medida em que FP2 aumenta ou diminui TXP2 e TXS2

aumenta ou diminui. A fração de passagem 3 (FP3) regula a taxa TXS3 com a função de controlar a saída de contratos com mais de dois anos no sistema, regula também a taxa de renovação de contratos, na medida que FP3 aumenta ou diminui TXS3 e TXR aumenta ou diminui.

A taxa de passagem entre os estoques também será afetada pelo tempo necessário para passar de um estoque para outro, ou seja, uma fração de contratos passará de um estoque para outro a uma determinada taxa de passagem levando um determinado tempo. Também o fluxo TXEC será afetado pela taxa de entrada histórica média de novos contratos.

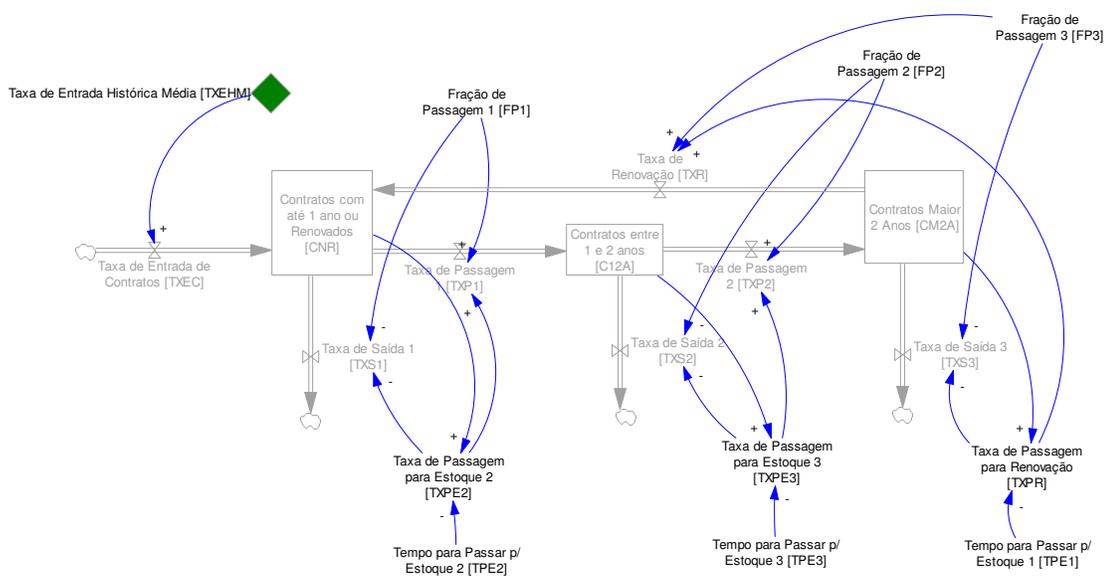


Figura 5.6: Fluxo 4 do mapeamento.

Fonte: O autor.

Suposição 01: A entrada média de novos contratos esta distribuído linearmente ao longo do ano.

Na tabela 5.4 relacionamos as variáveis utilizadas no mapeamento do fluxo 4.

Variável	Sigla	Unidade de medida
Taxa de entrada de contratos	TXEC	Contratos/Ano
Contratos com até 1 ano ou Renovados	CNR	Contratos
Taxa de saída 1	TXS1	Contratos/Ano
Taxa de Passagem 1	TXP1	Contratos/Ano

Contratos entre 1 e 2 anos	C12A	Contratos
Taxa de Passagem 2	TXP2	Contratos/Ano
Taxa de Saída 2	TXS2	Contratos/Ano
Contratos maior 2 Anos	CM2A	Contratos
Taxa de Saída 3	TXS3	Contratos/Ano
Fração de Passagem 1	FP1	Contratos/Ano
Fração de Passagem 2	FP2	Contratos/Ano
Fração de passagem 3	FP3	Contratos/Ano
Taxa de Passagem para Estoque 2	TXPE2	Contratos/Ano
Taxa de Passagem para Estoque 3	TXPE3	Contratos/Ano
Taxa de Passagem para Renovação	TXPR	Contratos/Ano
Tempo de Passagem p/ Estoque 2	TPE2	Ano
Tempo de Passagem p/ Estoque 3	TPE3	Ano
Tempo de Passagem p/ estoque 1	TPE1	Ano

Tabela 5.4: Variáveis utilizadas no mapeamento do fluxo 4.

Fonte: O autor.

Na figura 5.7 mapeamos o processo de geração de trabalho. O fluxo que controla a taxa de trabalho a ser realizada (TXTAR) acumula trabalho no estoque (TP) e o fluxo taxa de trabalho realizado (TXTR) regula a entrada no estoque trabalho total realizado (TTR).

O estoque TP acumula a diferença líquida entre TXTAR e TXTR, e o estoque TTR acumula a taxa TXRT.

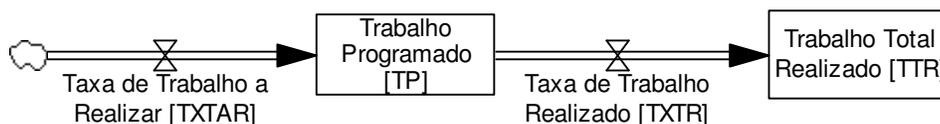


Figura 5.7: Fluxo 5 do mapeamento.

Fonte: O autor.

Na Tabela 5.5, apresentamos as variáveis utilizadas no mapeamento do fluxo 5.

Variável	Sigla	Unidade de medida
Taxa de Trabalho a Realizar	TX TAR	Horas/Ano
Trabalho Programado	TP	Horas
Taxa de Trabalho Realizado	TX TR	Horas/Ano
Trabalho Total Realizado	TTR	Horas

Tabela 5.5: Variáveis utilizadas no mapeamento do fluxo 5.

Fonte: O autor.

A quantidade de trabalho programado é afetado pelo *loop* de reforço R1, Figura 5.8, quanto maior a taxa de trabalho maior será a taxa de retrabalho e, quanto maior a taxa de retrabalho maior a taxa de trabalho a realizar. A TX TAR acumula o trabalho total a realizar no estoque TTPP, enquanto que o trabalho total realizado será acumulado no estoque TTRP.

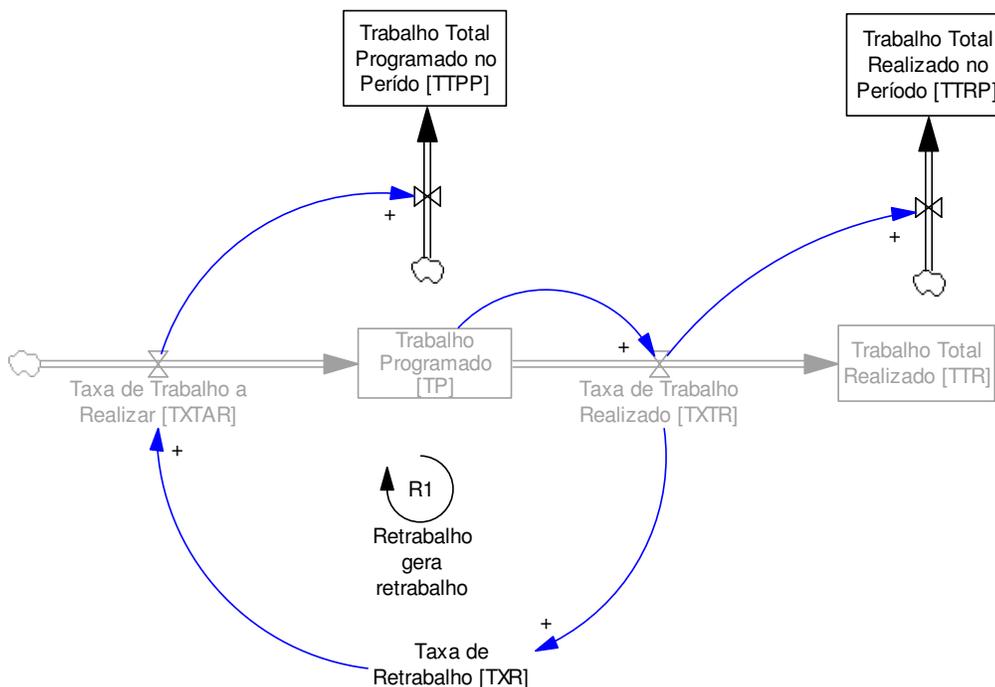


Figura 5.8: Fluxo 6 do mapeamento.

Fonte: O autor.

A tabela 5.6 mostra as variáveis utilizadas no mapeamento do fluxo 6

Variável	Sigla	Unidade de medida
Taxa de Trabalho a Realizar	TX TAR	Horas/Ano
Trabalho Programado	TP	Horas
Taxa de Trabalho Realizado	TX TR	Horas/Ano
Trabalho Total Realizado	TTR	Horas
Trabalho total programado no período	TTPP	Horas
Trabalho total realizado no período	TTRP	Horas
Taxa de retrabalho	TXR	Horas/Ano

Tabela 5.6: Variáveis utilizadas no mapeamento do fluxo 6.

Fonte: O autor.

Na figura 5.9 mapeamos o processo de recursos financeiros. O fluxo receita de Contratos (TXRC) regula a entrada de receitas que será acumulado no estoque Linha de Suprimento de recursos (LSR), já o fluxo disponibilização dos recursos (TXDR) acumula os recursos no estoque caixa (CX) e o fluxo despesas de contratos (TXDC) retira recursos do estoque caixa.

O estoque LSR acumula a diferença líquida entre TXRC e TXDR e o estoque CX acumula a diferença líquida entre TXDR e TXDC.



Figura 5.9: Fluxo 7 do mapeamento.

Fonte: O autor.

A tabela 5.7 mostra as variáveis utilizadas no mapeamento do fluxo 7.

Variável	Sigla	Unidade de medida
Receitas de Contratos	TXRC	R\$/Ano
Linha de Suprimento de recursos	LSR	R\$
Caixa	CX	R\$
Despesas de Contratos	TXDC	R\$/Ano

Tabela 5.7: Variáveis utilizadas no mapeamento do fluxo 7.

Fonte: O autor.

O fluxo TXRC é afetado pela receita média por pessoa no ano (RMPA) que é afetado pela margem de contribuição e pelo custo médio por pessoa no ano, quanto maior a RMPA maior será o fluxo TXRC, Figura 5.10.

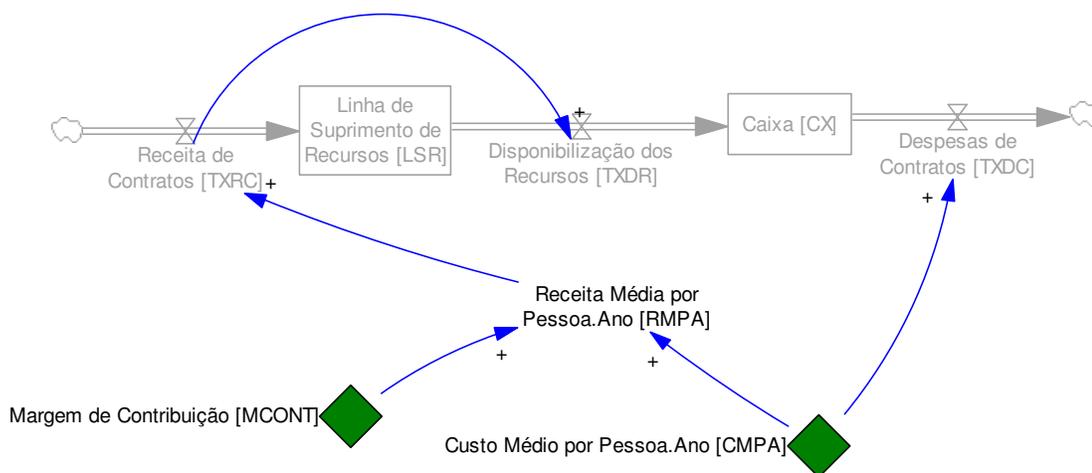


Figura 5.10: Fluxo 8 do mapeamento.

Fonte: O autor.

Na tabela 5.8 apresentamos as variáveis utilizadas no mapeamento do fluxo 8

Variável	Sigla	Unidade de medida
Receitas de Contratos	TXRC	R\$/Ano
Linha de Suprimento de recursos	LSR	R\$
Caixa	CX	R\$
Despesas de Contratos	TXDC	R\$/Ano
Receita média por pessoa ano	RMPA	R\$/(Ano*Pessoas)
Margem de contribuição	MCONT	Dmnl ³
Custo médio por pessoa ano	CMPA	R\$/(Pessoas*Ano)

Tabela 5.8: Variáveis utilizadas no mapeamento do fluxo 8.

Fonte: O autor.

Na figura 5.11 mapeamos o processo de alocação de mão-de-obra extra. O fluxo alocação de mão-de-obra extra (TXME) alimenta o estoque que acumula a quantidade de mão-de-obra extra disponível para locação (MEA) juntamente com o fluxo TXLME que controla a saída (libera) da mão-de-obra extra que estava alocada. O estoque MEA acumula a diferença líquida entre TXAME e TXLME.

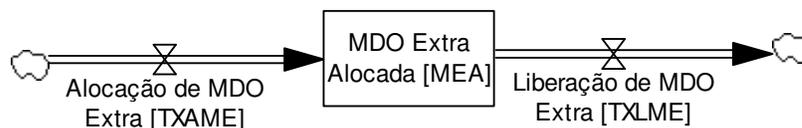


Figura 5.11: Fluxo 9 do mapeamento.

Fonte: O autor.

³ Dimensionless. Sem unidade de medida definida. Fonte: Manual de programação do software Vensim.

A Tabela 5.9 apresenta as variáveis utilizadas no mapeamento do fluxo 9.

Variável	Sigla	Unidade de medida
Alocação de MDO extra	TXAME	Pessoas/Ano
MDO extra alocada	MEA	Pessoas
Liberação de MDO extra	TXLME	Pessoas/Ano

Tabela 5.9: Variáveis utilizadas no mapeamento do fluxo 9.

Fonte: O autor.

O fluxo TXAME será impactado pela existência ou não da necessidade de mão-de-obra extra (NME), pela mão-de-obra extra disponível (MED), pela quantidade máxima de trabalho extra que pode ser alocada (QMTEPA), pelo nível mínimo de aderência desejado (NMAD) e pelo time *step* do modelo. O fluxo que libera a mão-de-obra extra alocada também será afetado pelo time *step* e NMAD, Figura 5.12.

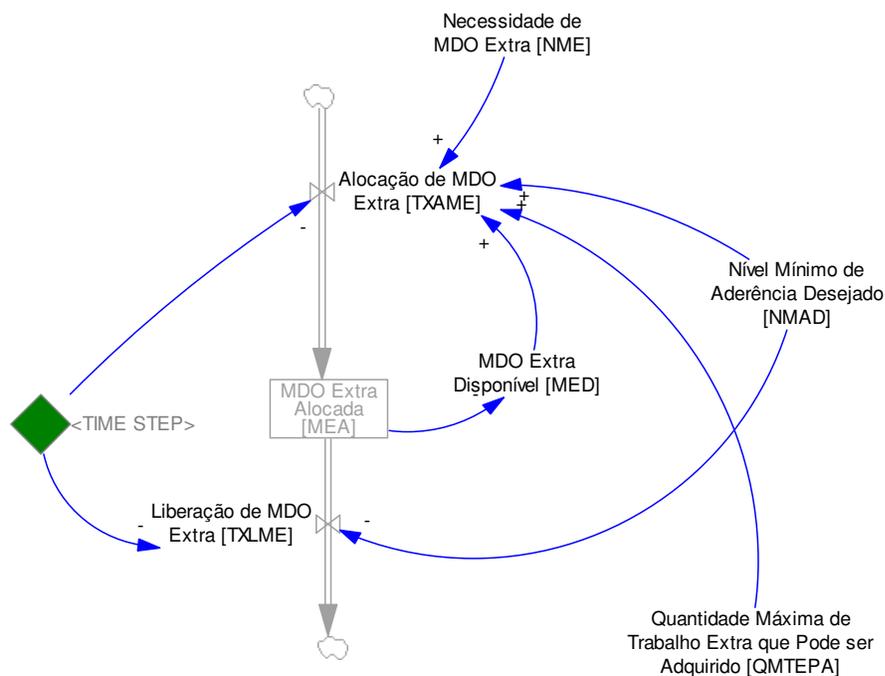


Figura 5.12: Fluxo 10 do mapeamento.

Fonte: O autor.

Na Tabela 5.10 apresentamos as variáveis utilizadas no mapeamento do fluxo 10.

