



Ministério da  
**Ciência, Tecnologia  
e Inovação**



sid.inpe.br/mtc-m19/2013/01.07.11.42-TDI

**UMA ABORDAGEM UNIFICADA PARA MODELAGEM,  
SIMULAÇÃO E GESTÃO POR PROCESSOS E SUA  
APLICAÇÃO AOS SERVIÇOS DE INTEGRAÇÃO E  
TESTES DE PRODUTOS COMPLEXOS**

Luiz Alexandre da Silva

Dissertação de Mestrado do  
Curso de Pós-Graduação em  
Engenharia e Tecnologia Espaciais/  
Gerenciamento de Sistemas  
Espaciais, orientada pelos Drs.  
Germano de Souza Kienbaum, e  
Geilson Loureiro, aprovada em 05  
de fevereiro de 2013.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3DBGB82>>

INPE  
São José dos Campos  
2013

## **PUBLICADO POR:**

instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Gabinete do Diretor (GB)

Serviço de Informação e Documentação (SID)

Caixa Postal 515 - CEP 12.245-970

São José dos Campos - SP - Brasil

Tel.:(012) 3208-6923/6921

Fax: (012) 3208-6919

E-mail: pubtc@sid.inpe.br

## **CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELLECTUAL DO INPE (RE/DIR-204):**

### **Presidente:**

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

### **Membros:**

Dr. Antonio Fernando Bertachini de Almeida Prado - Coordenação Engenharia e Tecnologia Espacial (ETE)

Dr<sup>a</sup> Inez Staciarini Batista - Coordenação Ciências Espaciais e Atmosféricas (CEA)

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação Observação da Terra (OBT)

Dr. Germano de Souza Kienbaum - Centro de Tecnologias Especiais (CTE)

Dr. Manoel Alonso Gan - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

Dr<sup>a</sup> Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação

Dr. Plínio Carlos Alvalá - Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CST)

### **BIBLIOTECA DIGITAL:**

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação de Observação da Terra (OBT)

### **REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:**

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Yolanda Ribeiro da Silva Souza - Serviço de Informação e Documentação (SID)

### **EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:**

Vivéca Sant´Ana Lemos - Serviço de Informação e Documentação (SID)



Ministério da  
**Ciência, Tecnologia  
e Inovação**



sid.inpe.br/mtc-m19/2013/01.07.11.42-TDI

**UMA ABORDAGEM UNIFICADA PARA MODELAGEM,  
SIMULAÇÃO E GESTÃO POR PROCESSOS E SUA  
APLICAÇÃO AOS SERVIÇOS DE INTEGRAÇÃO E  
TESTES DE PRODUTOS COMPLEXOS**

Luiz Alexandre da Silva

Dissertação de Mestrado do  
Curso de Pós-Graduação em  
Engenharia e Tecnologia Espaciais/  
Gerenciamento de Sistemas  
Espaciais, orientada pelos Drs.  
Germano de Souza Kienbaum, e  
Geilson Loureiro, aprovada em 05  
de fevereiro de 2013.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3DBG82>>

INPE  
São José dos Campos  
2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

---

Si38a Silva, Luiz Alexandre da.  
Uma abordagem unificada para modelagem, simulação e gestão por processos e sua aplicação aos serviços de integração e testes de produtos complexos / Luiz Alexandre da Silva. – São José dos Campos : INPE, 2013.

xxiii + 138 p. ; (sid.inpe.br/mtc-m19/2013/01.07.11.42-TDI)

Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia Espaciais/ Gerenciamento de Sistemas Espaciais) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2013.

Orientadores : Drs. Germano de Souza Kienbaum, e Geilson Loureiro.

1. simulação de sistemas. 2. modelagem por processos de negócio. 3. modelagem conceitual. . I.Título.

CDU 519.876.5:004.414.23

---

Copyright © 2013 do MCT/INPE. Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida, armazenada em um sistema de recuperação, ou transmitida sob qualquer forma ou por qualquer meio, eletrônico, mecânico, fotográfico, reprográfico, de microfilmagem ou outros, sem a permissão escrita do INPE, com exceção de qualquer material fornecido especificamente com o propósito de ser entrado e executado num sistema computacional, para o uso exclusivo do leitor da obra.

Copyright © 2013 by MCT/INPE. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, microfilming, or otherwise, without written permission from INPE, with the exception of any material supplied specifically for the purpose of being entered and executed on a computer system, for exclusive use of the reader of the work.

Aprovado (a) pela Banca Examinadora  
em cumprimento ao requisito exigido para  
obtenção do Título de **Mestre** em

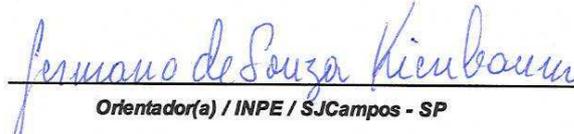
**Engenharia e Tecnologia  
Espaciais/Gerenciamento de Sistemas  
Espaciais**

Dr. Mauricio Gonçalves Vieira Ferreira



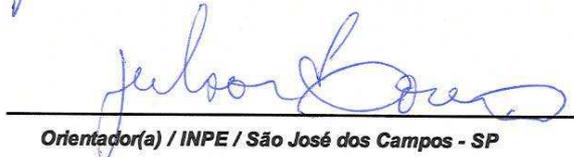
Presidente / INPE / SJC Campos - SP

Dr. Germano de Souza Kienbaum



Orientador(a) / INPE / SJC Campos - SP

Dr. Geilson Loureiro



Orientador(a) / INPE / São José dos Campos - SP

Dr. Solon Venâncio de Carvalho



Membro da Banca / INPE / SJC Campos - SP

Dr. Márcio Mattos Borges de Oliveira



Convidado(a) / FEARP/USP / Ribeirão Preto - SP

*Este trabalho foi aprovado por:*

( ) maioria simples

(x) unanimidade

Aluno (a): **Luiz Alexandre da Silva**

São José dos Campos, 05 de Fevereiro de 2013



## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Germano de Souza Kienbaum e Prof. Dr. Geilson Loureiro pelas valiosas contribuições e confiança depositada em meu trabalho.

Ao LIT/INPE pela oportunidade e apoio na execução desta pesquisa.

A minha esposa pelo exemplo de dedicação, tanto em sua pesquisa de mestrado quanto ao nosso filho, que me serviram de motivação para a conclusão deste trabalho.



## RESUMO

Este trabalho tem por objetivo apresentar uma Abordagem Unificada para Modelagem, Simulação e Gestão por Processos para uso no desenvolvimento do ciclo de vida completo de modelos de processos discretos e sua aplicação aos serviços de integração e testes de produtos complexos. Esta abordagem unificada é uma evolução da Abordagem Integrada para Simulação e Gestão Automática de Processos, proveniente de pesquisas originais desenvolvidas pelo grupo de pesquisa em Engenharia, Simulação e Gestão de Sistemas (ENGESIS), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), dentro de uma ampla área de conhecimentos denominada Ciência e Tecnologia de Processos (CTP). As potencialidades da abordagem são demonstradas com base em um estudo de caso real envolvendo os processos de serviços comerciais prestados para o setor industrial pelo Laboratório de Integração e Testes (LIT) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Brasil. Um Ambiente Integrado de Apoio é implementado, para se identificar antecipadamente o conflito dos recursos utilizados concorrentemente nos serviços prestados para a indústria e nos serviços relacionados com os programas espaciais. Este ambiente integrado faz uso de várias agendas de recursos compartilhados do LIT, obtidas por meio da importação de cronogramas dos projetos dos programas espaciais e da simulação e da gestão por processos dos serviços prestados à indústria. Entre as principais contribuições do trabalho se encontram: uma nova representação gráfica para a abordagem unificada proposta, que melhora o seu entendimento e evidencia a simetria e simultaneidade existentes na aplicação das técnicas de simulação e gestão por processos; e a criação do Ambiente de Apoio, para ser utilizado como ferramenta auxiliar para a redução da dificuldade enfrentada pelo LIT na identificação prévia de conflitos no uso de seus recursos compartilhados.



# **A UNIFIED APPROACH FOR MODELING, SIMULATION AND BUSINESS PROCESS MANAGEMENT AND ITS APPLICATION TO THE SERVICES OF INTEGRATION AND TESTING OF COMPLEX PRODUCTS**

## **ABSTRACT**

This work presents a systematic approach for integrating and unifying the use of Modeling, Simulation and Business Process Management techniques along the development of the complete life cycle of discrete event process models and demonstrates its application to the services of integration and testing of complex products. This unified approach is the evolution of another systematic approach, named an Integrated Approach for Simulation and Automatic Process Management, resulting from original research endeavors performed by the Systems Engineering and Management Science Research Group (ENGESIS) of the National Space Research Institute (INPE), as part of its scientific research in a broad knowledge area named Process Science and Technology (PROST). The potentialities of the approach are demonstrated by its use on a real case study involving the commercial services processes realized for the industrial sector by the Integration and Testing Laboratory (LIT) of INPE, Brazil. An Integrated Supporting Environment is implemented, to identify in advance the conflict of resources concurrently used in the services performed for the industrial sector and the services related with the space programs. This integrated environment makes use of the multiple schedules of LIT's shared resources, originated from the space programs and from the commercial services performed for the industry. The main contributions of the work are: a new graphical representation of the proposed unified approach that improves its understanding and highlights the symmetry and concurrency in the application of the simulation and of the business process management techniques; and the creation of the Supporting Environment to be used as an auxiliary tool for reducing the difficulty faced by LIT on prior identification of conflicts in use of their shared resources.



## LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Figura 2.1 - Elementos chaves da Engenharia de Sistemas. ....	13
Figura 2.2 - Abordagem de CE versus Abordagem Tradicional de SE. ....	21
Figura 3.1 - Ilustração sobre a CTP. ....	27
Figura 3.2 - Processo de MCU para CTP. ....	29
Figura 3.3 – Composição da Modelagem Conceitual Unificada. ....	30
Figura 3.4 - Processos da Modelagem Descritiva do Produto na MCU. ....	32
Figura 3.5 - Processos da Modelagem Descritiva do Produto na MCU - IDEF0. .....	33
Figura 3.6 - Modelagem do Ciclo de Vida do Produto na MCU em DMUS. ....	34
Figura 3.7 – Modelagem da Organização para Gestão por Processos na MCU. .....	35
Figura 3.8- Arquitetura do Conhecimento em CTP. ....	39
Figura 4.1 - Ciclo de vida do modelo na gestão por processos. ....	45
Figura 4.2 - Transformação do modelo da Abordagem Tradicional para a Integrada. ....	46
Figura 4.3 - Abordagem Unificada para Modelagem, Simulação e Gestão por Processos. ....	47
Figura 5.1 - Fase I : Elaboração da Proposta Comercial (etapa 1). ....	51
Figura 5.2 - Fase I: Elaboração da Proposta Comercial (etapa 2). ....	52
Figura 5.3 - Fase I: Elaboração da Proposta Comercial (etapa 3). ....	53
Figura 5.4 - Fase II: Execução do Serviço Proposto (etapa 4). ....	54
Figura 5.5 - Fase II: Execução do Serviço Proposto (etapa 5). ....	55
Figura 5.6 - Fase II: Execução do Serviço Proposto (etapa 6). ....	56
Figura 5.7 - Fase III: Faturamento do Serviço Prestado (etapa 7). ....	57
Figura 5.8 - Fase III: Faturamento do Serviço Prestado (etapa 8). ....	57
Figura 6.1 - BPD do processo de prestação de serviços. ....	61

Figura 6.4 - Projeto criado no ExpertFit com os dados extraídos do sistema eLIT. ....	65
Figura 6.5 - Tela principal da execução da simulação no SIMPROCESS. ....	67
Figura 6.6 - Processo <i>Processar Proposta</i> . ....	67
Figura 6.7 - Processo <i>Elaborar Proposta</i> . ....	68
Figura 6.8 - Processo <i>Processar Resposta Cliente</i> . ....	68
Figura 6.9 - Processo <i>Processar Serviço</i> . ....	69
Figura 6.10 - Processo <i>Faturar</i> . ....	69
Figura 6.11 - Detalhe do diagrama DMUS entre as atividades <i>Executar Serviço</i> e <i>Gerar Relatório</i> . ....	70
Figura 6.12 - Resultados do primeiro cenário de simulação. ....	71
Figura 6.13 - Resultados da execução do segundo cenário de simulação. ....	72
Figura 6.14 - Resultados da execução do terceiro cenário de simulação. ....	73
Figura 6.15 - Gráfico comparativo dos três cenários de simulação. ....	74
Figura 6.16 - BPD alterado do processo (Proposta Comercial). ....	75
Figura 6.17 - BPD alterado do processo (Execução). ....	75
Figura 6.18 - BPD alterado do processo (Faturamento). ....	76
Figura 6.19 – Modelo de dados do processo. ....	76
Figura 6.20 - Tela de Solicitação de Serviço. ....	77
Figura 6.21 - Tela de Análise do Processo no BizAgi. ....	78
Figura 7.1 - BPD do modelo do processo comercial do LIT da fase de elaboração de proposta comercial. ....	82
Figura 7.2 - BPD do modelo do subprocesso <i>Answer request</i> . ....	83
Figura 7.3 - BPD do modelo do subprocesso <i>Fill in service information</i> . ....	83
Figura 7.4 - DMUS do modelo do processo comercial do LIT da fase de elaboração de proposta comercial. ....	85
Figura 7.5 - DMUS do modelo do subprocesso <i>Answer request</i> . ....	87
Figura 7.6 - DMUS do modelo do subprocesso <i>Fill in service information</i> . ....	87
Figura 7.7 - IDEF0 do modelo do processo comercial do LIT da fase de elaboração de proposta comercial. ....	88

Figura 7.8 – IDEF0 do modelo do subprocesso <i>Answer request</i> . .....	89
Figura 7.9 – IDEF0 do modelo do subprocesso <i>Fill in service information</i> . .....	89
Figura 8.1 - Destaque dos elementos da Figura 4.2 explorados no ambiente integrado.....	92
Figura 8.2 - Ambiente integrado (conjunto de aplicativos) utilizados no estudo de caso.....	95
Figura 8.3 - Tela do aplicativo de análise.....	97
Figura 8.4 - Tela do aplicativo de importação. ....	98
Figura A.1 - Detalhamento do processo de elaboração de proposta comercial modelado no SIMPROCESS.....	125
Figura A.2 - Processo seguido para se obter as funções de distribuição estatística. ....	128
Figura A.3 - Diagrama do modelo de dados no BizAgi. ....	130
Figura A.4 - Formulário da aplicação web gerada no BizAgi relativo à atividade “Register service request”. ....	132
Figura A.5 - Definição da regra de negócio, relativa ao desvio (gateway) “Is necessary review?”, do processo “Answer request” no BizAgi. ....	133
Figura A.6 - Definição das ações da atividade “Send response” do processo “Answer request” no BizAgi. ....	134
Figura A.7 - Serviços SOAP criados. ....	135
Figura A.8 - Assinatura do serviço "scheduleResource". ....	136
Figura A.9 - Informações geradas pela aplicação web criada no BizAgi Studio sobre uma instância da atividade "Fill in service information". ....	137
Figura A.10 - Relatório gerado pela aplicação web sobre a quantidade de execuções dos processos modelados.....	137



## LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
Tabela 6.1 - Estatística dos recursos no primeiro cenário de simulação. ....	72
Tabela 6.2 - Estatística dos recursos no segundo cenário de simulação. ....	73
Tabela 6.3 - Estatística dos recursos na terceira simulação .....	73
Tabela 7.1 - Tabela com as descrições dos símbolos do DMUS.....	86
Tabela 7.2 - Tabela os novos símbolos adicionados ao DMUS.....	86
Tabela 8.1 - Descrição dos elementos destacados na Figura 8.1. ....	93
Tabela A.1 - Atributos de serviço e de recurso utilizados na simulação. ....	127
Tabela A.2 - Usuários, áreas e perfis cadastrados na aplicação web.....	135



## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABPMP	<i>Association of Business Process Management Professionals</i>
BPM	<i>Business Process Management</i>
BPMN	<i>Business Process Modeling Notation</i>
BPMS	<i>Business Process Management System</i>
BPD	<i>Business Process Diagram</i>
CTP	Ciência e Tecnologia de Processos
DCA	Diagrama de Ciclo de Atividades
DMUS	Diagrama para Modelagem Unificada em Simulação
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
EMI/EMC	<i>Electromagnetic Interference / Electromagnetic Compatibility</i>
ENGESIS	Grupo de Pesquisa do INPE de Engenharia, Gestão e Simulação de Sistemas Espaciais
LIT	Laboratório de Integração e Testes
MCU	Modelagem Conceitual Unificada para Engenharia Simultânea
PAC	Processo, Análise e Custos – Setor Comercial do LIT
SysML	<i>Systems Modeling Language</i>
UML	<i>Unified Modeling Language</i>



## SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. Motivação .....	4
1.2. Objetivos .....	5
1.3. O Problema Usado no Estudo de Caso .....	6
1.4. Metodologia Utilizada .....	7
1.5. Estrutura do trabalho .....	9
<b>2 REVISAO DA LITERATURA .....</b>	<b>11</b>
2.1. Sistemas a Eventos Discretos .....	11
2.2. Sistemas Complexos a Eventos Discretos .....	11
2.3. Engenharia de Sistemas .....	12
2.4. Engenharia Dirigida a Modelos (MDE).....	13
2.5. Engenharia (de Sistemas) Baseada em Modelos (MBSE e MBE) .....	14
2.6. Gerenciamento de Projetos .....	16
2.7. Simulação de Processos.....	17
2.8. Gestão por Processos de Negócios (BPM) .....	19
2.9. Engenharia Simultânea .....	20
2.10. Modelagem Conceitual .....	21
2.11. Modelagem Conceitual para Simulação .....	22
2.12. Representação Unificada do Modelo Conceitual para Simulação .....	23
<b>3 CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PROCESSOS .....</b>	<b>27</b>
3.1. Definição .....	27
3.2. Modelagem Conceitual Unificada para SE (MCU).....	28
3.3. <i>Framework</i> para CTP .....	37
<b>4 A ABORDAGEM UNIFICADA BASEADA EM CTP.....</b>	<b>43</b>
4.1. A Abordagem Tradicional para Gestão por Processos.....	44
4.2. A Abordagem Integrada para Simulação e Gestão Automática de Processos .....	46

4.3.	A Abordagem Unificada para Modelagem, Simulação e Gestão por Processos .....	47
<b>5</b>	<b>DESCRIÇÃO DO PROBLEMA - SERVIÇOS COMERCIAIS DO LIT .....</b>	<b>51</b>
5.1.	Fase I: Elaboração da Proposta Comercial .....	51
5.2.	Fase II: Execução do Serviço Proposto .....	53
5.3.	Fase III: Faturamento do Serviço Prestado .....	56
<b>6</b>	<b>ANÁLISE EXPLORATÓRIA DA ABORDAGEM PROPOSTA.....</b>	<b>59</b>
6.1.	Resumo das atividades da aplicação da abordagem proposta .....	59
6.2.	Detalhamento das atividades de MCU.....	60
6.3.	Implementação do Modelo de Simulação no SIMPROCESS.....	65
6.4.	Implementação do Modelo de Processos no BizAgi.....	74
<b>7</b>	<b>APLICAÇÃO DA MCU AO ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>79</b>
7.1.	Elaboração do Modelo de Gestão da Organização - BPD.....	81
7.2.	Elaboração do Modelo de Processos para Simulação - DMUS.....	84
7.3.	Elaboração do Modelo Descritivo de Processos do Sistema - IDEF0	87
<b>8</b>	<b>IMPLEMENTAÇÃO DO AMBIENTE INTEGRADO DE APOIO .....</b>	<b>91</b>
8.1.	O Ambiente Integrado para o Estudo do Processo.....	93
8.2.	O Aplicativo de Análise de Utilização de Recursos Compartilhados ..	96
8.3.	O Aplicativo de Importação de Recursos do MSProject .....	97
8.4.	O Aplicativo Comercial BPMS BizAgi Studio .....	98
8.5.	A Ferramenta de Simulação SIMPROCESS .....	99
8.6.	Utilização do Ambiente Integrado .....	100
8.7.	Comentários Gerais .....	102
<b>9</b>	<b>ANÁLISE DE RESULTADOS.....</b>	<b>105</b>
<b>10</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>109</b>
<b>11</b>	<b>PESQUISAS FUTURAS.....</b>	<b>113</b>
<b>APÊNDICE A - DETALHES DE IMPLEMENTAÇÃO DO AMBIENTE INTEGRADO</b>		
	<b>124</b>	
A.1.	Ferramentas de apoio ao desenvolvimento .....	124
A.2.	Implementação da Modelo Unificado do Processo no SIMPROCESS	
	125	

### A.3. Implementação da Modelo Unificado do Processo no BizAgi Studio 129



## 1 INTRODUÇÃO

Neste Capítulo introdutório apresenta-se a motivação para a realização deste trabalho, os seus objetivos, a metodologia adotada e como ele está estruturado. Ainda neste Capítulo discorre-se sobre o problema que será abordado em um estudo de caso.

A simulação e gestão de processos e de projetos são técnicas cada vez mais utilizadas por organizações cujos serviços e produtos necessitam ser constantemente aperfeiçoados para atender a um mercado cada vez mais exigente e competitivo, atender à crescente expectativa de seus clientes e enfrentar os novos desafios que se apresentam. Elas se constituem em importantes ferramentas para auxiliar a estruturação dos processos internos das organizações e a eficácia na utilização de todos os seus insumos: energia, dinheiro, recursos humanos e materiais.

A simulação de processos é uma ferramenta valiosa por fornecer um modo de se emular a operação e se avaliar o desempenho de um sistema qualquer sem a necessidade de se interferir no sistema real. Essa é uma característica vantajosa em muitos casos como, por exemplo, no estudo de um hospital, que não pode ter suas atividades alteradas, trocadas ou paradas constantemente apenas para coleta de dados para posterior análise. Ou de uma fábrica, cuja linha de produção não pode ser parada a qualquer momento para teste de novas situações. Logo, quando se deseja estudar o comportamento de sistemas complexos e caros, a simulação se apresenta como uma alternativa atraente e viável.

A Gestão de Processos de Negócio (BPM, do inglês, *Business Process Management*) é uma abordagem sistemática para identificar, desenhar, executar, documentar, medir, monitorar, controlar e melhorar processos de

negócio automatizados ou não para alcançar os resultados pretendidos consistentes e alinhados com as metas estratégicas de uma organização (ABPMP, 2009). Seu principal objetivo é proporcionar aos diretores de empresa os elementos de informação correta para a alocação adequada dos recursos da organização, aumentando a sua eficiência e rentabilidade, por meio da gestão sistemática dos seus processos de negócios. A gestão deve ser realizada de uma maneira rápida e flexível para proporcionar à organização uma agilidade de negócios exigida pelo ambiente competitivo de hoje.

Uma solução tecnológica para apoiar a metodologia de gestão por processos é denominada de sistema para gestão de processos de negócios (BPMS, do inglês, *Business Process Management System*). As ferramentas computacionais de apoio à gestão de processos de negócios trabalham em toda a extensão do ciclo de vida do sistema: Modelagem, Implementação, Execução, Análise e Monitoramento. Elas proveem um ambiente de desenvolvimento de modelos de processos bastante moderno e avançado, compreendendo a modelagem do problema, o desenvolvimento de aplicativos para operacionalização dos modelos e também mecanismos para seu monitoramento e controle, visando a melhoria destes processos.

*Design and Process Science* pode ser traduzido por *Ciência do Projeto e do Processo*, denominação criada pela *Society for Design and Process Science* (SDPS, 1995) para designar de forma genérica os métodos, técnicas e ferramentas usadas no projeto e no desenvolvimento de processos de engenharia de sistemas complexos. Neste trabalho, utiliza-se uma designação semelhante a esta, denominada *Ciência e Tecnologia de Processos (CTP)*, para se referir ao estudo e à solução de problemas envolvendo processos de negócios de uma forma completa, isto é, tanto aqueles relacionados à produção quanto os que envolvem a organização produtora, englobando todos os processos do ciclo de vida de um produto ou sistema.

A CTP compreende a evolução e a aglutinação de conceitos e técnicas que já vêm sendo utilizados há bastante tempo, como os de Engenharia de Sistemas (*Systems Engineering*), Gerência de Projetos (*Project Management*), Modelagem e Simulação de Sistemas, Gestão por Processos de Negócios (*Business Process Management*), e (Re)-Engenharia de Processos (*Business Process Re-Engineering*), visando à melhoria dos processos de desenvolvimento de produtos e serviços em geral. Desta forma, a CTP pode ser vista como uma ampla área de estudos sobre processos que agrega e unifica as diversas visões especializadas típicas dos diferentes agentes envolvidos em estudos de processos, tais como analistas de TI, engenheiros, gerentes de projeto e gestores do sistema.

Este trabalho se enquadra neste contexto amplo da CTP, contribuindo com a criação de uma Abordagem Unificada para Modelagem, Simulação e Gestão por Processos e demonstrando a sua aplicação na condução de estudos dos processos relacionados com a integração e testes de produtos complexos.

Inicialmente procura-se identificar e organizar os conceitos básicos sobre a própria CTP, área do conhecimento ainda em formação, de forma a contribuir com sua consolidação. Apresenta-se a seguir um *Framework* geral para a realização de estudos de CTP e a Abordagem Unificada para Modelagem, Simulação e Gestão por Processos como uma parte deste *Framework*.

A abordagem formulada é aplicada a um estudo de caso, envolvendo os processos de serviços comerciais de integração e teste de produtos complexos efetuados pelo Laboratório de Integração e Testes do INPE (INPE.LIT, 2012), de forma a demonstrar o potencial das técnicas e das ferramentas apresentadas e a criar modelos e aplicativos desatinados a auxiliar a simulação e gestão deste sistema.

Os modelos e aplicativos criados auxiliam a tomada de decisão sobre o sistema com respeito aos aspectos relacionados com a automatização do sistema real, melhoria do desempenho e de suas capacidades de monitoramento, de análise e de evolução contínua dos seus processos componentes.

### **1.1. Motivação**

Existe uma grande dificuldade por parte da equipe do LIT em assegurar a gestão eficiente dos processos relacionados ao atendimento da sua missão espacial e à prestação de serviços comerciais externos, quando estas atividades ocorrem concomitantemente. Isto ocorre porque há uma grande quantidade e diversidade de recursos disponíveis no LIT envolvidos nestes processos, tais como: recursos humanos, constituídos por seus técnicos e engenheiros; recursos materiais, constituídos por câmaras climáticas, câmaras vácuo-térmicas, vibradores, câmaras anecóicas, espaço para armazenamento, escritórios, salas de reunião, entre outros.

Acrescente-se a este fato que a quantidade de serviços prestados vem aumentando ao longo do tempo (INPE.LIT, 2009), soma dos programas espaciais e clientes externos, prevendo-se assim, uma dificuldade ainda maior para o futuro.

Na busca por mecanismos para auxiliar na resolução destes problemas, identificou-se nos conceitos e técnicas encontrados na literatura e em outros em desenvolvimento dentro do Grupo de Pesquisa ENGESIS, como a Modelagem Conceitual Unificada para Engenharia Simultânea (MCU) e a Integração de Simulação e Gestão por Processos, a base para a formulação de uma Abordagem Unificada para Modelagem, Simulação e Gestão por Processos e sua aplicação aos serviços de integração e testes de produtos complexos, visando auxiliar a tomada de decisão pelos gestores do LIT.

## 1.2. Objetivos

O **objetivo principal** deste trabalho é consolidar conceitos, métodos e técnicas voltados para a modelagem e análise de sistemas discretos complexos na forma de uma Abordagem Unificada para Modelagem, Simulação e Gestão por Processos, para ser aplicada num contexto de engenharia simultânea de sistemas.

A Abordagem Unificada para Modelagem, Simulação e Gestão por Processos é descrita a partir da evolução da Abordagem Integrada para Simulação e Gestão Automática de Processos (TRAVASSOS, 2007), por meio do direcionamento do seu foco para a construção dos modelos unificados de processos.

Os **objetivos complementares** são:

1. Contribuir com a extensão e solidificação da CTP, envolvendo tanto aspectos metodológicos como a questão da criação de ambientes integrados de apoio à mesma.
2. Demonstrar a aplicação da abordagem proposta na criação de um modelo unificado para simulação e gestão por processos de um sistema real, mais especificamente os processos de serviços comerciais prestados pelo LIT;
3. Implementar aplicativos de apoio, na forma de um ambiente integrado, visando auxiliar na gestão da operação do sistema real, englobando aspectos relativos à sua execução, simulação, desempenho, capacidade de monitoramento, análise e melhoria contínua de seus processos componentes.
4. Contribuir para a redução e ou eliminação da dificuldade que os profissionais do LIT têm em identificar conflitos de uso dos recursos compartilhados nas atividades relacionadas com os programas espaciais e atividades de prestação de serviços comerciais.

### **1.3. O Problema Usado no Estudo de Caso**

O LIT é o laboratório de integração e testes de dispositivos espaciais do INPE, constituído por um complexo de laboratórios que realiza a montagem, integração e testes de dispositivos espaciais para o programa espacial brasileiro e de nações com as quais o INPE desenvolve atividades de cooperação técnico científica (INPE.LIT, 2012). Pelo LIT já passaram vários satélites, inclusive de outros países, como China, Argentina e Estados Unidos.

Além das atividades relacionadas à área espacial, o LIT também realiza a prestação de serviços para a indústria brasileira, oferecendo todo o conhecimento adquirido ao longo do programa espacial brasileiro para fomentar o desenvolvimento da indústria nacional. Esta prestação de serviços ocorre simultaneamente com as atividades espaciais, sendo estas prioritárias quando existe algum conflito na alocação dos recursos disponíveis no LIT.

Existe um setor específico no LIT denominado PAC (Planejamento, Análise e Custos) que é responsável por realizar a interface entre o cliente comercial e os laboratórios do LIT. Outro setor, sob responsabilidade do PAC, é responsável pelo recebimento, armazenamento e devolução dos equipamentos de clientes, que serão submetidos a algum tipo de serviço no LIT. Esse setor é denominado Setor de Estocagem. O LIT conta também com um setor de documentação responsável pelo armazenamento e controle dos documentos gerados internamente e dos recebidos do mundo externo.

A interface do LIT com um programa espacial é realizada por um membro da equipe do LIT, na maioria das vezes um engenheiro com participação em programas espaciais anteriores. Em geral, existe um membro da equipe do LIT responsável para cada um dos diferentes programas. Uma forma comum de comunicação entre o LIT e o programa é por meio do uso de gráficos do Gantt,

onde são alocados no tempo os recursos do LIT versus as atividades dos laboratórios.

Pode-se citar alguns dos laboratórios que fazem parte desse complexo, que estão envolvidos com atividades espaciais e com a prestação de algum tipo de serviço para clientes externos. Esses laboratórios possuem equipamentos de alta tecnologia e um grupo de profissionais (técnicos e engenheiros) altamente qualificados. Alguns desses laboratórios são: Laboratório de Antenas, Laboratório de EMI / EMC, Laboratório de Medidas de Propriedade de Massa, Laboratório de Metrologia, Laboratório de Qualificação de Componentes, Laboratório Vácuo Térmico, Laboratório de Vibração Mecânica e Acústica.

O atendimento às atividades relacionadas às missões espaciais e aos serviços comerciais prestados pelo LIT dá a este um caráter de sistema complexo a eventos discretos. Esta complexidade e os benefícios potenciais esperados com a modelagem e análise dos processos do sistema motivaram a sua escolha para a realização do estudo de caso e a demonstração do potencial da abordagem baseada em CTP proposta no trabalho.

#### **1.4. Metodologia Utilizada**

As definições de MCU, CTP e de *Framework* para CTP usadas neste trabalho são abstrações criadas pelo Grupo de Pesquisa do INPE de Engenharia, Gestão e Simulação de Sistemas Espaciais (ENGESIS) para compor uma visão holística de modelos de processos de sistemas discretos complexos, com vistas à realização de estudos (modelagem e análise) mais completos e a melhoria na execução de projetos da engenharia simultânea de sistemas.

Todas as construções não explicitamente referenciadas como sendo da autoria de terceiros, relacionadas aos conceitos acima citados, constituem material original desenvolvido pelo grupo ENGESIS e uma síntese de pesquisas que

vem sendo publicadas sobre o tema, destacando-se os trabalhos Silva et al. (2011) e Kienbaum et al. (2012) como as mais recentes e que tiveram participação do autor deste trabalho.

No tocante à forma de representação de modelos unificados de processos, este trabalho propõe que seja adotada a ideia sugerida por Onggo (2009) na sua proposta de Representação Unificada do Modelo Conceitual, que é a de documentar o modelo conceitual por meio do uso de diversos tipos de diagramas e representação textual (visões multifacetadas).

Devido às características do problema utilizado no estudo de caso, entretanto, os principais aspectos a serem abordados referem-se à evolução do modelo ao longo do seu ciclo de vida e aos processos de gestão da organização, não havendo necessidade de uma diversidade grande de diagramas como sugerida em Onggo (2009), sendo possível tratar o problema com o uso de notações do tipo workflow e BPMN. Não se faz uso extensivo de outros diagramas provenientes da UML (OMG, 2005) ou SysML (OMG, 2012), portanto, que são mais adequados para a descrição de aspectos estruturais de sistemas – software e hardware - do que da dinâmica de seus processos de produção.

Uma parte das formulações apresentadas, a Abordagem Unificada para Modelagem, Simulação e Gestão por Processos proposta, é resultado da evolução da Abordagem Integrada para Simulação e Gestão Automática de Processos (TRAVASSOS, 2007), que foi modificada pelo autor pela ênfase dada à fase de modelagem, tendo sido renomeada por este motivo.