Variável	Sigla	Unidade de medida
Alocação de MDO extra	TXAME	Pessoas/Ano
MDO extra alocada	MEA	Pessoas
Liberação de MDO extra	TXLME	Pessoas/Ano
Quantidade máxima de trabalho extra que pode ser adquirido	QMTEPA	Pessoas
Nível mínimo de aderência desejado	NMAD	Dmnl
MDO extra disponível	MED	Pessoas
Alocação de MDO extra	TXAME	Pessoas/Ano
Necessidade de MDO extra	NME	Pessoas

Tabela 5.10: Variáveis utilizadas no mapeamento do fluxo 10.

Fonte: O autor.

Na Figura 5.13, vemos o estoque MEA impactando na capacidade de trabalho extra alocada (CTEA), quanto maior a MEA menor será a CTEA e maior também a TXLME. A capacidade individual de trabalho extra no ano afeta a CTEA e NME, já o período de planejamento da mão-de-obra extra (PPME) afeta a QMTEPA e NME.

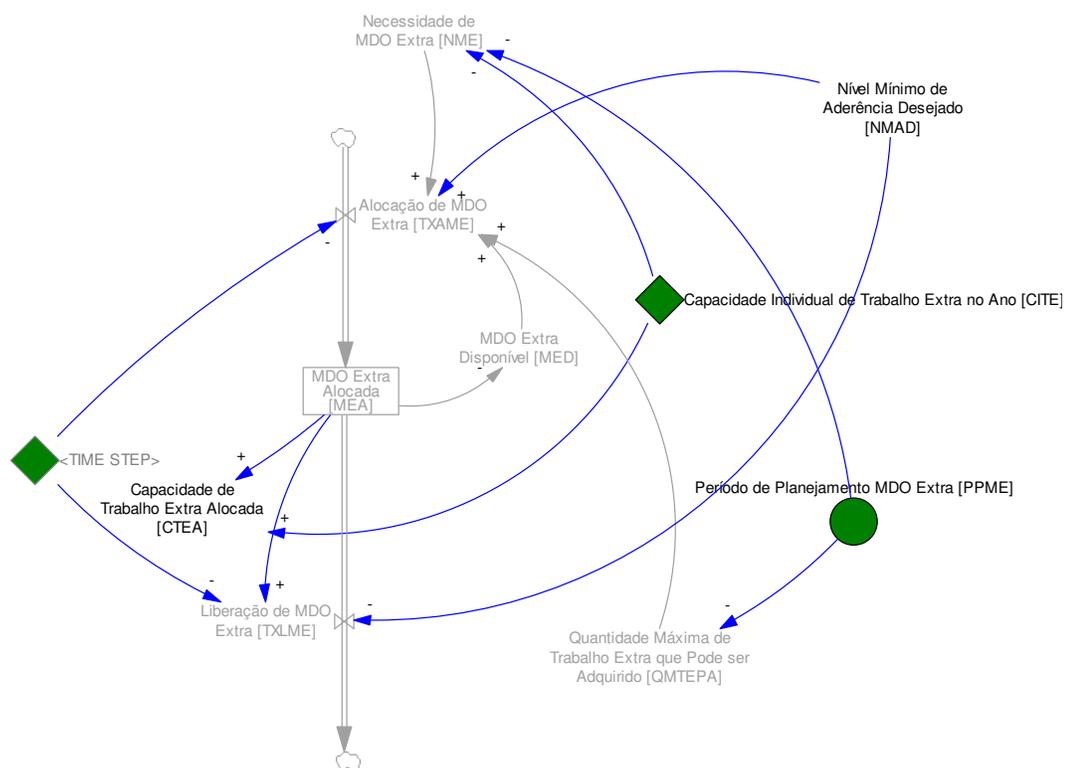


Figura 5.13: Fluxo 11 do mapeamento.

Fonte: O autor.

A Tabela 5.11 apresenta as variáveis utilizadas no mapeamento do fluxo 11.

Variável	Sigla	Unidade de medida
Alocação de MDO extra	TXAME	Pessoas/Ano
MDO extra alocada	MEA	Pessoas
Liberação de MDO extra	TXLME	Pessoas/Ano
Quantidade máxima de trabalho extra que pode ser adquirido	QMTEPA	Pessoas
Nível mínimo de aderência desejado	NMAD	Dmnl
MDO extra disponível	MED	Pessoas
Alocação de MDO extra	TXAME	Pessoas/Ano
Necessidade de MDO extra	NME	Pessoas

Capacidade de trabalho extra alocada	CTEA	Horas/Ano
Período de planejamento MDO extra	PPME	Ano
Capacidade individual de trabalho extra no ano	CITE	Horas/(Ano*Pessoas)

Tabela 5.11: Variáveis utilizadas no mapeamento do fluxo 11.

Fonte: O autor.

A Figura 5.14, mostra o mapeamento do processo de contratação e treinamento, através da taxa de contratação (TXC) que acumula a mão-de-obra contratada no estoque MDO contratada (MC). Na medida em que as pessoas vão chegando através do fluxo taxa de chegada de pessoas contratadas (TXCPC), elas precisam de um período de treinamento antes de começarem a gerar trabalho, a contratação propriamente dita não é instantânea, existe um atraso entre a solicitação para contratação e a chegada efetiva das pessoas contratadas.

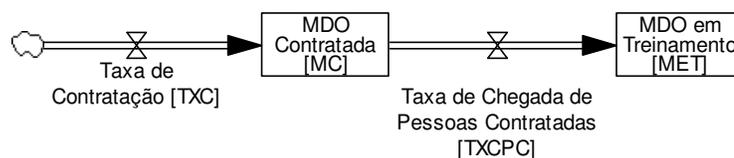


Figura 5.14: Fluxo 12 do mapeamento.

Fonte: O autor.

A Tabela 5.12 mostra as variáveis utilizadas no mapeamento do fluxo 12.

Variável	Sigla	Unidade de medida
Taxa de contratação	TXC	Pessoas/Ano
MDO contratada	MC	Pessoas
Taxa de chegada de pessoas contratadas	TXCPC	Pessoas/Ano
MDO em treinamento	MET	Pessoas

Tabela 5.12: Variáveis utilizadas no mapeamento do fluxo 12.

Fonte: O autor.

O treinamento será definido pela taxa de treinamento (TXT), para que então as pessoas possam realizar trabalho tendo realizado o treinamento planejado. Pode acontecer que as pessoas possam sair do sistema por decisão própria representado pelo fluxo taxa de saída de pessoas (TXP) ou pela necessidade do sistema de diminuir o número de pessoas, fluxo de saída de pessoas treinadas (TXSPT), Figura 5.15.

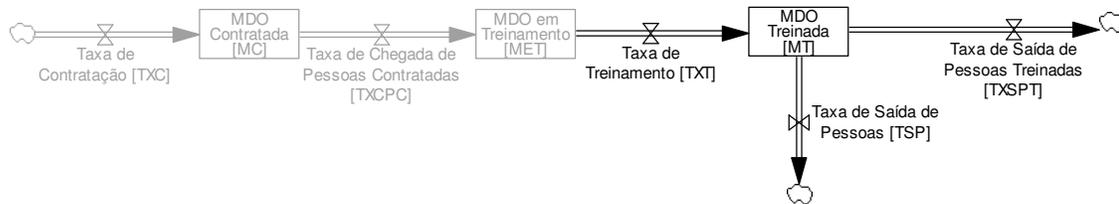


Figura 5.15: Fluxo 13 do mapeamento.

Fonte: O autor.

Na Tabela 5.13 temos as variáveis utilizadas no mapeamento do fluxo 13.

Variável	Sigla	Unidade de medida
Taxa de contratação	TXC	Pessoas/Ano
MDO contratada	MC	Pessoas
Taxa de chegada de pessoas contratadas	TXCPC	Pessoas/Ano
MDO em treinamento	MET	Pessoas
Taxa de treinamento	TXT	Pessoas/Ano
MDO treinada	MT	Pessoas
Taxa de saída de pessoas treinadas	TXSPT	Pessoas/Ano
Taxa de saída de pessoas	TSP	Pessoas/Ano

Tabela 5.13: Variáveis utilizadas no mapeamento do fluxo 13.

Fonte: O autor.

Na Figura 5.16, temos o *loop* de balanço (B2), que ajusta a capacidade produtiva, este *loop* verifica a mão-de-obra disponível (MD) através da soma dos estoques MET e MT, compara com a mão-de-obra necessária (MN), resultando então a mão-de-obra discrepante (MDIS) que servirá de input para o fluxo TXC.

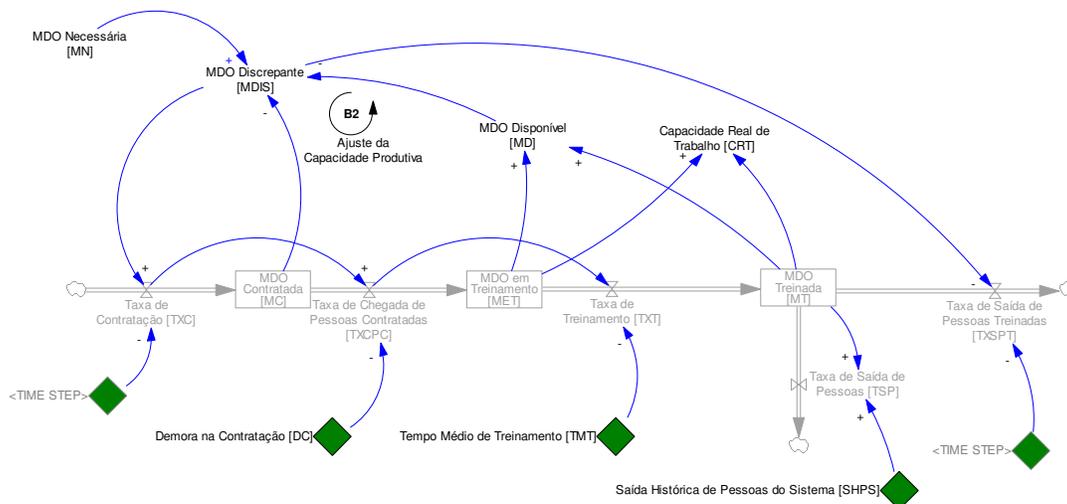


Figura 5.16: Fluxo 14 do mapeamento.

Fonte: O autor.

A Tabela 5.14 mostra as variáveis utilizadas no mapeamento do fluxo 14.

Variável	Sigla	Unidade de medida
Taxa de contratação	TXC	Pessoas/Ano
MDO contratada	MC	Pessoas
Taxa de chegada de pessoas contratadas	TXCPC	Pessoas/Ano
MDO em treinamento	MET	Pessoas
Taxa de treinamento	TXT	Pessoas/Ano
MDO treinada	MT	Pessoas
Taxa de saída de pessoas treinadas	TXSPT	Pessoas/Ano
Taxa de saída de pessoas	TSP	Pessoas/Ano
Demora na contratação	DC	Ano
Tempo médio de treinamento	TMT	Ano
Saída histórica de pessoas do sistema	SHPS	1/Ano
Capacidade real de trabalho	CRT	Horas/Ano
MDO disponível	MD	Pessoas
MDO discrepante	MDIS	Pessoas
MDO necessária	MN	Pessoas
Time step		Ano

Tabela 5.14: Variáveis utilizadas no mapeamento do fluxo 14.

Fonte: O autor.

Para uma melhor visualização desta figura consulte o anexo A.

Suposição 02: quanto maior a aderência a programação menor é a MDO extra alocada.

A Tabela 5.15 apresenta as variáveis utilizadas no mapeamento do fluxo 15.

Variável	Sigla	Unidade de medida
Taxa de contratação	TXC	Pessoas/Ano
MDO contratada	MC	Pessoas
Taxa de chegada de pessoas contratadas	TXCPC	Pessoas/Ano
MDO em treinamento	MET	Pessoas
Taxa de treinamento	TXT	Pessoas/Ano
MDO treinada	MT	Pessoas
Taxa de saída de pessoas treinadas	TXSPT	Pessoas/Ano
Taxa de saída de pessoas	TSP	Pessoas/Ano
Demora na contratação	DC	Ano
Tempo médio de treinamento	TMT	Ano
Saída histórica de pessoas do sistema	SHPS	1/Ano
Capacidade real de trabalho	CRT	Horas/Ano
MDO disponível	MD	Pessoas
MDO discrepante	MDIS	Pessoas
MDO necessária	MN	Pessoas
Time step		Ano
Taxa de entrada de contratos	TXEC	contratos/Ano
Contratos com até 1 ano ou Renovados	CNR	contratos
Taxa de saída 1	TXS1	contratos/Ano
Taxa de Passagem 1	TXP1	contratos/Ano
Contratos entre 1 e 2 anos	C12A	contratos

Taxa de Passagem 2	TXP2	contratos/Ano
Taxa de Saída 2	TXS2	contratos/Ano
Contratos maior 2 Anos	CM2A	contratos
Taxa de Saída 3	TXS3	contratos/Ano
Fração de Passagem 1	FP1	Dmnl
Fração de Passagem 2	FP2	Dmnl
Fração de passagem 3	FP3	Dmnl
Taxa de Passagem para Estoque 2	TXPE2	contratos/Ano
Taxa de Passagem para Estoque 3	TXPE3	contratos/Ano
Taxa de Passagem para Renovação	TXPR	contratos/Ano
Tempo de Passagem p/ Estoque 2	TPE2	Ano
Tempo de Passagem p/ Estoque 3	TPE3	Ano
Tempo de Passagem p/ estoque 1	TPE1	Ano
Taxa de Trabalho a Realizar	TX TAR	Horas/Ano
Trabalho Programado	TP	Horas
Taxa de Trabalho Realizado	TXTR	Horas/Ano
Trabalho Total Realizado	TTR	Horas
Trabalho total programado no período	TTPP	Horas
Trabalho total realizado no período	TTRP	Horas
Taxa de retrabalho	TXR	Horas/Ano
Receitas de Contratos	TXRC	R\$/Ano
Linha de Suprimento de recursos	LSR	R\$
Caixa	CX	R\$
Despesas de Contratos	TXDC	R\$/Ano
Receita média por pessoa ano	RMPA	R\$/(Ano*Pessoas)
Margem de contribuição	MCONT	Dmnl
Custo médio por pessoa ano	CMPA	R\$/(Pessoas*Ano)
Alocação de MDO extra	TXAME	Pessoas/Ano
MDO extra alocada	(MEA	Pessoas
Liberação de MDO extra	TXLME	Pessoas/Ano
Quantidade máxima de trabalho extra que pode ser adquirido	QMTEPA	Pessoas

Nível mínimo de aderência desejado	NMAD	Dmnl
MDO extra disponível	MED	Pessoas
Alocação de MDO extra	TXAME	Pessoas
Necessidade de MDO extra	NME	Pessoas
Capacidade de trabalho extra alocada	CTEA	Horas/Ano
Período de planejamento MDO extra	PPME	Ano
Capacidade individual de trabalho extra no ano	CITE	Horas/(Ano*Pessoas)
Taxa de contratação	TXC	Pessoas/Ano
MDO contratada	MC	Pessoas
Taxa de chegada de pessoas contratadas	TXCPC	Pessoas/Ano
MDO em treinamento	MET	Pessoas
Taxa de treinamento	TXT	Pessoas/Ano
MDO treinada	MT	Pessoas
Taxa de saída de pessoas treinadas	TXSPT	Pessoas/Ano
Taxa de saída de pessoas	TSP	Pessoas/Ano
Demora na contratação	DC	Ano
Tempo médio de treinamento	TMT	Ano
Saída histórica de pessoas do sistema	SHPS	l/Ano
Time step		Ano
Capacidade real de trabalho	CRT	Horas/Ano
MDO disponível	MD	Pessoas
MDO discrepante	MDIS	Pessoas
MDO necessária	MN	Pessoas
Aderência a programação	AD	Dmnl
Trabalho a ser realizado para atingir nível mínimo de aderência	TSRMA	Horas
Capacidade de trabalho de pessoas em treinamento	CTPT	Dmnl

Tabela 5.14: Variáveis utilizadas no mapeamento do fluxo 15.

Fonte: O autor.

5.3. Suposições Simplificadoras

A seguir, iniciamos com a apresentação da Tabela 5.16 com as dados captados do sistema em estudo, seguido dos fluxos e estoques utilizados na formulação da hipótese.

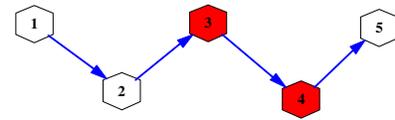
Suposições	Descrição
Suposição 01	A entrada média de novos contratos esta distribuído uniformemente ao ano.
Suposição 02	quanto maior a aderência a programação menor é a MDO extra alocada.
Suposição 03	O valor da aderência a programação esperado é 0,85, podendo variar entre 0 e 1. Para aderência a programação = 0,85 a taxa de entrada de contratos será multiplicada por 1, variando proporcionalmente. Então, AD pode variar entre 0 e 1 e TXEC pode variar de 0 a 1,2 proporcionalmente.

Tabela 5.16: Suposições assumidas no modelo.

Fonte: O autor.

Este capítulo apresentou em detalhes o problema, apresentando o mapeamento das relações causais com estoques e fluxos e também as tabelas relacionando as variáveis utilizadas no desenvolvimento da hipótese dinâmica.

No capítulo 6 serão apresentado as equações necessárias para construção do modelo, estimativa dos parâmetros iniciais e os testes necessários.



Capítulo 6:

Formulação e teste do modelo de simulação

Neste capítulo serão apresentadas as equações necessárias para construção do modelo. Para modelar o sistema utilizamos o *Software* denominado Vensim, obtido gratuitamente para fins acadêmicos através do seguinte endereço eletrônico: www.vensim.com. Vensim PLE é o software inteiramente funcional da dinâmica do sistema que está **livre** para o uso pessoal e educacional.

6.1. Especificação da estrutura e regras de decisão

Os diagramas de *loops causais* apresentados no capítulo 5 possibilitaram a extração das seguintes equações:

$$AD(t) = \begin{cases} \text{IF } TTPP(t) = 0 \\ \quad \text{THEN } TTRP(t)/TTPP(t) \\ \quad \text{ELSE } 0 \end{cases} \quad (6.1)$$

$$TXAME(t) = \begin{cases} \text{MAX}(0, \text{IF } AD(t) < NMAD(t) \\ \quad \text{THEN IF } NME(t) \leq MED(t) \text{ :AND: } NME(t) \leq QMTEPA(t) \\ \quad \quad \text{THEN } NME(t) / \text{TIME STEP} \\ \quad \text{ELSE IF } NME(t) \leq QMTEPA(t) \text{ :AND: } NME(t) > MED(t) \\ \quad \quad \text{THEN } MED(t) / \text{TIME STEP} \\ \quad \text{ELSE IF } NME(t) > QMTEPA(t) \text{ :AND: } NME(t) \leq MED(t) \\ \quad \quad \text{THEN } QMTEPA(t) / \text{TIME STEP} \\ \quad \text{ELSE IF } QMTEPA(t) > 0 \\ \quad \quad \text{THEN IF } QMTEPA(t) \leq MED(t) \\ \quad \quad \quad \text{THEN } QMTEPA(t) / \text{TIME STEP} \\ \quad \quad \quad \text{ELSE } MED(t) / \text{TIME STEP} \\ \quad \quad \text{ELSE } 0 \\ \quad \text{ELSE } 0 \end{cases} \quad (6.2)$$

$$CX(t) = \left[\int_{t_0}^t (TXDR(t) - TXDC(t)) dt \right] + TXDR(t_0) \quad (6.3)$$

$$CTEA(t) = MEA(t) * CITE(t) \quad (6.4)$$

$$CITA(t) = \mathbf{IF} \ MT(t) = 0 \quad (6.5)$$

$$\quad \mathbf{THEN} \ CITHA(t)$$

$$\quad \mathbf{ELSE} \ CITHA(t) * (100 - 0.1 * (MEA(t) / MT(t))) / 100$$

$$CRT(t) = MT(t) + MET(t) * CTPT(t) * CITA(t) \quad (6.6)$$

$$CNR(t) = \left[\int_{t_0}^t (TXEC(t) + TXR(t)) dt \right] - TXP1(t) - TXS1(t) + TXR(t) \quad (6.7)$$

$$C12A(t) = \left[\int_{t_0}^t (TXP1(t) - TXP2(t)) dt \right] - TXS2(t) \quad (6.8)$$

$$CM2A(t) = \left[\int_{t_0}^t (TXP2(t) - TXR(t)) dt \right] - TXS3(t) \quad (6.9)$$

$$TXDC(t) = (CMPA(t) * MD(t)) + MEA(t) * CMPA(t) \quad (6.10)$$

$$FP1(t) = AD(t) \quad (6.11)$$

$$FP2(t) = AD(t) \quad (6.12)$$

$$FP3(t) = AD(t) \quad (6.13)$$

$$TXLME(t) = \mathbf{IF} \ AD(t) \geq NMAD(t) \quad (6.14)$$

$$\quad \mathbf{THEN} \ , \ (MAX(0, MEA(t)) / \text{TIME STEP}),$$

$$\quad \mathbf{ELSE} \ 0$$

$$LSR(t) = \left[\int_{t_0}^t TXRC(t) - TXDR(t) dt \right] \quad (6.15)$$

$$MC(t) = \left[\int_{t_0}^t (TXC(t) - TXCPC(t)) dt \right] \quad (6.16)$$

$$MDIS(t) = MN(t) - MD(t) - MC(t) \quad (6.17)$$

$$MD(t) = MET(t) + MT(t) \quad (6.18)$$

$$MET(t) = \left[\int_{t_0}^t (TXCPC(t) - TXT(t)) dt \right] \quad (6.19)$$

$$MEA(t) = \left[\int_{t_0}^t TXAME(t) - TXLME(t) dt \right] \quad (6.20)$$

$$MED(t) = MT(t) - MEA(t) \quad (6.21)$$

$$MN(t) = \text{MAX}(0, (TC(t) * FMTRCA(t)) / CITA(t)) \quad (6.22)$$

$$MT(t) = \left[\int_{t_0}^t TXT(t) - TSP(t) dt \right] - TXSPT(t) \quad (6.23)$$

$$NME(t) = \text{MAX}(0, TSRMA(t) / CITE(t)) * PPME(t) \quad (6.24)$$

$$NMAD(t) = AEM(t) * ANAD(t) \quad (6.25)$$

$$QT(t) = \text{IF } (MET(t) + MT(t) = 0) \\ \text{THEN } 1 \\ \text{ELSE } (MT(t) / (MT(t) + MET(t))) \quad (6.26)$$

$$QMTEPA(t) = \text{IF } CX(t) \leq 0 \\ \text{THEN } 0 \\ \text{ELSE } (CX(t) / (CMPA(t) * PPME(t))) \quad (6.27)$$

$$TXRC(t) = RMPA(t) * MN(t) \quad (6.28)$$

$$RMPA(t) = CMPA(t) * (1 + MCONT(t)) \quad (6.29)$$

$$SA(t) = \left[\int_{t_0}^t TCG(t) dt \right] \quad (6.30)$$

$$TXCPC(t) = \text{DELAY FIXED}(TXC(t), DC(t)) \quad (6.31)$$

$$TXC(t) = \text{IF } MDIS(t) > 0 \\ \text{THEN } MDIS(t) / \text{TIME STEP} \\ \text{ELSE } 0 \quad (6.32)$$

$$TXEC(t) = TXEHM(t) * \text{IF } AD(t) = AEM(t) \\ \text{THEN } 1 \\ \text{ELSE IF } AD(t) > AEM(t) \\ \text{THEN } (0.3 * (AD(t) - 0.255 / 0.15)) + 1, \\ \text{ELSE } AD(t) / 0.85 \quad (6.33)$$

$$TXP1(t) = TXPE2(t) * FP1(t) \quad (6.34)$$

$$TXP2(t) = TXPE3(t) * FP2(t) \quad (6.35)$$

$$\text{TXPE2}(t) = \text{CNR}(t) / \text{TPE2}(t) \quad (6.36)$$

$$\text{TXPE3}(t) = \text{C12A}(t) / \text{TPE3}(t) \quad (6.37)$$

$$\text{TXPR}(t) = \text{CM2A}(t) / \text{TPE1}(t) \quad (6.38)$$

$$\text{TXRN}(t) = \text{TXPR}(t) * \text{FP3}(t) \quad (6.39)$$

$$\text{TXRT}(t) = \text{TXTR}(t) * (1 - \text{QT}(t)) \quad (6.40)$$

$$\text{TXS1}(t) = \text{TXPE2}(t) * (1 - \text{FP1}(t)) \quad (6.41)$$

$$\text{TXS2}(t) = \text{TXPE3}(t) * (1 - \text{FP2}(t)) \quad (6.42)$$

$$\text{TXS3}(t) = \text{TXPR}(t) * (1 - \text{FP3}(t)) \quad (6.43)$$

$$\begin{aligned} \text{TSP}(t) = & \text{IF } \text{MT}(t) > \text{MT}(t) * \text{SHPS}(t) * \text{TIME STEP} \\ & \text{THEN } \text{MT}(t) * \text{SHPS}(t) \\ & \text{ELSE } 0 \end{aligned} \quad (6.44)$$

$$\begin{aligned} \text{TXSPT}(t) = & \text{IF } \text{MDIS}(t) < 0 \\ & \text{THEN IF } \text{MT}(t) \geq \text{MT}(t) * \text{SHPS}(t) * \text{TIME STEP} + \text{ABS}(\text{MDIS}(t)) \\ & \quad \text{THEN } \text{ABS}(\text{MDIS}(t)) / \text{TIME STEP} \\ & \quad \text{ELSE } \text{MT}(t) - (\text{MT}(t) * \text{SHPS}(t) * \text{TIME STEP}) / \text{TIME STEP} \\ & \text{ELSE } 0 \end{aligned} \quad (6.45)$$

$$\begin{aligned} \text{TXTR}(t) = & \text{IF } \text{TP}(t) \geq (\text{CRT}(t) + \text{CTEA}(t)) * \text{TIME STEP} \\ & \text{THEN } \text{CRT}(t) + \text{CTEA}(t) \\ & \text{ELSE } 0 \end{aligned} \quad (6.46)$$

$$\text{TXT}(t) = \text{DELAY FIXED}(\text{TXCPC}(t), \text{TMT}(t)) \quad (6.47)$$

$$\text{TC}(t) = \text{CNR}(t) + \text{C12A}(t) + \text{CM2A}(t) \quad (6.48)$$

$$\text{TSRMA}(t) = \text{TTPP}(t) * \text{NMAD}(t) - \text{TTRP}(t) \quad (6.49)$$

$$\text{TP}(t) = \left[\int_{t_0}^t \text{TXTAR}(t) - \text{TXTR}(t) dt \right] \quad (6.50)$$

$$\text{TTPP}(t) = \left[\int_{t_0}^t \text{TXTAR}(t) dt \right] \quad (6.51)$$

$$\text{TTR}(t) = \left[\int_{t_0}^t \text{TXTR}(t) dt \right] \quad (6.52)$$

$$\text{TTRP}(t) = \left[\int_{t_0}^t \text{TXTR}(t) dt \right] \quad (6.53)$$

$$\begin{aligned} \text{TXTAR}(t) = & \text{IF } \text{TC}(t) \leq 0 \\ & \text{THEN } \text{TXR}(t) \\ & \text{ELSE } \text{TC}(t) * \text{FMTRCA}(t) + \text{TXR}(t) \end{aligned} \quad (6.54)$$

6.2. Estimativas de parâmetros e condições iniciais

As variáveis utilizadas no modelo buscam simular o comportamento real endogenamente, ou seja, que a fonte dos problemas seja representada internamente ao modelo criado (Sousa, 2005). Entretanto, as variáveis exógenas, aquelas que impactam o sistema diretamente e não são impactadas pelo sistema, também fazem parte e não se encontram estritamente relacionadas com a condição do sistema. A Tabela 6.1 relaciona os parâmetros estimados do modelo, bem como seu valor inicial. Vale ressaltar que estes valores são dados reais utilizados pela empresa da qual o sistema esta sendo estudado.

Variável Exógena	Estimativa Adotada	Obs.
Ajuste do Nível de Aderência Desejado: ANAD(t0)	1	Aderência esperada do sistema em relação ao mercado
Aderência Esperada pelo Mercado: AEM(t0)	0,80	Aderência esperada para atender o mercado.
Capacidade de Trabalho de Pessoas em Treinamento: CTPT(t0)	0,7	Produtividade estimada de um profissional durante os 30 primeiros dias de contrato.
Demora na Contratação: DC(t0)	1/12	Demora média de 30 dias para cada solicitação de contratação
Período de Planejamento MDO Extra: PPME(t0)	1/12	As atividades a serem realizadas em regime de hora extra são planejadas para serem realizadas dentro de 30 dias
Saída Histórica de Pessoas do Sistema: SHPS(t0)	10%	<i>Turn over</i> estimado em 10% da força de trabalho no ano.
Taxa de Entrada Histórica	6	Média histórica de entrada de

Média: TXEHM(t0)		novos contratos
Margem de Contribuição: MCONT(t0)	10%	Ganho esperado acima dos custos do contrato
Custo Médio por Pessoa.ano: CMPA(t0)	R\$ 33.600,00	Salário médio de um técnico R\$ 2.800,00/mês x 12 meses
Fração média de trabalho a realizar por contrato no ano: FMTRCA(t0)	33075	(53 semanas - 4 semanas de férias) x 45 horas = 2.205 horas.ano. x 15 pessoas em média por contrato
Capacidade Individual de Trabalho no Ano: CITHA(t0)	2205	(53 semanas - 4 semanas de férias) x 45 horas = 2.205 horas.ano
Tempo Médio de Treinamento: TMT(t0)	1/12	Tempo média de treinamento e adaptação do técnico ao contrato

Tabela 6.1: Parâmetros estimados do modelo.

Fonte: O autor.

Sterman (2000), destaca que o estado do modelo é definido no seu início, por isso o processo de inicialização do modelo é delicado, deve-se procurar iniciar o modelo em estado de equilíbrio, desta forma facilita a compreensão do seu comportamento e os testes iniciais. A Tabela 6.2 mostra as condições iniciais que determinam o valor das variáveis no início do modelo. Na medida em que o entendimento das inter-relações entre as variáveis vai tornando-se mais sólido, deve-se aos poucos introduzir modificações no modelo buscando testar sua robustez e comportamento sob certas condições e valores. Vale ressaltar que estes valores são dados reais utilizados pela empresa da qual o sistema esta sendo estudado.

Condição Inicial	Estimativa Adotada	Obs.
Capacidade Individual de Trabalho Extra no Ano: CITE(t0)	490 horas/ano	2 horas por dia x 5 dias x 49 semanas (53 semanas no ano - 4 semanas de férias) = 490 horas.pessoa.ano
Disponibilização dos Recursos: TXDR(t0)	1/12	Os recursos levam 30 dias para estarem disponíveis.
Contratos com até 1 ano ou	5	Número de contratos no início do

Renovados: CNR(t_0)		modelo
Contratos entre 1 e 2 anos: C12A(t_0)	0	Número de contratos entre 1 e 2 anos no início do modelo
Contratos Maior 2 Anos: CM2A(t_0)	0	Número de contratos com mais de 2 anos no início do modelo
Custo Médio por Pessoa Extra no Ano: CMPEA(t_0)	11200	Custo salário normal.ano = R\$ 33.600,00 para 2.205 horas. Para 490 horas = R\$ 7.467,00 + 50%
Tempo para Passar p/ Estoque 3: TPE3(t_0)	1	Cada contrato leva 1 ano para passar para o próximo estoque
Tempo para Passar p/ Estoque 2: TPE2(t_0)	1	Cada contrato leva 1 ano para passar para o próximo estoque
Tempo para Passar p/ Estoque 1: TPE1(t_0)	1	Cada contrato leva 1 ano para passar para o próximo estoque
Taxa de Entrada Histórica Média: TXEHM(t_0)	6	Entrada histórica média de 6 contratos novos por ano
Ciclo de vida de cada contrato no sistema em anos	3	Duração contratual de cada contrato
Taxa de Contabilização dos Ganhos: TCG(t_0)	0	Início do sistema com ganho 0
<i>Time Step</i> (t_0)	0,0078125	Intervalo de tempo da simulação.

Tabela 6.2: Condições iniciais do modelo.

Fonte: O autor.

6.3. Testes

Vários testes podem ser executados: adequação aos limites, adequação a estrutura, consistência dimensional, reprodução de comportamento, dentre outros (Serman, 2000). Neste modelo será efetuado o teste de consistência dimensional e reprodução de comportamento.

6.3.1. Consistência dimensional

O teste de consistência dimensional é obrigatório para que o modelo possa simular corretamente, este consiste na verificação pelo próprio software de programação da consistência dimensional de cada variável a fim de garantir que o sistema de equações criado seja consistente em termos das unidades de medida adotadas para as variáveis que o compõe. A figura 6.1 mostra o resultado satisfatório do teste aplicado ao modelo apresentado.