Na etapa de implementação, pela ausência de um ambiente genérico que pudesse ser utilizado para tratar de forma integrada todo o ciclo de vida do modelo conforme preconizado pela CTP, foi adotada uma solução *ad hoc* baseada em ferramentas genéricas pré-existentes e na construção e integração de alguns aplicativos na forma de um ambiente de apoio para demonstração da abordagem proposta.

As ferramentas genéricas pré-existentes utilizadas foram o BPMS BizAgi Studio (BIZAGI.WIKI, 2011), que foi usado como apoio para o desenvolvimento dos aplicativos voltados para a operação do sistema real, enquanto o simulador foi construído utilizando-se o ambiente de simulação SIMPROCESS (CACI, 2011). Assim, com o uso do BPMS BizAgi Studio e do SIMPROCESS foi possível cobrir todo o ciclo de vida do modelo do sistema segundo a abordagem proposta, embora a uniformidade e a consistência entre os modelos para a gestão e simulação implementados tiveram que ser asseguradas de forma independente pelo próprio modelador.

O ambiente integrado resultante, que visa contribuir com a solução do problema de conflitos de recursos no LIT, é formado pelo conjunto das ferramentas genéricas pré-existentes e dos aplicativos especialmente desenvolvidos para o estudo de caso. Ele possui as seguintes funcionalidades: importação dos dados dos cronogramas de programas espaciais; automatização e simulação do processo de geração de propostas comerciais; e exibição dos conflitos de recursos compartilhados.

### **1.5. Estrutura do trabalho**

Este trabalho está estruturado da seguinte forma: o Capítulo 1 consiste desta introdução; o Capítulo 2 apresenta de maneira concatenada os conceitos e fundamentos teóricos nos quais o trabalho está baseado; o Capítulo 3 apresenta os conceitos provenientes do grupo de pesquisa do INPE, ENGESIS, que foram a base sólida para este trabalho, como a própria CTP, a Modelagem Conceitual Unificada e o modelo organizado do conhecimento sobre processos desenvolvido pela pesquisa com vistas à consolidação da CTP, denominado *Framework* para CTP; o Capítulo 4 apresenta a Abordagem Unificada para Modelagem, Simulação e Gestão por Processos e a sua origem; o Capítulo 5 descreve em detalhes o problema usado no estudo de caso, o processo de prestação de serviço comercial do Laboratório de Integração e

Teste do INPE; o Capítulo 6 contém uma análise exploratória realizada para se verificar a viabilidade da aplicação da abordagem proposta; o Capítulo 7 apresenta o estudo de caso, descrevendo a aplicação da modelagem conceitual e sua representação na forma unificada; o Capítulo 8 apresenta de forma sucinta a implementação do ambiente integrado; o Capítulo 9 apresenta a análise dos resultados; o Capítulo 10 apresenta as conclusões da pesquisa; o Capítulo 11 descreve aspectos que ficaram fora do escopo da pesquisa e que podem ser eventualmente considerados para a realização de pesquisas futuras; e finalmente, o Apêndice A apresenta os detalhes da implementação do ambiente integrado.

## **2 REVISAO DA LITERATURA**

Neste Capítulo, devido ao caráter multidisciplinar deste trabalho, são definidos de forma concatenada os conceitos teóricos a ele relacionados. Os conceitos aqui apresentados são expostos de forma gradual, partindo-se dos conceitos mais genéricos para os mais específicos e preservando-se o melhor possível a ordem cronológica do seu surgimento, até culminarem nos conceitos de CTP e de *Framework* para CTP.

### **2.1. Sistemas a Eventos Discretos**

Sistemas a eventos discretos são aqueles cujas variáveis de estado mudam apenas em instantes pontuais no tempo, isto é, seu estado se modifica por meio de saltos instantâneos e não de forma contínua. Neste último caso os sistemas são ditos contínuos e suas variáveis de estado podem ser modeladas utilizando-se equações diferenciais. Há naturalmente casos onde as duas formas de comportamentos estão presentes e os sistemas deste tipo são ditos híbridos ou mistos. O que determina a evolução do sistema no caso de sistemas a eventos discretos é a ocorrência de eventos e não simplesmente o passar do tempo e, embora o tempo seja um parâmetro importante, este não é determinante (MENDES, 1998).

### **2.2. Sistemas Complexos a Eventos Discretos**

Neste trabalho, utiliza-se a denominação de produto complexo para designar um produto que exige sofisticados processos de produção e exibe um conjunto de partes muito grandes, que precisam ser integradas e harmonizadas para permitir a sua manufatura e perfeita operação. Acrescente-se a este fato que a criação e manufatura desse produto necessitam também da existência de uma organização bastante complexa em pleno funcionamento e tem-se o conceito de um sistema complexo a eventos discretos. Ele corresponde à visão de teoria

de sistemas aplicada de forma unificada sobre o conjunto formado pelo produto complexo e por sua organização produtora.

### 2.3. Engenharia de Sistemas

Segundo o SEBok (Systems Engineering Body of Knowledge), referenciado em Pyster et al. (2012), a definição de Engenharia de Sistemas (SE, do inglês, *Systems Engineering*) é uma abordagem interdisciplinar e visa tornar possível a realização de sistemas que satisfazem as necessidades de seus clientes, usuários e outras partes interessadas. Os seus elementos chave podem ser visualizados na Figura 2.1 e são eles:

- Os princípios e conceitos que caracterizam um sistema, onde um sistema é uma combinação de elementos de sistemas (**componentes**) interagindo para realizar um ou mais objetivos definidos. O sistema interage com seu ambiente que pode incluir outros sistemas, usuários e do meio ambiente natural. Os componentes do sistema podem ser hardware, software, firmware, pessoas, informações, técnicas, instalações, processos, serviços e outro tipo de elementos de apoio;
- Um **engenheiro de sistemas** é uma pessoa ou papel que apóia essa abordagem interdisciplinar. Em particular, o engenheiro de sistemas, muitas vezes serve para elicitar e traduzir as necessidades dos clientes em especificações que podem ser realizadas pela equipe de desenvolvimento de sistemas;
- A fim de ajudar a realizar sistemas bem sucedidos, o engenheiro de sistemas deve considerar todo o **ciclo de vida do produto**, que começa no início de projeto conceitual e continua durante todo o ciclo de vida do sistema passando pela fabricação, distribuição, uso e descarte. O engenheiro de sistemas deve analisar especificar, projetar e verificar o sistema para garantir que suas características funcionais, de interface, de performance, física e outras características de qualidade e de custo estão balanceadas para atender as necessidades do sistema;

- O engenheiro de sistemas ajuda a garantir que elementos do sistema se encaixem adequadamente para atender os objetivos do todo, e satisfazer as necessidades dos **clientes** e outras **partes interessadas** que irão adquirir e usar o sistema.

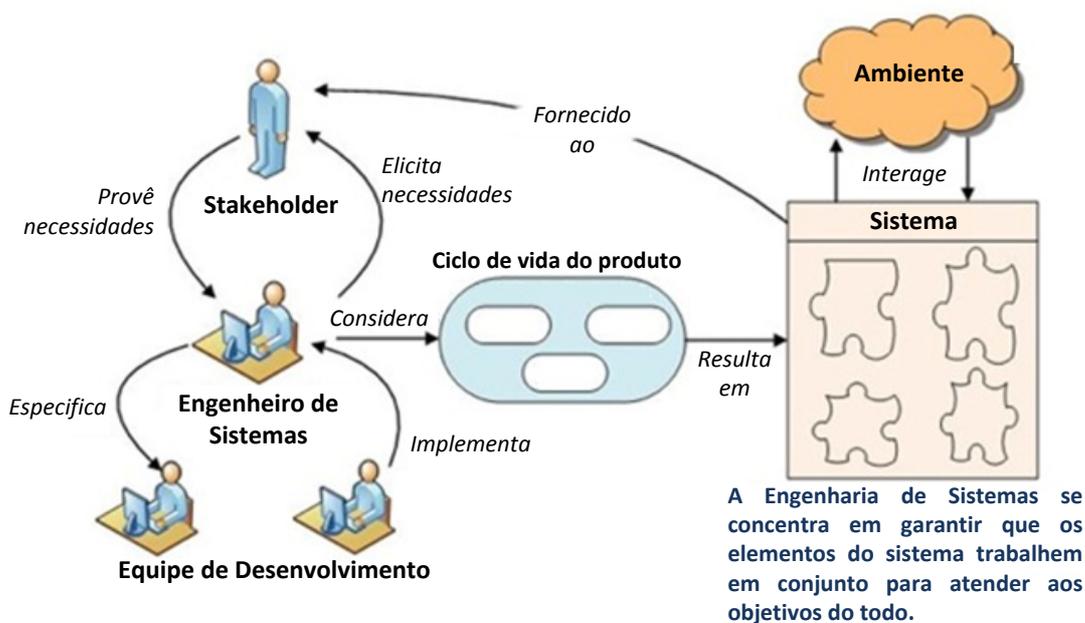


Figura 2.1 - Elementos chaves da Engenharia de Sistemas.

Fonte: adaptada de Pyster et al. (2012, p. 6)

## 2.4. Engenharia Dirigida a Modelos (MDE)

A engenharia dirigida a modelos (MDE, do inglês, *Model-Driven Engineering*) é uma abordagem para desenvolvimento de software onde os modelos são as saídas principais do processo de desenvolvimento e não os programas. Estes programas são obtidos, de forma automática, por intermédio dos modelos construídos (SOMMERVILLE, 2011).

Uma vantagem desta abordagem é o aumento da abstração na engenharia de software, pois não existe a preocupação com detalhes da linguagem de implementação ou da plataforma de execução.

Segundo a ótica de Sommerville (2011), a MDE é uma abordagem mais abrangente do que a arquitetura dirigida a modelos (MDA, do inglês, *Model-Driven Architecture*) e vista frequentemente por muitos como a mesma coisa. Conforme o autor, a MDA se concentra nos estágios de projeto e implementação do processo de desenvolvimento de software, já a MDE se preocupa com todo o ciclo de vida do processo de desenvolvimento de sistemas computacionais (engenharia de software). Fazem parte da MDE, e não são cobertos pela MDA, a engenharia de requisitos baseadas em modelos, o processo de desenvolvimento de software baseados em modelos e os testes baseados em modelos.

Sommerville (2011) também descreve pontos a favor e contra a MDE:

- Como a favor, o fato de a MDE permitir uma abstração de sistemas em alto nível, não se preocupando com detalhes de implementação. Com isso consegue-se reduzir a probabilidade de erros, acelerar o processo de desenvolvimento e implementação, e construir modelos reutilizáveis, totalmente independentes de plataforma.
- Como contra, os argumentos para a independência de plataforma de implementação são válidos somente para sistemas de grande porte e duradouros, onde as plataformas se tornam obsoletas ao longo do tempo de vida do sistema.

## **2.5. Engenharia (de Sistemas) Baseada em Modelos (MBSE e MBE)**

A Engenharia de Sistemas (SE, do inglês, *Systems Engineering*) na sua conceituação mais moderna (alguns autores sequer distinguem entre este conceito e os de Engenharia Simultânea ou Engenharia Concorrente de Sistemas) está em processo de transição da adoção da abordagem essencialmente orientada a documentos para uma abordagem cada vez mais

baseada em modelos, seguindo a linha de outras disciplinas de engenharia (hardware, software, elétrica, entre outras) (WOLFROM, 2009).

A Engenharia de Sistemas Baseada em Modelos (MBSE, do inglês, *Model-Based Systems Engineering*) é a aplicação formal da modelagem para dar apoio às atividades de determinação de requisitos do sistema, projeto, análise, verificação e validação iniciando-se na fase de projeto conceitual e continuando ao longo do desenvolvimento e das fases do ciclo de vida do sistema (WOLFROM, 2009).

MBSE tem a intenção de facilitar atividades tradicionais de SE, resultando em melhorias na área da comunicação, da especificação e precisão do projeto, na integração do sistema, e na reutilização de artefatos. Neste tipo de abordagem tem-se como saída um sistema de modelos que representam o sistema em desenvolvimento (WOLFROM, 2009).

O NDIA (*National Defense Industrial Association*), um fórum para intercâmbio de ideias entre o governo e a indústria de defesa americanos, dá uma denominação diferente, o de Engenharia Baseada em Modelos (MBE, do inglês, *Model-Based Engineering*) para o mesmo conceito e o define da forma como se segue:

“É uma abordagem para engenharia que usa modelos como uma parte integral da linha de base técnica (sequência de artefatos produzidos) que inclui requisitos, análise, projeto, implementação e verificação de uma capacidade, sistema e/ou produto ao longo do ciclo de vida de seu desenvolvimento. Um aspecto essencial da MBE é a integração de modelos descritivos/projetados com modelos computacionais.” (COOLAHAN e BERGENTHAL, 2010)

Ainda conforme Coolahan e Bergenthal (2010), entre as práticas características da MBE estão:

- O alinhamento do escopo dos modelos com seus propósitos/objetivos;
- Modelos apropriados ao contexto (exemplo, domínio de aplicação, fase do ciclo de vida);
- Os modelos constituem a linha de base técnica que guia a entrega dos entregáveis (*deliverables*) aos clientes, fornecedores e parceiros;
- Os modelos são integrados e interoperáveis por meio de domínios e do ciclo de vida do produto.

## **2.6. Gerenciamento de Projetos**

O *Project Management Institute* (PMI), instituto voltado para disseminação das melhores práticas de gerenciamento de projetos, define um projeto no seu livro de referências, denominado *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK), como um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo. Os projetos são frequentemente utilizados como meios de atingir o plano estratégico de uma organização e são resultados de uma ou mais das seguintes considerações estratégicas: demanda de mercado, necessidades de negócio/oportunidade estratégica, solicitação de cliente, avanço tecnológico, exigência legal (PMI, 2008).

O gerenciamento de projetos é a aplicação de conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto a fim de atingir os seus objetivos. O gerenciamento de projetos é realizado por meio da aplicação e da integração dos seguintes processos de gerenciamento de projetos: iniciação, planejamento, execução, monitoramento e controle, e encerramento. O gerenciamento de um projeto, geralmente envolve: identificação de necessidades; tratamento de várias exigências, interesses, e expectativas das partes interessadas durante todo o projeto; balanceamento entre as restrições de projeto como escopo, qualidade, prazo, orçamento, recursos e risco (PMI, 2008).

A forma característica de se descrever um projeto é representá-lo por meio de uma rede de atividades encadeadas, denominada de rede PERT/CPM, dispostas em eixos que representam o tempo de realização dessas atividades (eixos paralelos para atividades executadas simultaneamente), com suas durações e relações de precedências, às quais também são associados os recursos necessários à sua realização (TRAVASSOS, 2007).

## **2.7. Simulação de Processos**

"A simulação de um sistema ou de um organismo é a operação de um modelo ou simulador que é uma representação deste sistema ou organismo. O modelo é sensível a manipulações que seriam impossíveis, muito caras ou de execução impraticável nas entidades que representam. A operação do modelo pode ser estudada e, a partir daí, propriedades relacionadas com o comportamento do sistema real, ou de seus subsistemas, podem ser inferidas" (NAYLOR, BALINTFY, *et al.*, 1966).

"Simulação é o processo de elaborar um modelo de um sistema real e conduzir experimentos com esse modelo tendo como propósito a compreensão do comportamento do sistema ou a avaliação de diversas estratégias (dentro dos limites impostos por um critério ou conjunto de critérios) para a operação do sistema" (SHANNON, 1975).

"Simulação é, em geral, entendida como a 'imitação' de uma operação ou de um processo do mundo real. A simulação envolve a geração de uma *história artificial* de um sistema para a análise de suas características operacionais" (MIYAGI, 2006).

Essas definições clássicas de simulação referem-se a uma maneira tradicional de vê-la, na qual a mesma é utilizada como uma técnica auxiliar na análise de sistemas, sendo aplicada de forma autônoma, seja para estudar um sistema já

existente ou para auxiliar no seu projeto, antecipando aspectos de configuração inadequada do sistema para obter melhorias em sua operação.

Este trabalho faz uso de uma visão mais abrangente de simulação, em que ela é vista como uma técnica central do próprio processo de criação do sistema, sendo utilizada de forma concomitante e integrada com a modelagem dos processos de negócios envolvidos no sistema real, numa abordagem que foi denominada de Abordagem Unificada para Modelagem, Simulação e Gestão por Processos, que será apresentada em detalhes no Capítulo 4.

Em qualquer dessas duas visões, o uso de simulação no processo de desenvolvimento de produtos complexos proporciona vantagens e desvantagens a serem exploradas ou evitadas, respectivamente, da forma que se segue, conforme Miyagi (2006).

**Principais vantagens:**

- Novas políticas, procedimentos operacionais, regras de decisão, fluxos de informação, procedimentos organizacionais, podem ser estudados sem interferência nas operações do sistema real;
- Novos equipamentos, arranjos físicos, sistemas de transporte, podem ser testados antes de se investir recursos com as aquisições envolvidas;
- Hipóteses de como e por que certos fenômenos ocorrem podem ser avaliadas;
- O tempo pode ser comprimido ou expandido, permitindo que o fenômeno em estudo possa ser acelerado ou retardado;
- *Gargalos* onde as informações ou materiais têm seus fluxos comprometidos podem ser identificados.

### **Principais desvantagens:**

- A construção de modelos requer um treinamento especial. Pode ser considerada uma “arte” que se aprende ao longo do tempo e que envolve o “bom” uso da experiência;
- A modelagem do sistema e a análise dos dados podem consumir muito tempo e muitos recursos. Por outro lado, economizar tempo e recursos na modelagem e na análise pode resultar em cenários insuficientes para atender os objetivos.

### **2.8. Gestão por Processos de Negócios (BPM)**

A área de Gestão por Processos trata da modelagem de processos como a atividade de “construir” modelos de processos de negócio, representativos dos serviços realizados por uma organização, de forma a melhorar a compreensão de suas características mais relevantes e implementar um ciclo de melhoria desses processos. Assim, a Gestão por Processos de Negócio (BPM, do inglês, *Business Process Management*) envolve a identificação, projeto e entrega de processos de negócios. Adicionalmente, o BPM inclui o controle executivo, administrativo e a supervisão desses processos (BALDAM, VALLE, *et al.*, 2008).

Os modelos de processos de negócios são criados utilizando-se ferramentas gráficas apropriadas para decompor e descrever, de forma hierárquica, a complexidade da estrutura dos componentes e a interação entre suas entidades participantes, isto é, as operações que ocorrem dentro dos processos ou rede de serviços realizados pela organização. Desta forma, eles podem ser utilizados na análise e avaliação de estratégias diferenciadas para testes e melhorias das operações nela realizadas.

A gestão por processo é vista como uma atividade fundamental nas organizações, que visa fornecer processos operacionais bem definidos,

aperfeiçoados e eficientes. Ela é um conjunto de métodos e técnicas que auxiliam a organização na modelagem e gestão de seu negócio de forma a permitir a execução de um ciclo de melhoria contínua desses processos. Um aspecto essencial da gestão é, portanto, o controle dos processos (MAGALHÃES, 2008).

### **2.8.1. Sistemas de Gestão por Processos de Negócios (BPMS)**

BPMS são sistemas baseados em software com o objetivo de apoiar o conceito da gestão por processos de negócios, proporcionando à organização flexibilidade, automatização e agilidade na tomada de decisões em seus negócios.

Tipicamente, um BPMS permite a modelagem dos processos de negócios, criação de formulários eletrônicos, definição das regras de negócio, monitoração em tempo real dos processos, controle de versão dos modelos de processos.

## **2.9. Engenharia Simultânea**

A Engenharia Simultânea (CE, do inglês, *Concurrent Engineering*), conforme consta na obra de Martim James (2000), é um processo da SE que visa a resolver o problema do grande número de mudanças posteriores que ocorrem durante o ciclo de desenvolvimento. Para isso, CE envolve esforços multidisciplinares, simultâneos e integrados. Mudanças ocorridas durante as fases preliminares do desenvolvimento são muito menos custosas, algumas vezes, por várias ordens de magnitude.

A Figura 2.2 ilustra a comparação entre SE e CE, onde se verifica que a abordagem de CE preocupa-se em antecipar as mudanças durante a fase de projeto do sistema.

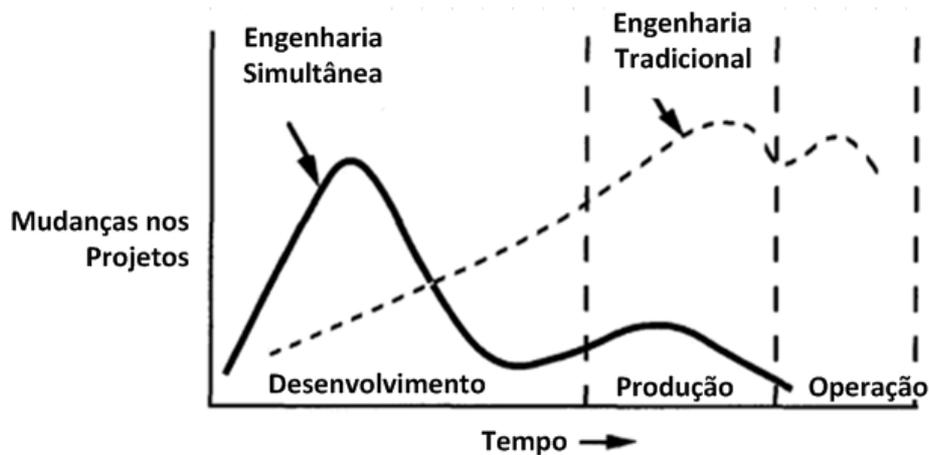


Figura 2.2 - Abordagem de CE versus Abordagem Tradicional de SE.

Fonte: adaptada de Martim (2000, p. 5)

Ainda conforme Martim James (2000), os seguintes benefícios específicos podem ser esperados da CE:

- Tempo do ciclo de projeto do produto reduzido em até 60%;
- Pedido de alterações de engenharia reduzido em até 50%;
- Esforço de retrabalho e reprojeção reduzido em até 75%;
- Custos de produção reduzidos em até 40%.

## 2.10. Modelagem Conceitual

Segundo Embley e Thalheim (2011), a modelagem conceitual está relacionada em se descrever a semântica de aplicações de software em um alto nível de abstração. Especificamente, os modeladores (*conceptual modelers*) descrevem:

- Modelos de estrutura em termos de entidades, relacionamentos, e as restrições;
- O comportamento ou modelos funcionais em termos de estados, transições entre os estados e as ações realizadas em estados e transições;
- As interações e interfaces de usuário em termos de mensagens enviadas e recebidas, informações trocadas, navegação e aparência.

Ainda segundo Embley e Thalheim (2011), diagramas de modelo conceitual são tipicamente usados como abstrações de alto nível que permitem que clientes e analistas entendam um ao outro e que os analistas se comuniquem com sucesso com os programadores do software aplicativo. É um desafio conseguir adequar esse conjunto de construções de modelagem no nível de abstração correto para permitir esta comunicação. É ainda um desafio adicional formalizar essas abstrações de modelagem de modo que elas mantenham a sua característica de fácil comunicação e ainda sejam capazes de (parcialmente ou mesmo totalmente) gerar o software aplicativo pretendido.

### **2.11. Modelagem Conceitual para Simulação**

Segundo Robinson (2008), em termos gerais, a Modelagem Conceitual para Simulação está relacionada com a abstração de um modelo tomando por base um sistema real ou proposto. Pidd (2003) ainda afirma que o desafio na modelagem conceitual é obter uma abstração apropriada simplificada da realidade. Robinson (2008), identifica alguns elementos chaves que envolvem a Modelagem Conceitual para Simulação:

- Modelagem Conceitual está relacionada com a transição de uma situação problema, por meio de requisitos de modelo, para a definição de “o que” será modelado e “como” será modelado;
- Modelagem Conceitual é iterativa e repetitiva, com o modelo sendo continuamente revisado por meio do estudo da modelagem;
- Ambas as perspectivas, do cliente e do modelador, são importantes para o Modelo Conceitual.

E afirma também sobre o Modelo Conceitual:

- É uma representação simplificada do sistema real em questão;
- É independente do código do modelo ou software no qual será implementado.

E também define:

- Modelo Conceitual é um modelo para simulação computacional;
- Modelagem Conceitual é o processo de criação do Modelo Conceitual.

Em sequência ao trabalho de Robinson (2008), Onggo (2009) e (2010) iniciam uma discussão sobre como representar o modelo conceitual para simulação de sistemas. Com isso, eles propõem uma Representação Unificada do Modelo Conceitual, que consiste em uma representação padrão multifacetada do modelo conceitual para simulação, ou seja, para cada componente do modelo conceitual (organizados em *domínio do problema* e *domínio do modelo*) é adotada/sugerida uma forma/diagrama de representação. Nesses trabalhos, Onggo sugere, entre outros, o uso de diagramas com notação BPMN e DCA para as representações no *domínio do modelo*.

## **2.12. Representação Unificada do Modelo Conceitual para Simulação**

A modelagem conceitual é um exercício de abstração que resulta na construção de um modelo, tendo por base um sistema real (ROBINSON, 2008). Este processo de abstração é - na grande maioria dos casos - uma simplificação do sistema existente, sem a qual não seria possível trabalhar com o modelo de forma eficaz. Dessa forma, essa metodologia é um dos aspectos mais importantes (e úteis) no desenvolvimento e uso de modelos para todas as áreas que lidam com o estudo e solução de problemas que envolvem processos, não apenas para a simulação.

Observa-se, entretanto, que a modelagem conceitual é um dos assuntos mais difíceis e menos compreendidos por aqueles envolvidos em estudos de simulação (ROBINSON, 2008). Por essa razão é importante que seus conceitos e métodos sejam bem compreendidos por todas as entidades envolvidas nesses estudos, sejam eles usuários, técnicos ou gestores.

O desenvolvimento do modelo conceitual é a etapa mais importante no estudo de simulação de um sistema porque ele impacta todas as atividades que a sucedem (ROBINSON, 2008). Dentre as influências que um modelo pode ter nas etapas posteriores de um projeto envolvendo estudos de processos, podem-se citar as seguintes: (1) os requisitos de entradas; (2) o intervalo de tempo no qual o modelo pode ser desenvolvido; (3) a validade do modelo, isto é, sua capacidade em representar o sistema real com um grau mínimo de fidelidade; (4) a velocidade de execução do experimento e; (5) o grau de confiança dos resultados obtidos do modelo. Todos esses aspectos possuem grande importância e são afetados, em sua maior parte, na etapa inicial do ciclo de vida de um modelo de simulação. Logo, o grau de atenção a ser conferido na etapa inicial de qualquer estudo de simulação deve ser alto.

Conforme Robinson (2008), existem poucos livros que têm como assunto a modelagem conceitual, e isto se dá devido ao fato de ela ser mais uma “arte” do que uma ciência e, portanto a dificuldade em se definir métodos e procedimentos para a sua condução.

Durante o processo de modelagem conceitual tem-se a necessidade de documentar ou representar o modelo conceitual obtido. Nance (1994) faz distinção entre o modelo conceitual e o modelo comunicativo, para ele o modelo conceitual existe somente na mente do modelador enquanto o comunicativo é uma representação explícita do modelo conceitual. Segundo o mesmo autor, o modelo conceitual é desacoplado do modelo de execução, ou seja, o modelo conceitual desconhece como o modelo computacional é codificado. Em termos de conceitos da MDA, o modelo conceitual é um Modelo Independente de Computação (CIM, do inglês, *Computation Independent Model*).

Alguns trabalhos recentes da área, Onggo (2009) e (2010), apontam para a representação unificada do modelo conceitual como um dos fundamentos mais

importantes num estudo de simulação. Nestes trabalhos, Onggo advoga que o uso de uma representação padrão multifacetada (*Unified Conceptual Model*) seja adotada para a modelagem conceitual de simulação, e que esta traria grandes benefícios para o desenvolvimento dos projetos de simulação. Vários autores concordam que o modelo conceitual compreende diversos componentes - em (ROBINSON, 2008) tem-se a categorização destes componentes em *domínio do problema* e *domínio da modelo* - sendo assim, com um único diagrama não é possível a representação do modelo conceitual e a representação multifacetada se mostra uma opção mais adequada (ONGGO, 2010).



### 3 CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PROCESSOS

Este Capítulo apresenta os conceitos que têm com origem o grupo de pesquisa do INPE, ENGESIS, que são a base para o desenvolvimento deste trabalho. Aqui é conceituada a Ciência e Tecnologia de Processos, a Modelagem Conceitual Unificada (MCU), e a abordagem sistemática (metodologia) para a condução de estudos em CTP, denominada *Framework* para Ciência e Tecnologia de Processos.

#### 3.1. Definição

O termo Ciência e Tecnologia de Processos (CTP) é usado neste trabalho para designar uma área de pesquisa em evolução, de caráter inovador e transdisciplinar, que consiste na integração e unificação da teoria e das ferramentas usadas para a realização de estudos de processos cobrindo todas as fases do ciclo de vida do modelo: a formulação do problema, a construção do modelo de processos, a execução e o controle dos processos, o monitoramento, a automação, a simulação, a gestão e a melhoria contínua dos processos, visando a solução de problemas envolvendo processos em geral.

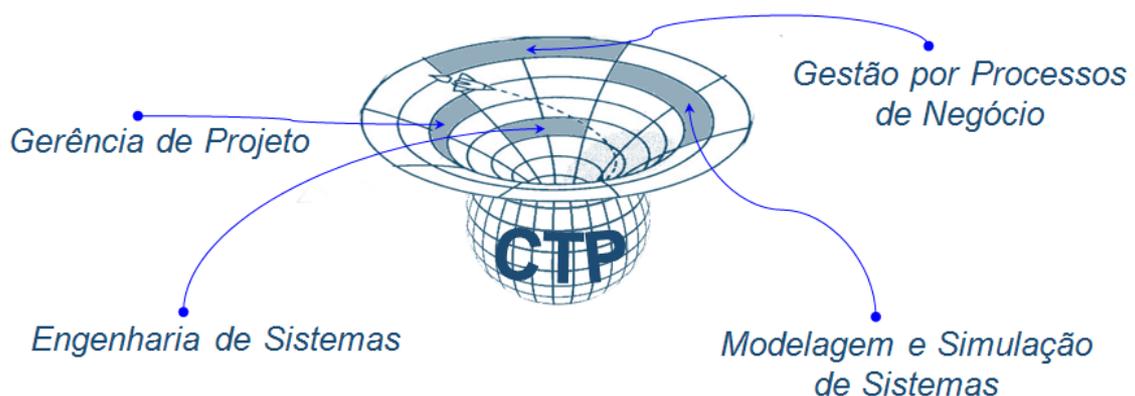


Figura 3.1 - Ilustração sobre a CTP.

O objetivo é integrar e unificar, sob uma única denominação, conceitos, métodos e técnicas provenientes de diversas áreas de estudos sobre

processos, tais como: a modelagem e a simulação de processos, a engenharia de sistemas, o gerenciamento de projetos e a gestão por processos de negócios.

A Figura 3.1 ilustra o conceito de Ciência e Tecnologia de Processos, onde se tem um vórtex onde se dá a fusão das quatro áreas de estudos ou disciplinas que lidam com modelos de processos discretos, que são integradas e unificadas ao centro, formando uma única área de contração: a CTP.

### **3.2. Modelagem Conceitual Unificada para SE (MCU)**

A Figura 3.2 apresenta o processo de Modelagem Conceitual Unificada para Engenharia Simultânea conforme definido e utilizado neste trabalho. Na Figura 3.2 podem ser vistas as áreas de conhecimento ou disciplinas que lidam com modelos de processos discretos e a forma como elas estão dispostas, representada por camadas superpostas. A modelagem conceitual se dá de forma iterativa, numa sucessão de passos que levam do modelo conceitual ao modelo comunicativo, de acordo com a visão multifacetada correspondente a cada uma destas disciplinas, e sujeita a sucessivas revisões, denotadas pelas setas que retornam ao início do processo. A parte superior da Figura 3.2 destaca os aspectos relacionados com o ciclo de vida do produto que está sendo desenvolvido, a parte inferior refere-se aos aspectos relacionados com a gestão da produção e demais processos de apoio necessários ao desenvolvimento do produto, isto é, ao ciclo de vida da organização produtora.

O modelo conceitual ou modelo lógico são sinônimos usados para designar a descrição do sistema formada na mente do modelador a partir de todas as abstrações, generalizações e simplificações feitas por ele para apreensão do conhecimento (conteúdo lógico) sobre o sistema tendo em vista o objetivo específico do estudo que está sendo considerado. O modelo comunicativo é a representação do modelo conceitual na forma de diagramas, imagens, textos ou quaisquer meios que permitam a comunicação e discussão do mesmo entre

as partes interessadas. Os modelos conceitual e comunicativo são duas faces de uma mesma moeda e devem possuir o mesmo conteúdo lógico, sendo conjuntamente designados por modelo unificado, e ele é resultante de uma visão multifacetada do sistema, obtida com base em vários domínios do conhecimento ou disciplinas, ditos dimensões.

O modelo unificado é construído aplicando-se uma abordagem sistemática, que explora a complementaridade dos conceitos de diversas áreas e busca sua integração e unificação desde o início do ciclo de vida. Contempla-se simultaneamente o produto e sua organização produtora. Distingue-se também entre modelagem descritiva do produto, modelagem do ciclo de vida de produção e modelagem dos processos de gestão da organização.

Os modelos de processos criados são interligados: de um lado os processos do produto, correspondentes à engenharia de sistemas e à gerência do projeto; de outro os processos da organização produtora, correspondentes aos processos de gestão e à simulação dos mesmos. Como elo central de ligação entre eles se encontra o Modelo (de Referência) dos Processos do Ciclo de Vida do Produto, Figura 3.3, que é modelo de referência do qual derivam os modelos complementares específicos de cada disciplina.