Figura 6.1: Resultado do teste de consistência dimensional do Modelo.

Fonte: O autor.

6.3.2. Reprodução de comportamento

O teste de reprodução de comportamento é o mais utilizado, comparando o resultado da simulação com resultados históricos reais que representam o comportamento do sistema em um determinado período. A figura 6.2 mostra o comportamento do número de contratos e a aderência histórica versus o número de contratos e aderência simulada. O comportamento simulado de contratos quando comparado a curva real histórica confirma a tendência crescente embora a simulação não capture fielmente a variabilidade do sistema.

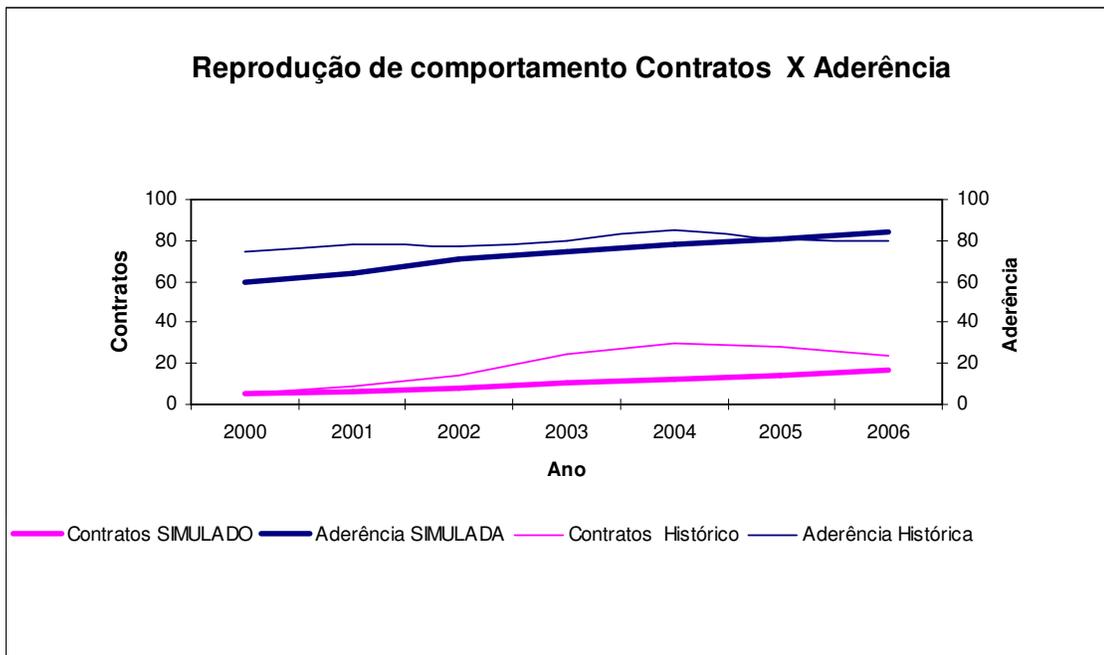


Figura 6.2: Gráfico com reprodução de comportamento de Contratos x Aderência.

Fonte: O autor.

A figura 6.3 mostra o comportamento da MDO disponível e MDO extra alocada histórica versus a MDO disponível e MDO extra alocada simulada. A MDO disponível acompanha o comportamento do número de contratos, tanto a curva histórica quanto a curva do comportamento simulado. Nota-se que a MDO extra alocada histórica começou a diminuir, coincidentemente pouco tempo depois a MDO disponível histórica também teve queda significativa acompanhando o número de contratos histórico.

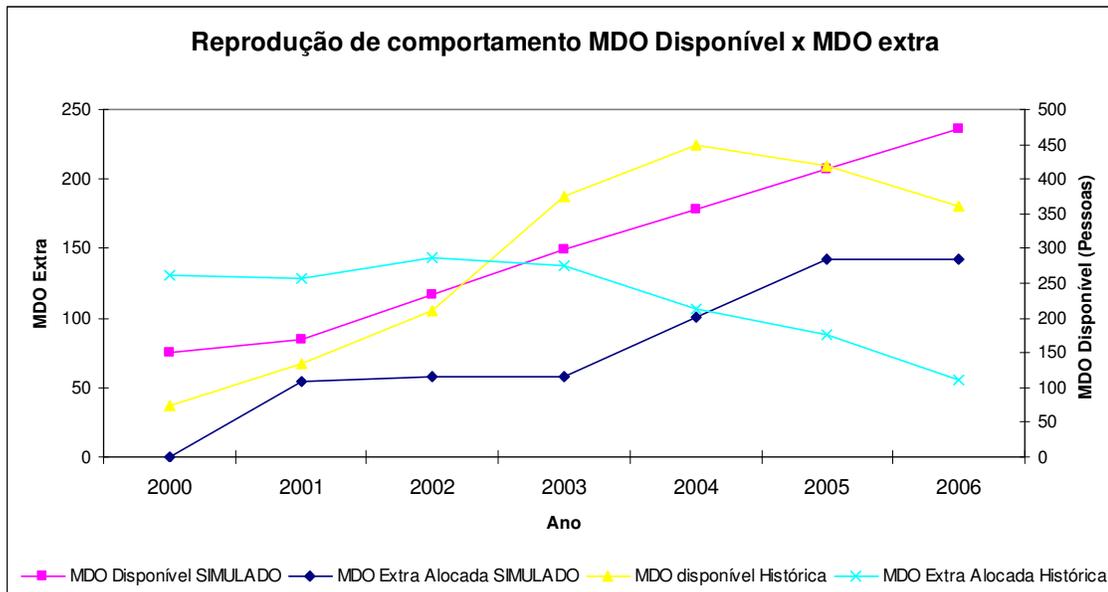
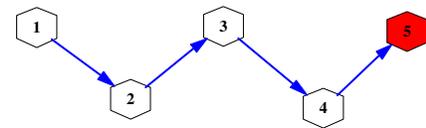


Figura 6.3 Gráfico com reprodução de comportamento da MDO disponível x MDO extra.

Fonte: O autor.

Neste capítulo foi detalhado as equações que compõem o modelo, estabelecido os parâmetros e condições iniciais e efetuados os testes necessário. Este parâmetros serão utilizados no próximo capítulo para o projeto de estrutura e políticas alternativas.



Capítulo 7:

Projeto de estruturas e políticas alternativas

Neste capítulo serão propostas e analisadas várias alternativas de comportamento do sistema para até o ano de 2020, buscando entender o comportamento do modelo analisando ganhos ou perda de performance, e apontando a melhor configuração alternativa entre aquelas levantadas através de algumas combinações entre as seguintes variáveis: Ajuste do nível de aderência desejada, Período de planejamento e margem de contribuição. As alternativas serão simuladas com dados numéricos reais baseados em um sistema real de referência. A Figura 7.1 mostra resumidamente as alternativas que serão simuladas. Também os valores mostrados nas tabelas serão os valores para o início de cada ano.

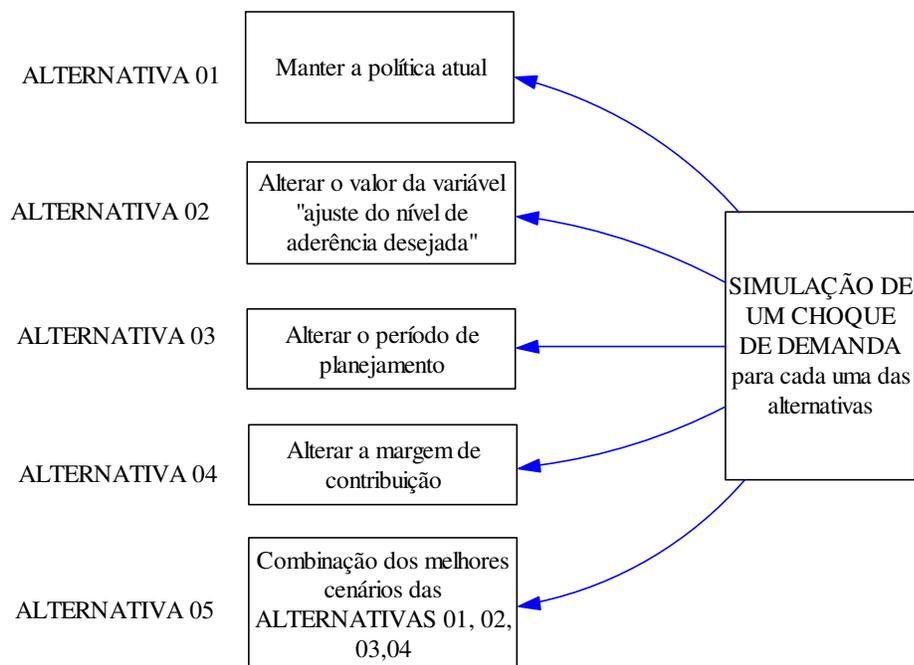


Figura 7.1: Definição de estruturas alternativas.

Fonte: O autor.

1) Alternativa 01

Manter a política atual. Mantendo a política atual o número de contratos tende a ter um crescimento significativo, próximo de 17% entre 2006 e 2008, Tabela 7.1. Esta mesma taxa de crescimento não deverá ser observada a partir de 2008 com tendência a estabilizar com o passar do tempo. Entre 2010 e 2012 a taxa de crescimento estimada é de 4,91% caindo para 1,61% entre 2016 e 2018. O limitante deste crescimento é a variável ajuste do nível de aderência desejada, pois esta tenderá a estabilizar-se para atender somente a aderência esperada pelo mercado, não utilizado-se da capacidade de MDO extra disponível para realizar trabalho e aumentar a aderência a programação, consequentemente aumentando a taxa de renovação de contratos.

Ano	2006	2008	2010	2012	2014	2016	2018	2020
Total de contratos	17,6	20,6	22,4	23,5	24,3	24,9	25,3	25,7

Tabela 7.1: Simulação mantendo a estrutura atual.

Fonte: O autor.

A figura 7.2 mostra o gráfico desta simulação.

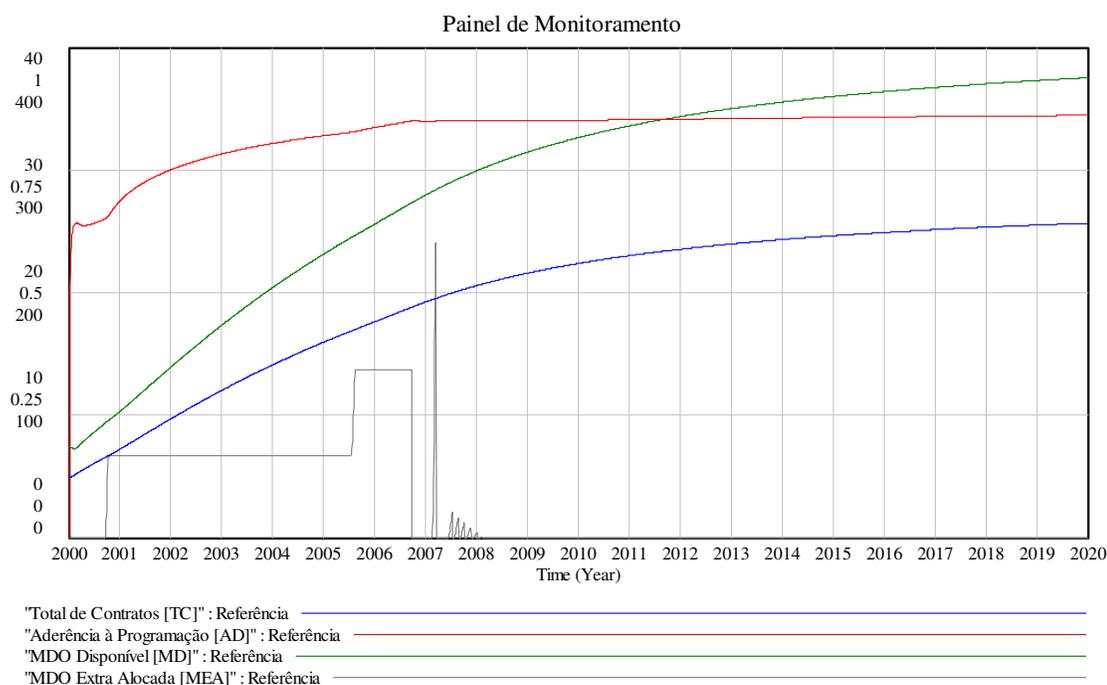


Figura 7.2: Gráfico da simulação mantendo a estrutura atual.

Fonte: O autor.

Observa-se um crescimento proporcional da MDO Disponível em função do número total de contratos, a Aderência à Programação tem um crescimento acentuado a partir do final do ano 2000 devido a utilização de aproximadamente 70 pessoas através da utilização da MDO Extra Alocada que será utilizada até o final de 2006, quando a Aderência à Programação atinge a meta desejada, ou seja, 0,80 passando a partir deste ponto a não utilizar mais a MDO extra alocada. A partir de 2010 o sistema tende a estabilidade apresentado 22,4 contratos com aderência à programação de 0,80 e 316 pessoas realizando trabalho (MDO disponível), neste cenário projeta-se para o ano de 2020, um total de contratos de 25,7 com aderência à programação de 0,80 e aproximadamente 382 pessoas realizando trabalho (MDO disponível) sem utilização de MDO extra alocada. Este cenário será a base para análise das políticas alternativas seguintes.

2) Alternativa 02

Analisa a possibilidade de modificar a variável “Ajuste do nível de aderência desejada”, serão testadas simulações variando o ajuste do nível de aderência desejada de 0,8 a 1,2. O resultado destas simulações foi consolidado na Tabela 7.2. O resultado esperado é que diminuindo o “ajuste do nível de aderência desejado”, diminua o número de contratos ao longo do tempo e com um aumento no “ajuste do nível de aderência desejado” ocorra um aumento do número de contratos. Entretanto, aparentemente a sensibilidade do sistema é bem menor para valores acima de 1,0 do que para valores abaixo de 1,0. De fato, os resultados não apontam diferença significativa de desempenho sistêmico para aderência acima de 1,1.

Ajuste do nível de aderência desejado	Variável	Ano							
		2006	2008	2010	2012	2014	2016	2018	2020
0,8	Contratos	14,8	16,7	18,2	19,3	20,3	21,1	21,7	22,3
	Aderência a programação	0,77	0,78	0,80	0,81	0,81	0,82	0,83	0,83
	MDO Disponível	216	243	265	282	296	308	317	325
	MDO Extra Alocada	0	0	0	0	0	0	0	0
0,9	Contratos	16,2	18,0	19,5	20,6	21,4	22,2	22,7	23,2
	aderência a programação	0,79	0,80	0,81	0,82	0,83	0,83	0,84	0,84
	MDO Disponível	235	263	284	300	313	323	332	339
	MDO Extra Alocada	0	0	0	0	0	0	0	0
1,0	Contratos	17,6	20,6	22,4	23,5	24,3	24,9	25,3	25,7
	Aderência a programação	0,83	0,84	0,85	0,85	0,85	0,85	0,86	0,86
	MDO Disponível	255	299	326	343	355	364	370	375
	MDO Extra Alocada	137	3	0	0	0	0	0	0
	Contratos	17,6	20,8	23,7	26,2	28,2	29,8	31,3	32,8

1,1	Aderência a programação	0,83	0,86	0,88	0,89	0,90	0,90	0,91	0,92
	MDO Disponível	255	303	345	381	411	435	457	478
	MDO Extra Alocada	137	137	137	137	137	137	221	221
1,2	Contratos	17,6	20,8	23,7	26,2	28,2	29,8	31,3	32,8
	Aderência a programação	0,83	0,86	0,88	0,89	0,90	0,90	0,91	0,92
	MDO Disponível	255	303	345	281	411	435	457	478
	MDO Extra Alocada	137	137	137	137	137	137	221	221

Tabela 7.2: Simulação variando o nível de aderência desejada.

Fonte: O autor.

Na Figura 7.3, temos a simulação do total de contratos em função da variação da aderência desejada. Percebe-se que até a metade de 2001 não temos diferença no total de contratos, mesmo com variação da aderência de 0,8 à 1,2. A partir deste ponto até o ano de 2008, o total de contratos é maior na simulação com aderência acima de 1,0. Para aderência igual a 1,0 temos 20,6 contratos, para aderência igual a 1,1 temos 20,8 contratos e se a aderência for igual a 1,2 o total de contratos será de 20,8. Analisando a simulação para o ano de 2020 vemos um crescimento de aproximadamente 57,7% para aderência entre 1,1 e 1,2.