Figura 3.2 – Processo de MCU para CTP.

O Modelo de Referência é o modelo unificado mais simples representante dos processos do ciclo de vida do produto que contempla os objetivos do estudo e ele serve como um elo comum que interliga todos os demais modelos, que resultam de sua extensão com conceitos e técnicas específicas de cada uma das demais disciplinas.

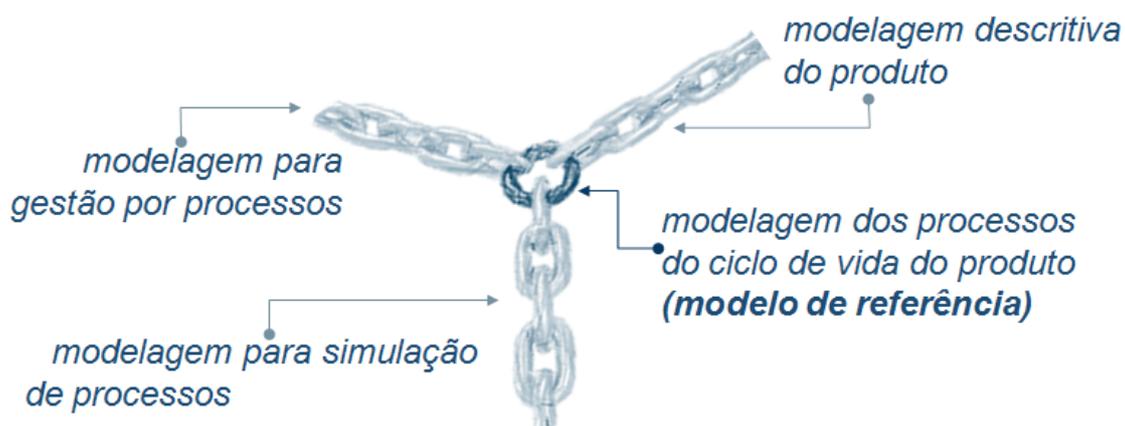


Figura 3.3 – Composição da Modelagem Conceitual Unificada.

No Modelo (de Referência) dos Processos do Ciclo de Vida do Produto são consideradas os processos ou macroatividades no nível mais alto possível, que são decompostos apenas quando se torna necessário detalhar atividades do sistema que precisam ser consideradas em todos os modelos de subprocessos correspondentes às demais disciplinas. Quando apenas uma disciplina precisa de mais detalhamentos, os aspectos de interesse podem ser estudados isoladamente dentro desta disciplina, desde que as interfaces de entrada e saída da macroatividade do modelo de referência tenham sua consistência mantida.

Um exemplo dos relacionamentos acima seria: para fins do modelo de referência utiliza-se uma macroatividade, realizada por uma classe de trabalhadores; para fins da realização da simulação complementa-se o modelo de referência com os parâmetros necessários à realização da corrida de simulação (projeto de experimentos); para fins do modelo de gestão decompõe-se a macroatividade em subcomponentes menores,

correspondentes a atividades distintas e realizadas por pessoas diferentes pertencentes a esta classe.

A MCU aqui definida busca manter compatibilidade com o *Framework* para Engenharia Simultânea de Sistemas de Loureiro (2010). A sua aplicação em estudos de caso é feita pela sua decomposição em três subprocessos, a saber: a Modelagem Descritiva do Produto, a Modelagem do Ciclo de Vida do Produto e a Modelagem do Processo de Gestão da Organização. Os três subprocessos ocorrem em paralelo e de forma concatenada e eles são descritos em mais detalhes a seguir. Alguns termos usados por Loureiro (1999 e 2010) foram redenominados pela necessidade de manter uniforme a terminologia deste trabalho, mas sempre que isto é feito faz-se a vinculação com o termo anteriormente usado ao se definir seu equivalente.

### **3.2.1. Modelagem Descritiva do Produto**

A Figura 3.4 apresenta o Processo de Modelagem Descritiva do Produto, adaptada do trabalho de Loureiro (2010) - que versa sobre a modelagem descritiva simultânea de sistemas compostos por produtos e organizações - tendo-se substituído o termo modelagem do produto (*product modelling*) pela denominação de modelagem descritiva do produto (*product descriptive modeling*). O eixo horizontal na base da figura mostra a evolução ao longo do tempo deste subprocesso da MCU, destinado a modelar e analisar a interação com os *stakeholders*, a definição dos requisitos e a especificação dos conceitos funcional e da arquitetura de implementação.

O processo de modelagem descritiva retrata a fase inicial do ciclo de vida do produto, cobrindo sua concepção e projeto conceitual do ponto de vista do engenheiro de sistemas. Durante este processo é feita a divisão do produto em elementos funcionais e físicos menores, que serão descritos por seus atributos funcionais e físicos, respectivamente. O foco da modelagem descritiva é

identificar os atributos de desempenho do produto e suas características físicas.

A modelagem descritiva trata de cada produto final de forma independente. Uma família formada por produtos distintos terá cada produto individual modelado separadamente. O risco de não se atingir a performance desejada também está embutido no conjunto dos atributos de interesse. Os atributos precisam corresponder aos requisitos resultantes da etapa de definição dos requisitos.

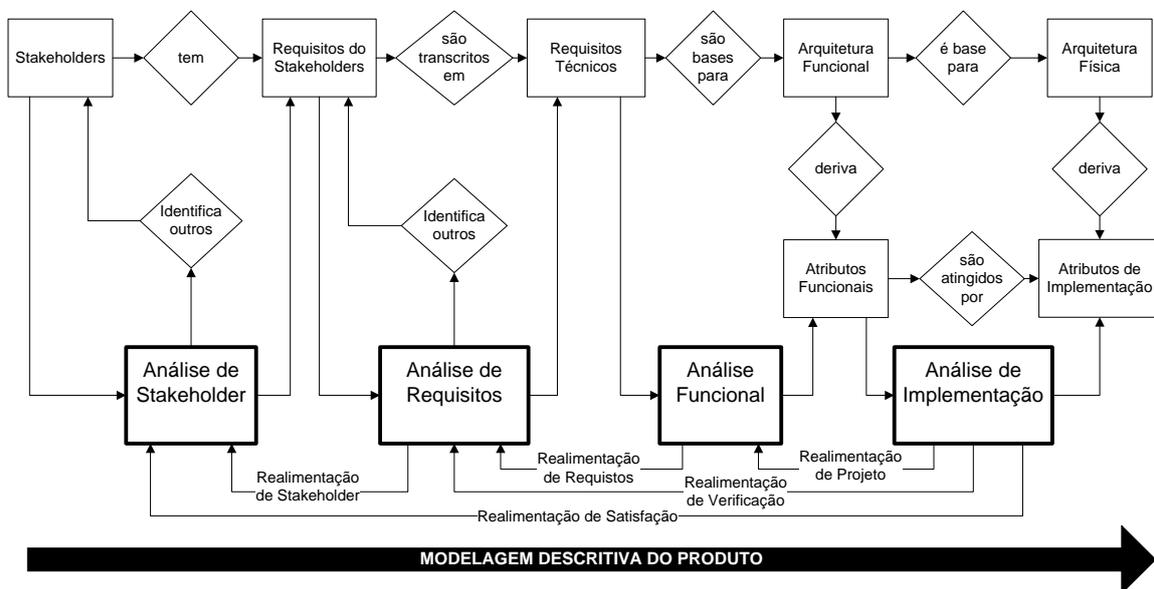


Figura 3.4 - Processos da Modelagem Descritiva do Produto na MCU.

Fonte: adaptada de Loureiro (2010)

A Figura 3.5 apresenta uma representação alternativa para a modelagem descritiva do produto utilizando diagramas IDEF0.

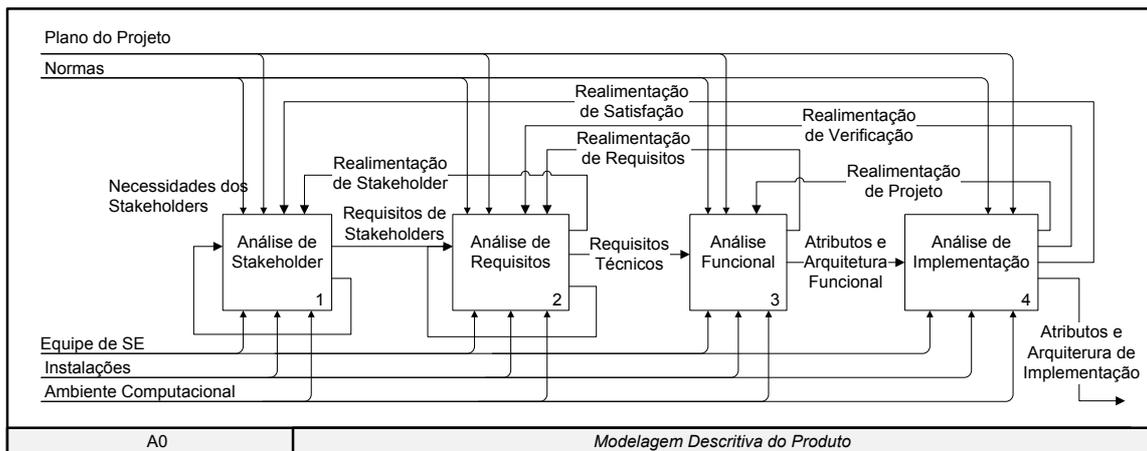


Figura 3.5 - Processos da Modelagem Descritiva do Produto na MCU - IDEF0.

### 3.2.2. Modelagem do Ciclo de Vida do Produto para Simulação de Processos

A Modelagem do Ciclo de Vida do Produto para Simulação de Processos (*Product Lifecycle Process Simulation Modeling*) neste trabalho corresponde ao termo modelagem do processo (*Process Modelling*) utilizado por Loureiro (1999 e 2010), com a ressalva de que ela abrange não apenas a criação do Modelo de Processos do Ciclo de Vida do Produto, como também os aspectos necessários à condução do estudo de simulação a ser realizado com o modelo (projeto de experimentos). A Figura 3.6 retrata a Modelagem dos Processos do Ciclo de Vida do Produto utilizando a notação DMUS<sup>1</sup>, primeira etapa da criação do modelo para simulação de processos. Após definido o mapa completo dos processos, o simulador é formado pelo modelo de processos criado acrescido do projeto de experimentos.

<sup>1</sup> Detalhes da notação DMUS encontram-se no Capítulo 6.

<sup>2</sup> Os textos contidos nos diagramas foram elaborados na língua inglesa com o objetivo de serem utilizados em publicações internacionais futuras.

Para cada produto em desenvolvimento, haverá apenas um modelo (de referência) dos processos do seu ciclo de vida. A modelagem do ciclo de vida do produto é feita para se determinar o fluxo das atividades e os atributos de tempo relacionados com os processos componentes do ciclo de vida. Os elementos principais deste processo de modelagem são as macroatividades pertencentes ao fluxo de produção que necessitam também ser consideradas nos demais modelos de processos. Os demais modelos de processos podem ter atividades adicionais resultantes da decomposição de uma macroatividade deste processo principal, desde que o modelo de referência se mantenha consistente.

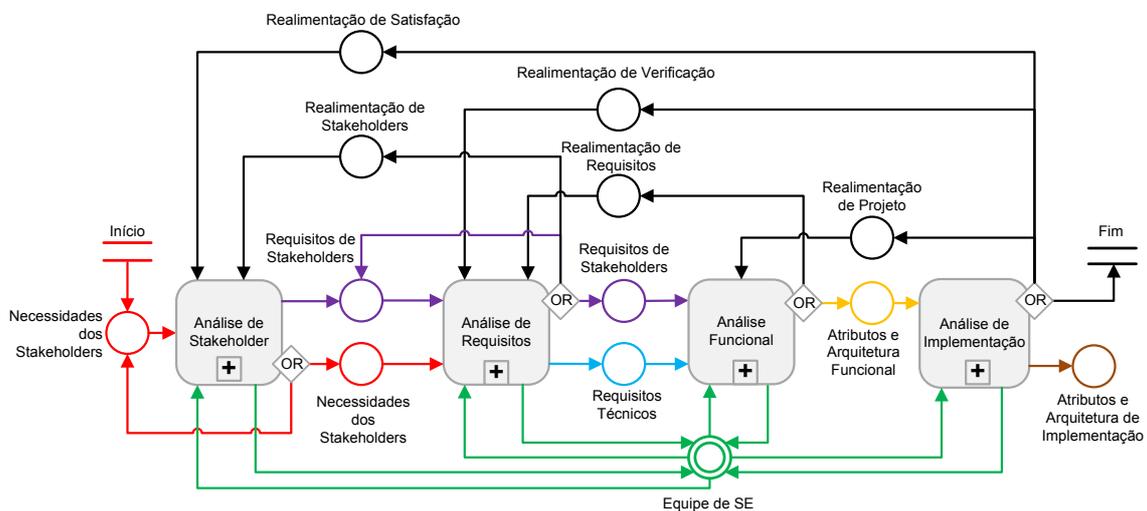


Figura 3.6 - Modelagem do Ciclo de Vida do Produto na MCU em DMUS.

O Modelo de Processos do Ciclo de Vida do Produto ou *Workflow* de Produção é construído de forma hierárquica e abrange todas as fases do ciclo de vida do produto, desde sua concepção, projeto conceitual, criação do modelo de engenharia, desenvolvimento do produto, sua operação, manutenção e descarte. Para este tipo de modelagem precisa ser enfatizado que as formas de representações mais adequadas são os diagramas do tipo *Statecharts*, *Activity Cycle Diagrams* (ACDs), Diagrama para Modelagem Unificada em Simulação (DMUS), Petrinets, *Workflow* e *Business Process Modeling Notation*

(BPMN). Neste trabalho dá-se preferência aos diagramas DMUS, por eles facilitarem a implementação do modelo no ambiente de simulação e também visando uma padronização no uso das diferentes notações.

### **3.2.3. Modelagem da Organização para Gestão por Processos**

A Modelagem da Organização para Gestão por Processos (*Organisation Modelling for Business Process Management*) corresponde ao conceito de Modelagem da Organização (*Organisation Modelling*) utilizado em Loureiro (1999 e 2010). A Figura 3.7 mostra o Modelo da Organização para Gestão por Processos, correspondente à fase de concepção e projeto conceitual, representativo da visão do gerente administrativo.

Para cada produto em desenvolvimento haverá organizações encarregadas da execução dos processos do ciclo de vida deste produto. A modelagem dos processos de gestão da organização precisará ser complementada com outros aspectos ainda não considerados nos modelos aqui mostrados. Por exemplo, ela deve considerar o fato de que a organização pode ser responsável por diversos tipos de linha de produção que necessitam ser balanceadas para se obter o melhor uso dos recursos disponíveis ou que ela possui interfaces externas com outras organizações fornecedoras e clientes. Esta modelagem deve considerar também atributos relacionados com a produtividade e os riscos de operação da organização. Exemplos desses atributos podem ser: custo, capacidade, risco de falhas e de não atendimento de demanda.

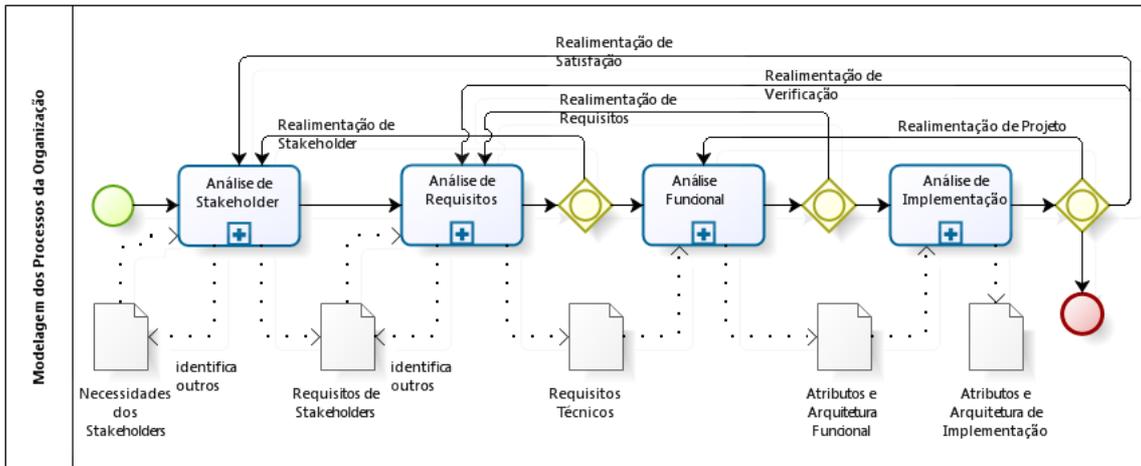


Figura 3.7 – Modelagem da Organização para Gestão por Processos na MCU.

### 3.2.4. Vantagens da MCU

Alguns autores, por não levarem em conta a diferenciação entre Modelagem Descritiva, Modelagem do Ciclo de Vida do Produto e Modelagem dos Processos da Organização, utilizam algumas simplificações e interpretações que dificultam a compreensão dos modelos de processos em suas visões multifacetadas, bem como a compreensão das finalidades e do potencial das técnicas de representação existentes.

Segundo o autor Arnaud Brossard (2011), por exemplo, a BPMN oferece algumas vantagens com relação a outras notações para a modelagem conceitual, como a UML:

- Pelo fato de não ser orientada a objetos, ela não apresenta aderência ao paradigma da programação orientada a objetos, como acontece com a UML;
- Como a BPMN é voltada para usuários de negócios, não é necessária muitas habilidades em computação, diferente da UML. Isso facilita, em teoria, que especialistas em negócios, modelem com mais facilidade e simplicidade;

- O BPMN permite a modelagem de forma hierárquica, o que facilita a contribuição de vários especialistas em um mesmo modelo, ou seja, o profissional detalha a tarefa no qual possui conhecimento específico, não tendo a necessidade de conhecer em profundidade as tarefas de mais alto nível.

Na verdade, as técnicas citadas têm finalidades diferentes, sendo a UML e/ou SysML mais adequadas para a modelagem descritiva do sistema, enquanto representações do tipo *workflow* ou a evolução dessas e sua padronização pela OMG, que resultaram na BPMN, são mais adequadas à modelagem do ciclo de vida do produto e dos processos de gestão da organização, conforme vistos nos itens 3.2.2 e 3.2.3.

Além da questão das notações e seu uso para se obter a melhor representação possível dos modelos comunicativos, cabe ressaltar ainda que a MCU tem como princípio básico o uso das técnicas de modelagem, métodos de análise e ferramentas de apoio das diversas disciplinas respeitando suas potencialidade e complementaridade originais, apenas buscando sua integração e aplicação a um modelo unificado de processos criado desde o início do ciclo de vida do sistema. Desta forma o caráter complementar destas ferramentas permite a realização de estudos (modelagem e análise) mais completos dos sistemas discretos complexos (produto e organização), buscando explorar as vantagens do uso de visões multifacetadas e da unificação das técnicas empregadas.

### **3.3. Framework para CTP**

Um *Framework* para a condução de estudos em Ciência e Tecnologia de Processos (KIENBAUM, SILVA, *et al.*, 2012) é definido como uma metodologia que compreende os três seguintes elementos: uma **Arquitetura do Conhecimento** sobre processo, que contém o conhecimento organizado sobre os modelos estrutural e dinâmico dos processos de desenvolvimento de produtos e serviços complexos; um **Método para Evolução** dos modelos ao

longo do seu ciclo de vida; e um conjunto de ferramentas de apoio, denominado **Ambiente de Apoio**, para auxiliar na condução de estudos.

São as diretrizes principais nas quais o *Framework* se baseia:

- Procurar construir modelos de processos integrados e unificados, isto é, modelos de engenharia simultânea de sistemas, desde a concepção até o descarte final do produto, empregando diferentes formas de modelos ou visões especializadas de processos, baseadas no domínio de conhecimento dos diversos agentes envolvidos no projeto do sistema, a saber: a visão do Analista ou Modelador do Processo, do Engenheiro de Sistemas, do Gerente do Projeto e do Gestor de Negócios.
- Empregar, ao longo do ciclo de vida completo do desenvolvimento do produto, estes modelos unificados para executar simultaneamente tanto o processo real, isto é, a própria operação da organização produtora (fazendo uso das ferramentas de gestão por processos de negócios), como a simulação e análise do modelo de engenharia simultânea constituído pelo modelo de produção e pelo modelo de gestão da organização produtora.

### **3.3.1. Arquitetura do Conhecimento em CTP**

A arquitetura geral do conhecimento resultante da integração dos domínios do conhecimento e das visões de modelos de processos associados com os diferentes agentes envolvidos em um estudo de CTP é apresentada na Figura 3.8. Os retângulos com cantos arredondados correspondem aos processos de transformação, os cilindros aos bancos de dados com a informação sobre o estado atual do modelo ou fase de seu desenvolvimento e as setas indicam a direção do fluxo de controle ou execução do ciclo de vida ao longo do tempo. A parte superior e inferior da Figura 3.8 mostram, respectivamente, o ciclo de vida do desenvolvimento de um produto complexo e o processo de gestão da organização produtora, ambos designados como partes complementares de

um processo de negócios completo, que está dividido em fases temporais para sua elaboração: modelagem, implementação, execução, automatização, monitoramento, análise e melhoria contínua dos processos envolvidos em todas as operações realizadas pela organização.

Os processos descritos são aqueles relacionados com o *design* e a engenharia do produto (modelagem descritiva do produto), aqueles relacionados diretamente com a cadeia principal de produção (desenvolvimento do produto), assim como aqueles representativos do apoio adicional necessário (logística da produção) e das operações executadas pela organização produtora para a completa gestão do processo.

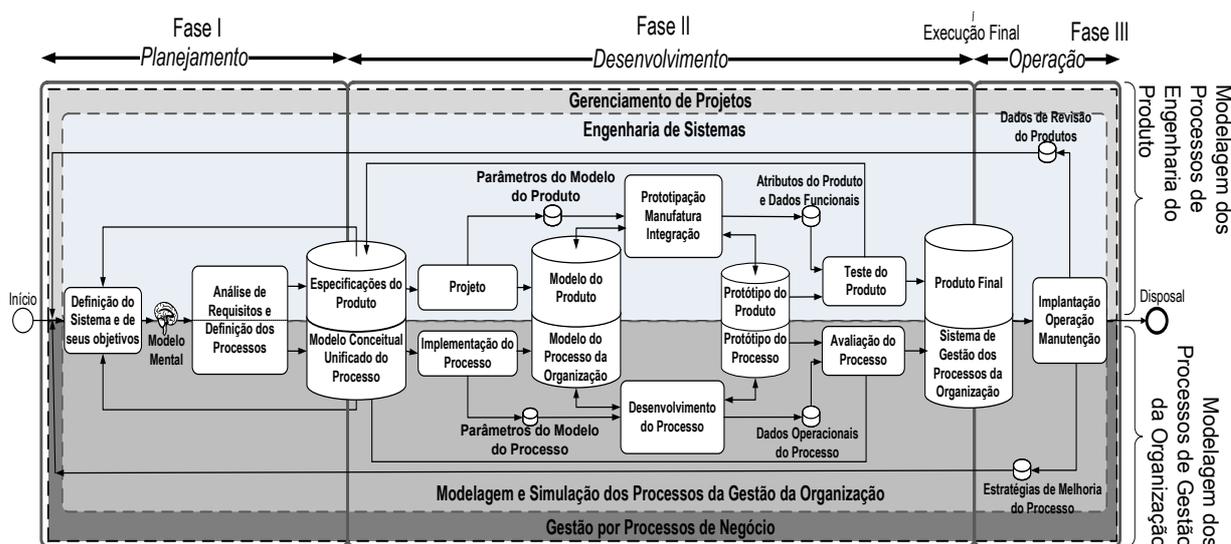


Figura 3.8- Arquitetura do Conhecimento em CTP.

Esta arquitetura tridimensional de conhecimento tem algumas similaridades com a que foi proposta por Loureiro (1999) para uso em engenharia simultânea de sistemas, que mais recentemente foi revisada em Loureiro (2010). A coordenada horizontal x mostra a evolução ao longo do tempo dos modelos de processos representativos da engenharia simultânea de sistemas (incluem o modelo de processos do produto e o da organização produtora); a coordenada vertical y mostra a dualidade e a natureza simétrica destes dois tipos de

modelos; finalmente, a coordenada z, camadas dispostas ortogonalmente ao plano da figura, levam em consideração a decomposição hierárquica dos processos representativos do sistema real em desenvolvimento, estando vinculados com o tipo de produto, com o grau de evolução atingido pelo protótipo e com o nível de detalhamento com o qual o modelo está sendo representado.

As áreas sombreadas, denominadas dimensões, distinguem especialização do conhecimento do agente envolvido naquela fase específica do projeto ou processo. O tom cinza claro indica um perfil mais técnico, como o de um analista de TI ou modelador de processos, mas também o de um engenheiro de sistemas; esses perfis poderiam ser diferenciados também com cores, se for julgado necessário. O tom cinza escuro é utilizado para indicar um perfil mais gerencial, como o de gerente de projeto ou gestor do processo de negócios. As áreas de domínio e a responsabilidade de cada agente no desenvolvimento do sistema são representadas por estas dimensões, que se sobrepõem ao longo de todo o caminho de evolução do modelo. Os agentes responsáveis por uma visão do modelo descrito por uma dimensão mais externa faz uso dos pontos de vista de todos os outros agentes que são mais internos à sua própria dimensão, na realização do seu trabalho e atividades de estudo.

### **3.3.2. O Método para Evolução dos Modelos**

Em um estudo de CTP, o método de evolução do *Framework* faz uso simultâneo de várias técnicas de modelagem de forma integrada e em tempo real ao longo do ciclo de vida completo do modelo de desenvolvimento. O uso simultâneo de diversas técnicas de representação para construir modelos transdisciplinares unificados do sistema real completo (produto mais organização) é a pedra angular da abordagem: explorar as potencialidades e a complementaridade das várias disciplinas e fazer a utilização simultânea das mesmas nas aplicações desenvolvidas. Deve-se pensar neste método de

implementação como a orquestração de diferentes serviços, cada um relacionado a uma visão de modelo específico, correspondente ao tipo de agente envolvido nos processos de desenvolvimento completo de sistemas reais.

A criação deste tipo de modelo conceitual unificado é certamente a parte mais difícil de qualquer estudo de sistemas a eventos discretos e é o objetivo de muitos esforços atuais de pesquisa, como se pode ver na literatura da área (ROBINSON, BROOKS, *et al.*, 2011), (EMBLEY e THALHEIM, 2011), só para citar duas obras recentes. No momento não existe uma solução definitiva para a definição e o conteúdo de um formato de representação mínima para a construção de modelos conceituais. A necessidade de criar um processo de modelagem genérico e suficiente é consenso nos diversos autores acima citados e espera-se que a arquitetura do conhecimento em CTP e sua aplicação em variados estudos de casos, como exemplificado neste trabalho, contribua para que este objetivo seja alcançado.

### **3.3.3. As Ferramentas Computacionais de Apoio ao *Framework***

Todas as técnicas integradas e unificadas envolvidas em um estudo de CTP necessitam ser auxiliadas por ferramentas computacionais. Essas ferramentas englobam desde sistemas de apoio ao projeto e manufatura do produto (CAD/CAM), ambientes de auxílio ao desenvolvimento de software (CASE). Incluem-se também as ferramentas de interfaces de comunicação, mecanismos de verificação, de geração e de transcrição de modelos, de maneira a assegurar a consistência e a compatibilidade entre diferentes formatos de modelos e a completa interoperabilidade das ferramentas componentes do ambiente de apoio.

Esta variedade de ferramentas idealmente deve ser integrada em um ambiente de apoio capaz de auxiliar todas as fases do ciclo de vida do desenvolvimento

do modelo unificado (produto mais organização produtora), compreendendo: a fase da modelagem do processo (mapas conceituais e modeladores de processos); a fase de construção (sistemas de apoio à engenharia de sistemas,) gerenciadores de projetos, sistemas de simulação, sistemas de gestão por processos de negócios, ferramentas de verificação e validação automáticas de código; a fase de execução (os aplicativos desenvolvidos); a fase de gestão (de novo os aplicativos desenvolvidos); o processo de melhoria contínua do modelo (ferramentas de análise, de controle de configuração e versão, ferramentas de auxílio à modelagem conceitual, à apresentação e à documentação de modelos de processos).

Neste contexto os sistemas para simulação e gestão por processos de negócios desempenham um papel especial no apoio à modelagem, simulação, automatização da operação, o gerenciamento dos processos relacionados com a operação do sistema real (envolvendo as operações de produção e de gestão da organização). Os dados gerados pela operação do sistema real, que pode estar sendo orquestrado por um sistema de gestão por processos, podem ser utilizados como dados de entrada para a realização de execuções de um sistema de simulação, na definição dos parâmetros de controle ou na validação dos modelos de processos em utilização.

#### 4 A ABORDAGEM UNIFICADA BASEADA EM CTP

Neste Capítulo é apresentada a Abordagem Unificada para Modelagem, Simulação e Gestão por Processos, que é uma abordagem para ser aplicada aos processos de gestão da organização em engenharia simultânea de sistemas no contexto da CTP, a forma como ela se originou e as contribuições trazidas por ela.

A Abordagem Unificada para Modelagem, Simulação e Gestão por Processos consiste na aplicação de uma parte do conceito de *Framework* para CTP apresentado no Capítulo **Error! Reference source not found.**, na qual apenas as dimensões de simulação e de gestão por processos (Modelagem de Processo e Gerenciamento Organizacional - metade inferior da Figura 3.8) são exploradas e aplicadas na solução de um problema envolvendo um sistema complexo.

No contexto do *Framework* para realização de estudos em CTP apresentado, a abordagem proposta se concentra na análise do problema sobre os aspectos de interesse mais afeitos ao analista de TI e ao gestor do sistema, isto é, às questões que dizem respeito à modelagem, à simulação e à gestão dos processos, não tratando explicitamente dos aspectos relacionados à aplicação de conceitos diretamente provenientes da engenharia de sistemas e da gerência do projeto.

Uma das contribuições deste trabalho de pesquisa de mestrado é a aplicação da MCU no estudo de processos de negócio em geral.

Na presente pesquisa adota-se, para maior simplicidade e clareza, e seguindo a ideia de uma representação multifacetada exposta por Onggo (2009), a notação gráfica BPMN (OMG, 2011) para a descrição dos processos de negócios e a notação DMUS (Diagramas para Modelagem Unificada em

Simulação) (TRAVASSOS, 2007) como notação para o modelo de simulação. Adicionalmente, sugere-se o uso de diagramas do tipo IDEF0 ou notações tradicionais, como a UML e/ou SYSML, para a elaboração de modelos descritivos de produtos, de acordo com as melhores práticas que já vem sendo utilizadas nas comunidades de engenharia de software e engenharia de sistemas em geral. O uso concatenado destas notações permite obter uma visão multifacetada do sistema e a construção de modelos unificados destes para a realização de estudos mais completos, visando melhorar o apoio ao ciclo de vida de desenvolvimento do produto.

Nos itens a seguir são detalhadas as fases de desenvolvimento do modelo levando-se em consideração apenas estas duas variantes de interesse da modelagem unificada, ou seja, a simulação e gestão do processo, correspondentes respectivamente à visão do analista de TI e à visão do gestor do sistema.

#### **4.1. A Abordagem Tradicional para Gestão por Processos**

Para explicar a abordagem proposta, conceito essencial da CTP, é necessário se fazer um histórico sobre sua formulação a partir de trabalhos de pesquisa de diferentes autores, como Naidoo, Muhlen, Travassos.

O ciclo de vida tradicional do desenvolvimento de modelos para uso na gestão por processos tem a representação apresentada em Naidoo e Muhlen (2005) ilustrada na Figura 4.1.

Esse ciclo tradicional se inicia com uma definição do sistema e seus objetivos com relação ao processo do ambiente do sistema/organização para o qual está sendo projetada a aplicação do workflow, e das regras existentes neste sistema. A especificação completa do objetivo e a análise organizacional definem os parâmetros e as restrições para o processo. Após a definição do

sistema, o ciclo é continuado por uma fase de modelagem de toda estrutura do processo. A finalidade da fase de modelagem é a descrição formal do processo que se deseja analisar e/ou automatizar. Esta fase é concluída com um modelo de workflow construído e os recursos envolvidos na execução do processo especificados. O modelo final de workflow é definido antes do início da fase de implementação do processo.