Tendo como critério somente a aderência a programação vemos que a aderência de 1,1 e 1,2 são as que levam o sistema a apresentar o maior número de contratos. Podemos destacar então que o cenário com aderência a programação igual a 1,1 é o melhor cenário entre as alternativas simuladas, pois traz o mesmo resultado do cenário com aderência a programação igual 1,2 devido a necessidade de se utilizar mais MDO extra alocada para aderência de 1,2.

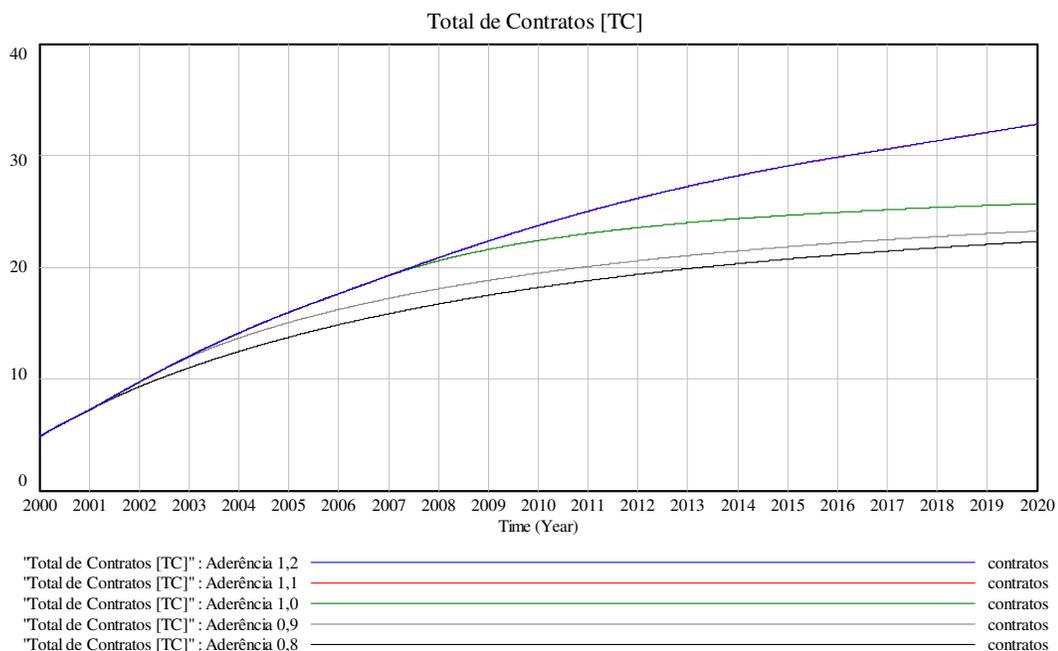


Figura 7.3: Gráfico do número de contratos variando nível de aderência desejada.

Fonte: O autor.

A Figura 7.4 mostra o comportamento simulado da aderência à programação em função da variação do nível de aderência.

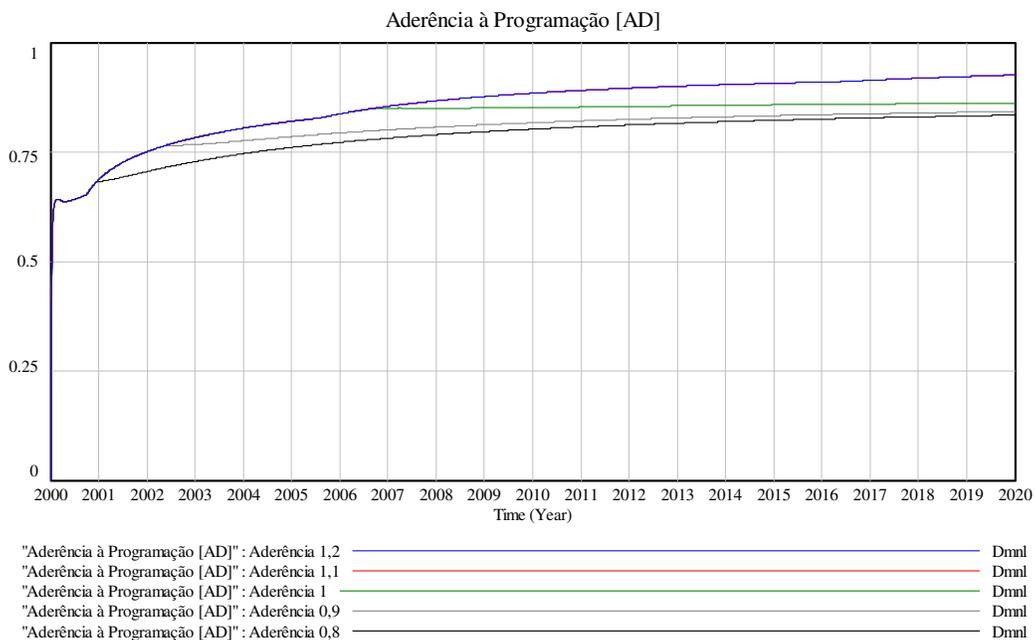


Figura 7.4: Gráfico da aderência à programação variando nível de aderência desejada.

Fonte: O autor.

Percebe-se que na simulação utilizando aderência de 0,8 o sistema alcança a meta de aderência à programação desejada de 0,80% somente em 2010, tendendo a estabilizar entre 0,81 e 0,83 até o ano de 2020. Comportamento semelhante mostra a aderência de 0,9 apresentado 0,75 de aderência à programação em 2002 e apenas 0,84 em 2020. O comportamento com aderência entre 1,0 e 1,2 apresenta diferença apenas a partir de 2007, sendo que o valor de 1,0 estabiliza entre 0,89 e 0,92 de 2012 à 2020. Já as curvas para aderência entre 1,1 e 1,2 são idênticas, ou seja, apresentam o mesmo comportamento de 2000 a 2020 com variação da aderência à programação de 0,83 à 0,92.

Na figura 7.5 temos o comportamento da MDO disponível em função da aderência à programação. A maior quantidade de MDO disponível é conseguido com aderência à programação igual a 1,1 e 1,2.

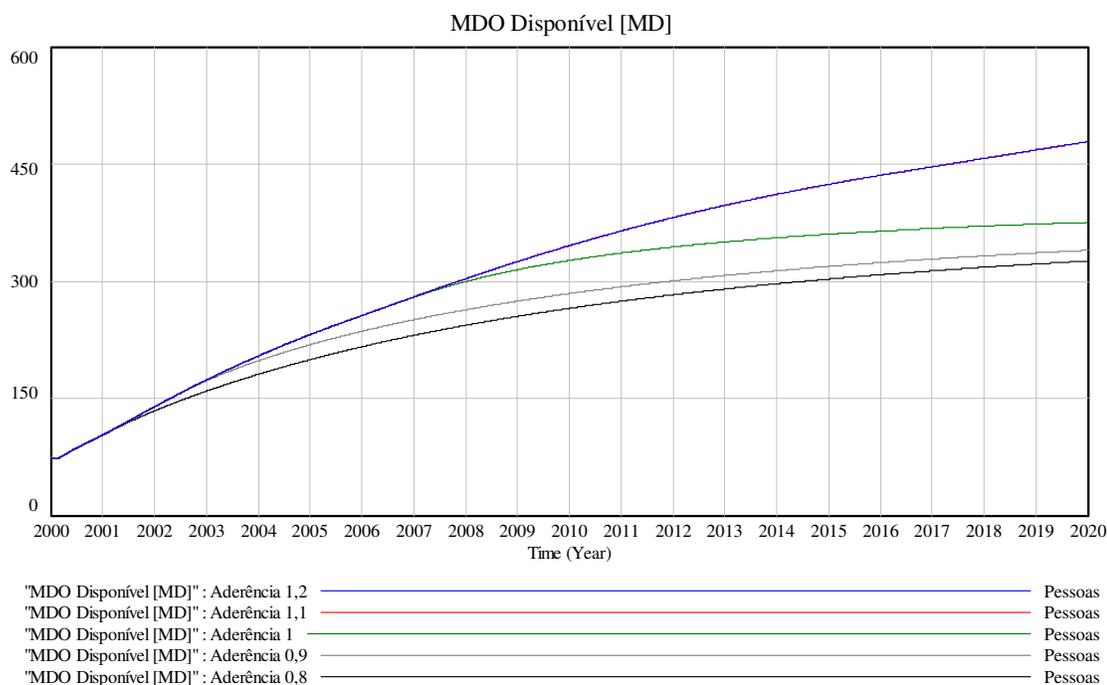


Figura 7.5: Gráfico da MDO Disponível variando nível de aderência desejada.

Fonte: O autor.

A variação da aderência traz um impacto significativo na quantidade de MDO disponível. O valor 0,8 para a aderência utiliza a menor quantidade de MDO, entretanto, a utilização deste valor afeta a Aderência à Programação, conseqüentemente afetando o total de contratos, como visto no gráfico 7.4. Observa-se que ocorre uma variação de

aproximadamente 7,2% na variação da MDO Disponível entre Aderência de 0,8 e 0,9 entre o ano de 2006 e 2020. O comportamento da MDO Disponível para Aderência entre 1,0 e 1,2 não apresenta diferença até o ano de 2008, quando a Aderência de 1,0 tende a apresentar um crescimento de 25,4% até o ano de 2020 atingindo o valor 365 pessoas para MDO Disponível. Para valores entre 1,1 e 1,2 temos um crescimento de 57,4% até o ano de 2020 totalizando 478 pessoas para MDO Disponível.

A Figura 7.6 mostra a quantidade de MDO extra alocada em função da aderência à programação. Com aderência à programação igual a 1,1 e 1,2 temos a maior quantidade de MDO extra alocada.

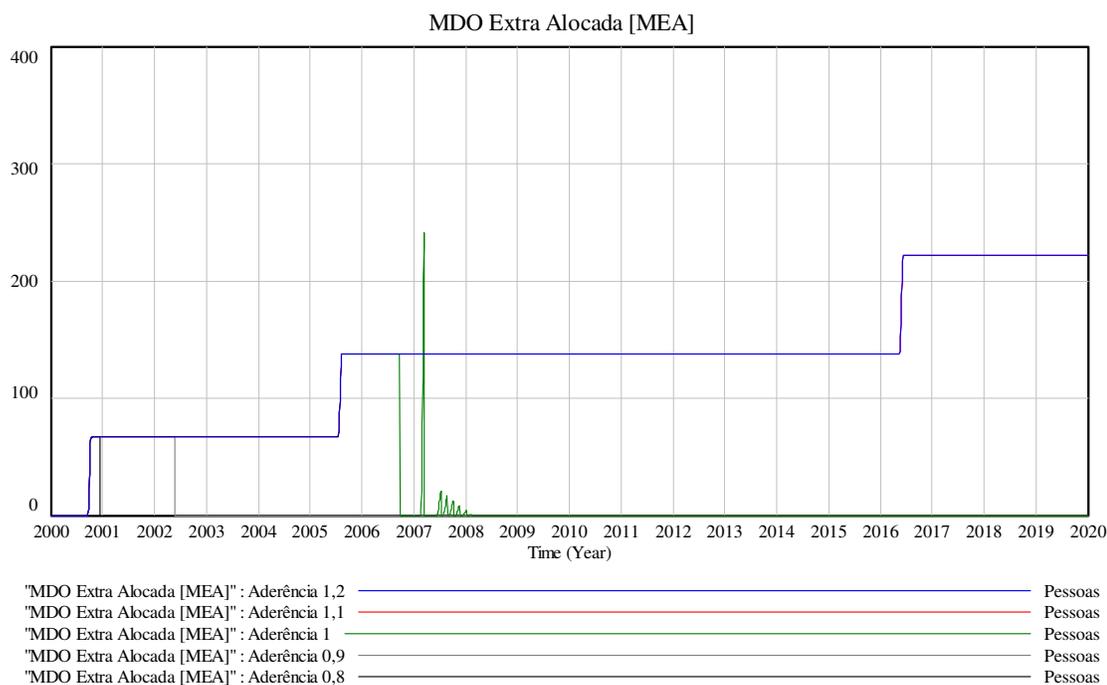


Figura 7.6: Gráfico da MDO Extra alocada variando nível de aderência desejada.

Fonte: O autor.

Para Aderência de 0,8 o sistema não fará uso da MDO Extra Alocada, comportamento semelhante para Aderência de 0,9 com apenas dois picos de utilização, em 2001 e metade de 2002. Um utilização momentânea porém com grande quantidade de MDO Extra Alocada acontece com Aderência de 1,0 chegando a alocação de 240 pessoas no primeiro trimestre de 2007. A maior utilização da MDO extra Alocada ocorre com Aderência entre 1,1 e 1,2, entre 2001 e metade de 2005 utilizou-se constantemente 82 pessoas, passando em seguida para 137

até o segundo trimestre de 2016, a partir de 2016 a utilização passou a ser de 221 pessoas até o ano de 2020.

Como melhor cenário para a alternativa 2, estaremos adotando o cenário com a taxa de aderência igual a 1,2.

3) Alternativa 03

Alteração do período de planejamento variando de 1/12 anos para 1/6 anos. Com isso espera-se verificar o comportamento do modelo e a diferença na alocação de mão-de-obra extra para um período de um mês e para um período de dois meses. A Tabela 7.3 e Figura 7.7, verificamos o comportamento desta simulação.

Período de planejamento	Total de contratos em:							
	2006	2008	2010	2012	2014	2016	2018	2020
1/12	17,6	20,6	22,4	23,5	24,3	24,9	25,3	25,7
1/6	17,6	20,6	22,4	23,5	24,3	24,9	25,3	25,7

Tabela 7.3: Simulação variando o período de planejamento da MDO extra.

Fonte: O autor.

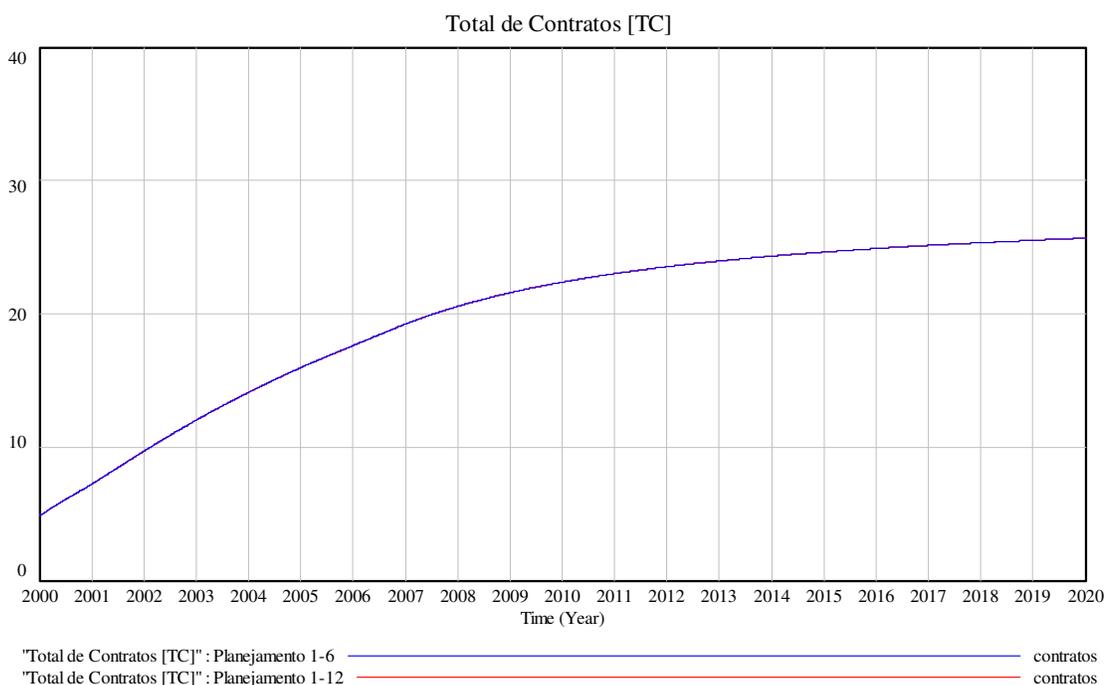


Figura 7.7: Gráfico da simulação com variação do período de planejamento da MDO extra.

Fonte: O autor.

Nota-se que não existe diferença na variação do período de planejamento de 1/2 para 1/6, ou seja, o período de planejamento não impacta no total de contratos. Neste caso considerou-se como o melhor cenário o período de planejamento 1/12 anos, pois a alocação de MDO extra acontece por um período menor.

4) Alternativa 04

Variação da margem de contribuição. Com uma diminuição na margem de contribuição espera-se que o número de contratos aumente, entretanto, após simulação deste cenário observa-se que diminuir ou aumentar a margem de contribuição não impacta significativamente no número de contratos. De acordo com a tabela 7.4 pode-se otimizar a margem de contribuição sem grande risco de diminuir o número de contratos.

Margem de contribuição	Total de contratos em:							
	2006	2008	2010	2012	2014	2016	2018	2020
6%	17,2	20,0	22,0	23,3	24,2	24,8	25,2	25,6
8%	17,6	20,4	22,3	23,4	24,3	24,9	25,3	26,6
10%	17,6	20,6	22,4	23,5	24,3	24,9	25,3	25,7
12%	18,1	20,9	22,6	23,7	24,4	25,0	25,4	25,7
14%	18,5	21,1	22,7	23,8	24,5	25,0	25,4	25,8

Tabela 7.4: Simulação variando margem de contribuição.

Fonte: O autor.

Na figura 7.8 temos o gráfico com o comportamento do número total de contratos simulado uma variação entre 6 e 14% na margem de contribuição.

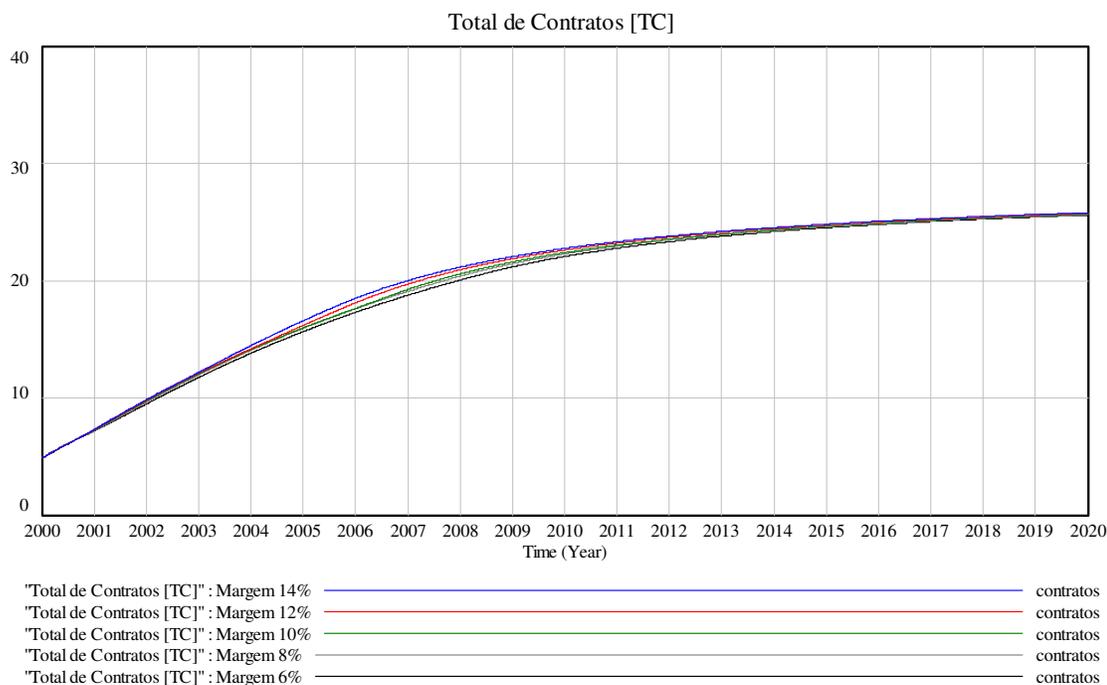


Figura 7.8: Gráfico da simulação com o comportamento da margem de contribuição.

Fonte: O autor.

Analisando o impacto da Margem no Total de Contratos nota-se pouca diferença na simulação com margem entre 6 e 14%. Apenas no período entre 2005 e 2009 uma certa melhoria no Total de Contratos utilizando a margem de 12 e 14%. Para esta alternativa o cenário com margem de 14% será considerado o melhor.

5) Alternativa 05

Simulação com combinação dos melhores cenários de cada alternativa. Para esta simulação foi utilizado a combinação das seguintes variáveis:

- Ajuste do nível de aderência desejado = 1,1
- Período de planejamento = 1/12
- Margem de contribuição = 14%

O resultado desta simulação pode ser visto na Tabela 7.5.

Melhor cenário	2006	2008	2010	2012	2014	2016	2018	2020
Total de contratos	18,5	22,2	25,5	28,4	30,9	33,2	34,8	35,9
Aderência a Programação	0,85	0,88	0,90	0,91	0,93	0,93	0,93	0,93
MDO disponível	268	322	371	413	450	483	508	524
MDO extra alocada	113	178	178	178	274	311	18	317

Tabela 7.5: Simulação do melhor cenário.

Fonte: O autor.

A figura 7.9 mostra o gráfico com o comportamento destas variáveis. A Aderência à programação ajustou-se rapidamente à aderência esperada pelo mercado, houve também uma constante utilização da MDO Extra Alocada com a MDO Disponível acompanhando o Total de Contratos.

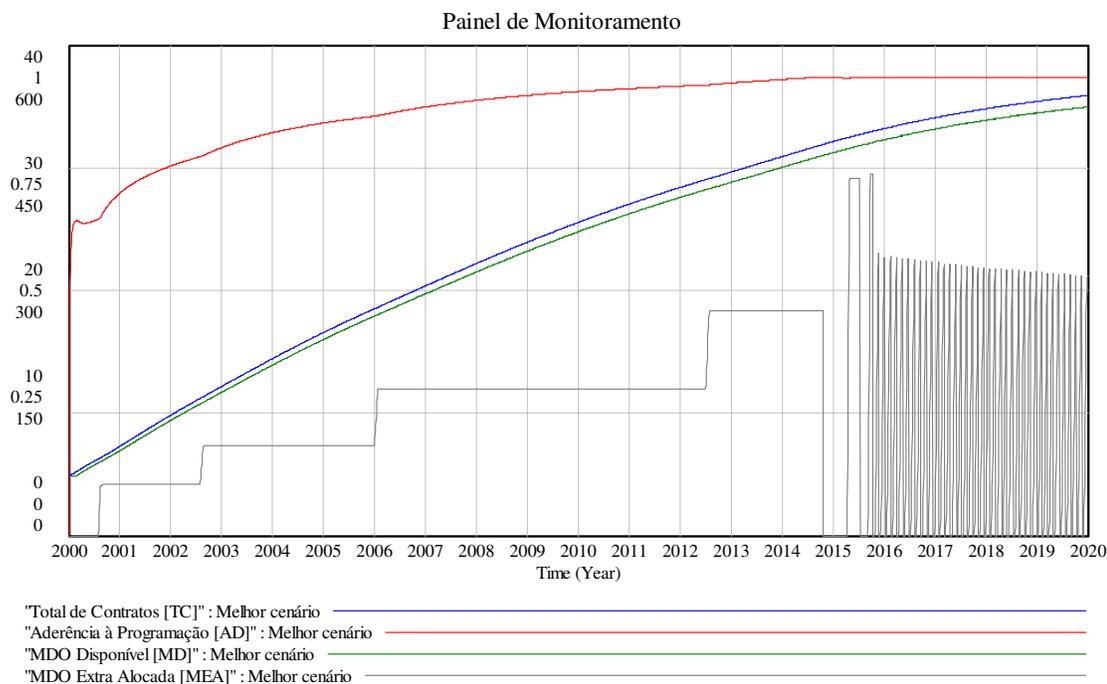


Figura 7.9: Combinação de cenários.

Fonte: O autor.

A MDO Disponível cresceu proporcionalmente ao Total de Contratos, a utilização constante da MDO Extra Alocada a partir da metade de 2001 ajustou a Aderência à Programação de 0,60 para 0,85 em 2006 com utilização de 113 pessoas da MDO Extra Alocada. A partir de 2006 a MDO Extra Alocada passou para 178 elevando para 0,88 a taxa de Aderência a Programação e a partir de 2014 a Aderência a Programação estabiliza em 0,95 com uma média de MDO Extra Alocada de 330 pessoas.

6) Choque de demanda para alternativa 01

Simulação de choque de demanda para alternativa 01. Para esta simulação a taxa de entrada histórica média de 06 contratos foi mantida até o ano de 2008 quando então sofre um incremento de 50%, passando para 9 e permanecendo então com este valor até 2020. Os valores do total de contratos, MDO disponível e MDO extra alocada, estão na Tabela 7.6.

Ano	2006	2008	2010	2012	2014	2016	2018	2020
Total de contratos	14,5	19,9	27,0	31,5	34,5	36,7	38,3	39,5
MDO disponível	236	286	387	454	498	529	553	571
MDO Extra alocada	142	254	0	0	0	0	0	0

Tabela 7.6: Simulação com choque de demanda para alternativa 01.

Fonte: O autor.

A Figura 7.10 mostra o comportamento do total de contratos, Aderência a programação, MDO disponível e MDO extra alocada. Com o aumento do número de contratos em 2008, percebe-se a necessidade da alocação de aproximadamente 255 pessoas para atender a demanda e não deixar cair a aderência a programação.

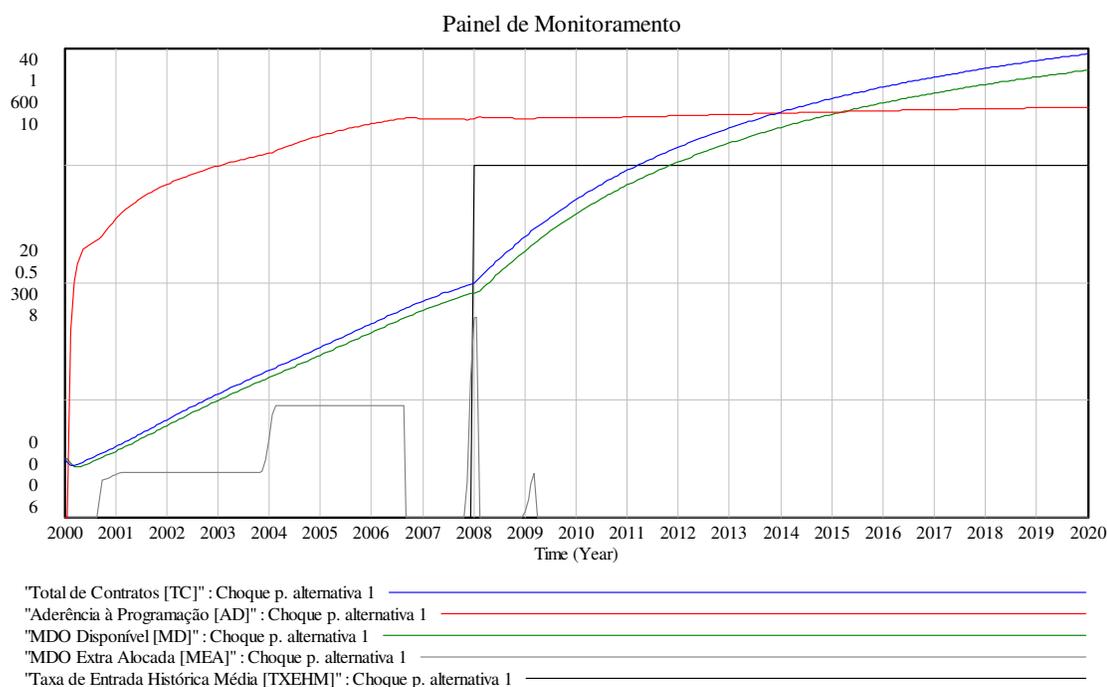


Figura 7.10: Simulação com choque de demanda para alternativa 01.

Fonte: O autor.

De 2001 até 2008 os sistema conseguiu elevar a Aderência à Programação para 0,84 utilizando-se da MDO Extra Alocada com crescimento da MDO Disponível proporcional ao Total de Contratos. A partir de 2008 quando a Taxa de Entrada Histórica Média passou de 6 para 9 contratos o modelo rapidamente utilizou um total de 255 pessoas da MDO Extra Alocada com isso a Aderência à Programação praticamente não teve queda enquanto a MDO Disponível continuou a crescer proporcionalmente ao Total de Contratos, chegando a ter 571 pessoas em 2020 com aproximadamente 40 contratos.

7) Choque de demanda para alternativa 02

Simulação de choque de demanda para alternativa 02. Também para esta simulação a taxa de entrada histórica média de 06 contratos foi mantida até o ano de 2008 quando então sofre um incremento de 50% passando para 9 e permanecendo então com este valor até 2020. Também o valor do “ajuste do nível de aderência desejado” foi alterado para 1,1. A Tabela 7.7 apresenta os dados obtidos para total de contratos, MDO disponível e MDO extra alocada.

Ano	2006	2008	2010	2012	2014	2016	2018	2020
Total de contratos	17,6	20,8	28,9	34,9	40,0	44,7	48,6	51,3
MDO disponível	255	303	418	507	582	650	707	748
MDO Extra alocada	137	137	137	282	282	282	0	314

Tabela 7.7: Simulação com choque de demanda para alternativa 02.

Fonte: O autor.

A Figura 7.11 mostra o comportamento do total de contratos, aderência a programação, MDO disponível, MDO extra alocada e taxa de entrada histórica média. Nota-se que no momento em que ocorre o incremento de 50% no número de contratos o sistema esta alocando aprox. 40% da MDO disponível para realização de trabalho extra, permanecendo até próximo do ano de 2012, quando então passa a utilizar mais de 50% da MDO disponível para que a aderência à programação mantenha-se estável.

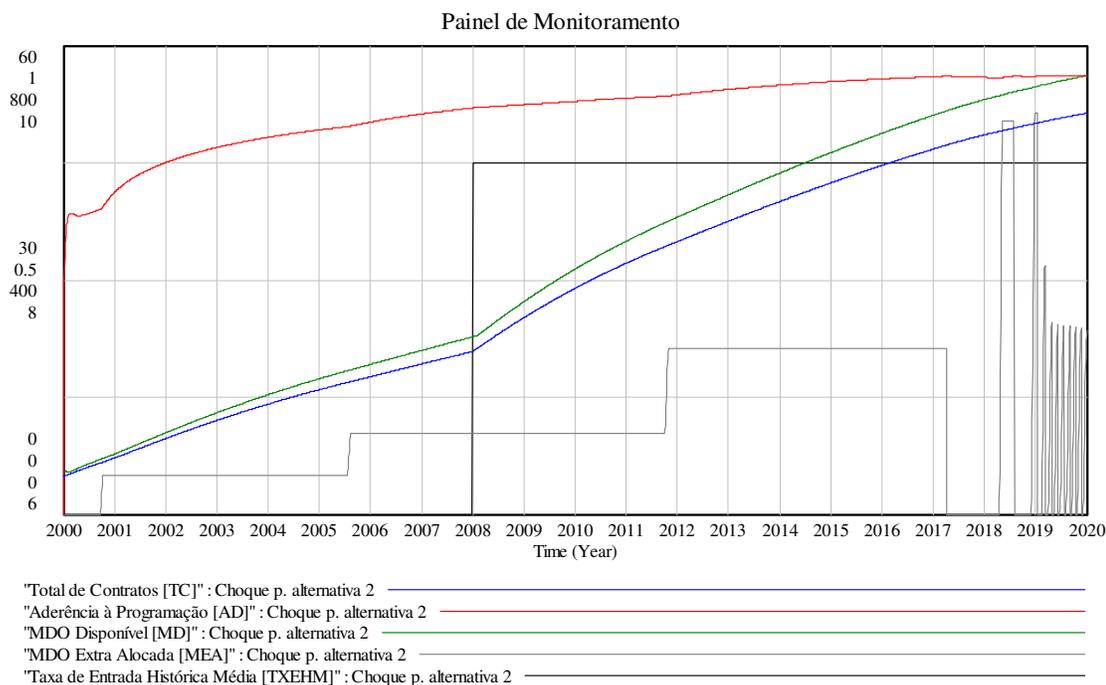


Figura 7.11: Simulação com choque de demanda para alternativa 02.

Fonte: O autor.

A Aderência à Programação permanece estável e a utilização da MDO Extra Alocada vai até próximo de 2017 quando reduz a zero voltando a ter pequenos períodos de utilização entre 2018 e 2020, também em 2020 o Total de Contratos chega a 51 e a MDO Disponível em 718 pessoas.

8) Choque de demanda para alternativa 03

Simulação de choque de demanda para alternativa 03. Para esta simulação a taxa de entrada histórica média de 06 contratos foi mantida até o ano de 2008 quando então a entrada sofre um incremento de 50% passando para 9 e permanecendo então com este valor até 2020. O valor do “período de planejamento” foi mantido em 1/12, sendo este valor definido para o melhor cenário na alternativa 03. A Tabela 7.8 apresenta os dados obtidos para total de contratos, MDO disponível e MDO extra alocada.