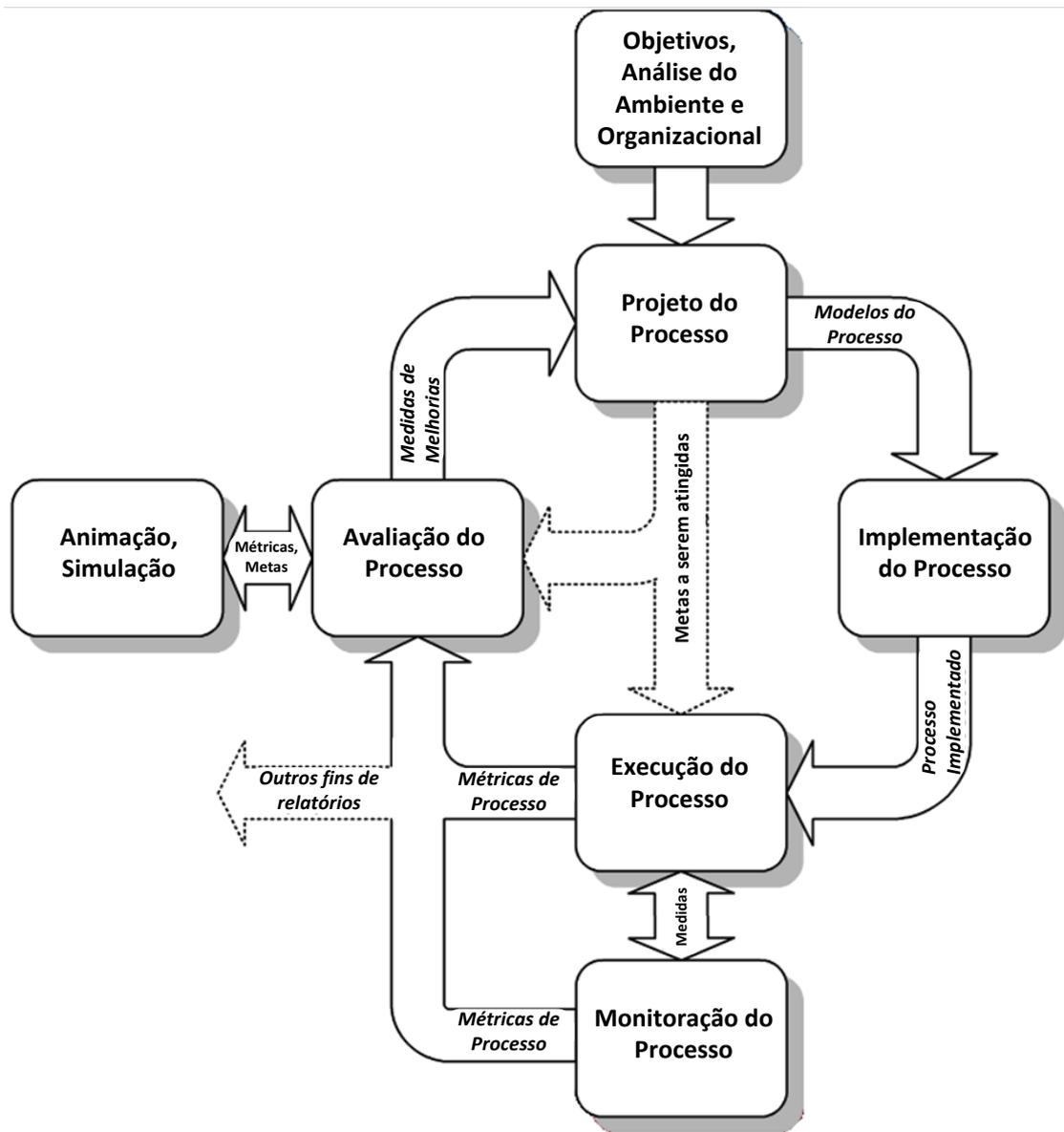


Figura 4.1 - Ciclo de vida do modelo na gestão por processos.

Fonte: adaptado de Naidoo e Muehlen (2005)

Durante a fase de implementação, os processos especificados são transferidos para os ambientes operacionais que podem ser manuais ou automatizados. Finalmente, o processo é executado e monitorado em tempo real. Com a finalidade de controle, registros de acompanhamento são gerados durante a execução dos processos, para que juntamente com a monitoração efetuada, possam ser usados no estágio de avaliação. Na avaliação, novas diretrizes são formuladas, baseadas nos resultados das medidas e das avaliações e é então realizada a realimentação para uma eventual correção do modelo e melhoria do processo.

#### 4.2. A Abordagem Integrada para Simulação e Gestão Automática de Processos

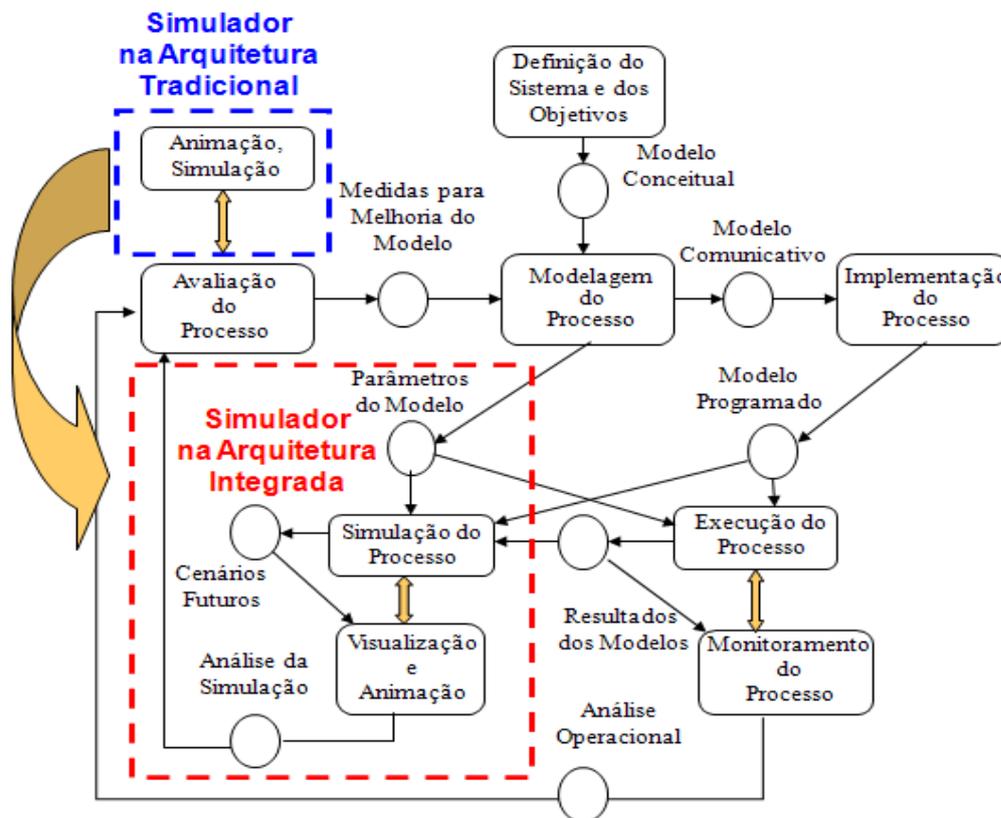


Figura 4.2 - Transformação do modelo da Abordagem Tradicional para a Integrada.

Fonte: Travassos (2007, p. 47)

Fonte: Travassos (2007, p. 47)

A Figura 4.2 apresenta o ciclo de vida do modelo de um processo conforme a Abordagem Integrada para Simulação e Gestão Automática de Processos (Travassos, 2007). Nessa abordagem a simulação deixa de ser vista apenas como uma ferramenta autônoma e complementar, aplicada somente durante a fase de avaliação do processo, para fazer parte obrigatória do ciclo de vida do modelo. Tem-se também o conceito de um modelo único, aplicado tanto para a simulação quanto para a gestão, que é executada em dois *Threads* (laço de execução) independentes, uma destinada à visualização da simulação para fins de projeções futuras e outra a gestão automática do processo.

### 4.3. A Abordagem Unificada para Modelagem, Simulação e Gestão por Processos

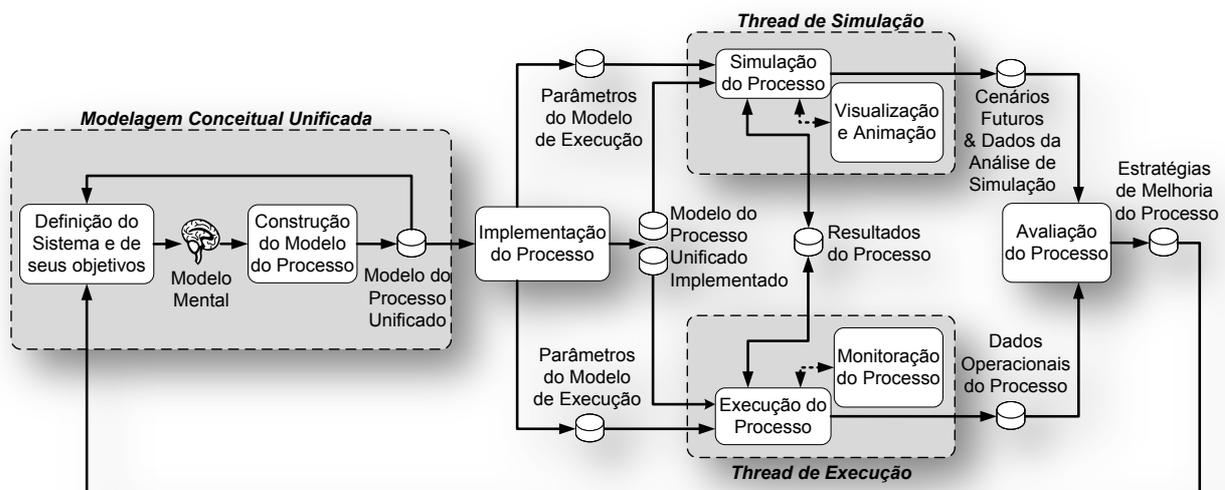


Figura 4.3 - Abordagem Unificada para Modelagem, Simulação e Gestão por Processos.

A Figura 4.3 apresenta uma versão modificada proposta pelo autor, renomeada para Abordagem Unificada para Modelagem, Simulação e Gestão por Processos (SILVA, KIENBAUM, *et al.*, 2011), como forma de diferenciação da abordagem proposta por Travassos (2007). Nessa versão, uma das principais

contribuições se encontra na disposição de seus componentes (processos, artefatos e relacionamentos), destacando-se a simetria existente no ciclo de vida do modelo. Tal simetria evidencia a simplicidade e as semelhanças entre os modelos de processos (o de simulação e o de gestão de negócios) ao longo do ciclo de vida, ficando clara a existência de um modelo único, que contém dados comuns para os modelos de simulação e gestão por processos.

Outra contribuição está na indicação dos artefatos (bancos de dados ☺ ) ao longo de toda a abordagem unificada. Dois artefatos são destacados, o de *Modelo do Processo Unificado* e o de *Resultados do Modelo*. O primeiro é o modelo comunicativo da abordagem integrada, que na abordagem proposta é definido como o resultado da modelagem conceitual - *Modelo do Processo Unificado* - expressa por meio de vários diagramas e descrição textuais, conforme sugerida por Onggo (2009). Já o segundo, funciona como interface de comunicação entre os *Threads* de Simulação e Execução, fornecendo e armazenando dados dos modelos. Alterações no *Modelo do Processo Unificado* refletem nos modelos de simulação e nos de gestão por processos, assim como também alterações nestes últimos são refletidas no *Modelo do Processo Unificado*.

O artefato *Parâmetros do Modelo* da Abordagem Integrada, que é o produto do processo de *Modelagem do Processo*, na abordagem proposta é dividido em dois artefatos, *Parâmetros do Modelo de Simulação* e *Parâmetros do Modelo de Execução* e são produtos do *Processo de Implementação*. Estes parâmetros são extraídos do *Modelo do Processo Unificado*, que deve conter as informações necessárias para implementação e execução dos modelos de simulação e gestão por processos.

Todas essas contribuições facilitam a compreensão da abordagem unificada e o desenvolvimento de ferramentas de apoio para automatização da mesma.

Na abordagem integrada e na unificada, a simulação está no centro do ciclo de vida, diferente da abordagem tradicional (NAIDOO e MUEHLEN, 2005), que a coloca como uma atividade totalmente desvinculada da atividade de execução do processo e como uma ferramenta autônoma complementar. Nessas abordagens o modelo de simulação e o de execução do processo são partes complementares de um modelo único, descrevendo tanto os aspectos diretamente ligados à produção (modelo de simulação da produção) quanto os aspectos relacionados à gestão (modelo para execução e gestão) do sistema que está sendo estudado.

#### **4.3.1. Descrição do ciclo de vida do modelo na abordagem proposta**

O início do ciclo se dá com a atividade de *Definição do Sistema e dos Objetivos*. A especificação completa do objetivo e a análise organizacional definem o produto final desta atividade: o *Modelo Mental*.

Na sequência tem-se o *Processo de Construção do Modelo*, que é aquele que transforma o *Modelo Mental* no *Modelo do Processo Unificado* (modelo conceitual unificado no contexto de MCU) que é composto por descrições textuais e por diagramas em diversas notações (BPMN, DCA, UML, entre outras) conforme trabalho apresentado por Onggo (2009). O *Modelo do Processo Unificado* deve conter informação suficiente para apoiar a implementação dos modelos de simulação e gestão por processos, como os parâmetros de controle, as restrições para o processo, o modelo de *workflow*, os recursos envolvidos na sua execução entre outras informações.

Tendo o *Modelo do Processo Unificado*, segue-se para o *Processo de Implementação* deste modelo, cuja meta é a criação dos modelos de simulação e gestão por processos - *Modelo do Processo Unificado Implementado* - para suas execuções nos *Threads* respectivos. Os modelos de simulação e gestão por processos devem possuir a mesma estrutura e comportamento, ou seja, as

mesmas atividades hierárquicas e desvios condicionais contidos em uma devem estar presentes na outra (conceito de modelo de referência no contexto de MCU). Com isso garantimos a integridade entre os modelos de simulação e os de gestão por processos.

O artefato *Modelo do Processo Unificado Implementado* alimenta dois *Threads*, uma para execução e visualização da simulação (projeções de cenários) e outro para a execução e gerência automática do processo (processo real em modo de produção). Assim, a execução da simulação e a execução do processo possuem como origem o mesmo modelo: o *Modelo do Processo Unificado*.

Dados colhidos em tempo real ao longo da execução do processo servem como entrada para fase de execução da simulação do processo. Desta forma, tem-se uma simulação do processo mais fiel à realidade e com projeção de cenários futuros mais confiáveis. E ainda, dados resultantes da simulação podem ser armazenados e utilizados também ao longo da execução do processo.

Os resultados dos dois *Threads* (monitoramento do processo e a visualização da simulação) fornecem dados - *Cenários Futuros/Análise de Dados da Simulação* e *Dados Operacionais do Processo* - que serão utilizados pela atividade de *Avaliação do Processo*. Nela são fornecidas *Medidas de Melhoria do Processo* que por sua vez são usadas como entradas para a atividade de *Definição do Sistema e seus Objetivos*. Assim o ciclo recomeça, constituindo-se num ciclo iterativo.

## 5 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA - SERVIÇOS COMERCIAIS DO LIT

Neste Capítulo é detalhado o processo de prestação de serviço comercial do LIT (INPE.LIT, 2005), desde o contato do cliente com o setor comercial até o faturamento do serviço realizado. Todo o processo pode ser dividido em oito etapas distribuídas em três grandes fases, a fase de elaboração da proposta, a da execução do serviço e do faturamento do serviço realizado, que são delineados a seguir.

### 5.1. Fase I: Elaboração da Proposta Comercial

A fase de elaboração da proposta comercial é composta pelas etapas 1, 2 e 3, representadas, respectivamente, pelas Figura 5.1, Figura 5.2 e Figura 5.3.

O cliente - por meio de telefone, e-mail ou fax - solicita o serviço ao Setor Comercial, que preenche um formulário de solicitação de serviço, onde se encontram relacionados todos os serviços prestados pelo LIT.



Figura 5.1 - Fase I : Elaboração da Proposta Comercial (etapa 1).

Ao inserir uma solicitação no sistema é gerado um número, chamado número do processo, que será usado como referência nas outras etapas.

Cada solicitação de serviço deve ser respondida pela Área Técnica que deve informar ao sistema a data de início, a quantidade de horas necessárias e o prazo para a execução do serviço.

Para auxiliar na resposta da solicitação, o sistema exibe o cronograma dos serviços já agendados pela área e, com base em dados pré-determinados por cada área, sugere valores para horas necessárias e prazo para a execução do serviço. A resposta da área passa pela análise crítica, realizada via sistema, e então fica disponível para a elaboração da proposta comercial, realizada pelo Setor Comercial.

A Área Técnica é notificada sobre solicitações geradas pelo Setor Comercial para que possa respondê-las e o Setor Comercial é notificado sobre as respostas às solicitações geradas pela Área Técnica.

O sistema alerta tanto o Setor Comercial como a Área Técnica quando alguma solicitação não é respondida dentro de um prazo determinado.

Com base na resposta da solicitação, o Setor Comercial elabora a proposta comercial que é enviada para aprovação da chefia.

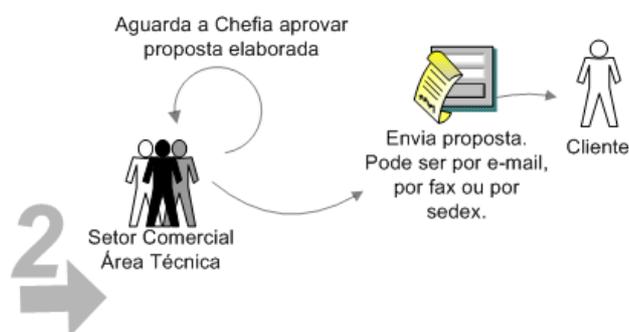


Figura 5.2 - Fase I: Elaboração da Proposta Comercial (etapa 2).

Com a aprovação da chefia, o Setor Comercial envia a proposta ao cliente (por correio/fax/e-mail) e acessa o sistema para registrar essa informação.

Próximo ao vencimento da validade da proposta, o Setor Comercial é notificado pelo sistema para que possa contatar o cliente questionando-o sobre uma resposta da proposta enviada. Após resposta do cliente, o Setor Comercial informa ao sistema a aceitação ou rejeição por parte do cliente.

Quando ocorre a resposta a uma proposta, a Área Técnica é notificada pelo sistema. Quando não há confirmação do cliente até o fim do prazo de validade da proposta, o Setor Comercial e a Área Técnica são notificados pelo sistema.



Figura 5.3 - Fase I: Elaboração da Proposta Comercial (etapa 3).

## 5.2. Fase II: Execução do Serviço Proposto

A fase de execução do serviço proposto é composta pelas etapas 4, 5 e 6, representadas, respectivamente, pelas Figura 5.4, Figura 5.5, Figura 5.6.

Para serviços que envolvam equipamentos, o Setor de Estocagem recebe o equipamento enviado pelo cliente na sala de estocagem ou, no caso de cliente

interno LIT, no laboratório, onde é dada entrada no sistema e o equipamento é cadastrado. Durante a entrada de um equipamento é localizado no sistema, pelo tipo do equipamento e/ou do nome do cliente, a sua proposta comercial.

No caso de equipamento enviado sem solicitação formal de serviço pelo cliente, ou antes do envio ou aceitação da proposta comercial, o Setor de Estocagem notifica o Setor Comercial para que este possa tomar as providências necessárias.

Ao receber um equipamento, o sistema notifica a Área Técnica e o Setor Comercial.

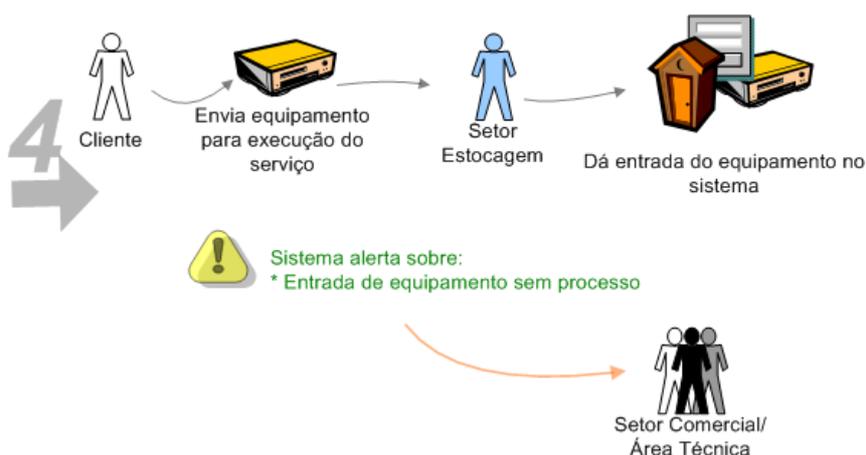


Figura 5.4 - Fase II: Execução do Serviço Proposto (etapa 4).

Com o equipamento em sua posse, a área abre uma ordem de serviço e durante a execução do serviço alimenta essa ordem. Serviços que não envolvem equipamento também devem ter uma ordem de serviço.

Após a execução do serviço, a área notifica o sistema que o serviço está pronto, por meio do seu fechamento. Quando aplicável, o equipamento é enviado para a sala estocagem onde será retirado pelo cliente externo. Os clientes internos LIT retiram o equipamento no laboratório.

Os documentos em papel (como certificados, relatórios) gerados são enviados para o Setor Comercial, onde são cadastrados e enviados para o cliente. Uma cópia é enviada para o Setor de Documentação que complementa os dados cadastrais do documento (local de armazenamento, por exemplo).

Os documentos eletrônicos gerados são inseridos no sistema pela área e o Setor Comercial é notificado pelo sistema para que possa cadastrá-los e enviá-los para o cliente. Após o cadastro pelo Setor Comercial, o Setor de Documentação é notificado.

Quando o serviço não é finalizado até o prazo estipulado na ordem de serviço, o sistema alerta a área técnica.

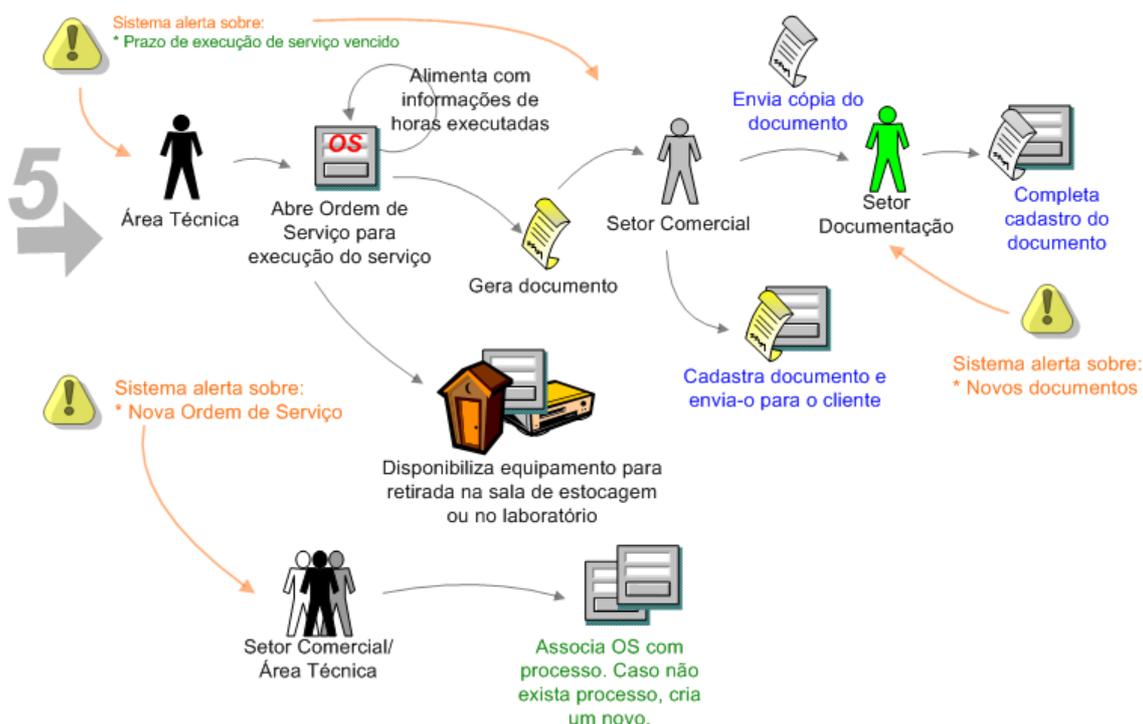


Figura 5.5 - Fase II: Execução do Serviço Proposto (etapa 5).

Quando o equipamento chega ao Setor de Estocagem, este providencia, via sistema, a declaração de remessa (parcial ou total). O Setor de Estocagem

aguarda o cliente retirar o equipamento, que pode se encontrar na sala de estocagem (cliente externo) ou no laboratório (cliente interno). Uma vez o equipamento retirado, a sua saída é registrada no sistema.



Figura 5.6 - Fase II: Execução do Serviço Proposto (etapa 6).

### 5.3. Fase III: Faturamento do Serviço Prestado

A fase de faturamento do serviço prestado é composta pelas etapas 7 e 8, representadas, respectivamente, pelas Figura 5.7 e Figura 5.8.

O Setor Comercial, por meio do sistema, gera os dados necessários para a elaboração da nota fiscal e do recibo e os envia para a Fundação responsável pela geração da nota fiscal e pelo recebimento do pagamento do cliente. A Fundação envia a nota fiscal e o recibo para o Setor Comercial que cadastra os dados e os envia para o cliente.

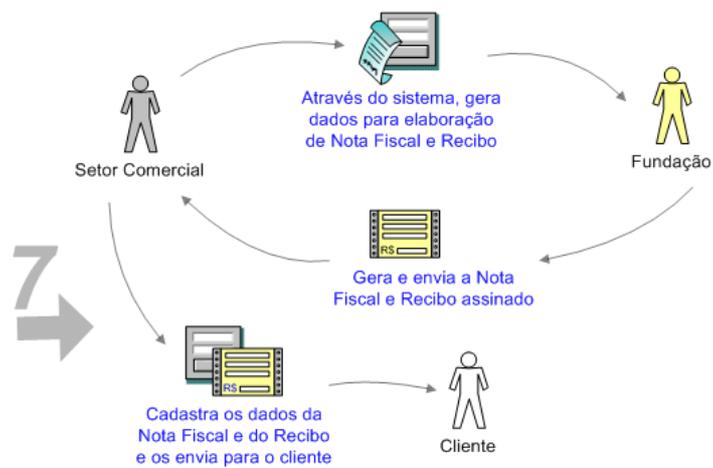


Figura 5.7 - Fase III: Faturamento do Serviço Prestado (etapa 7).

O Setor Comercial aguarda o cliente efetuar o pagamento e, após o pagamento efetuado, atualiza o sistema com essa informação.



Figura 5.8 - Fase III: Faturamento do Serviço Prestado (etapa 8).



## 6 ANÁLISE EXPLORATÓRIA DA ABORDAGEM PROPOSTA

Neste Capítulo é apresentado um estudo de viabilidade da ferramenta BPMS e da ferramenta de simulação na aplicação da abordagem proposta utilizando-se o modelo do processo do LIT em uma versão simplificada. Descreve-se as atividades de elaboração do modelo unificado de processos (composta pela modelagem do processo simplificado em notação BPMN) a modelagem em DMUS, a modelagem e implementação na ferramenta BizAgi, modelagem e implementação na ferramenta SIMPROCESS.

Para este estudo de viabilidade da aplicação da abordagem, optou-se por uma versão simplificada do processo de prestação de serviço comercial do LIT, sem incluir as atividades de programas especiais e com um número reduzido de laboratórios, recursos e serviços.

### 6.1. Resumo das atividades da aplicação da abordagem proposta

Iniciou-se com a modelagem do processo na notação BPMN por meio da ferramenta gratuita *BizAgi Process Modeler*. Neste modelo definiram-se dois macroprocessos (*pools*), o do cliente e o do LIT, este último composto por (*lanes*) Setor Comercial, Setor Documentação, Chefia, Laboratório e Estocagem.

Tendo o processo modelado, partiu-se para a elaboração de um diagrama para modelagem unificada em simulação (DMUS) para servir como base da modelagem dentro da ferramenta SIMPROCESS. Com este diagrama consegue-se especificar prioridades, filas, recursos e entidades que participarão da simulação.

Na modelagem dentro do SIMPROCESS, criada a partir do DMUS, utilizou-se das mesmas figuras encontradas na descrição do processo comercial do LIT

com o objetivo de deixar o modelo de simulação familiar aos usuários do documento de descrição do processo de prestação de serviço comercial do LIT. Com o modelo dentro do simulador, iniciou-se a fase de determinação das distribuições estatísticas de cada atividade modelada. Para isso, utilizaram-se dados reais extraídos de sistema de informação do LIT (sistema eLIT) e obteve-se a melhor distribuição por meio do aplicativo ExpertFit, existente no próprio simulador.

Utilizou-se o BPMS BizAgi para se criar uma aplicação executável a partir do modelo em BPMN. A fim de facilitar a implementação na ferramenta, o modelo inicial foi ligeiramente alterado.

Assim, gerou-se o modelo simplificado da prestação de serviços comerciais (atividade de apoio à indústria) em BPMN, e em DMUS, uma implementação no BPMS e uma implementação em na ferramenta de simulação.

## **6.2. Detalhamento das atividades de MCU**

### **6.2.1. Modelagem BPMN**

Baseado na descrição da prestação de serviços comerciais do LIT, fornecida pela equipe de desenvolvimento de sistemas de informação do LIT, e com o auxílio da ferramenta *BizAgi Process Modeler*, construiu-se o modelo de processo conforme Figura 6.1e Figura 6.2.

Nesse modelo foram criados dois *Pools*: um para representar o processo do lado do Cliente e o outro para o processo do lado do LIT. Os setores do LIT foram representados pelas seguintes *Lanes* dentro do *Pool* LIT: Setor Comercial, Setor de Documentação, Chefia, Laboratório e Estocagem. Três *Milestone* foram criados (proposta, execução e faturamento), representando as fases pelas quais a prestação de serviço decorre.

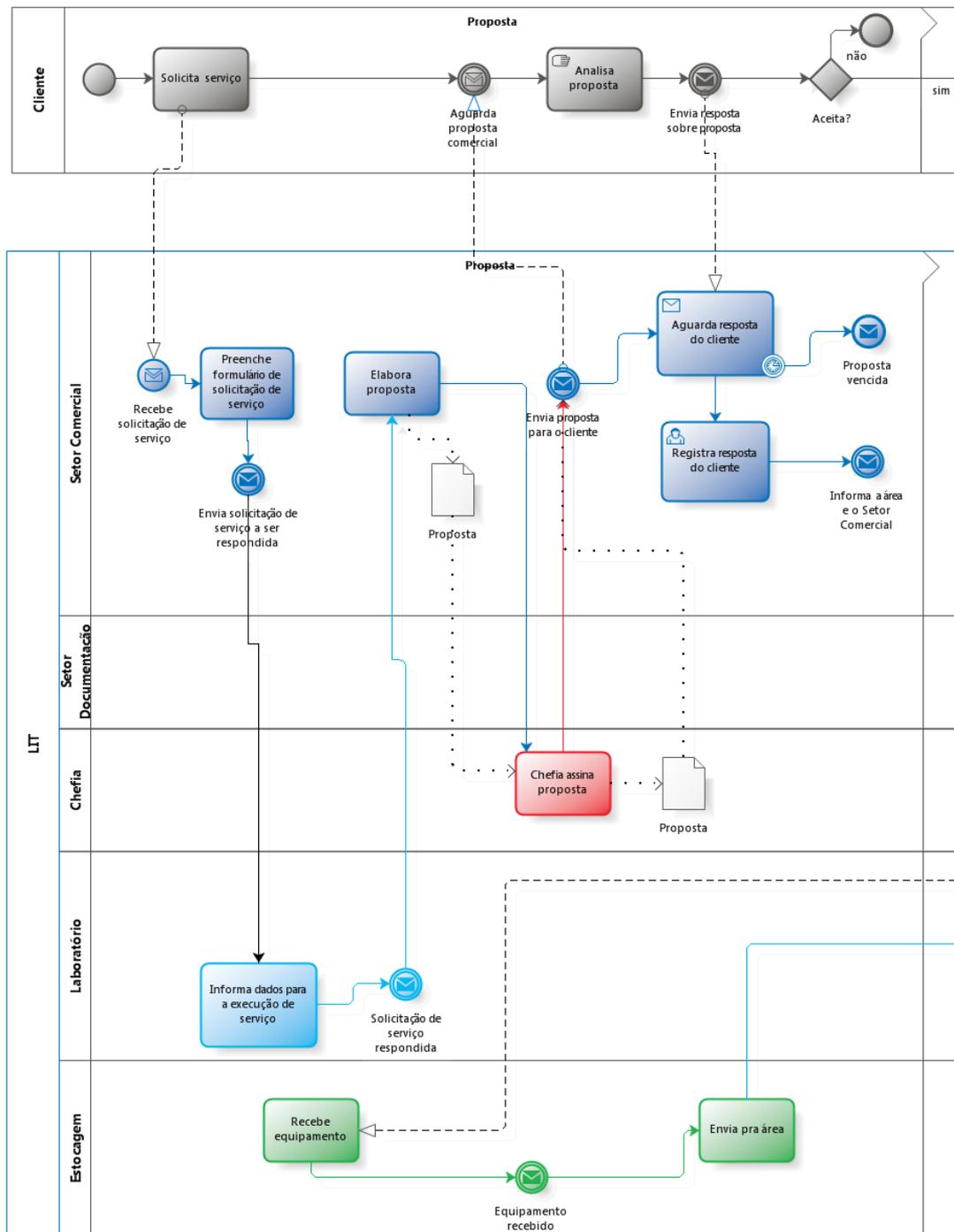


Figura 6.1 - BPD do processo de prestação de serviços.

O processo do cliente foi modelado com o intuito somente de se conhecer o comportamento junto com o processo do LIT e de exercitar a modelagem na notação BPMN. Este processo do cliente não é implementado no aplicativo de simulação e nem no BPMS.