Ano	2006	2008	2010	2012	2014	2016	2018	2020
Total de contratos	17,1	20,6	27,4	31,7	34,7	36,8	38,4	39,6
MDO disponível	255	299	397	461	505	536	560	578
MDO Extra alocada	137	3	0	0	0	0	0	0

Tabela 7.8: Simulação com choque de demanda para alternativa 03.

Fonte: O autor.

A Figura 7.12 percebe-se que logo após o ano de 2008 o sistema utiliza o recursos de alocação de MDO extra várias vezes durante o ano de 2008.

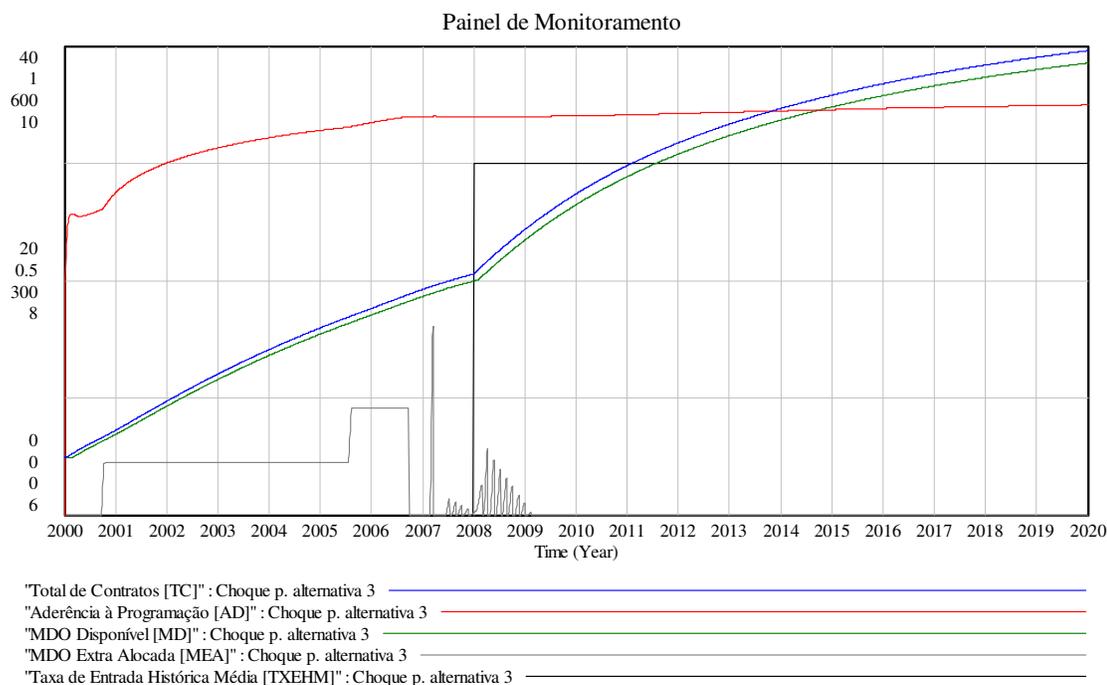


Figura 7.12: Simulação com choque de demanda para alternativa 03.

Fonte: O autor.

A partir de 2009 não existe mais a necessidade de utilização da MDO Extra Disponível, a MDO Disponível cresce proporcionalmente ao número Total de Contratos mantendo a Aderência à Programação em 90% .

9) Choque de demanda para alternativa 04

Simulação de choque de demanda para alternativa 04. Para esta simulação a taxa de entrada histórica média de 06 contratos foi mantida até o ano de 2008 quando então a entrada sofre um incremento de 50% passando para 9 e permanecendo então com este valor até 2020. O valor do “período de planejamento” foi mantido em 1/12, o “ajuste do nível de aderência desejado” ficou igual a 1 e a “margem de contribuição” ficou em 14%. A Tabela 7.9 apresenta os dados obtidos para esta simulação.

Ano	2006	2008	2010	2012	2014	2016	2018	2020
Total de contratos	18,5	21,1	27,7	32,0	34,8	36,9	38,5	39,7
MDO disponível	268	308	402	465	507	538	561	579
MDO Extra alocada	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabela 7.9: Simulação com choque de demanda para alternativa 04.

Fonte: O autor.

Na Figura 7.13 temos as curvas de comportamento para o choque de demanda para alternativa 4.

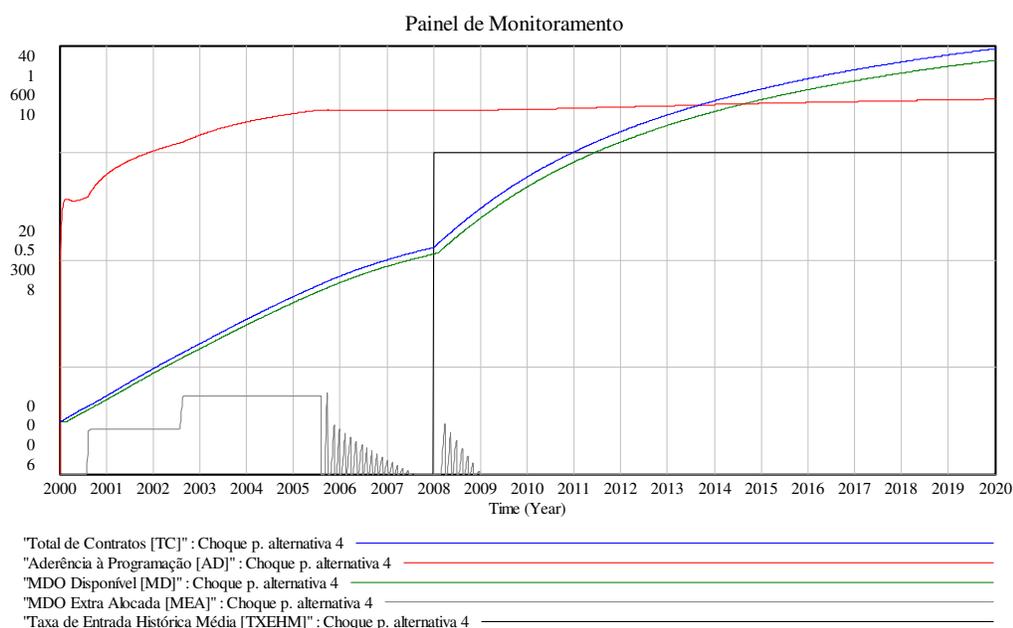


Figura 7.13: Simulação com choque de demanda para alternativa 04.

Fonte: O autor.

Entre 2001 e 2007 para que a Aderência à Programação alcance seu objetivo o sistema utiliza a MDO Extra Alocada reduzindo a zero esta utilização no final de 2007 quando volta a utilizar novamente logo após 2008 momento que ocorre o incremento de 50% na Taxa de Entrada Histórica Média. O Total de contratos passa de 21 em 2008 para 40 em 2020, ocorre também um aumento na MDO Disponível que em 2008 é de 308 para 579 em 2020.

10) Choque de demanda para alternativa 05

Simulação de choque de demanda para alternativa 05. Também para esta simulação a taxa de entrada histórica média de 06 contratos foi mantida até o ano de 2008 quando então a entrada sofre um incremento de 50% passando para 9 e permanecendo então com este valor até 2020. O valor do “período de planejamento” foi mantido em 1/12, o “ajuste do nível de aderência desejado” ficou igual a 1,1 e a “margem de contribuição” ficou em 14%. A Tabela 7.10 apresenta os dados obtidos para esta simulação.

Ano	2006	2008	2010	2012	2014	2016	2018	2020
Total de contratos	18,5	22,2	31,0	38,0	44,0	48,4	51,3	53,2
MDO disponível	268	322	448	551	640	704	747	776
MDO Extra alocada	113	178	178	336	596	108	0	300

Tabela 7.10: Simulação com choque de demanda para alternativa 05.

Fonte: O autor.

A Figura 7.14, mostra o comportamento das variáveis total de contratos, aderência à programação, MDO disponível, MDO extra alocada e taxa de entrada histórica media.

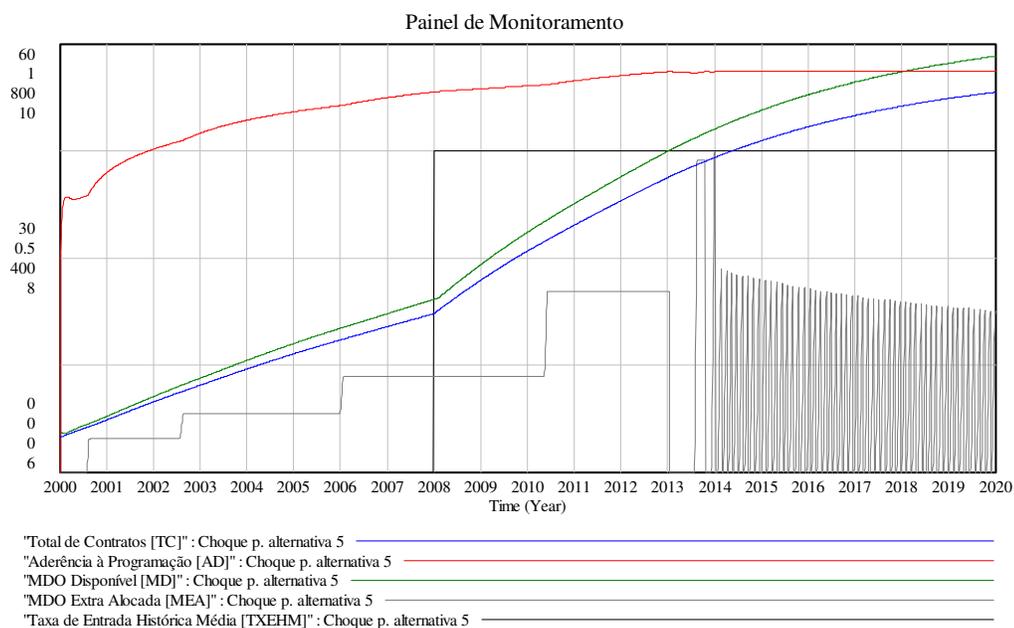


Figura 7.14: Simulação com choque de demanda para alternativa 05.

Fonte: O autor.

Neste cenário o recurso MDO Extra Disponível é utilizada até o ano de 2013, quando o sistema alcança seu máximo de Aderência à Programação - 0,92, e para manter este índice até 2020, a partir de 2013 novamente passa a utilizar MDO Extra Alocada repetidas vezes. O número do Total de Contratos em 2020 chega a 53 com 776 pessoas na MDO Disponível.

Neste capítulo foram apresentadas cinco alternativas de comportamento futuro do sistema estudado, também para cada uma das alternativa foi simulado um choque de demanda com o resultado de cada simulação apresentado em tabelas e gráficos. Baseado nestas cinco alternativas e elegendo a média do Total de Contratos no período de 2006/2020 como índice de desempenho do sistema estabelecemos a melhora alternativa Tabela 7.11.

Ano / Contratos	2006	2008	2010	2012	2014	2016	2018	2020	Média
Alternativa 01	17,6	20,6	22,4	23,5	24,3	24,9	25,3	25,7	23,0
Alternativa 02	17,6	20,8	23,7	26,2	28,2	29,8	31,3	32,8	26,3
Alternativa 03	17,6	20,6	22,4	23,5	24,3	24,9	25,3	25,7	23,0
Alternativa 04	18,5	21,1	22,7	23,8	24,5	25,0	25,4	25,8	23,3
Alternativa 05	18,5	22,2	25,5	28,4	30,9	33,2	34,8	35,9	28,7

Tabela 7.11: Índice de desempenho das alternativas.

Fonte: O autor.

Portanto, a alternativa 5 que é uma combinação dos melhores cenários das alternativas 01, 02, 03 e 04, utilizando o valor de 1,1 para Ajuste do nível de aderência desejado, o valor de 1/12 para Período de planejamento e 14% para Margem de contribuição é a opção que trará o melhor resultado para o estudo realizado.

Capítulo 8:

Conclusões

O modelo de Dinâmica de Sistema elaborado representa de maneira simplificada a realidade da dinâmica do processo de gestão de contratos de manutenção industrial, este modelo permite entender melhor o processo ao permitir alterações e entender qual o impacto que causam no sistema.

É relevante ressaltar a complexidade do caso estudado. A exposição de tal complexidade se deve ao caráter sistêmico sob o qual, o objeto de estudo é tratado. Porém, este fato não deve representar um obstáculo para estudos futuros. Podemos destacar como sendo o primeiro ponto positivo deste estudo o entendimento de que os elementos de um sistema comportam-se de maneira dinâmica. Entender e interpretar estas inter-relações, através dos *feedbacks* de um sistema é de fundamental importância para a nossa sobrevivência e do sistema.

8.1. Revisão dos objetivos

O objetivo principal deste estudo foi investigar as causas da dinâmica tipicamente observada na gestão de contratos de prestação de serviços de manutenção industrial, através do desenvolvimento de um modelo buscando também, analisar os objetivos específicos:

1) Levantar as principais práticas da gestão de contratos de manutenção industrial e seus possíveis pontos de conflito.

Este objetivo começou a ser alcançado através da revisão bibliográfica no capítulo 2 e foi concluído com o modelo de simulação do capítulo 6.

2) Com base em um sistema real de referência, levantar amostras de comportamento sistêmico, formalizar um referencial problemático e elaborar uma hipótese dinâmica acerca da relação causal entre as principais variáveis envolvidas no fenômeno da gestão de contratos de manutenção industrial.

No capítulo 4 articulou-se um problema real que serviu de base para o mapeamento da hipótese dinâmica e das relações causais entre as diversas variáveis que compõem o sistema estudado.

3) Testar a hipótese dinâmica criada através da elaboração e execução de um modelo de simulação.

A elaboração do modelo foi detalhada no capítulo 6, assim como seus parâmetros e condições iniciais. O desempenho do modelo pode ser verificado pelo teste de consistência dimensional e reprodução de comportamento que foram realizados com sucesso.

4) Com base no modelo desenvolvido, avaliar sua generabilidade e explorar possíveis inovações na gestão de contratos de manutenção industrial.

Julgou-se atingido este objetivo através do capítulo 7 “Projeto de Estruturas e Políticas Alternativas”, quando foi efetuada a simulação das cinco alternativas:

- Alternativa 01 - Manter a política atual;
- Alternativa 02 - Alterar o valor da variável “ajuste do nível de aderência desejada”;
- Alternativa 03 - Alterar o período de planejamento;
- Alternativa 04 - Alteração da margem de contribuição;
- Alternativa 05 - Combinação dos melhores cenários das alternativas acima.
- Também para cada uma destas alternativas foi simulado um choque de demanda, testando o comportamento do modelo sob esta condição.

Uma vez atingido os objetivos específicos atingi-se o objetivo principal tendo sido apresentado a dinâmica típica da gestão de contratos de manutenção industrial através do modelo de simulação baseado no estudo de um caso real.

8.2. Contribuições

Em termos específicos, os resultados obtidos devem ser de especial interesse de gestores de contratos de manutenção industrial e proporcionam idéias iniciais acerca de mudanças em políticas e estruturas capazes de atenuar o problema. Em termos genéricos, o modelo criado também pode ser usado para representar problemática semelhante apresentada por outros tipos de sistemas produtores de serviço, expandindo significativamente o universo de aplicação do modelo.

O modelo apresentado pode ser adaptado à realidade de outros contratos de prestação de serviços. Desta forma pode ser uma ferramenta auxiliar para que o gestor possa propor simulação de mudanças buscando otimizar o sistema, buscando vantagem através das

variáveis preço e performance e através da criação de uma lista de atributos definidos para atender clientes específicos.

8.3. Limitações

1. A margem de contribuição não impacta a demanda. Na simulação com margem superior a 10% o sistema continuou aumentando o número de contratos, ou seja, o modelo não capturou o impacto da margem no número de contratos. Cabe uma investigação mais detalhada para analisar a sensibilidade da demanda em relação à margem de contribuição.
2. A curva simulada difere da curva real. A curva obtida através da simulação apresentou perfil diferente ao comportamento da curva obtida com dados reais. O modelo não conseguiu captar uma possível retração no mercado em um determinado período que pode ter afetado a entrada de contratos, razão pela qual a entrada de contratos teve uma queda acentuada.
3. Como não houve queda do número de contratos, a sensibilidade do modelo não foi capaz de detectar o comportamento de queda de aderência. Devido a este fato a curva da aderência real difere da curva simulada pelo modelo.

8.4. Sugestão para trabalhos futuros.

Algumas sugestões para trabalhos futuros que permitem dar continuidade a esta pesquisa são:

1. Incorporar rotina para que a margem de contribuição tenha impacto na demanda. Na simulação com margem superior a 10% o sistema continuou aumentando o número de contratos, ou seja, o modelo não capturou o impacto da margem no número de contratos. Cabe uma investigação mais detalhada para analisar a sensibilidade da demanda em relação à margem de contribuição.

2. Construir um modelo para simular o comportamento de um contrato específico, este modelo poderá servir de parâmetro para ajustes de sensibilidade do modelo apresentado.
3. Efetuar os testes utilizando ferramenta específica para delineamento de experimentos.
4. Incorporar rotina para capturar uma possível retração no mercado e testar o comportamento sob esta condição.
5. Focar o modelo em grupos de contratos (pequeno, médio e grande), com focos diferenciados em função dos resultados obtidos e em função de possibilidades futuras com isso pode-se buscar o “*world class*” em segmentos específicos.

Referências Bibliográficas

ABRAMAN, Associação Brasileira de Manutenção - DOCUMENTO NACIONAL – A **situação da Manutenção no Brasil**. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462-1994.

BARRY, Richmond. “*System Dynamics/Systems Thinking: Let's Just Get On With It*”, Delivered at the 1994 International Systems Dynamics Conference in Sterling, Scotland.

BRILL, James H. “**Systems Engineering. A Retrospective View**”. John Wiley & Sons, Inc. Syst. Eng. 1998. pp 258-266.

CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro; SOUSA, George W. L.; GROESBECK, Richard L.; AKEN, Eileen Van. “*Conceptual Design of Performance Measurement Systems Based on Enterprise Engineering and System Dynamics Concepts*”. Published in the proceedings of the 4th International Conference on Performance Measurement and Management. Edinburgh, UK. July 28-30-2004. pp. 203-210.

CHANG, Y; MAKATSORIS, H. “*Supply Chain Modeling Using Simulation*”. University of Cambridge: Institute for Manufacturing, 2001.

CHASE, Richard B.; ZHANG, Alex. “*Operations management: internationalization and interdisciplinary integration*”. International Journal of Operations & production management, Vol.18, n.7. 1998. pp.663-667.

CHURCHMAN, C. West. **Introdução à teoria dos sistemas**. 2. ed. Petrópolis: Vozes, 1972.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. N. **Just In Time, MRP II e OPT: um enfoque estratégico**. São Paulo: Editora Atlas. 1993.

CORRÊA, H.; CAON, M. **Gestão de Serviços**. São Paulo: Editora Atlas. 2002.

CORRÊA, Henrique Luiz; GIANESI, I. N. **Administração estratégica de serviços**. São Paulo: Editora Atlas. 1994.

DEWHURST, Frank W.; BARBER Kevin D.; PRITCHARD Matthew C. “*In search of a general enterprise model*”. Management Decision, Vol. 40/5, 2002. pp. 418-427.

DUARTE, Felipe de Melo; SUBRAMANIAN Anand; SILVA, Luiz Bueno da. “*Construction of mathematical models to evaluate production lines of a footwear company*”. Third International Conference on Production Research Americas’ Region 2006 (ICPR-AM06).

DISNEY S. M.; NAIM M. M.; TOWILL D. R. “*Dynamic simulation modeling for lean logistics*”. Systems Dynamics Group, University of Wales, Cardiff, UK, International Journal of Physical, Distribution & Logistics Management, Vol. 27 No. 3/4, 1997. pp. 174-196. © MCB University Press, 0960-0035

EVANS, James R. “*Production/Operations Management*”. West publishing Company, USA, 1997.

FERNANDEZ, Oscar; LABIB, Ashraf W.’; WALMSLEY, Ralph; PETTY, David J. “*A decision support maintenance management system*”. International Journal of Quality & Reliability Management. Vol. 20 N. 8, 2003. pp. 956-979

FILHO, Gil Branco. **Dicionário de termos de manutenção, confiabilidade e qualidade**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2000.

FILHO, Paulo José de Freitas. **Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas**. Visual Books, 2001.

FITZSIMMONS, James A.; FITZSIMMONS, Mona J.. **Administração de serviços: Operações, estratégia e tecnologia de informação**. 2. ed. Porto Alegre Bookman 2000.

FLEURY, Afonso Carlos Correa; FLEURY, Maria Tereza Leme. **Estratégias empresariais e formação de competências: um quebra-cabeça caleidoscópico da indústria brasileira**. 3. ed. São Paulo: Atlas. 2004.

FORRESTER, J. W. “**The Beginning of System Dynamics**”. Banquet Talk

FORRESTER, J. W.; “**Designing the future**”. Universidad de Sevilla, Sevilla, Spain December, 1998.

FOWLER, Alan. *“Feedback and feedforward as systemic frameworks for operations control”*. University of Newcastle upon Tyne, UK. 1999.

FRASER, John. *“Managing Change through Enterprise Models”*. Presented at Expert Systems 94, the Fourteenth annual Technical Conference of the British Computer Society Specialist Group on Expert systems. Cambridge, Dezembro 1994.

FREITAS, P.F. **Introdução a Modelagem e Simulação de Sistemas – Com Aplicações em Arena**. Florianópolis: Visual Books, 2001.

IBM *“Business on Demand”*. Disponível em: <http://www.ibm.com/news/br/publications>. Acessado em: Janeiro, 2005.

INCOSE Insight. *“Intelligent Enterprises”*. A publication of The International Council on Systems Engineering. Vol.6 Issue 2. January 2004.

Introduction to Systems Thinking. Disponível em: <http://www.systems-thinking.org/intst/int.htm>. Acessado em: Setembro, 2006.

JOHNSTON, Robert; CLARK, Graham. **Administração de Operações de Serviços**. São Paulo: Atlas. 2002.

KAPLAN, Robert S.; Norton, David P. **Mapas estratégicos: convertendo ativos intangíveis em resultados tangíveis**. 6. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

KARDEC, Alan; LAFRAIA, João Ricardo. **Gestão estratégica e confiabilidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: Função Estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio; BARONI, Tarcísio. **Gestão estratégica e técnicas preditivas**. Rio de Janeiro: Qualitymark. 2002.

KARDEC, Alan; RIBEIRO, Haroldo. **Gestão Estratégica e Manutenção Autônoma**. Rio de Janeiro. Qualitymark. 2002.

KOSANKE, Kurt; VERNADAT, François; ZELM, Martin. *“CIMOSA: enterprise engineering and integration”*. Computer in Industry 40, pp 83-97. 1999.

KOTLER, Philip. **Administração de marketing: análise, planejamento, implementação e controle**. São Paulo: Atlas Ed. 5. 1998.

KUMAR, Rakesh; VRAT, Prem. *“Using Computer Models in Corporate Planning”*, Long Range Planning, Vol. 22, No. 2, pp. 114-120. 1989.

LAFRAIA, João Ricardo Barrusso. **Manual da confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark. 2001.

LAI, C. L.; IP, W. H.; LEE, W. B. *“The system dynamics model for engineering services”*, Volume 11 . Number 3. 2001. pp. 191-199 ISSN 0960-4529

MARCONI, M.; LAKATOS, E. **Técnicas de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas. 1999.

MARQUEZ, Adolfo Crespo; GUPTA, Jatinder N. D.; HEGUEDAS, Antonio Sanchez. *“Maintenance policies for a production system with constrained production rate buffer capacity”* International Journal of Production Research, Vol. 41, Num. 9. 2003.

MARQUEZ, Adolfo Crespo; HEGUEDAS, Antonio Sanchez. **“Models for Maintenance Optimization: a study for repairable systems and finite time periods”**. Reliability Engineering & System Safety, Number 75. 2002. pp. 367-377.

MIT System Dynamics in Education Project. Disponível em: <http://sysdyn.clexchange.org>. Acessado em: Agosto, 2006.

MORRISON, J., Ian. **A segunda curva: Estratégias revolucionárias para enfrentar mudanças aceleradas**. Rio de Janeiro: Campus.1997.

PATROKLOS, Georgiadis; DIMITRIOS, Vlachos; ELEFTHERIOS, Iakovou. *“A system dynamics modeling framework for the strategic supply chain management of food chains”*. Journal of Food Engineering 70. 2005. pp. 351–364.

PIDD, Michael. **Modelagem empresarial: ferramentas para tomada de decisão**. São Paulo: Artes médicas Sul Ltda. 1998.

PRADO, D. **Usando o arena em Simulação**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1999.

RENTES, Antonio Carlos. **TransMeth – Proposta de uma metodologia para condução de processos de transformação de empresas**. Tese de livre docência apresentada a Universidade de São Paulo Escola de Engenharia de São Carlos. 2000.

ROAD MAPS 2. “*A guide to learning system dynamics*”. Massachusetts Institute of Technology (MIT); System Dynamics in Education Project under the Supervision of Jay W. Forrester.

SARANGA, Haritha. “**Relevant condition-parameter strategy for an effective condition-based maintenance**”. Journal of Quality in maintenance Engineering. Vol. 8 No. 1. 2002. pp. 92-105.

SCHOLZ, W. Roland. “*Embedded Case Study Methods – Integrating Quantitative and Qualitative Knowledge*”. Sage Publications, Inc., Thousand Oaks, CA. 2002.

SCRAMIM, Fernando Cezar Leandro; BATALHA, Mário Otávio. **Método para análise de benefícios em cadeias de suprimento: um estudo de caso**. Gestão da Produção, vol.11, no.3. 2004. pp.331-342. ISSN 0104-530X.

SENGE, Peter M. **A quinta disciplina**. 2000.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas 2. edição. 2002.

SOUSA, George W.L. “*Impact of Alternative Flow Control Policies on Value Stream Delivery Robustness Under Demand Instability: a System Dynamics Modeling and Simulation Approach*”, Tese de Doutorado, Virginia Polytechnic Institute and State University, September, Blacksburg, VA – USA. 2004.

SOUSA, George W.L.; CARPINETTI, Luiz R. C.; GROESBECK, Richard L.; AKEN, Eileen M. Van. “*Enterprise Analysis and Conceptual Redesign Using System Dynamics Modeling and Simulation*” IX ICIEOM. Ouro Preto, Brasil. October 22-24-2003

SOUSA, George W.L.; CARPINETTI, Luiz R. C.; GROESBECK, Richard L.; AKEN, Eileen M. Van. “*Conceptual design of performance measurement and management systems using a structured engineering approach*” International Journal of Productivity and Performance Management, Vol. 54 No. 5/6. 2005.

SOUSA, George W.L.; GROESBECK, Rick L. “*Enterprise Engineering: Managing Dynamic Complexity and change at the Organizational level*”, Proceedings of the American Society for Engineering Management Conference. Alexandria, VA USA. october 20-23-2004

SOUSA, George W.L.. **Aplicação de conceitos de modelagem e integração de empresas no gerenciamento de projetos de transformação organizacional**. Dissertação de mestrado da Universidade de São Paulo. São Paulo. 1999.

STERMAN, John D. “*A Skeptic's Guide to Computer Models*”. The Microcomputer Software Catalog. Boulder, CO: Westview Press. 1991. pp. 209-229.

STERMAN, John D. “*All models are wrong: reflections on becoming a systems scientist*”. Systems Dynamics Review, v. 18, n. 4. 2001. pp. 501-531.

STERMAN, John D. “*System dynamics modeling for project management*”. MIT Sloan School of Management. Cambridge. 1992.

STERMAN, JOHN D. “*System Dynamics Modeling: Tools for learning in a complex world*”. California Management Review. Vol 43, n ° 4. 2001.

STERMAN. John. D. “*Business Dynamics – Systems Thinking and Modeling for a Complex World*”. McGraw-Hill. 2000.

System Dynamics. Disponível em: <http://sysdyn.clexchange.org/sd-intro/home.html>. Acessado em Março, 2005.

TAVARES, L. Augusto. **Administração moderna da manutenção**. Rio de Janeiro: Novo pólo. 1999.

VASCONCELLOS. Maria José Esteves de. **Pensamento Sistêmico: o novo paradigma da ciência**. Puc Minas. 2003.

VEASEY Philip W. “*Use of enterprise architectures in managing strategic change*”; International Journal of Operations & Production Management, Vol 7 N. 5. 2001. pp. 420-436.

WOLSTENHOLME, E. F. “*The use of system dynamics as a tool for intermediate level technology evaluation: three case studies*”. Journal of Engineering and Technology Management 20. 2003. pp.193–204.

YEON, Seung-jun; PARK, Sang-hyun; KIM, Sang-wook. “*A Dynamic diffusion model for managing customer’s expectation and satisfaction*”, Technological Forecasting & social Change, May 2005.

YIN, R.K., **Estudo de caso – planejamento e métodos. 2º Ed.** Porto Alegre: Bookman, 2001.

Resumo Classificatório do Levantamento Bibliográfico.

A lista abaixo apresenta um resumo das referências bibliográficas utilizadas classificadas nas quatro áreas focadas por este estudo: gestão de serviços e gestão da manutenção, gestão de mudança organizacional, modelagem e dinâmica de sistemas.

Fonte	Gestão de serviços e gestão da manutenção	Gestão da mudança organizacional	Modelagem	Dinâmica de sistemas
ABRAMAN, 2005	•			
ABNT, 1994	•	•		
BARRY, 1994				•
BRILL, 1998	•			
CARPINETTI, 2004		•		•
CHANG, 2001			•	
CHASE, 1998		•		
CHURCHMAN, 1972			•	•
CORRÊA, 2002	•			
CORRÊA, 1994	•			
CORRÊA, 1993		•		
DEWHURST, 2002		•	•	
DUARTE, 2006			•	
DISNEY, 1997			•	•
EVANS, 1997	•			
FERNANDEZ, 2003	•			
FILHO, 2001			•	
FILHO, 2000	•			
FRITZIMMONS, 2000	•			
FLEURY, 2004	•	•		
FORRESTER, 1998		•		

FOWLER, 1999	•	•		
FRASER, 1994		•		
FREITAS, 2001			•	
IBM, 2003	•			
INCOSE, 2004	•	•		
JOHNSTON, 2002	•			
KAPLAN, 2004		•		
KARDEC, 2002	•			
KARDEC, 1999	•			
KOSANKE, 1999		•	•	
KOTLER, 1998	•	•		
KUMAR, 1989			•	
LAFRAIA, 2001	•			
LAI, 2001				•
MARQUEZ, 2003	•			
MARQUEZ, 2002	•			
MORRISON, 1997		•		
PATROKLOS, 2005			•	•
PIDD, 1998		•	•	
PRADO, 1999			•	
RENTES, 2000		•		
SARANGA, 2002	•			
SCHOLZ, 2002		•		
SCRAMIN, 2004		•		
SENGE, 2000		•		•
SLACK, 2002	•			
SOUSA, 2005		•		•
SOUSA, 2004		•		•
SOUSA, 2003		•		•
SOUSA, 1999		•		•

STERMAN, 2001		•		•
STERMAN, 2001		•		•
STERMAN, 2000		•		•
STERMAN, 1992		•		•
STERMAN, 1991		•		•
TAVARES, 1999	•			
VASCONCELOS				•
VEASEY, 2001		•		
WOLSTENHOLME, 2003		•		•
YEON, 2005		•		•

Anexo A

Visão ampliada da Figura 5.17.

Anexo B

Visão Ampliada da Figura 5.18.

Biografia Resumida

Rafael Janiski graduado em Administração de empresas com MBA Executivo em Gerência de Projetos. Iniciou suas atividades profissionais em 1982 na Siemens Ltda fábrica de Curitiba como aprendiz de mecânica geral onde exerceu várias funções operacionais técnicas e consultivas. Atualmente é Consultor de Gerenciamento de Contratos cuja função é Gerenciar as atividades de Engenharia de manutenção elétrica, mecânica, civil e infraestrutura, atividades de projetos mecânicos e civis, oficina de usinagem, ajustagem e manutenção de dispositivos especiais para linha de produção.

Participante do Fórum de aprendizagem em Engenharia de sistemas Produtivos vinculado à área de Engenharia de Produção e Sistemas da PUC PR - 2006.

Áreas de interesse: Administração da Produção e Operações, Administração de materiais, Teorias da Administração, Sistemas dinâmicos, Pensamento Sistêmico e demais disciplinas relacionadas à gestão de processos industriais.

Sugestões, dúvidas e comentários são muito bem vindos e podem ser solicitadas ao autor através do e-mail rafael.janiski@uol.com.br.