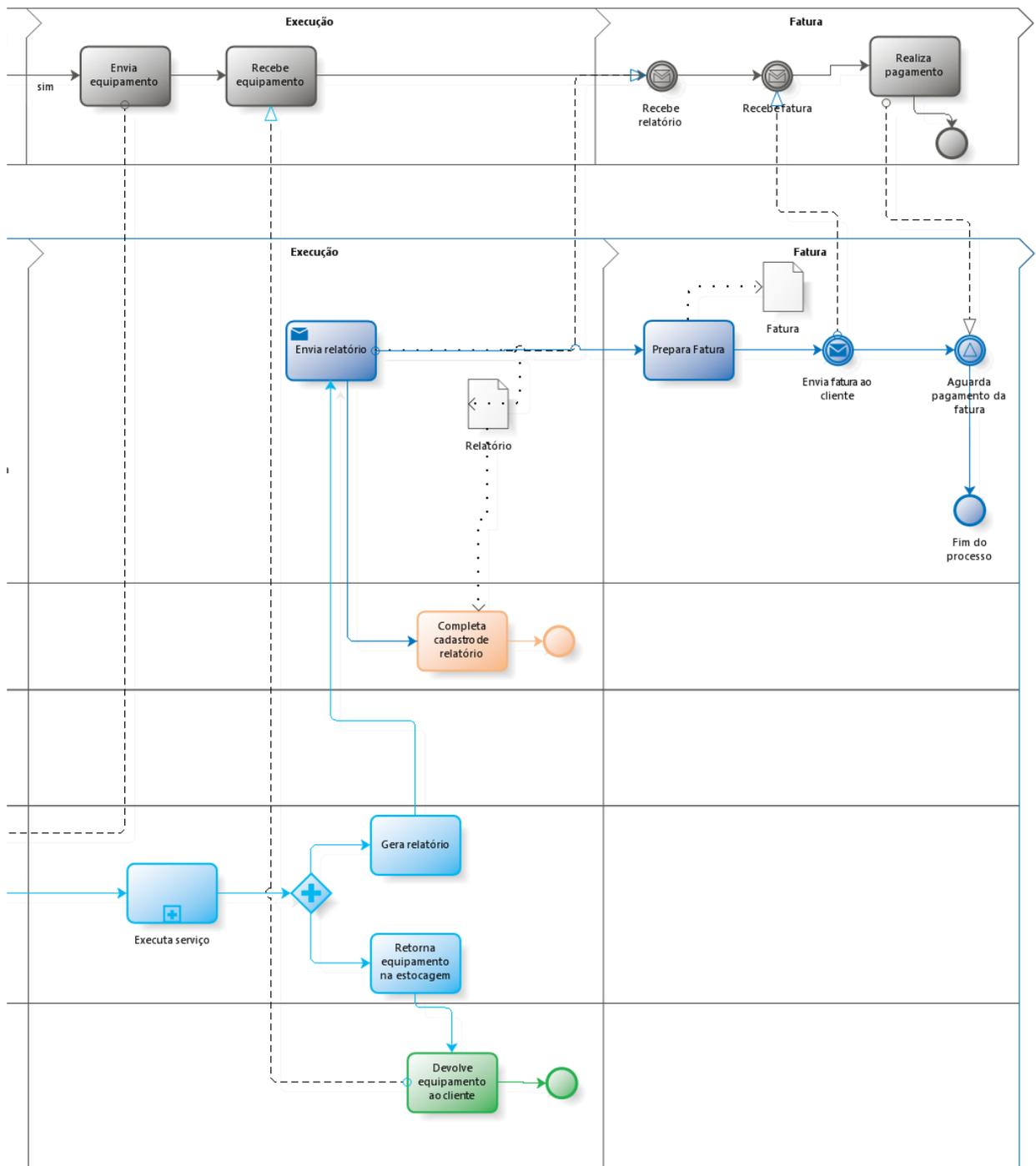


Figura 6.2 - BPD do processo de prestação de serviços (continuação).

### **6.2.2. Representação do Modelo em DMUS**

Na transição do modelo BPMN para o DMUS, as *lanes* se transformaram nas *entidades* que constituem os *recursos* do processo: *Setor Comercial, Laboratório, Setor de Documentação, Chefia, Estocagem*.

Analisando o modelo BPMN foram identificadas as demais entidades, as que transitam pelo processo: *Solicitação de Serviço, Proposta, Equipamento, Relatório, Fatura*.

Para elaborar o DMUS, Figura 6.3, foram utilizadas diferentes cores (vermelha para solicitação, verde para laboratório, azul para setor comercial, amarela para chefia, laranja para proposta, cinza para cliente, magenta para equipamento, preta para relatório, ciana para estocagem, bordô para fatura, marrom para documentação) para definir o fluxo de cada entidade no sistema, de forma a identificar cada uma delas, ou seja, de quais atividades participam.

Com o modelo construído, pôde-se partir para sua implementação na ferramenta de simulação e na ferramenta BPMS.

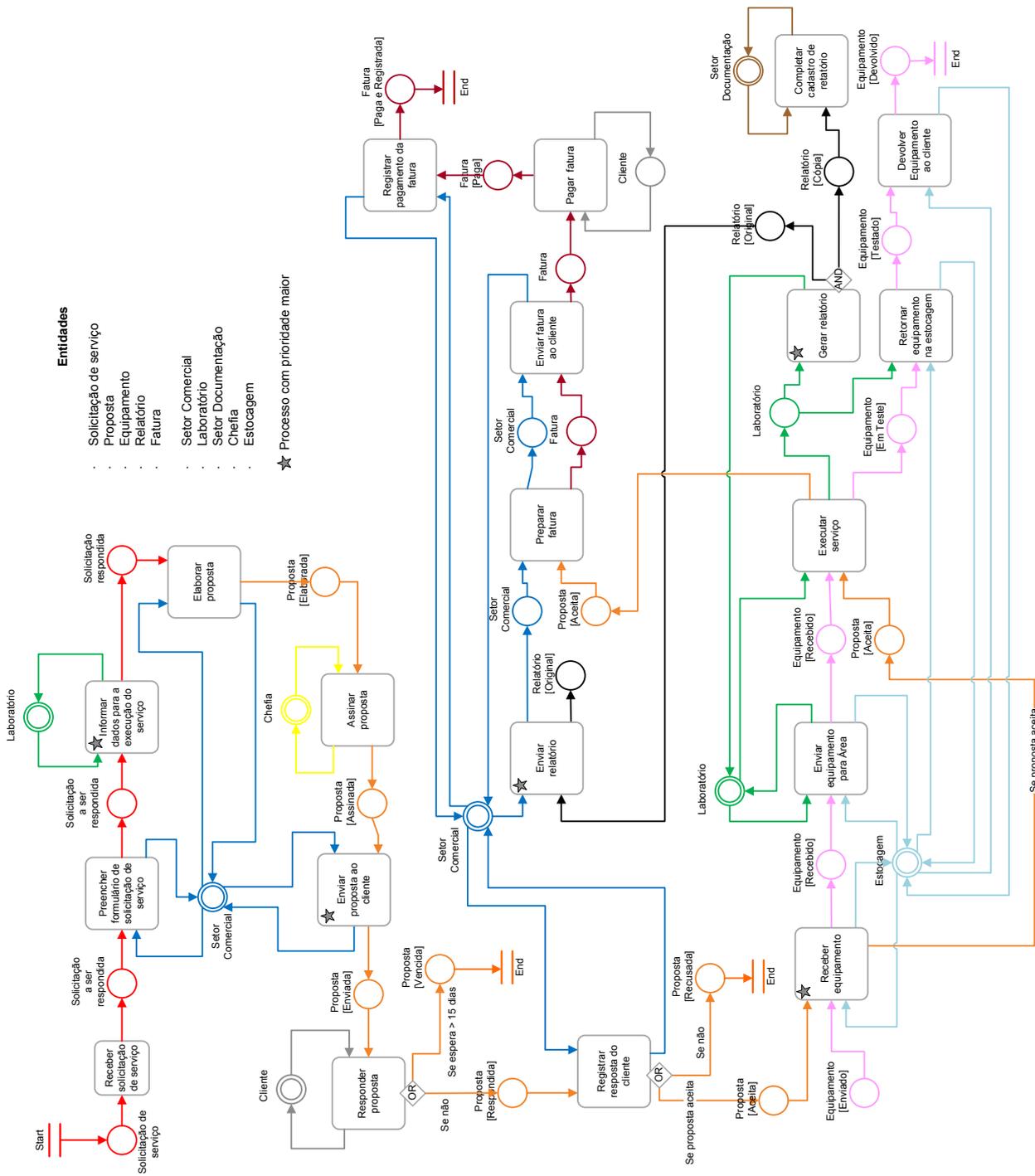


Figura 6.3 - DMUS do Processo de Prestação de Serviços do LIT.

## 6.3. Implementação do Modelo de Simulação no SIMPROCESS

### 6.3.1. Modelagem dentro do SIMPROCESS

A modelagem na ferramenta SIMPROCESS iniciou-se com base no DMUS elaborado. Como o SIMPROCESS é uma ferramenta que permite a modelagem hierárquica e o DMUS demonstrou ser relativamente extenso, procurou-se aplicar a hierarquia no DMUS a fim de facilitar a sua modelagem no SIMPROCESS.

### 6.3.2. Definição das distribuições

Para garantir uma maior proximidade com a realidade, grande parte das atividades modeladas teve as suas durações definidas por meio da ferramenta ExpertFit do SIMPROCESS com dados extraídos do sistema de informação do LIT, o sistema eLIT. Ao todo, foram obtidas 10 funções de distribuição estatística, uma para cada atividade, com a ajuda destas ferramentas.

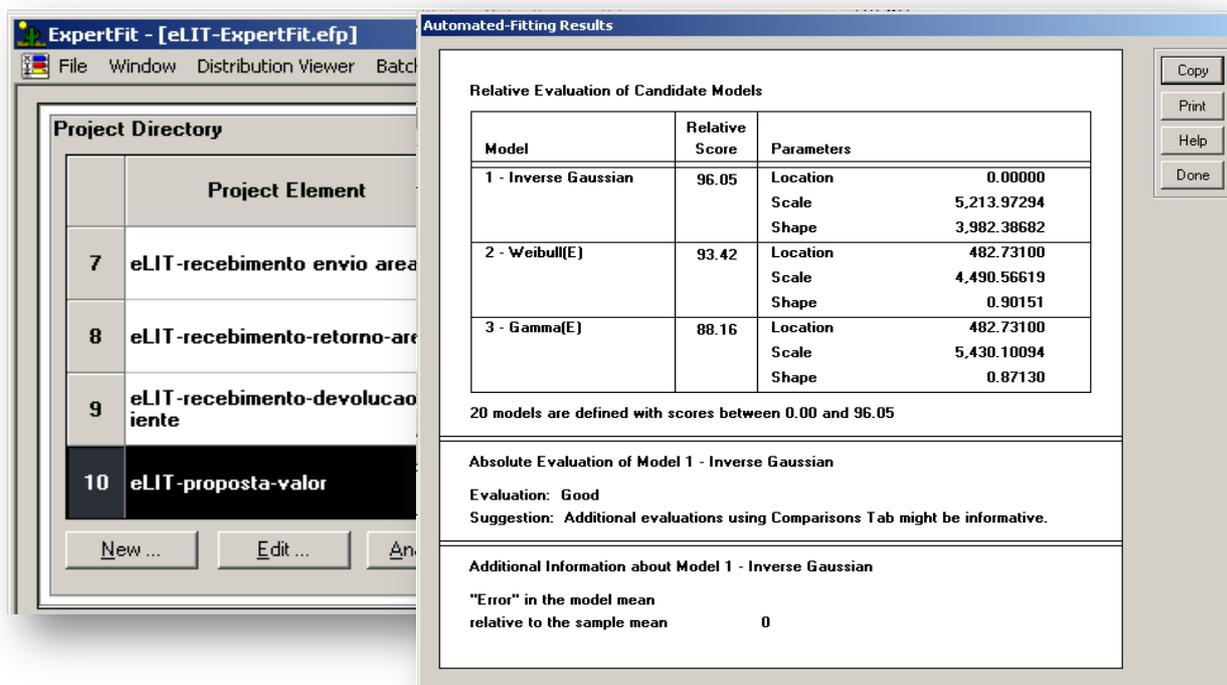


Figura 6.4 - Projeto criado no ExpertFit com os dados extraídos do sistema eLIT.

Na Figura 6.4 estão exibidas duas telas do ExpertFit, uma com a lista das funções de distribuições estatísticas e outra com os detalhes de três funções candidatas relativos à atividade *Elaborar Proposta*. Outras atividades, como *Enviar Fatura cliente*, *Devolver equipamento ao cliente*, tiveram os seus tempos modelados por meio de uma função de distribuição estatística Normal, com médias e desvios definidos com o auxílio da equipe do LIT.

### **6.3.3. Simplificação do modelo de simulação**

Com o objetivo de simplificar a simulação, todos os dados levantados foram baseados em solicitações de somente dois laboratórios do LIT. Para estas áreas, assumiu-se que não haveria diferenciação de tipo de serviço executado (ambas realizando o mesmo tipo de serviço).

Na prática, os recursos *Laboratório* possuem perfis como *Engenheiro* e *Técnico*, com atividades diferenciadas, o mesmo acontece com os recursos do Setor Comercial, mas isso não foi considerado.

Modelou-se o processo *Executar serviço* como uma atividade única, simplificando tarefas como montagem/desmontagem dos instrumentos de testes, configuração de equipamentos, deslocamento de equipamentos por meio de ponte-rolante. Também não foram introduzidos recursos como os equipamentos vibradores, sensores, câmaras vácuo-térmicas e instrumentos de aquisição de dados.

### **6.3.4. Entidades e Recursos**

No SIMPROCESS foram criadas as entidades *Solicitação*, *Proposta*, *Equipamento*, *Relatório* e *Fatura*, e os recursos *Setor Comercial* com 8 unidades, *Laboratório* com 21 unidades, *Chefia* com 1 unidade, *Estocagem* com 4 unidades e *Setor de Documentação* com 2 unidades. Estas quantidades de recursos refletem as quantidades reais de pessoal alocadas para os setores e laboratórios no LIT.

### 6.3.5. Organização de processos em hierarquia

Como comentado anteriormente, a fim de facilitar a simulação, organizou-se o modelo em quatro processos macros, conforme Figura 6.5.

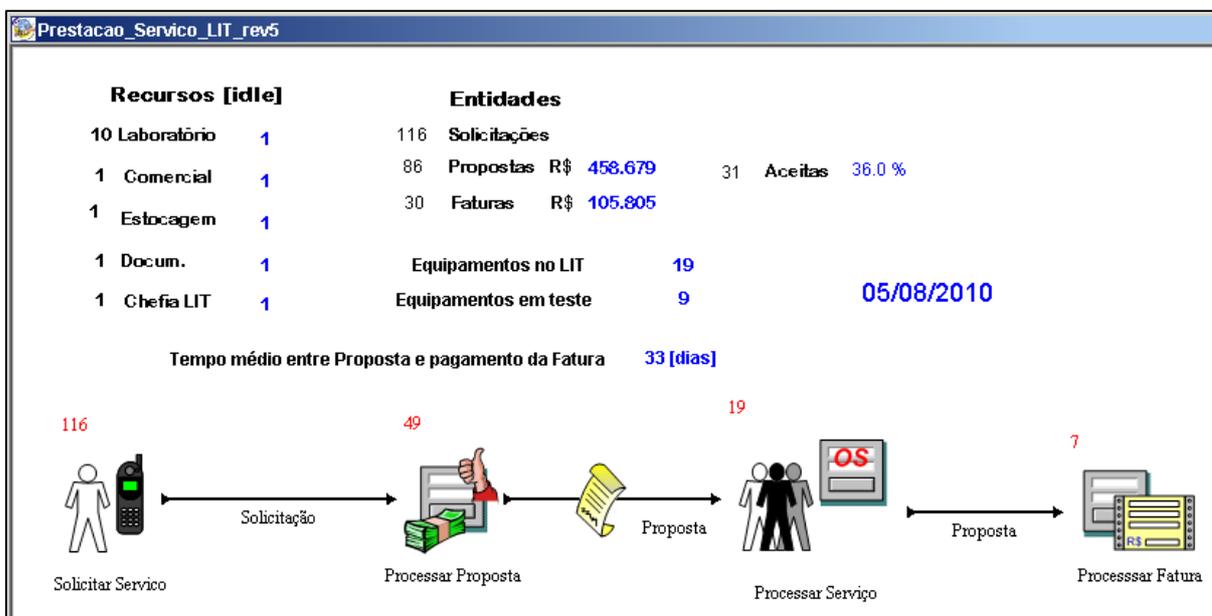


Figura 6.5 - Tela principal da execução da simulação no SIMPROCESS.

#### 6.3.5.1. Solicitar Serviço

O processo *Solicitar Serviço* é um gerador de solicitações de serviços, cuja função de distribuição estatística foi determinada com a ferramenta ExpertFit.

#### 6.3.5.2. Processar Proposta

O processo *Processar Proposta*, Figura 6.6, agrupa dois processos, o *Elaborar Proposta* e o *Processar Resposta Cliente*.



Figura 6.6 - Processo *Processar Proposta*.

### 6.3.5.3. Elaborar Proposta

O processo *Elaborar Proposta*, Figura 6.7, agrupa as atividades relacionadas com a elaboração, aprovação e envio da proposta ao cliente.

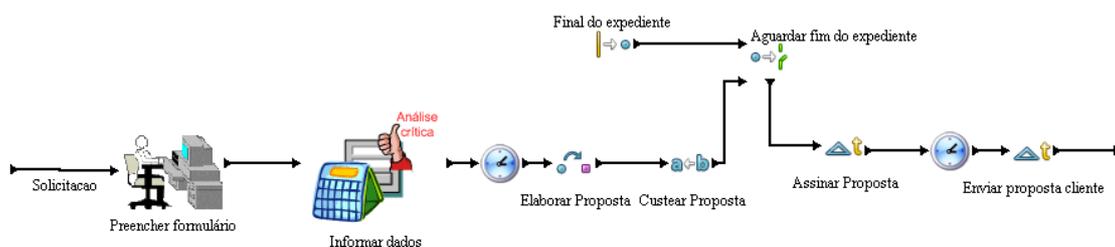


Figura 6.7 - Processo *Elaborar Proposta*.

### 6.3.5.4. Processar Resposta Cliente

O processo *Processar Resposta Cliente*, Figura 6.8, trata da atividade de registro das respostas das propostas enviadas aos clientes. Dentro deste processo foram colocados os desvios condicionais (*Branch*), com base nos dados das propostas que são respondidas, recusadas e aceitas. Utilizando-se dos dados do sistema eLIT, verificou-se que 62% das propostas enviadas recebiam uma resposta e, destas respostas recebidas, 69% eram aceitas.

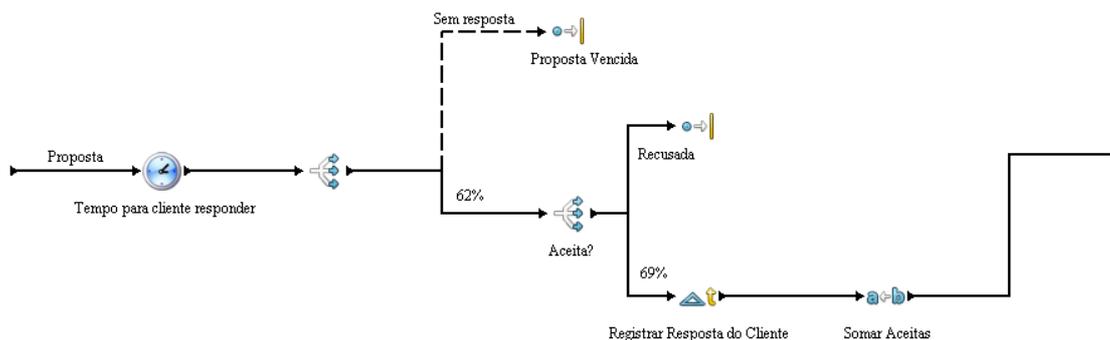


Figura 6.8 - Processo *Processar Resposta Cliente*.

### 6.3.5.5. Processar Serviço

O processo *Processar Serviço*, Figura 6.9, agrupa as atividades de recebimento e devolução de equipamentos, da execução de serviço e da geração e envio de relatório de serviço.

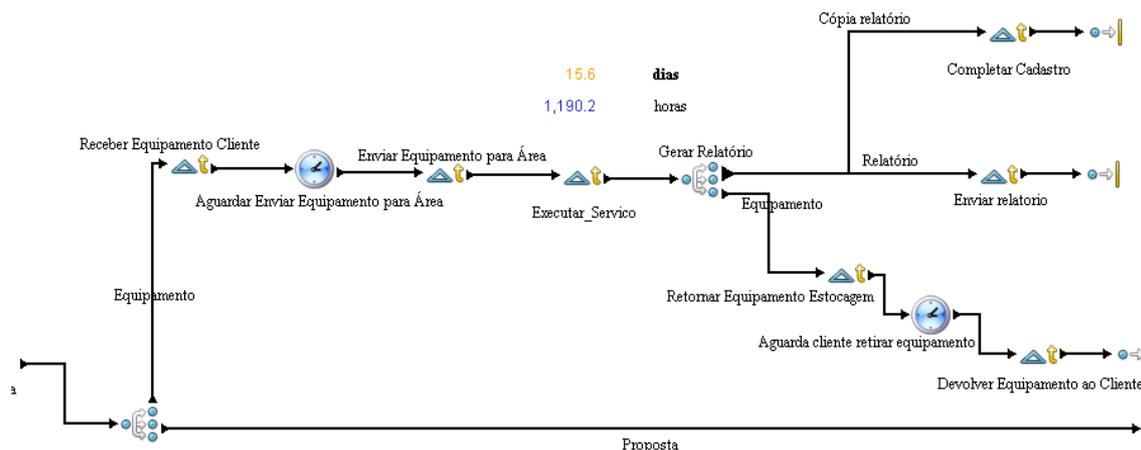


Figura 6.9 - Processo *Processar Serviço*.

### 6.3.5.6. Faturar

O processo *Faturar*, Figura 6.10, trata das atividades de elaboração, envio e registro de pagamento de faturas emitidas para cada serviço realizado.

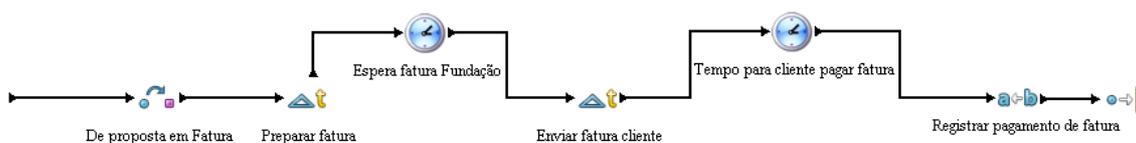


Figura 6.10 - Processo *Faturar*.

### 6.3.5.7. Adaptações

Algumas atividades como *Responder Solicitação*, *Elaborar Propostas*, *Enviar proposta cliente*, possuem um tempo de espera antes da efetiva execução da tarefa. No SIMPROCESS, este comportamento foi modelado com um *Delay* (unidade de tempo em dias) sem o uso de nenhum recurso, seguido pela

atividade efetiva (*unidade de tempo em minutos*) com o(s) seu(s) recurso(s) apropriado(s).

### 6.3.6. Limitações

Durante a modelagem dentro do SIMPROCESS encontrou-se algumas situações onde se deixou de utilizar as funcionalidades do simulador a fim de simplificar a implementação do modelo. As situações encontradas foram:

#### 6.3.6.1. Recursos reservados relacionados com as atividades

Pelo diagrama DMUS, Figura 6.11, as atividades de *Executar serviço* e *Gerar relatório* deveriam ser executadas pelo mesmo recurso Laboratório, mas elas foram modeladas permitindo-se que o recurso que executou a atividade não seja o mesmo que executou a outra. Verificou-se que o SIMPROCESS oferece as atividades *GetResource*  e *FreeResource* , porém elas não foram utilizadas.

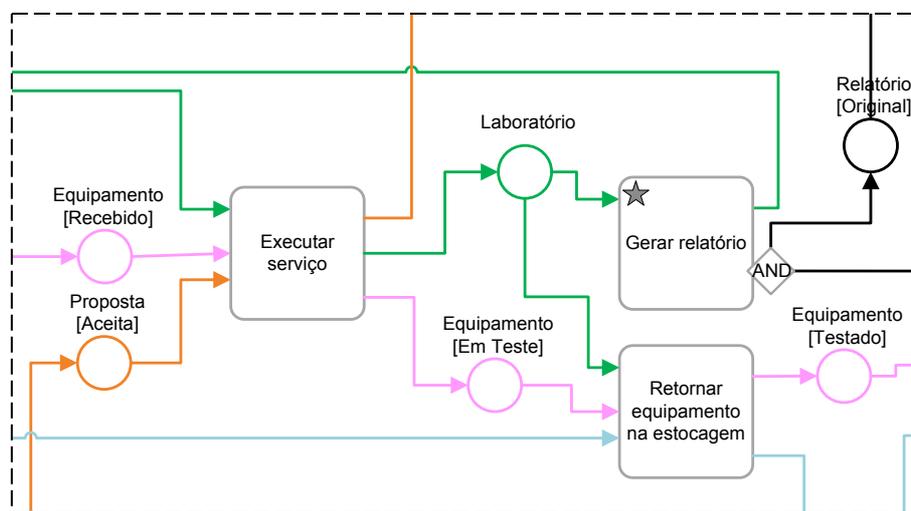


Figura 6.11 - Detalhe do diagrama DMUS entre as atividades *Executar Serviço* e *Gerar Relatório*.

### 6.3.6.2. Definição das prioridades

Outra limitação estava na definição das prioridades das atividades. Verificou-se que o SIMPROCESS nos permite definir prioridade de *entidades* e não de *atividades*. Sendo assim, todas as atividades foram modeladas possuindo a mesma prioridade.

### 6.3.7. Os Três Cenários de Execução da Simulação

Procurou-se assumir os valores *default* dos parâmetros de execução. O tempo de simulação ocorreu de 01/01/2010 a 31/12/2011 inclusive.

Na tela com o processo macro, colocaram-se vários *Dynamic Labels* a fim de se acompanhar a execução da simulação. Foram monitorados tanto os recursos quanto as entidades. Estes *Dynamic Labels* podem ver visualizados conforme. Figura 6.12.

#### 6.3.7.1. Primeiro cenário de execução

No primeiro cenário de execução têm-se as quantidades de recursos iguais às quantidades reais que se têm no LIT. Os resultados da execução da simulação neste cenário estão representados na Figura 6.12.

<b>Recursos [idle]</b>		<b>Entidades</b>			
21 Laboratório	12	316	<b>Solicitações</b>		
8 Comercial	7	282	<b>Propostas R\$ 1,628,500</b>	124	<b>Aceitas 44.4 %</b>
4 Estocagem	4	124	<b>Faturas R\$ 737,215</b>		
2 Docum.	2		<b>Equipamentos no LIT</b>	23	
1 Chefia LIT	1		<b>Equipamentos em teste</b>	9	<b>12/31/2010</b>
<b>Tempo médio entre Proposta e pagamento da Fatura</b>		<b>35 [dias]</b>			

Figura 6.12 - Resultados do primeiro cenário de simulação.

Por meio do relatório padrão do SIMPROCESS, observou-se que, salvo o *Laboratório*, todos os outros recursos apresentavam grande ociosidade, conforme pode ser verificada na Tabela 6.1.

<b>Resource Names</b>	<b>Idle</b>	<b>Busy</b>
Chefia	99.839%	0.161%
Estocagem	99.241%	0.759%
Laboratório	74.2899%	25.711%
Setor Comercial	99.296%	0.704%
Setor Documentação	99.363%	0.637%

Tabela 6.1 - Estatística dos recursos no primeiro cenário de simulação.

### 6.3.7.2. Segundo cenário de execução

Então para o segundo cenário de execução da simulação, reduziram-se as quantidades dos recursos conforme Figura 6.13 - Resultados da execução do segundo cenário de simulação. Por meio da Tabela 6.2 pode-se verificar que os recursos, salvo Laboratório, continuam ociosos grande parte do tempo. Assim pode-se concluir que para estes recursos, a quantidade um, faz-se suficiente para a execução das atividades modeladas.

<b>Recursos [idle]</b>		<b>Entidades</b>			
10 Laboratório	0	308	<b>Solicitações</b>		
1 Comercial	1	278	<b>Propostas R\$ 1,451,293</b>	115	<b>Aceitas 41.7 %</b>
1 Estocagem	1	115	<b>Faturas R\$ 558,052</b>		
1 Docum.	1		<b>Equipamentos no LIT</b>	31	
1 Chefia LIT	1		<b>Equipamentos em teste</b>	10	<b>12/31/2010</b>
<b>Tempo médio entre Proposta e pagamento da Fatura</b>				<b>35 [dias]</b>	

Figura 6.13 - Resultados da execução do segundo cenário de simulação.

<b>Resource Names</b>	<b>Idle</b>	<b>Busy</b>
Chefia	99.847%	0.153%
Estocagem	97.333%	2.667%
Laboratório	41.171%	58.829%
Setor Comercial	94.531%	5.469%
Setor Documentação	98.866%	1.134%

Tabela 6.2 - Estatística dos recursos no segundo cenário de simulação.

### 6.3.7.3. Terceiro cenário de execução

Neste terceiro cenário de execução definiram-se todos os recursos com quantidade igual a um, Figura 6.14, e analisou-se a quantidade de faturas e a ociosidade dos recursos, Tabela 6.3.

<b>Recursos [idle]</b>		<b>Entidades</b>			
1 Laboratório	0	287	Solicitações		
1 Comercial	1	138	Propostas R\$ 781,045	55	Aceitas 39.9 %
1 Estocagem	1	55	Faturas R\$ 332,265		
1 Docum.	1		Equipamentos no LIT	52	
1 Chefia LIT	1		Equipamentos em teste	2	12/31/2010
Tempo médio entre Proposta e pagamento da Fatura				39 [dias]	

Figura 6.14 - Resultados da execução do terceiro cenário de simulação.

<b>Resource Names</b>	<b>Idle</b>	<b>Busy</b>
Chefia	99.921%	0.079%
Estocagem	99.237%	0.763%
Laboratório	11.945%	88.055%
Setor Comercial	97.429%	2.571%
Setor Documentação	99.953%	0.047%

Tabela 6.3 - Estatística dos recursos na terceira simulação

Na Figura 6.15 é mostrado um gráfico comparativo entre os três cenários de simulação. Nota-se que a diminuição de pessoal, de 8 para 1, do *Setor Comercial* não tem grande influência sobre a carga de trabalho do setor, ou seja, pode-se inferir que uma pessoa neste setor seria suficiente. Já a diminuição de pessoal no *Laboratório* impacta diretamente na quantidade de propostas comerciais geradas e conseqüentemente no faturamento. Pode-se observar também, a redução considerável do faturamento, resultado coerente com a realidade, pois se reduziu a capacidade de execução de testes.

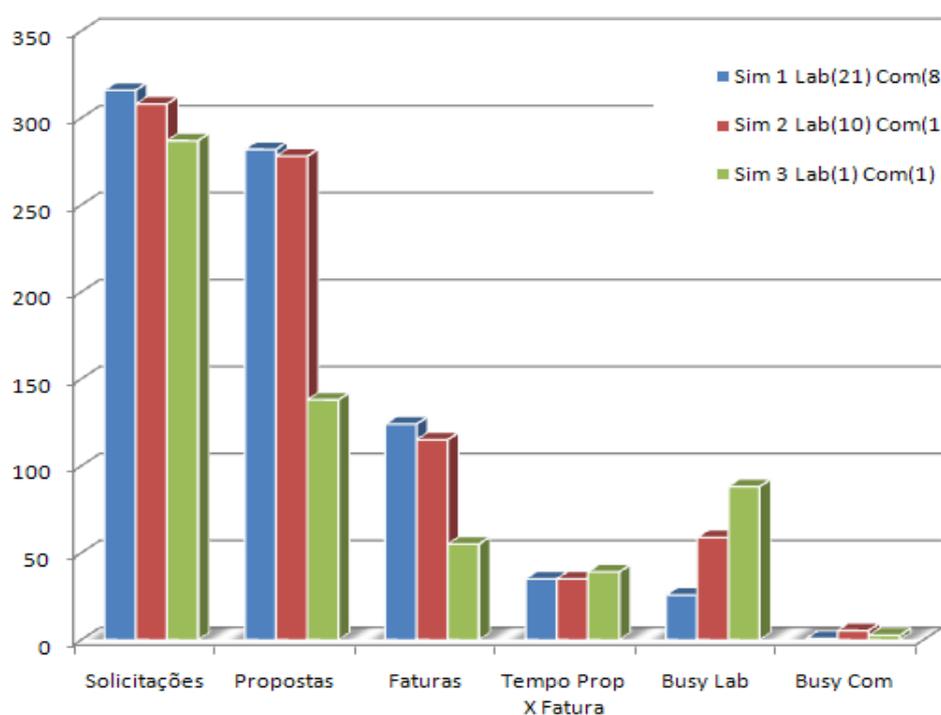


Figura 6.15 - Gráfico comparativo dos três cenários de simulação.

#### 6.4. Implementação do Modelo de Processos no BizAgi

Utilizou-se o BPMS BizAgi para se criar uma aplicação web que implementa o processo modelado. A fim de facilitar a implementação na ferramenta, simplificou-se ainda mais o modelo, apresentado na Figura 6.16, Figura 6.17 e Figura 6.18.

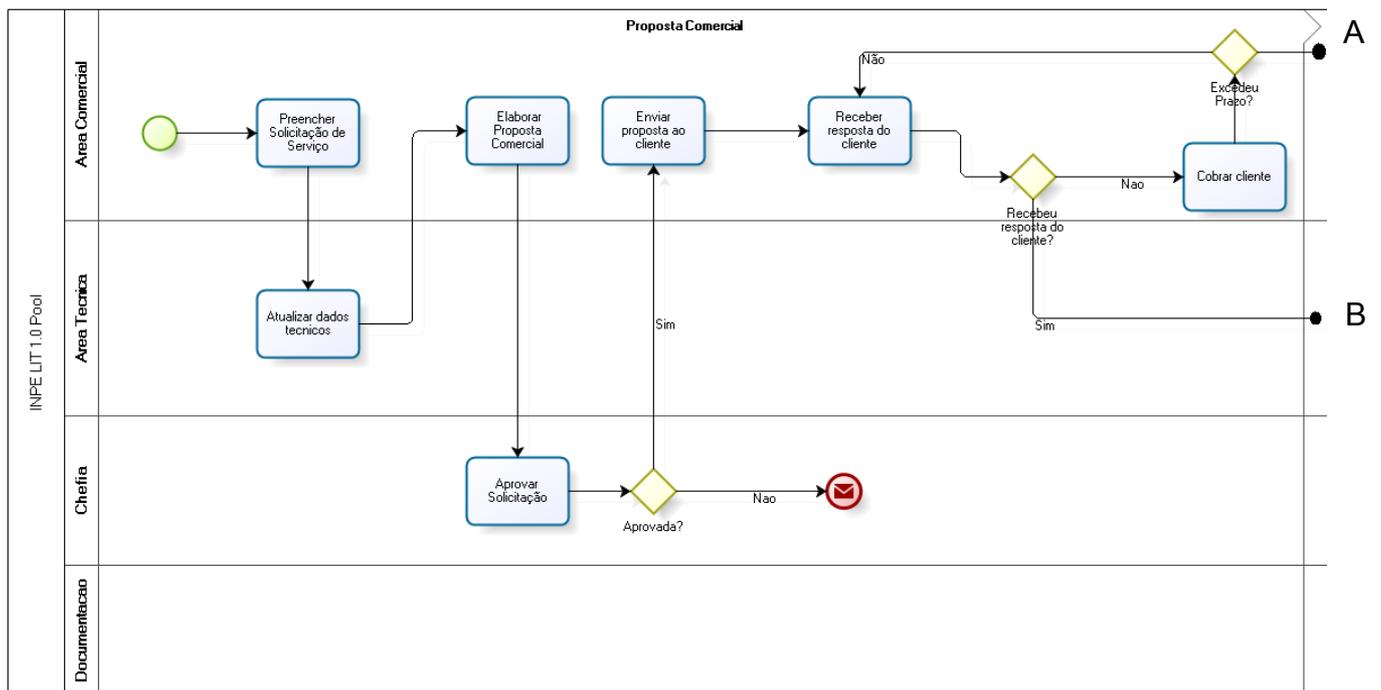


Figura 6.16 - BPD alterado do processo (Proposta Comercial).

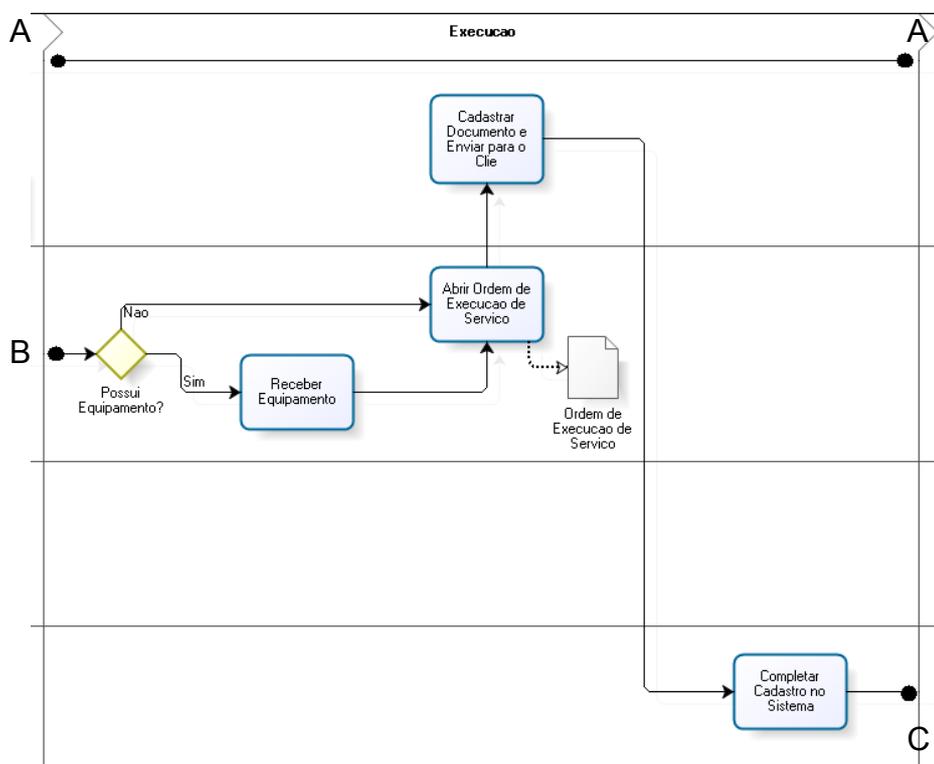


Figura 6.17 - BPD alterado do processo (Execução).

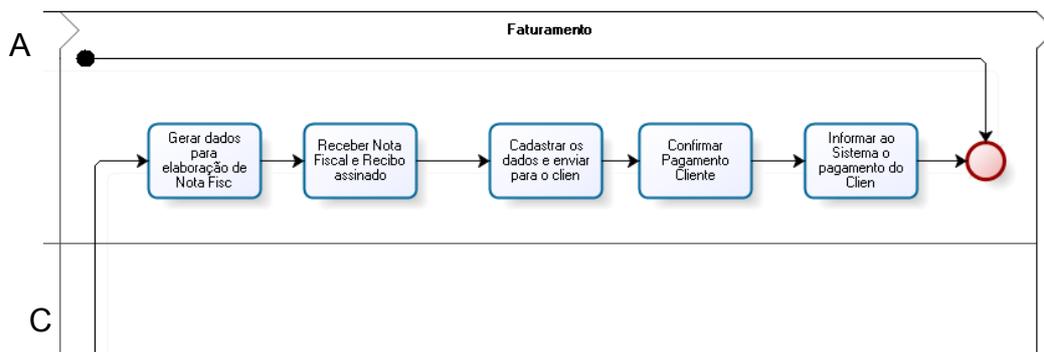


Figura 6.18 - BPD alterado do processo (Faturamento).

Em função do modelo do processo, conforme os diagramas apresentados, faz-se necessária a criação de um modelo de dados. O conjunto de dados criado, apenas com o objetivo de deixar o processo funcional na ferramenta e validar o conceito, é apresentado na Figura 6.19.

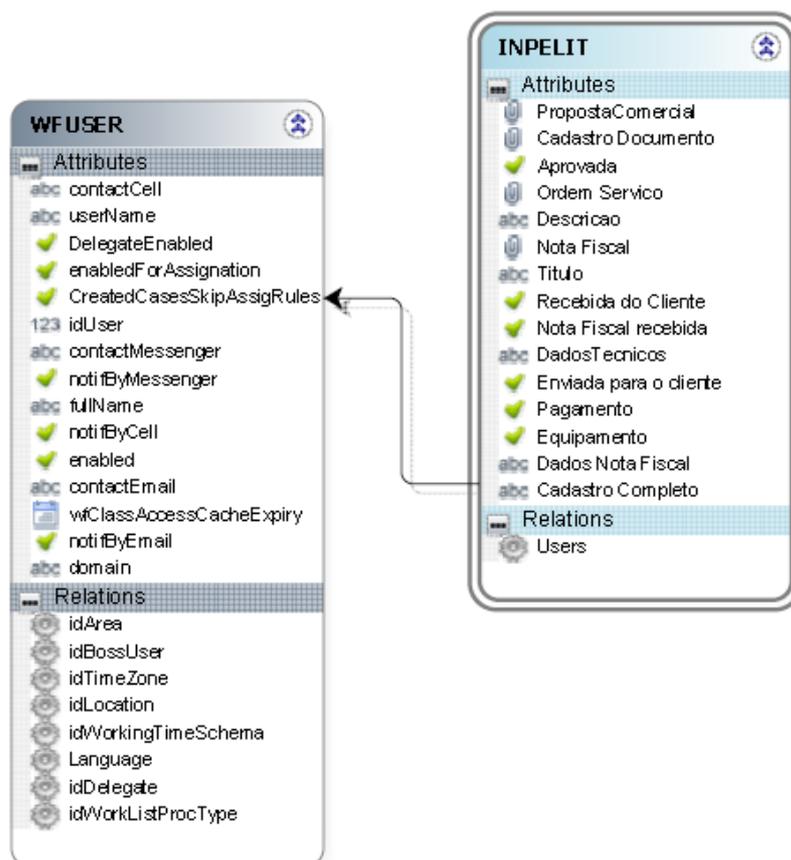
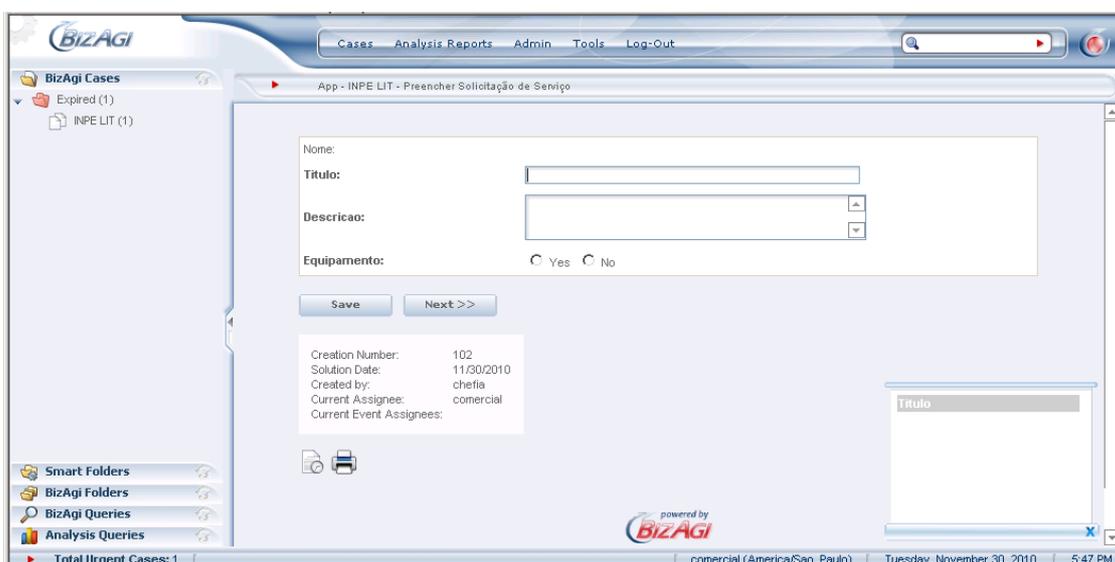


Figura 6.19 – Modelo de dados do processo.

O modelo de dados é composto por duas tabelas, uma contendo os dados necessários ao processo, denominada INPELIT, e outra contendo uma série de dados do sistema para o gerenciamento de usuários. Essa última é requerida pelo próprio ambiente do BizAgi para que o processo possa ser executado.

O BPMS proporciona a criação de formulários web pelos quais os envolvidos no processo podem entrar com as informações relativas ao mesmo. Na Figura 6.20 tem-se o exemplo de um formulário web, relativo ao processo *Preencher Solicitação de Serviço*, onde os dados de uma solicitação de serviço comercial são completados.

No ambiente de execução do BizAgi é possível verificar, por meio de relatórios, as cargas e as devidas análises em relação a cada atividade do processo em tempo de execução. Diversos relatórios de acompanhamento do processo podem ser visualizados diretamente no ambiente de execução do BizAgi. Na Figura 6.21 tem-se um exemplo de relatório de análise de processo.



The screenshot displays the BizAgi web application interface. The top navigation bar includes 'Cases', 'Analysis Reports', 'Admin', 'Tools', and 'Log-Out'. The main content area is titled 'App - INPE LIT - Preencher Solicitação de Serviço'. The form contains the following fields and controls:

- Nome:** A text input field.
- Título:** A text input field.
- Descricao:** A text area with up and down arrow icons.
- Equipamento:** Radio buttons for 'Yes' and 'No'.
- Buttons:** 'Save' and 'Next >>'.
- Metadata:** A box showing 'Creation Number: 102', 'Solution Date: 11/30/2010', 'Created by: chefia', 'Current Assignee: comercial', and 'Current Event Assignees:'.
- Footer:** 'powered by BizAgi', 'comercial (America/Sao\_Paulo)', and 'Tuesday, November 30, 2010 5:47 PM'.

On the left side, there is a sidebar with 'BizAgi Cases' (showing 'Expired (1)' and 'INPE LIT (1)') and 'Smart Folders' (listing 'BizAgi Folders', 'BizAgi Queries', and 'Analysis Queries'). The bottom status bar shows 'Total Urgent Cases: 1'.

Figura 6.20 - Tela de Solicitação de Serviço.

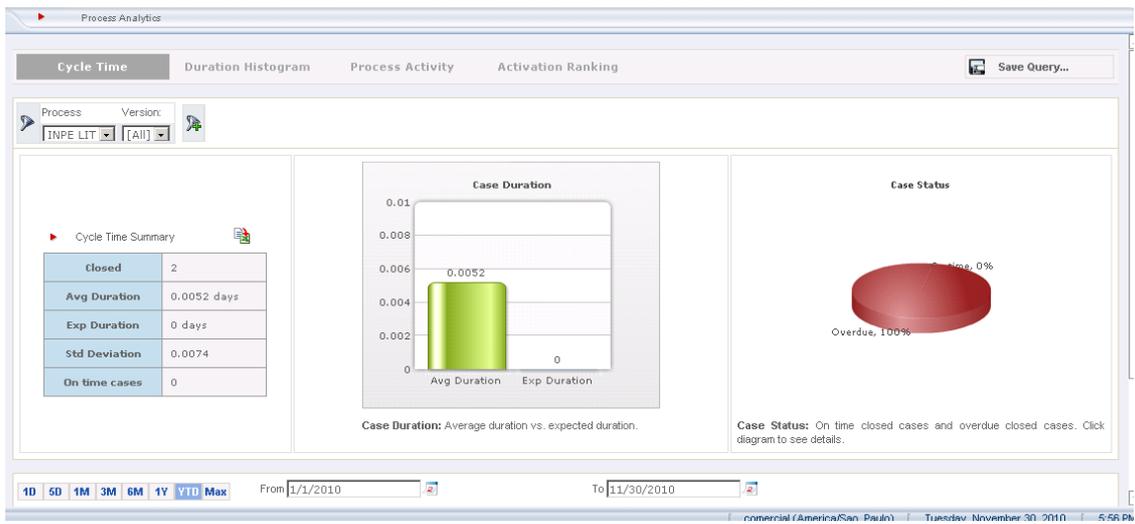


Figura 6.21 - Tela de Análise do Processo no Bizagi.

## 7 APLICAÇÃO DA MCU AO ESTUDO DE CASO

Neste capítulo é realizada a aplicação da MCU ao processo de prestação de serviços comerciais do LIT/INPE. Como resultado, tem-se um único modelo, com múltiplas visões. Os diagramas gerados descrevem os diversos subprocessos componentes do Modelo Conceitual Unificado, compreendendo a modelagem descritiva do produto ou serviço, dos processos componentes do seu ciclo de vida e dos processos para execução/gestão pela organização, utilizando as notações IDEF0, DMUS e BPMN, respectivamente. Os diagramas destinam-se a descrever a decomposição da estrutura do sistema, a determinação dos atributos funcionais e físicos de seus componentes e a criação e implementação de modelos, tanto para simulação quanto para sua execução em um BPMS.

O processo completo de prestação de serviços comerciais do LIT descrito no Capítulo 5 é composto por três grandes fases:

- Fase I: Elaboração da Proposta Comercial;
- Fase II: Execução do Serviço Proposto;
- Fase III: Faturamento do Serviço Prestado.

Para fins de aplicação da MCU, em função do tempo e complexidade, somente a fase inicial, a Fase I, foi explorada. Esta fase fornece subsídios suficientes para se propor um modelo de gestão para o problema, com vistas à gestão dos recursos compartilhados do LIT, de forma a demonstrar a abordagem proposta.

No presente estudo de caso, o primeiro desses diagramas, o IDEF0, não descreve um produto do tipo *hardware* e sim as características de um serviço que precisa ser prestado. Esta forma de modelagem tem a finalidade de iniciar o processo de descrição das arquiteturas funcional e de implementação do produto ou serviço, por meio da determinação de seus atributos funcionais e físicos.

No presente estudo de caso a modelagem descritiva não é continuada além da simples representação feita do modelo descritivo com o diagrama IDEF0, pois a interpretação feita é de que não se há um “produto” real a ser especificado e desenvolvido e sim um conjunto de prestações de serviço desconexas que necessitam ser executadas para produzir o resultado final desejado. Desta forma o que necessita ser modelado é apenas o serviço, equivalente à operação de uma linha de produção já existente, com seus componentes já bem definidos, cabendo apenas estudar sua melhor forma de operação e de gestão (modelagem do ciclo de vida do produto e dos processos da organização).

Para a modelagem do ciclo de vida do “produto”, isto é, do *workflow* de produção, foi utilizado o DMUS, o que facilita a etapa seguinte de implementação do modelo em uma ferramenta de simulação. Por fim utiliza-se a notação BPMN para a representação dos processos de gestão da organização. No presente estudo de caso os modelos foram mantidos o mais simples possível e todos eles mostram os mesmos elementos básicos e fluxos de controle. Isto pode ser visto claramente pela existência das mesmas macroatividades (retângulos pontilhados) e na decomposição destas nos três tipos de representação utilizadas nos modelos representados nas notações BPMN, DMUS e IDEF0. Este mapeamento inicial **um para um** entre as três formas de representação visa assegurar a existência de um modelo de referência e a compatibilidade dos modelos derivados nas diversas versões com o mesmo. Os modelos derivados podem necessitar complementações para fins de utilização de uma das técnicas específicas, porém o modelo de referência deve ser único. Se uma das técnicas indicar a necessidade de se alterar o mapa do processo original, as modificações feitas devem ser incorporadas em todos os subprocessos, mantendo a consistência e a uniformidade dos modelos criados para uso nas diferentes disciplinas.

Na descrição do estudo de caso a apresentação dos diagramas é feita na ordem inversa daquela originalmente preconizada pela definição de MCU, conforme visto: modelagem descritiva, modelagem do ciclo de vida do produto e modelagem dos processos de gestão da organização. Isto foi feito porque o autor acredita que a ordem de apresentação aqui adotada acelera a compreensão do problema e também porque na prática o modelador pode escolher aquela forma com a qual ele tem mais familiaridade para iniciar o processo e prosseguir criando as demais. Ela só precisa se assegurar que alterações feitas numa das formas e que ocasionem mudanças no modelo de referência sejam propagadas também para as demais, visando manter a completude, a consistência e a equivalência entre todas as formas de representação utilizadas.

### **7.1. Elaboração do Modelo de Gestão da Organização - BPD**

Baseando-se na descrição do processo da Fase I, conforme item 5.1, modelou-se o processo na notação BPMN <sup>2</sup> com o auxílio da ferramenta gratuita *BizAgi Process Modeler*.

No BPD representado pela Figura 7.1, são definidas as atividades relacionadas com o setor comercial do LIT (*lane PAC*) e com a área responsável pela execução do serviço proposto (*lane LAB*). Têm-se três grandes *milestones* dentro desta Fase I, que são o registro da requisição de proposta comercial por parte do cliente, o levantamento de informações, pelo laboratório, do serviço que será proposto ao cliente e, finalmente, a elaboração da proposta comercial para o cliente.

---

<sup>2</sup> Os textos contidos nos diagramas foram elaborados na língua inglesa com o objetivo de serem utilizados em publicações internacionais futuras.

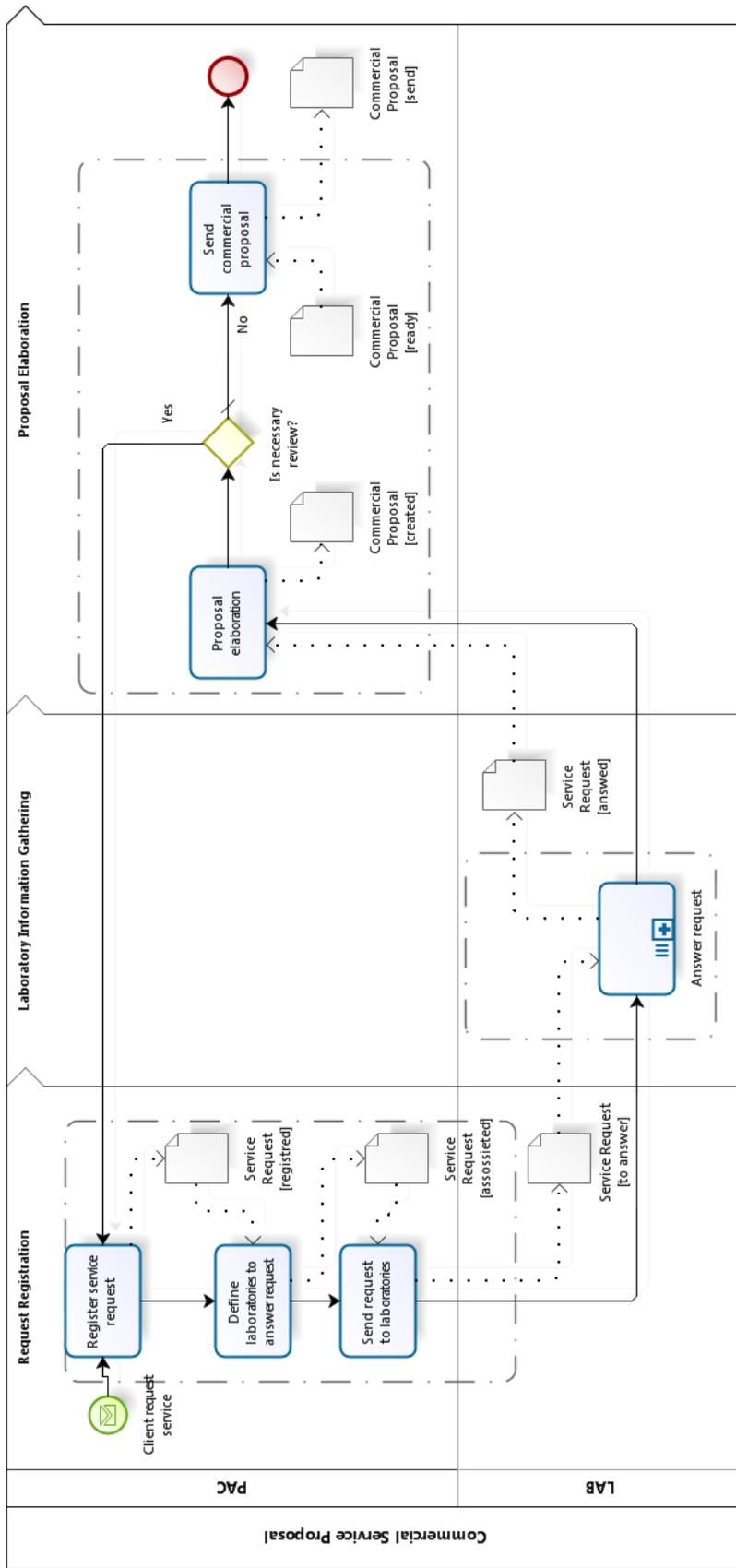


Figura 7.1 - BPD do modelo do processo comercial do LIT da fase de elaboração de proposta comercial.

O subprocesso *Answer request*, Figura 6.2, é composto pelas atividades relacionadas aos profissionais de cada laboratório do LIT que responde tecnicamente às solicitações encaminhadas pelo PAC.

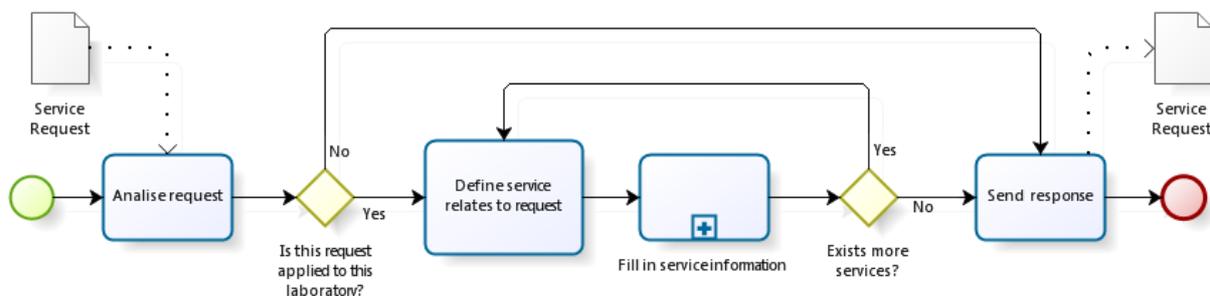


Figura 7.2 - BPD do modelo do subprocesso *Answer request*.

Ainda no subprocesso *Answer request*, tem-se o subprocesso *Fullfil service information*, Figura 6.3, onde questões específicas sobre o serviço a ser prestado são respondidas. Estas questões específicas compreendem, por exemplo, as datas propostas de início e fim do serviço e os recursos do LIT a serem utilizados.

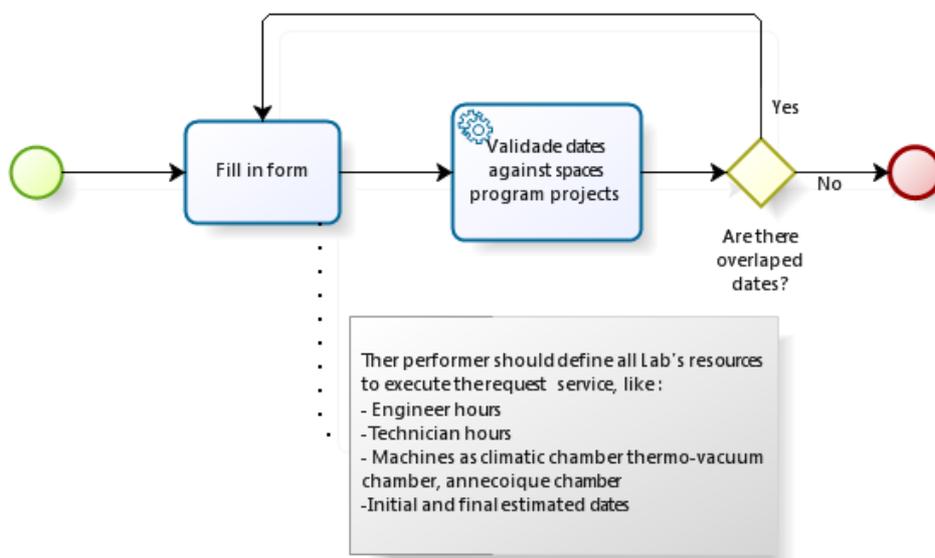


Figura 7.3 - BPD do modelo do subprocesso *Fill in service information*.

## 7.2. Elaboração do Modelo de Processos para Simulação - DMUS

Por meio dos BPDs consegue-se partir para a implementação do modelo dentro do BPMS, mas ele não é suficiente para a modelagem no aplicativo de simulação, pois se necessita ainda definir prioridades, filas, recursos e entidades que participarão da simulação. Assim, a partir dos BPDs, criaram-se os diagramas conforme Figura 7.4 , Figura 7.5 e Figura 7.6 utilizando-se a notação de Diagramas para Modelagem Unificada em Simulação (DMUS) (TRAVASSOS, 2007, p. 55), contendo estas informações necessárias.

As entidades estáticas que se encontram nos DMUSs, como *PAC register responsible* (responsável do PAC por registro), *PAC proposal responsible* (responsável do PAC por proposta) e *LAB answer analyst* (analista de laboratório), apesar de não aparecerem visualmente nos BPDs, puderam ser registradas em campos específicos fornecidos pelo aplicativo de modelagem BPMN utilizado.

Têm-se representados nos DMUSs duas entidades dinâmicas, *Service request* (requisição de serviço feita pelo cliente) e *Commercial proposal* (proposta comercial elaborada pelo setor comercial). Essas entidades se encontram representadas nos BPDs na forma de *data object*.

Como os DMUSs seguiram a mesma hierarquia de processos contida nos BPDs, têm-se então três diagramas onde estão representados o processo *Commercial Service Request* e os subprocessos *Answer request* e *Fill in service information*.

As definições de símbolos do DMUS encontram-se na Tabela 7.1.

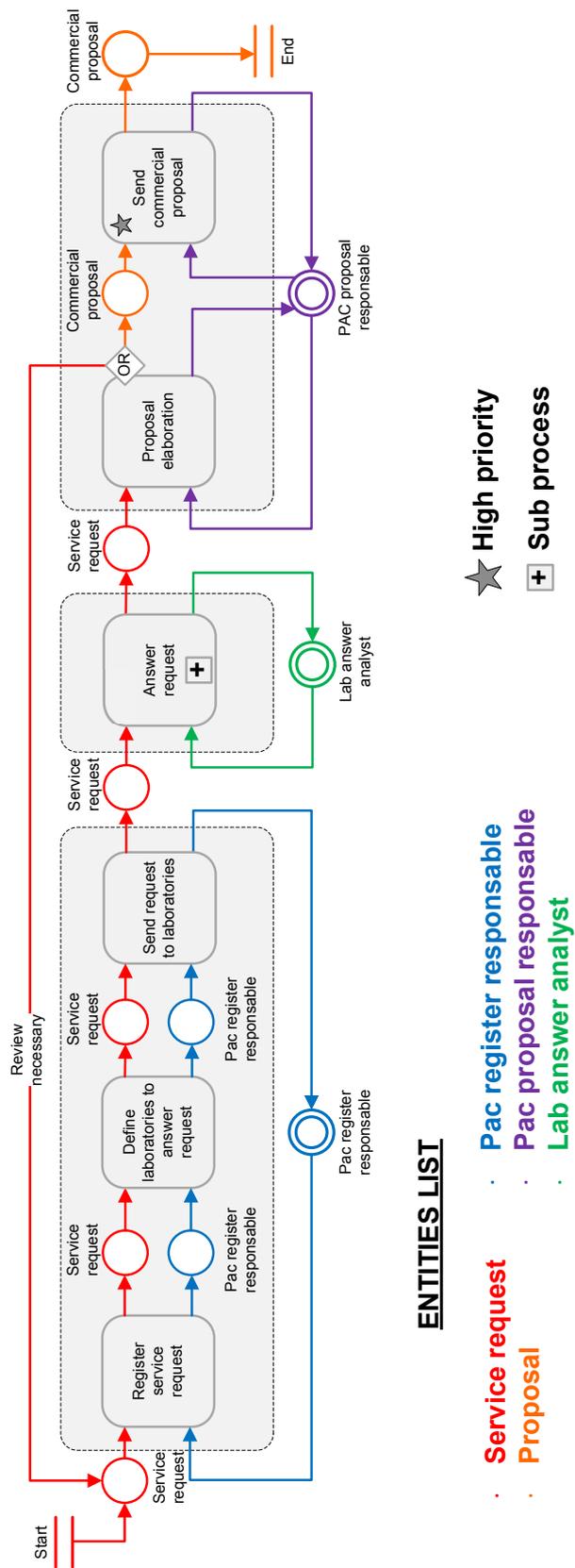


Figura 7.4 - DMUS do modelo do processo comercial do LIT da fase de elaboração de proposta comercial.

Símbolo	Descrição
	<b>caixa</b> representa atividade;
	<b>barras duplas</b> representam um ponto de início do processo ou um ponto de finalização do processo, dependendo da posição da seta;
	<b>círculo simples</b> representa fila de recursos;
	<b>círculo duplo</b> representa um repositório de recurso;
	<b>losângulo</b> , com texto 'or' ou 'and', representa um desvio condicional onde um ou mais caminhos podem ser percorridos pela entidade. Anteriormente representado por um círculo.

Tabela 7.1 - Tabela com as descrições dos símbolos do DMUS.

Fonte: adaptada de Travassos (2007, p. 56)

Dois novos símbolos, apresentados na Tabela 7.2, foram adicionados ao DMUS, o sinal de mais e a estrela, com o objetivo de indicar situações de hierarquia de processos e nível de prioridades entre os processos, respectivamente.

Símbolo	Descrição
	<b>estrela</b> representa prioridade maior de um processo
	<b>sinal de mais</b> em uma caixa representa uma atividade que contém outros processos (subprocesso)

Tabela 7.2 - Tabela os novos símbolos adicionados ao DMUS.

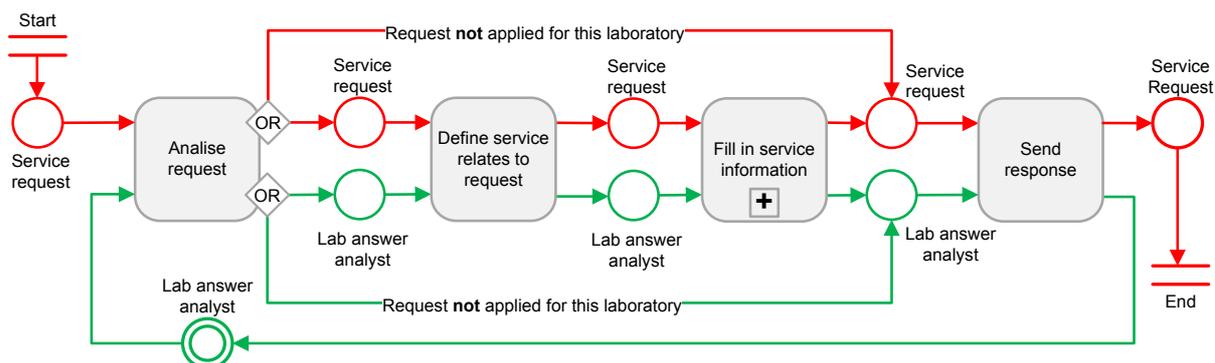


Figura 7.5 - DMUS do modelo do subprocesso *Answer request*.

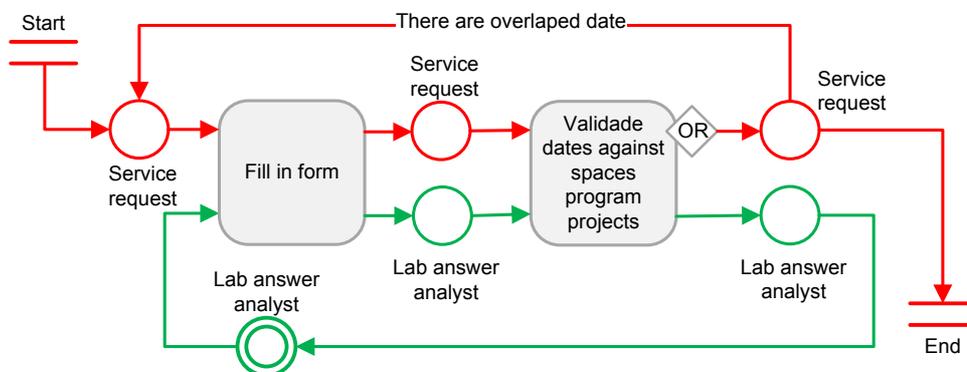


Figura 7.6 - DMUS do modelo do subprocesso *Fill in service information*.

### 7.3. Elaboração do Modelo Descritivo de Processos do Sistema - IDEF0

Os diagramas IDEF0 retratados na Figura 7.7, Figura 7.8 e Figura 7.9 servem apenas para ilustração da metodologia e as especificações e análises de requisitos não são de fato realizadas. É importante lembrar que em um estudo de caso de engenharia simultânea de sistemas outras formas de representação, como a UML e a SYSML podem (e devem) ainda ser usadas para elaborar o modelo descritivo de processos do sistema, pois esta forma de modelagem busca a especificação dos requisitos do sistema que comporão suas arquiteturas funcional e de implementação, diferentemente do ciclo de vida de desenvolvimento e dos processos de gestão da organização, que já foram tratados diretamente pela aplicação das duas outras técnicas acima.

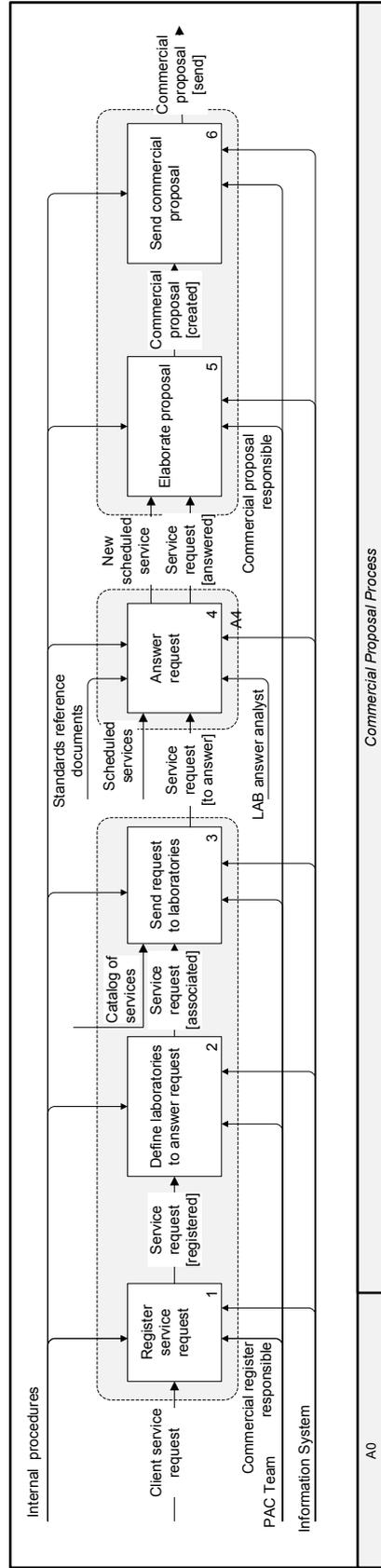
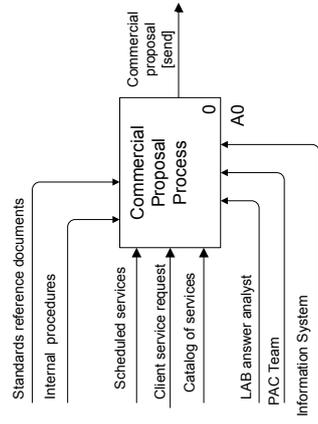


Figura 7.7 - IDEF0 do modelo do processo comercial do LIT da fase de elaboração de proposta comercial.

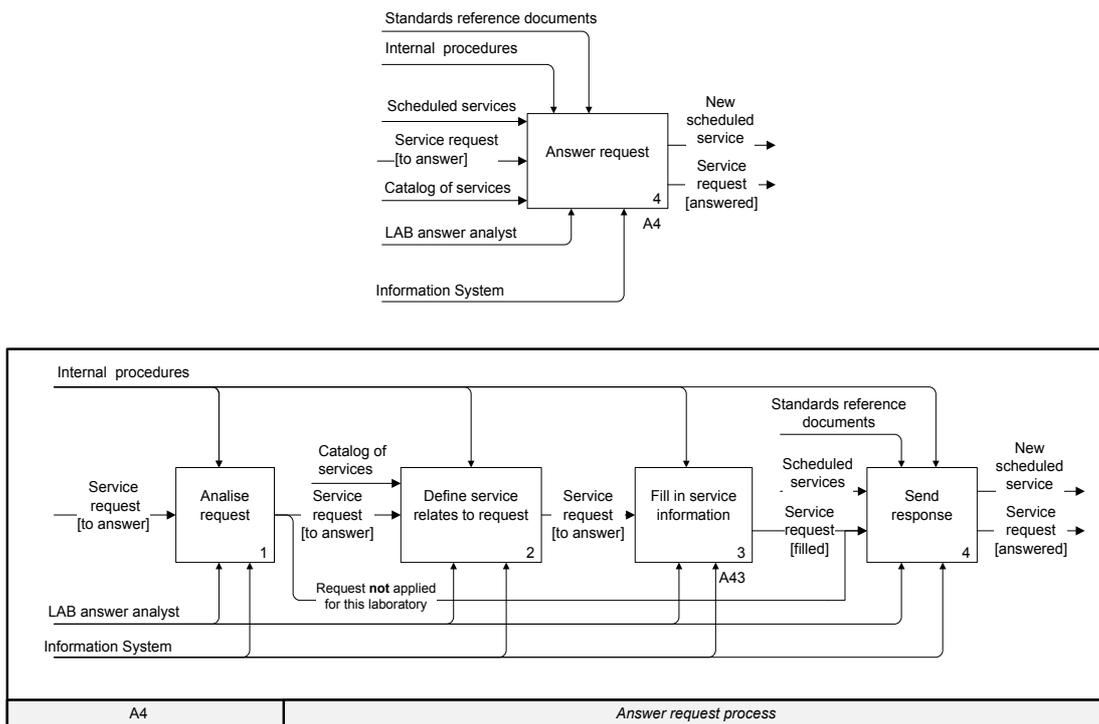


Figura 7.8 – IDEF0 do modelo do subprocesso *Answer request*.

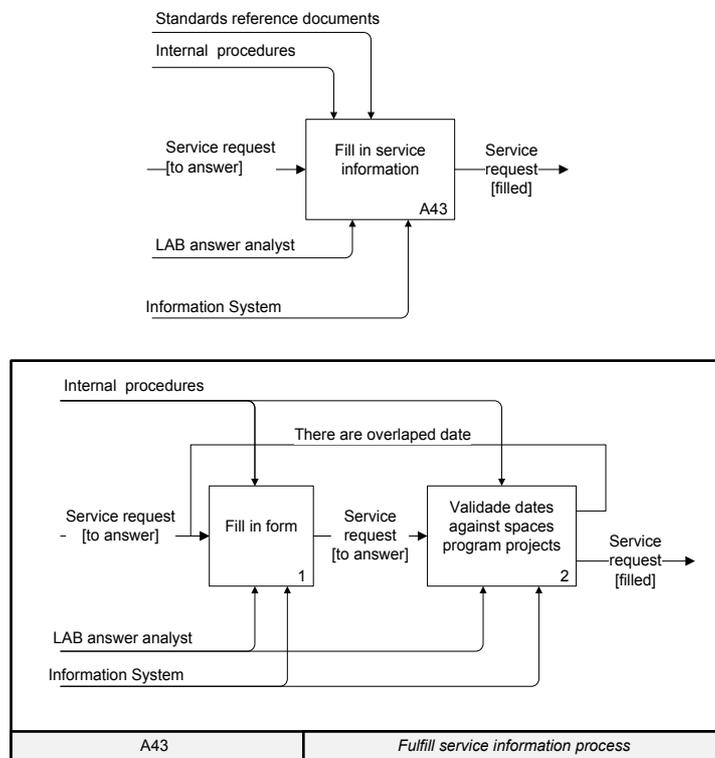


Figura 7.9 – IDEF0 do modelo do subprocesso *Fill in service information*.



## 8 IMPLEMENTAÇÃO DO AMBIENTE INTEGRADO DE APOIO

Neste Capítulo é apresentado o ambiente integrado elaborado para servir de apoio à simulação e a gestão do modelo criado no Capítulo 6. O ambiente também tem o objetivo de contribuir com uma proposta de solução ao problema de identificação prévia de conflitos de recursos compartilhados pelo LIT. Este Capítulo oferece uma visão geral do ambiente integrado, não se atendo a detalhes de implementação (expostos no Apêndice A).

Com este ambiente integrado, procura-se cobrir três das quatro grandes áreas do conhecimento relacionadas com a CTP, a saber:

- **Gestão de Projetos:** a programação de testes relacionados com programas espaciais chega ao LIT por meio do uso de gráficos de *Gantt*, gerados por uma ferramenta como o *MSPProject*;
- **Gestão por Processos:** BPMS podem ser utilizados para a implementação dos processos, sua execução e gerenciamento. Os dados gerados nestes processos alimentam o modelo de simulação, permitindo uma simulação com dados mais próximos da realidade;
- **Simulação de Processos:** Os modelos dos processos são executados, a partir de dados obtidos do BPMS e cenários futuros são gerados para servirem de apoio à tomada de decisões para o grupo de gerenciamento do LIT.

A SE, a outra grande área do conhecimento relacionada com CTP, não é coberta neste trabalho, pois o foco do problema apresentado e modelado não se refere a um produto de engenharia e sim a um processo de prestação de serviços. Dentro do contexto da arquitetura do conhecimento em CTP, este trabalho está voltado para a Modelagem do Processo de Gerenciamento da Organização (parte inferior da Figura 3.).

Baseando-se na Abordagem Unificada para Modelagem, Simulação e Gestão por Processos, no Capítulo 6 aplicou-se a MCU e como resultado obteve-se o modelo unificado do processo, representado pelos diagramas na notação BPMN e DMUS. Continuando com a aplicação desta abordagem, construiu-se o que foi denominado de Ambiente Integrado, que possui o modelo unificado do processo implementado em ferramentas de simulação e gestão por processos e alguns outros aplicativos para análise e importação de dados. É possível resaltar alguns elementos explorados desta abordagem, que se encontram destacados na Figura 8.1 e descritos na Tabela 8.1.

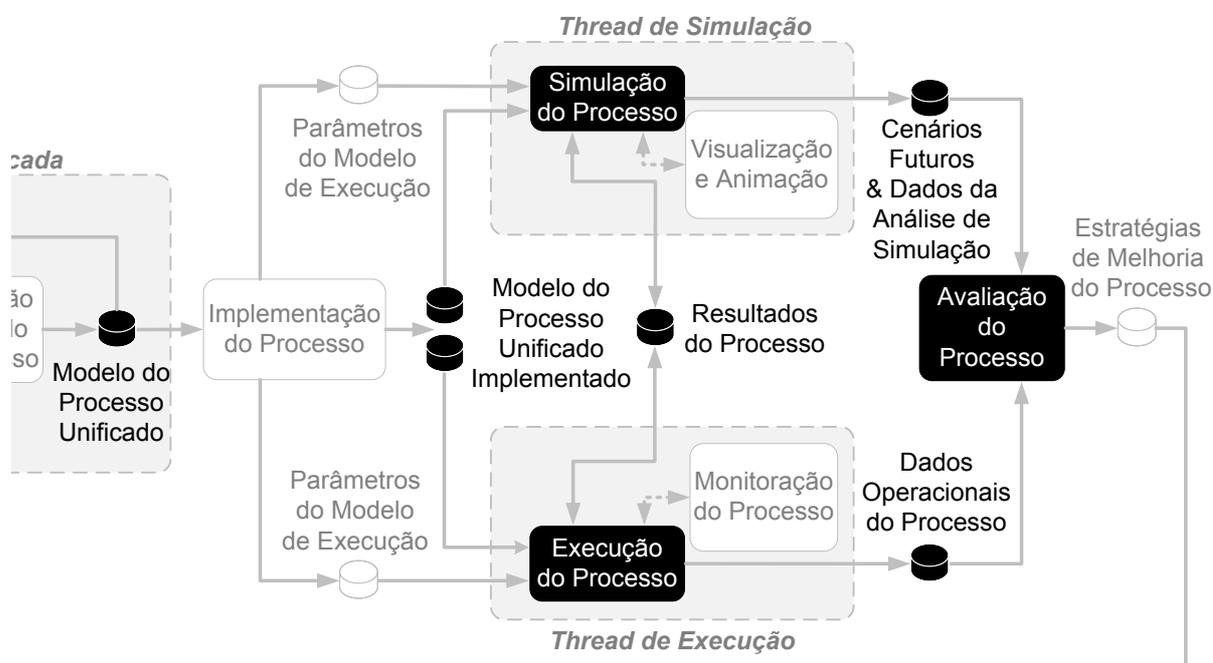


Figura 8.1 - Destaque dos elementos da Figura 4.2 explorados no ambiente integrado.

<b>Elemento</b>	<b>Descrição</b>
Modelo do Processo Unificado	Artefato resultante do processo de MCU no qual se tem o processo comercial do LIT representado pelos diagramas na notação BPMN e DMUS;
Modelo do Processo Unificado Implementado	Artefato que resulta do processo de implementação do modelo do processo unificado nas ferramentas BPMS e de simulação;
Simulação do Processo e Execução do Processo	Processos onde se tem a simulação e execução do modelo do processo implementado nas ferramentas SIMPROCESS e BizAgi Studio, respectivamente;
Resultados do Processo	Artefato explorado por meio do compartilhamento das informações de recursos, serviços e laboratórios do LIT, que se encontram disponibilizados por meio da base de dados SQL Server e de <i>web services</i> ;
Cenários Futuros e Dados da Análise de Simulação	Artefato explorado por meio das agendas de recursos simuladas;
Dados Operacionais do Processo	Artefato explorado por meio da agenda de recursos do LIT;
Avaliação do Processo	Processo explorado por meio do uso do aplicativo de análise das agendas de recursos.

Tabela 8.1 - Descrição dos elementos destacados na Figura 8.1.

### **8.1. O Ambiente Integrado para o Estudo do Processo**

Uma forma de identificar conflitos na demanda pelos recursos compartilhados do LIT é a utilização de uma agenda onde os recursos são adicionados e organizados em função das datas de comprometimento com os serviços

comerciais e ou atividades espaciais. Assim, consegue-se visualmente identificar a sobreposição de datas relacionadas com os serviços prestados e por meio de cálculos, a quantidade, em porcentagem, utilizada da capacidade do recurso em cada momento.

Como parte deste trabalho é demonstrar a aplicação da Abordagem Unificada para Modelagem, Simulação e Gestão por Processos, implementou-se um ambiente integrado - conjunto de aplicativos - para esta finalidade. Este ambiente é formado pelos seguintes componentes:

1 um aplicativo desenvolvido para a importação das informações sobre os recursos contidos dentro do arquivo do MSProject onde se encontra o cronograma das atividades espaciais;

2 o SIMPROCESS, aplicativo comercial, onde o modelo unificado do processo de negócio é simulado. Como resultado da simulação, tem-se uma agenda de recursos simulada (*Simulated LIT's Resources Schedule*);

3 o BizAgi Studio, um BPMS comercial, onde é gerada a aplicação web com o modelo unificado do processo de negócio implementado. Nesta aplicação, os profissionais do LIT, como engenheiros e analistas, realizam as atividades que estão modeladas na fase de elaboração da proposta. As propostas de serviços comerciais são elaboradas neste aplicativo e os recursos relacionados às propostas são adicionados a uma agenda real de utilização de recursos (*LIT's Resources Schedule*);

4 um aplicativo desenvolvido para análise da agenda real de utilização dos recursos do LIT, da agenda com a simulação da utilização dos recursos do LIT e da agenda dos recursos do LIT relativos aos programas espaciais. O aplicativo possibilita a exibição dos recursos compartilhados de forma gráfica e

tabular, onde se pode verificar a sobreposição de datas dos recursos que se encontram nas agendas.

5 uma série de serviços implementados com o protocolo SOAP (GUDGIN, HADLEY, *et al.*, 2007) disponibilizados por meio do *Framework* Grails (ROCHER, PETER, *et al.*, 2012) que são consumidos pelos aplicativos do ambiente integrado.

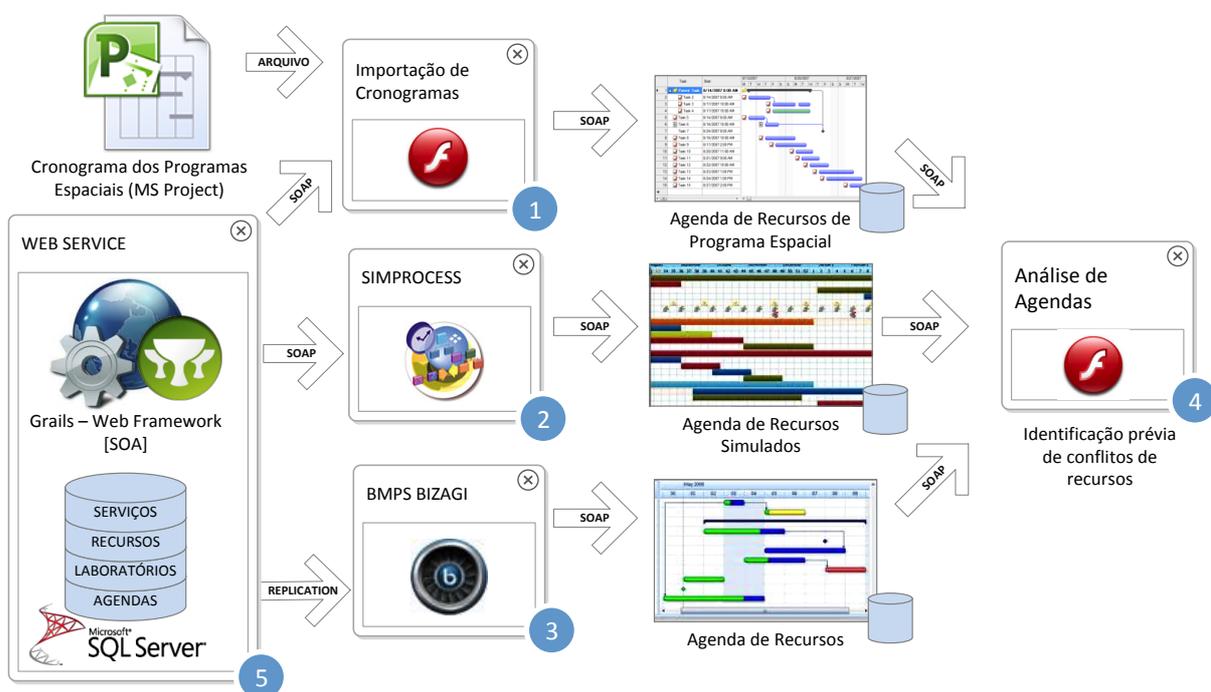


Figura 8.2 - Ambiente integrado (conjunto de aplicativos) utilizados no estudo de caso.

O ambiente integrado utiliza uma única fonte de dados de recursos, laboratórios e serviços disponíveis no LIT, que são acessadas por meio de um *web service*. O BPMS tem ainda acesso direto à base de dados, uma facilidade denominada *Replication* (BIZAGI.WIKI, 2012c), que permite que uma fonte de dados externa seja referenciada para ser usada internamente pelo sistema.

Na Figura 4.3 tem-se um repositório de dados, *Model Results*, que é compartilhado entre a simulação e a execução do processo. Este repositório pode ser implementado, por exemplo, por meio de um banco de dados e ou por um web service. No ambiente integrado, têm-se as duas formas implementadas: um banco de dados baseado em MS-SQLServer e um conjunto de serviços web implementado com o protocolo SOAP por meio do *Framework Grails*. Grande parte da troca de dados entre os aplicativos de análise, importação, simulação e o BPMS é realizada por meio deste repositório.

## **8.2. O Aplicativo de Análise de Utilização de Recursos Compartilhados**

Na Figura 8.3<sup>3</sup> tem-se a tela do aplicativo de análise desenvolvido, com a lista de recursos à esquerda e à direita o período na qual o recurso se encontra agendado. As diferentes cores indicam o quanto o recurso ainda se encontra comprometido, quanto mais escura a cor, mais o recurso se encontra utilizado - a escala de cores, do mais escuro para o mais claro, é vermelha, laranja, amarela e verde. Pode-se visualizar também a quantidade em horas que o recurso é utilizado no período, o total em dias deste período e a porcentagem de utilização deste recurso, a lista de serviços com os seus respectivos custos. Todas estas informações visam auxiliar o gestor destes recursos na tomada de decisão quando os recursos já atingiram, ou estão prestes a atingir, a carga máxima de utilização.

A fim de se simplificar os aplicativos, assumiu-se que todos os recursos possuem uma carga máxima de trabalho de 8 horas por dia, tanto os recursos humanos como os recursos materiais.

---

<sup>3</sup> Assim como na elaboração dos diagramas do Capítulo 7, os aplicativos do ambiente integrado foram todos desenvolvidos em língua inglesa, com o mesmo objetivo, o de serem utilizados em publicações internacionais.

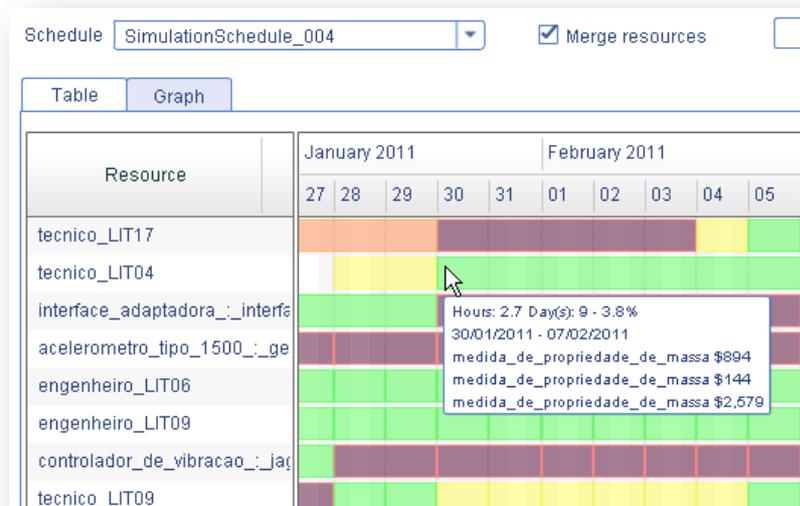


Figura 8.3 - Tela do aplicativo de análise.

### 8.3. O Aplicativo de Importação de Recursos do MSProject

O Aplicativo de importação de recursos do MSProject, representado pela Figura 8.4, permite extrair as informações do uso dos recursos envolvidos nas atividades espaciais que se encontram em arquivos do MSProject - como o seu nome, o nome da atividade relacionada, as suas datas de comprometimento - e cadastrá-las na agenda de recursos dos programas espaciais. O aplicativo permite ainda, a visualização da lista das atividades, dos recursos, e a criação de novas agendas de recursos do LIT relacionados com os programas espaciais.

Existe um detalhe particular com relação ao aplicativo de importação. Os nomes dos recursos que são colocados nos cronogramas de programas espaciais não são necessariamente os mesmos que se encontram cadastrados na base de dados do LIT (sistema eLIT) e conseqüentemente no repositório de dados do ambiente integrado, pois o repositório é inicializado com dados importados do sistema eLIT. Por exemplo, em um dos cronogramas de projetos espaciais tem-se o recurso *Câmara Térmica* nomeado de *Thtrom-1* e no

repositório o mesmo recurso é nomeado de *camera\_termica*. Por isso, faz-se necessária, durante a importação dos dados do MSProject para o repositório, uma tabela de correspondência dos nomes de recursos no cronograma com os nomes dos recursos no repositório.

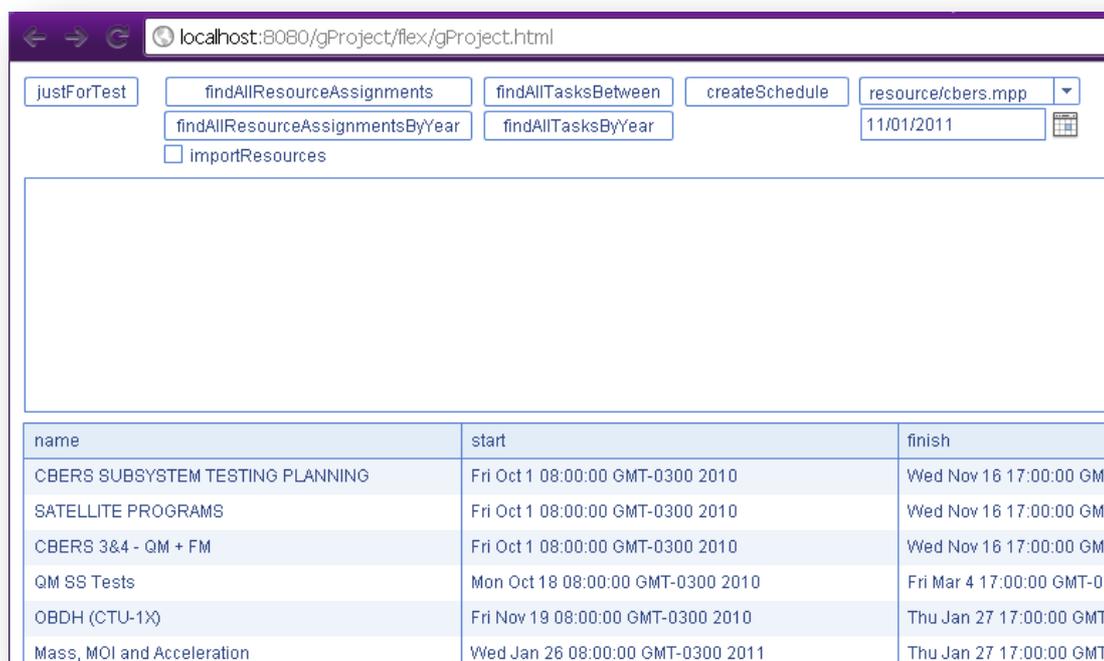


Figura 8.4 - Tela do aplicativo de importação.

#### 8.4. O Aplicativo Comercial BPMS BizAgi Studio

BizAgi Studio é um BPMS comercial, e como outros BPMSs, permite a automatização dos processos de um modo mais rápido e mais flexível. Assim, possibilita aos seus usuários automatizar e modificar negócios complexos, processos dinâmicos mais rápidos e com mais flexibilidade, apoiando a melhoria contínua dos processos críticos da organização.

O processo de automação de processos com BizAgi consiste na geração automática de uma aplicação Web baseada no fluxo de processo definido.

Um processo de negócios é estruturado como um conjunto de tarefas que são executadas, consecutivamente ou ao mesmo tempo, por vários indivíduos ou aplicações, a fim de alcançar um objetivo pré-definido. No entanto, um processo de negócio vai além desta definição breve e simples. Um processo de negócio consiste das orientações ou políticas da empresa, das exceções, dos requisitos de informação e de outros tipos de elementos que podem mudar constantemente.

O BizAgi Studio permite a execução das diferentes tarefas ou atividades envolvidas no processo de negócio, controlando e verificando se elas são realizadas no momento certo e pela pessoa certa ou recursos, de acordo com a orientação e objetivos da empresa.

O BizAgi Studio possibilita a extração da informação relacionada com o desempenho dos processos de forma automática e sua apresentação para o pessoal adequado dentro da organização, apoiando no processo de melhoria contínua (BIZAGI.WIKI, 2011).

### **8.5. A Ferramenta de Simulação SIMPROCESS**

SIMPROCESS é uma ferramenta de modelagem hierárquica que combina o mapeamento de processos, simulação de eventos discretos, e custo baseado em atividade (ABC, do inglês, *Activity Based Costing*) em uma interface gráfica simples.

SIMPROCESS fornece uma biblioteca para a criação de modelos de processo dinâmico de negócios e uma linguagem de *script* para a criação de lógica de negócio mais complicada. SIMPROCESS é projetado para organizações que desejam reduzir os riscos associados à implementação de mudanças dramáticas no processo. A ferramenta permite a análise de diferentes cenários *what-if*, e utiliza tecnologias como Java e XML (SIMPROCESS - Product

Overview, 2011). Podem-se citar como principais características: mapeamento de processos hierárquico; modelagem orientada a objetos; *activity-based costing*; processo de animação; relatórios e gráficos gerados em MS-Access; modo de desenvolvimento *drag-and-drop*; modelos de processos reutilizáveis; estimativas realistas de atividades; recursos e custos de produção; visualização da dinâmica dos processos e gargalos; relatórios customizáveis, análise de cenário *what-if*

O SIMPROCESS faz uso de padrões consagrados de representação de modelos de processos e apresenta recursos de integração com produtos de mercado de outros fornecedores de software, tais como:

- Rational Rose - Casos de Uso e Integração no Nível de Classes
- Ultimus BPM Suite
- XPDL/BPMN - padrões para representação de modelos de processos desenvolvidos pela Workflow Management Coalition (WfMC)
- Ensemble - Produto para EAI (Enterprise Application Integration) da Intersystems
- COGNOS/Business Objects - Gerenciamento de Performance de Processos de Negócios e soluções do tipo BAM (Business Activity Monitoring)
- OptTek - Funcionalidades para Otimização Automática
- Vensim - Funcionalidades para Modelagem Dinâmica de Sistemas
- WebMethods BPM Suite - Adição de Módulo para Simulação de Processos
- Geração de BPEL - para Automação/Orquestração dos Processos

## **8.6. Utilização do Ambiente Integrado**

Com o ambiente integrado implementado, passou-se então a alimentá-lo com informações, grande parte obtidas do mundo real, e avaliar os seus resultados.

Um cronograma de atividades de um programa espacial, CBERS-3, foi utilizado para se gerar a agenda de recursos do LIT relacionados com programa espacial por meio do aplicativo de importação.

Obteve-se um extrato do sistema eLIT<sup>4</sup> contendo dados de serviços comerciais de vários laboratórios do LIT. Assim conseguiu-se determinar as funções de distribuição estatísticas aplicadas na ferramenta de simulação. Também com este extrato alimentou-se a base de dados com a lista de serviços, de laboratórios e de recursos e gerou-se uma agenda simulada de recursos do LIT relativos aos serviços comerciais.

Em um ambiente de produção/operacional, o BPMS seria alimentado, naturalmente, pelos profissionais do LIT do setor comercial e laboratórios com dados reais, do dia-a-dia. Mas como não se tem este ambiente e sim um ambiente de desenvolvimento, o BPMS foi alimentado com dados fictícios de solicitação de serviços e de forma manual, por meio de diferentes usuários cadastrados com os perfis obtidos nos diagramas apresentados no Capítulo 6, que são: *PAC register responsible* (responsável do PAC por registro), *PAC proposal responsible* (responsável do PAC por proposta) e *LAB answer analyst* (analista de laboratório). Prevê-se deste já uma dificuldade futura, caso este ambiente integrado seja implementado no LIT, pois os dados que devem ser alimentados no BPMS já são alimentados no sistema eLIT, ou seja, os dados deverão ser alimentados em ambos os sistemas.

As agendas então foram sobrepostas por meio do aplicativo de análise e pode-se perceber facilmente, por meio do auxílio de cores, onde ocorreram os conflitos no uso dos recursos do LIT.

---

<sup>4</sup> O sistema eLIT não possui um mapeamento de processos como foi obtido no BPD. Os dados dos processos estão distribuídos em vários objetos e por isso a extração dos dados para alimentar o modelo de simulação nem sempre foi precisa.

Este ambiente integrado, com exposto anteriormente, não é a solução definitiva para se resolver o problema no uso de recursos compartilhados do LIT, mas sim um esforço para contribuir para a sua solução por meio da aplicação da CTP.

### **8.7. Comentários Gerais**

Para se implementar a simulação do modelo do processo fez-se necessária, entre outras coisas, a determinação das funções de distribuições estatísticas e o sistema eLIT foi utilizado como a fonte de dados para se extrair estas informações. Ele funciona como um *input* inicial do ambiente integrado com dados mais próximos da realidade. Mas uma vez que o BPMS é alimentado, o sistema eLIT não se faz mais necessário, pois os dados para a simulação podem ser fornecidos pelo próprio BPMS, conforme é apresentado pela abordagem proposta, Figura 4.3.

Na criação da agenda simulada notou-se que alguns recursos já se encontravam comprometidos com uma carga alta de utilização, quando não superior a 100%, muito próxima deste valor. A origem deste comportamento não foi explorada, não se podendo então determinar se sua origem vem de funções de distribuições estatísticas inadequadas, ou dos dados do extrato obtido do sistema eLIT, ou ainda se é um comportamento possível do sistema real, pois as agendas refletem as propostas de serviços, podendo ser factível o fato de se ter serviços propostos com datas muito próximas esperando uma recusa ou desistência por parte do cliente.

Em todo o ambiente integrado, como forma de simplificar o tratamento do uso dos recursos, assumiu-se uma aproximação, grosseira, para todos os recursos, de uma carga máxima de trabalho de 8 horas diárias. Sabe-se que isso não é verdade, pois recursos como câmeras climáticas podem ficar ligadas por horas ininterruptas.

Apesar do comportamento da agenda simulada, das simplificações adotadas, da necessidade de alimentar o BPMS com os mesmos dados que foram adicionados no sistema eLIT, pode-se dizer que o ambiente integrado é uma ferramenta em potencial para ajudar na identificação de conflito de recurso compartilhado do LIT.



## 9 ANÁLISE DE RESULTADOS

Este Capítulo realiza uma análise geral sobre os principais aspectos abordados nesta pesquisa.

Como resultado dos esforços conjuntos do grupo de pesquisa ENGESIS, que teve participação relevante do autor durante todo o período de desenvolvimento deste trabalho, houve uma evolução na direção da reestruturação do conhecimento sobre sistemas discretos na forma de uma visão holística de modelos de processos, englobando diversas disciplinas que lidam com sistemas discretos complexos, a saber: a engenharia de sistemas, a gerência de projetos, a modelagem e simulação de processos e a gestão de processos de negócios, denominada de Ciência e Tecnologia de Processos (CTP).

A CTP foi descrita como a área de conhecimento formada pela integração e unificação de técnicas de modelagem, métodos de análise e ferramentas de apoio originárias destas disciplinas. Para a realização de estudos nesta área, foram apresentados os passos iniciais de uma abordagem sistemática ou metodologia, denominada *Framework* para CTP.

No estudo de caso, o foco ficou dirigido para os processos de gestão da organização, pelo fato de o “produto único” não ficar caracterizado como tal, uma vez que ele é constituído por processos de serviços diversos, formado por prestações de serviço não relacionadas. Isto permitiu que a metodologia pudesse ser aplicada de forma simplificada, isto é, foi aplicado ao problema apenas a Abordagem Unificada para Modelagem, Simulação e Gestão de Processos, parte integrante do Framework, mas que lida apenas com o Modelo de Processos do Ciclo de Vida do Produto e com o Modelo de Processos de Gestão da Organização.

O Modelo de Processos Descritivo do Produto poderia ainda assim ser utilizado neste caso específico, porém apenas para a descrição, especificação e dimensionamento da própria “linha de produção”, caso ela ainda não existisse. Como o LIT é um complexo de laboratórios já equipado em termos de máquinas e recursos humanos, não cabe fazer uma análise deste tipo para o problema de atendimento das prestações de serviços comerciais. Há que se considerar apenas as restrições impostas pelas missões espaciais, que restringem a utilização dos seus recursos, que não pode ser feita de forma arbitrária. Essas considerações podem ser levadas em conta no agendamento dos serviços, pela utilização de agendas que não conflitem com as atividades em execução geradas pelo programa espacial. No caso de existirem satélites em desenvolvimento, seus processos de montagem, integração e testes exigiriam o uso da Modelagem Descritiva do Produto em sua integralidade, tanto para descrever o produto sendo manufaturado, quanto no caso de ser necessário se estudar o redimensionamento de sua linha de integração e testes.

O SIMPROCESS mostrou-se uma ferramenta versátil, pois oferece vários recursos. Entre os recursos disponíveis, utilizaram-se:

- Customização de ícones, que permitiu criar um modelo mais familiar ao grupo de trabalho, tornando mais fácil a leitura;
- Criação de scripts, que permitiu a customização da ferramenta para atender as peculiaridades do modelo estudado nesse trabalho;
- Plotagem de gráficos em tempo real, que facilitou o acompanhamento do andamento das simulações;
- Ferramenta ExpertFit, que permitiu a obtenção das distribuições estatísticas que melhor refletiam a realidade do processo estudado.

A simulação do modelo gerou resultados coerentes com a realidade, Capítulo 6, e ajudou a entender melhor o processo estudado, a identificar deficiências e oportunidades de melhorias nesse processo.

Como resultado do estudo preliminar realizado, Capítulo 6, identificaram-se ainda algumas melhorias do modelo que foram implementadas no capítulo da aplicação da abordagem proposta. As melhorias apresentadas a seguir implicaram em alterações nos diagramas DMUS e BPD e também em um aumento considerável na complexidade do modelo:

- Diferenciação das entidades Laboratório em Engenheiros e Técnicos;
- Diferenciação das entidades Setor Comercial em responsável pelo faturamento e responsável pelo registro;
- Diferenciação das solicitações por tipos de serviços prestados e dos recursos necessários para executá-los;

Um aspecto negativo observado pela utilização das diferentes técnicas - BPMN/DMUS e BizAgi/SIMPROCESS - é que este fato tornou custosa a manutenção da consistência e da compatibilidade dos modelos de processo criados, bem como entre suas diversas formas de implementação. Uma solução mais abrangente para o mesmo extrapola o escopo da pesquisa aqui apresentada e é mencionada no Capítulo de pesquisas futuras.

Por fim, cabe destacar que durante esta pesquisa foram produzidos dois artigos relacionados com o tema estudado apresentados em eventos internacionais. O primeiro, (SILVA, KIENBAUM, *et al.*, 2011), foi apresentado na Conferência do SDPS em 2011 na Coreia, onde o assunto principal é a Abordagem Unificada para Modelagem, Simulação e Gestão por Processos. O segundo, (KIENBAUM, SILVA, *et al.*, 2012) foi apresentado na Conferência de Engenharia Simultânea em 2012 (CE2012) na Alemanha, onde o assunto principal é o *Framework* para CTP.



## 10 CONCLUSÕES

Este Capítulo resume os principais aspectos abordados nesta pesquisa e avalia o nível de atendimento dos objetivos principal e complementares.

O **objetivo principal** deste trabalho - consolidar conceitos, métodos e técnicas voltados para a modelagem e análise de sistemas discretos complexos na forma de uma Abordagem Unificada para Modelagem, Simulação e Gestão por Processos, para ser aplicada num contexto de engenharia simultânea de sistemas – foi atendido complementemente por meio da abordagem proposta no Capítulo 4 baseada na CTP. Abordagem esta descrita a partir da evolução da Abordagem Integrada para Simulação e Gestão Automática de Processos (TRAVASSOS, 2007), por meio do direcionamento do seu foco para a construção dos modelos unificados de processos;

Os **objetivos complementares**, que ao todo são quatro, foram atendidos da seguinte forma:

- O primeiro - contribuir com a extensão e solidificação da CTP, envolvendo tanto aspectos metodológicos como a questão da criação de ambientes integrados de apoio à mesma – foi atendido pela aplicação da Representação Unificada do Modelo Conceitual para simulação e dos conceitos de MCU e do *Framework* para Ciência e Tecnologia de Processos na abordagem unificada proposta;
- O segundo - demonstrar a aplicação da abordagem proposta na criação de um modelo unificado para simulação e gestão por processos de um sistema real, mais especificamente os processos de serviços comerciais prestados pelo LIT – foi atendido por meio da aplicação da MCU ao processo de prestação de serviços comerciais prestados pelo LIT, conforme detalhado no Capítulo 7, onde foram criadas três representações diferentes do processo, cada qual vista por uma disciplina, a saber: SE, BPM e Simulação de Processos;

- O terceiro - implementar aplicativos de apoio, na forma de um ambiente integrado, visando auxiliar na gestão da operação do sistema real, englobando aspectos relativos à sua execução, simulação, desempenho, capacidade de monitoramento, análise e melhoria contínua de seus processos componentes – foi atendido com por meio da implementação do Ambiente Integrado de Apoio, apresentado no Capítulo 8, que utiliza de aplicativos comerciais para a simulação e para a gestão por processos de negócio e de aplicativos desenvolvidos para a análise dos resultados gerados pelos aplicativos anteriores;
- O quarto e último - contribuir para a redução e ou eliminação da dificuldade que os profissionais do LIT têm em identificar conflitos de uso dos recursos compartilhados nas atividades relacionadas com os programas espaciais e atividades de prestação de serviços comerciais – foi atingido por meio da utilização das agendas produzidas pelo Ambiente Integrado de Apoio, detalhadas também no Capítulo 8, que quando sobrepostas fornecem um indicação de conflito no uso dos recursos compartilhados do LIT.

A Abordagem Unificada para Modelagem, Simulação e Gestão por Processos foi apresentada como uma evolução da Abordagem Integrada para Simulação e Gestão Automática de Processos (TRAVASSOS, 2007).

A nova representação gráfica proposta pelo autor não teve finalidade apenas de melhorar o seu entendimento, por meio de uma nova disposição dos elementos denotativos dos processos, artefatos e relacionamentos, mas principalmente a de evidenciar a simetria e a simultaneidade existente na aplicação das técnicas de simulação e de gestão por processos. Tal simetria simplificou em muito a apresentação do ciclo de vida do modelo em relação à abordagem anterior, deixando clara a existência de um modelo único, que contém dados comuns para sua implementação em ambientes de apoio à simulação e à gestão por processos de negócios.

O foco da pesquisa voltado para a questão da fase de modelagem do sistema, estendendo-a além dos aspectos anteriormente tratados em Travassos (2007) para abranger também a disciplina de Engenharia de Sistemas, juntamente com a introdução de conceitos como a Modelagem Conceitual Unificada e a Representação Unificada do Modelo Conceitual (Onggo, 2009 e 2010) faz com que a mesma tenha um potencial para ser utilizada num contexto de engenharia simultânea de sistemas, o que deverá ser objeto de pesquisas futuras, conforme mencionado no Capítulo 11.

A realização do estudo de caso demonstrou a aplicação da abordagem unificada *Framework* para CTP aos processos de serviços comerciais prestados pelo LIT.

A aplicação da abordagem proposta ao processo de prestação de serviços do LIT teve sua fase de modelagem realizada pela representação do sistema por meio dos diagramas na notação BPMN e DMUS e sua fase de implementação realizada com a utilização das ferramentas BizAgi Studio (voltada para gestão por processos) e SIMPROCESS (voltada para simulação de processos).

O ambiente integrado mostra-se uma ferramenta em potencial para redução na dificuldade encontrada pelo LIT na identificação prévia de conflitos no uso de seus recursos compartilhados. Com ele consegue-se, por meio da automação do processo de prestação de serviços comerciais, manter uma agenda de utilização de recursos e compará-la com a agenda dos programas espaciais. Adicionalmente, consegue-se por meio da simulação do mesmo processo de prestação de serviços comerciais, gerar agendas simuladas, onde cenários futuros podem ser analisados em conjunto com as outras duas agendas.

A escolha das duas formas de representação, BPMN e DMUS, para a realização da Modelagem Conceitual do sistema se deu em função: da BPMN ser muito utilizada e de fácil compreensão; e do DMUS ser uma notação

originária de Travassos (2007), na qualidade de participante dos esforços de pesquisa realizadas pelo grupo ENGESIS.

A modelagem do processo por meio da notação BPMN facilitou a visualização e o entendimento do problema, proporcionando um meio comum para a comunicação e documentação do processo, conforme outros autores citam (ONGGO, 2010) e (BROSSARD, ABED e KOLSKI, 2011). A modelagem do processo utilizando o diagrama DMUS permitiu uma melhor compreensão da dinâmica do problema, no tocante ao sequenciamento das atividades e da cooperação entre os recursos envolvidos para sua realização. Em conjunto, elas permitiram retratar os aspectos essenciais do modelo, que podem e devem ser complementados até alcançarem uma forma definitiva, para ser implementado nas ferramentas de análise e execução escolhidas, constituídas por aplicativos das áreas de processos de negócios e de simulação.

A inexistência de um ambiente completo para a implementação da Abordagem Integrada para Simulação e Gestão Automática de Processos de acordo com a formulação de Travassos (2007) foi contornada pela utilização das ferramentas autônomas SIMPROCESS e BizAgi Studio, cada uma cobrindo um dos aspectos de interesse: a análise do modelo do ponto de vista operacional, feita pela simulação; e a análise de um ponto de vista gerencial, obtida pela ferramenta de processo de negócios.

## 11 PESQUISAS FUTURAS

Neste Capítulo são apresentadas algumas sugestões para a continuação deste trabalho.

Neste trabalho o *Framework* para CTP foi explorado em um estudo de caso envolvendo *processos de serviços de integração e teste de produtos complexos*, mas seu foco ficou concentrado sobre os aspectos da modelagem, simulação e gestão de processos da organização. Caberia em estudos futuros, a exploração da arquitetura do conhecimento em engenharia simultânea como um todo - modelagem dos processos do produto e da organização - por meio da aplicação da metodologia em um estudo de caso envolvendo o *desenvolvimento de um produto complexo*.

Os novos estudos contribuiriam em geral para a evolução da CTP e em particular para uma linha de pesquisa voltada para a melhoria da *Arquitetura do Conhecimento*, isto é, aprofundando o estudo sobre a melhor forma de descrição dos modelos. Neste sentido, no tocante aos modelos descritivos do produto, por exemplo, podem-se citar pesquisas que visam o uso de SysML no contexto de engenharia simultânea de sistemas, que já tem iniciativas dentro do próprio grupo ENGESIS (FLAUSINO e LOUREIRO, 2012). Outra referência a ser considerada é de Holt (2008), onde se aborda a aplicação dos diagramas da SysML para modelagem de estrutura e de comportamento de sistemas no contexto de SE.

Um aspecto que foi apenas tangenciado por esta pesquisa diz respeito ao papel da Gerência de Projetos no contexto da CTP. Uma melhor conceituação e formalização do papel da Gerência de Projetos se fazem necessárias e, para tanto, sugere-se utilizar as áreas de conhecimento da Gerência de Projetos como diretrizes para se atingir este objetivo, conforme abaixo delineado.

As áreas de conhecimento da Gerência de Projetos seriam relacionadas com a CTP da seguinte forma: a gerência de escopo e de recursos (não apenas humanos, mas também de capital e de tecnologia da informação) influenciariam e/ou seriam diretamente influenciadas pelo Modelo de Processos Descritivo do Produto. A gerência de escopo, a gerência de recursos da forma definida e a gerência de tempo manteriam relação direta com o Modelo (de Referência) dos Processos do Ciclo de Vida do Produto (principalmente no tocante à estrutura de divisão do trabalho em suas atividades componentes – *Work Breakdown Structure*). As demais áreas do PMBOK (gerência de riscos, gerência de qualidade, gerência de custos, gerência de aquisição e de integração) seriam associadas mais diretamente ao modelo de processos de gestão da organização.

A gerência de projetos, desta forma, apareceria como técnica de utilização ampla dentro do conceito de CTP, envolvendo desde a formulação do modelo descritivo do produto e do modelo de processos do seu ciclo de vida, quanto à elaboração de elementos componentes do modelo de processos de gestão da organização.

Além disto, a metodologia para CTP precisa continuar evoluindo no tocante ao *Método para Evolução dos Modelos*, que constituiria uma segunda linha de pesquisa, visando o estabelecimento de padrões e a construção de mecanismos de verificação, de interfaces de comunicação e de aplicativos que auxiliem na criação e evolução dos modelos e na transcrição entre eles. Com isto poderia se tentar assegurar a consistência e a compatibilidade das representações dos modelos de forma antecipada e procurar mantê-la ao longo de todo o ciclo de vida, bem como garantir a completa interoperabilidade das ferramentas utilizadas.

Em complemento, pode-se pensar no desenvolvimento de novas ferramentas, componentes de um ambiente original, completo e integrado, capaz de dar

suporte para a realização de estudos de CTP em geral. Com isso ter-se-ia uma terceira frente de estudo, voltada para o desenvolvimento de *Ambientes Integrados de Apoio*, cada uma contemplando um dos elementos componentes do *Framework* para CTP.

Também como trabalho futuro, sugere-se explorar o uso dos padrões consagrados e das capacidades de integração do SIMPROCESS com outros sistemas de gestão por processos de negócios para se testar o seu uso em conjunto com os outros sistemas, visando à construção de um ambiente de apoio mais completo e integrado para a realização de estudos de CTP em geral.

O ambiente integrado pode ser melhorado/evoluído em muitos aspectos. Podem-se listar algumas ações que contribuiriam para o seu enriquecimento:

- Identificar o comportamento relacionado ao alto comprometimento de recursos durante a criação da agenda simulada;
- Automatizar o processo de simulação, desde a extração dos dados do sistema eLIT até a criação da agenda simulada;
- Diferenciar, para cada recurso, a sua carga horária máxima em um determinado período;
- Substituir, quando em ambiente de produção/operacional, os extratos do eLIT utilizados para a determinação das funções de distribuições estatísticas, por dados extraídos do próprio BPMS;
- Automatizar o processo de determinação das funções de distribuições estatísticas.;
- Integrar o sistema eLIT ao BPMS, para que não seja necessário alimentar os dois sistemas manualmente com os mesmos dados. Este é sem dúvida um grande desafio e traria benefícios tanto ao ambiente integrado, pois a alimentação dos dados passaria a ser automática, quanto ao próprio sistema eLIT, pois seriam agregados a ele recursos

existentes no BPMS, oferecendo assim ferramentas para se melhorar a gestão dos processos comerciais do LIT.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABPMP. **Guide to the business process management common body of knowledge**. [S.l.]: CreateSpace Independent Publishing Platform, 2009.
- BALDAM, R. L. et al. **Gerenciamento de processos de negócios- BPM - Business Process Management**. 2. ed. São Paulo: Editora Érica Ltda, 2008.
- BIZAGI WIKI. **Introduction** - BizAgi BPMS. 2011. Disponível em: <<http://wiki.bizagi.com/en/index.php?title=Introduction>>. Acesso em: 17 mar. 2011.
- BIZAGI WIKI. **Deployment**. 2012a. Disponível em: <<http://wiki.bizagi.com/en/index.php?title=Deployment>>. Acesso em: 02 jul. 2012.
- BIZAGI WIKI. **Edit the data model with process wizard**. 2012b. Disponível em: <[http://wiki.bizagi.com/en/index.php?title=Edit\\_the\\_Data\\_Model\\_with\\_Process\\_Wizard](http://wiki.bizagi.com/en/index.php?title=Edit_the_Data_Model_with_Process_Wizard)>. Acesso em: 27 jun. 2012.
- BIZAGI WIKI. **Replication**. 2012c. Disponível em: <<http://wiki.bizagi.com/en/index.php?title=Replication>>. Acesso em: 11 fev. 2012.
- BIZAGI WIKI. **Process wizard**. 2012d. Disponível em: <[http://wiki.bizagi.com/en/index.php?title=Process\\_Wizard](http://wiki.bizagi.com/en/index.php?title=Process_Wizard)>. Acesso em: 27 jun. 2012.
- BROSSARD, A.; ABED, M.; KOLSKI, C. Taking context into account in conceptual models using a Model Driven Engineering approach. **Information and Software Technology**, p.1349-1369, dez. 2011.
- BURNETTE, E. **Eclipse IDE pocket guide**. Sebastopol: O'Reilly Media, Inc., 2005.
- CACI. **Simprocess** - product overview. 2011. Disponível em: <<http://simprocess.com/products/products.html>>. Acesso em: 17 mar. 2011.
- COOLAHAN, J.; BERGENTHAL, J. **NDIA SE M&S Committee**. National Defense Industrial Association, 2010. Disponível em: <[http://www.ndia.org/Divisions/Divisions/SystemsEngineering/Documents/NDIA\\_SE\\_M\\_S\\_Committee\\_SED\\_Presentation.ppt](http://www.ndia.org/Divisions/Divisions/SystemsEngineering/Documents/NDIA_SE_M_S_Committee_SED_Presentation.ppt)>. Acesso em: 12 jan. 2013.
- EMBLEY, D. E.; THALHEIM, B. **Hanbook of conceptual modeling: theory, Practice and Research Challenges**. Berlin: Springer Verlag, 2011.
- FLAUSINO, M. G.; LOUREIRO, G. **SysML para engenharia simultânea de sistemas espaciais**. Seminário de Iniciação Científica do INPE (SICINPE), São José dos Campos, p. 124, 2012.
- GASSNER, D. **Adobe flash builder 4 and flex 4**. Indianapolis: Wiley Publishing, 2010.
- GAVIN KING, C. B. et al. Chapter 14. **HQL: The Hibernate Query Language**. HIBERBATE Community Documentation, 2009. Disponível em:

<<http://docs.jboss.org/hibernate/orm/3.3/reference/en/html/queryhql.html>>. Acesso em: 10 jul. 2012.

GUDGIN, M. et al. **SOAP Version 1.2 Part 1: Messaging Framework (Second Edition)**. W3C, 2007. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/soap12-part1/>>. Acesso em: 07 nov. 2012.

HOLT, J. **SysML for systems engineering** - professional applications of computing series. London, UK: The Institution of Engineering and Technology, 2008.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS.LABORATÓRIO DE INTEGRAÇÃO E TESTES.LABORATÓRIO DE INTEGRAÇÃO E TESTES (INPE.LIT). **Descrição do processo de prestação de serviço comercial do LIT implementado no Sistema de Informação eLIT**. São José dos Campos. 2005.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS.LABORATÓRIO DE INTEGRAÇÃO E TESTES.LABORATÓRIO DE INTEGRAÇÃO E TESTES (INPE.LIT). **Relatório de atividades do Laboratório de Integração e Teste de 2009 do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. São José dos Campos. 2009.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS.LABORATÓRIO DE INTEGRAÇÃO E TESTES.LABORATÓRIO DE INTEGRAÇÃO E TESTES (INPE.LIT). **Home page do LIT**. Laboratório de Integração e Testes.Laboratório de Integração e Testes, 2012. Disponível em: <<http://www.lit.inpe.br>>. Acesso em: 13 nov. 2012.

KIENBAUM, G. S. et al. A framework for process science and technology and its applications to systems engineering. In: ISPE INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONCURRENT ENGINEERING – CE2012, 19., 2012, Trier, DE. **Proceedings...** Tier, 2012.

KING, A. G.; LAFORGE, G.; SKEET, J. **Groovy in action**. New York: Manning Publications Co., 2007. ISBN 1-932394-84-2.

LOUREIRO, G. **A system engineering and current engineering framework for the integrated development of complex products**, 1999. 530 p. Thesis (PhD in Systems Engineering) - Loughborough University. Loughborough.

LOUREIRO, G. Lessons learned in 12 years of space systems concurrent engineering.In: International Astronautical Congress, 61., 2010, Prague, CZ. **Proceedings...**, Prague, 2010.

MAGALHÃES, A. F. **Um ambiente de apoio à gerência de projetos utilizando gestão de processos**. São José dos Campos: INPE, 2008. 102 p. ; (INPE-15405-TDI/1418).

MARTIM, J. N. **Systems engineering guidebook: a process for developing systems and products**. [S.l.]: CRC Press LLC, 2000.

MENDES, R. S. **Modelagem e controle de sistemas a eventos discretos**. Campinas: UNICAMP - FEE - DCA, 1998. Disponível em: <<http://www.dca.fee.unicamp.br/~rafael/ia851/introd.ps>>. Acesso em: 26 dez. 2012.

MIYAGI, P. E. **Introdução a simulação discreta**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - PMR2460 - Modelagem e Controle de Sistemas Discretos, 2006. Disponível em: <[http://sites.poli.usp.br/d/PMR2460/Arquivos/Apostila\\_Simulacao.pdf](http://sites.poli.usp.br/d/PMR2460/Arquivos/Apostila_Simulacao.pdf)>. Acesso em: 26 dez. 2012.

NAIDOO, T.; MUEHLEN, M. Z. The state of standards and their practical. In: AIIM CONFERENCE AND EXPOSITION, 1., 2005. Philadelphia. **Proceedings...** Philadelphia, 2005.

NANCE, R. E. The conical methodology and the evolution of simulation model development. **Ann Opns Res**, n. 53, p. 1-45, 1994.

NATIONAL Defense Industrial Association (NDIA). Disponível em: <<http://www.ndia.org/>>. Acesso em: 12 jan. 2013.

NAYLOR, T. H. et al. **Computer simulations techniques**. New York: Wiley, 1966.

OBJECT MANAGEMENT GROUP (OMG). **Introduction to OMG's unified modeling language**., 2005. Disponível em: <[http://www.omg.org/gettingstarted/what\\_is\\_uml.htm](http://www.omg.org/gettingstarted/what_is_uml.htm)>. Acesso em: 07 jan. 2013.

OBJECT MANAGEMENT GROUP (OMG). **Business Process Model and Notation (BPMN)**. 2011. Disponível em: <<http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/PDF>>. Acesso em: 21 dez. 2012.

Object Management Group (OMG). **Systems Modeling Language (OMG SysML™)**., 2012. Disponível em: <<http://www.omg.org/spec/SysML/1.3/>>. Acesso em: 07 jan. 2013.

ONGGO, S. Methods for conceptual model representation. In: ROBINSON, S., et al. (eds.). **Conceptual modelling for discrete-event simulation**. Abingdon: Taylor and Francis, 2010. Cap. 13.

ONGGO, S. B. Towards a unified conceptual model representation: a case study in health care. **Journal of Simulation**, 3, n. 1, 2009. 40-49.

PIDD, M. **Tools for Thinking: Modelling in Management**. 2. ed. Wiley: Chichester, UK, 2003.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI). A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) - Fourth Edition. 4. ed. Newton Square:, 2008. Cap. 1.

PYSTER, A. et al. **Guide to the Systems Engineering Body of Knowledge (SEBok) version 1.0**. SEBok, 2012. Disponível em: <<http://www.sebokwiki.org/>>. Acesso em: 15 out. 2012.

ROBINSON, S. Conceptual modelling for simulation Part I: definition and requirements. **Journal of the Operational Research Society**, v. 59, n. 3, p. 278-290, 2008.

ROBINSON, S. et al. **Conceptual modeling for discrete-event simulation**. London: CRC Press, 2011.

ROCHER, G. et al. **Introduction**. The Grails Framework, 2012. Disponível em: <<http://grails.org/doc/2.1.0/guide/introduction.html>>. Acesso em: 07 nov. 2012.

SOCIETY FOR DESIGN AND PROCESS SCIENCE (SDPS). **About SDPS.**, 1995. Disponível em: <<http://www.sdpsnet.org/sdps/index.php/about>>. Acesso em: 13 nov. 2012.

SHANNON, R. E. **Systems simulation: the art and science**. Englewood Cliffs, N.J: Prentice-Hall, 1975.

SILVA, L. A. D. et al. A process science and technology study applied to the laboratory for integration and testing of national space research institute (LIT/INPE). In: SDPS CONFERENCE, 2011, Jeju Island, KR. **Proceedings ...** Jeju Island, 2011.

SOMMERVILLE, I. Engenharia de Software. Tradução de Ivan Bosnic e Kalinka G. de O. Gonçalves. 9. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011. Cap. 5, p. 96-98.

TRAVASSOS, P. R. N. **Uma abordagem integrada para gestão e simulação de processos e sua aplicação à gerência de projetos**. 2007. 176 p. (INPE-14819-TDI/1259). Tese (Doutorado em Computação Aplicada) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2007. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m17@80/2007/06.12.18.51>>. Acesso em: 06 mar. 2013.

WOLFROM, J. **Model-Based Systems Engineering (MBSE) overview**. APL Technology Transfer, 2009. Disponível em: <<http://www.jhuapl.edu/ott/Technologies/Copyright/SysML.asp>>. Acesso em: 10 out. 2012.

WORKFLOW MANAGEMENT COALITION. **Process definition interface - XML Process Definition Language**. XPDL.ORG, 2012. Disponível em: <[http://www.xpdl.org/standards/xpdl-2.2/XPDL%202.2%20\(2012-08-30\).pdf](http://www.xpdl.org/standards/xpdl-2.2/XPDL%202.2%20(2012-08-30).pdf)>. Acesso em: 07 nov. 2012.



## **GLOSSÁRIO**

Sistema eLIT – Software, desenvolvido pela equipe de desenvolvimento de sistemas de informação do LIT, utilizado por todos os setores do LIT para integração das informações de pessoal, recebimento e calibração de equipamentos, ordem de serviço, prestação de serviço, requisição de compras, documentação, visitas e da garantia da qualidade.



## APÊNDICE A - DETALHES DE IMPLEMENTAÇÃO DO AMBIENTE INTEGRADO

Neste apêndice são apresentados os detalhes de implementação do ambiente integrado, como os passos seguidos para criação da aplicação web no BPMS, o processo utilizado para a obtenção das funções de distribuição estatística e uma breve descrição das ferramentas de apoio utilizadas para o desenvolvimento dos aplicativos de análise e importação. Para uma melhor compreensão deste apêndice sugere-se a leitura prévia do Capítulo 8 - Implementação do Ambiente Integrado de Apoio.

### A.1. Ferramentas de apoio ao desenvolvimento

Para do desenvolvimento do aplicativo de análise das agendas, do aplicativo de importação dos arquivos em MSProject, e para o *web service*, utilizaram-se os ambientes de desenvolvimento, IDE (*Integrated Development Environment*), STS e FlexBuilder, ambos baseados no Eclipse.

#### A.1.1. Eclipse

Eclipse é um IDE para “*anything, and nothing at all*”, ou seja, pode ser usado com qualquer linguagem, não somente com Java. Iniciou como uma ferramenta para subsistir o Visual Age da IBM, mas acabou se transformando *open source* em novembro de 2001. Atualmente é controlada por uma organização sem fins lucrativos denominada *Eclipse Foundation* (BURNETTE, 2005).

#### A.1.2. STS - SpringSource Tool Suite™

O SpringSource Tool Suit (STS) é uma ferramenta baseada no Eclipse para o desenvolvimento de aplicações Java Enterprise. O STS foi utilizado, em conjunto com o *Framework* Grails (ROCHER, PETER, *et al.*, 2012), para a criação do *web service*.

### A.1.3. Flash Builder

O Flash Builder é uma ferramenta, baseada no Eclipse, para o desenvolvimento de aplicações utilizando o *Framework Flex*. Foi utilizada para a criação da interface com usuário das ferramentas de análise e de importação. Flex é uma plataforma para desenvolvimento e de implantação de aplicativos que rodam sobre o Flash Player da Adobe (GASSNER, 2010).

## A.2. Implementação da Modelo Unificado do Processo no SIMPROCESS

Para a modelagem no SIMPROCESS, utilizaram-se as facilidades de importação de arquivos no formato XPDL (WORKFLOW MANAGEMENT COALITION, 2012), arquivo este gerado pela ferramenta *BizAgi Process Modeler* por meio da exportação do modelo elaborado. A representação da modelagem realizada no SIMPROCESS pode ser conferida na Figura B.3. Para a visualização dos elementos gráficos, o SIMPROCESS oferece uma série de coleções de ícones, e para manter a compatibilidade visual com o BPD, optou-se pela coleção de ícones correspondentes à notação BPMN.

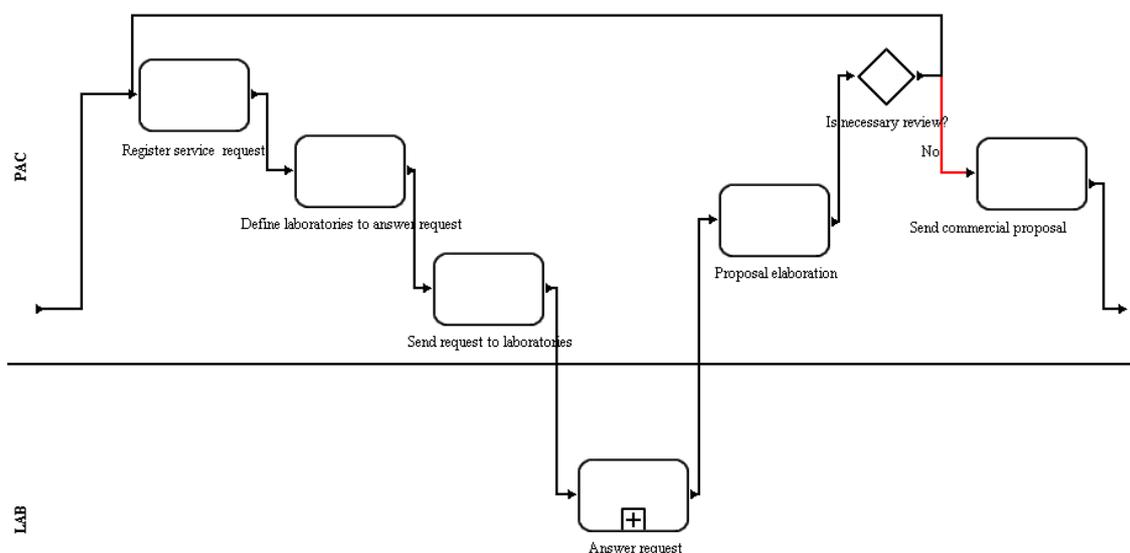


Figura A.1 - Detalhamento do processo de elaboração de proposta comercial modelado no SIMPROCESS.

Com o modelo importado no ambiente de simulação, iniciou-se a fase de determinação das distribuições estatísticas envolvidas na geração das entidades e na duração das atividades modeladas. Para isso, utilizaram-se dados reais extraídos do sistema de informação do LIT (sistema eLIT) e obtiveram-se as funções de distribuição estatística por meio do aplicativo ExpertFit, existente no próprio ambiente de simulação. Estes dados reais, conforme sugere a abordagem, são extraídos diretamente do BPMS, mas como este ainda não está implementado, eles foram extraídos do sistema eLIT.

O objetivo da simulação é gerar uma agenda simulada de utilização de recursos de prestação de serviços comerciais do LIT. Esta agenda será utilizada pelo aplicativo de análise junto com o cronograma de recursos dos programas espaciais e com a agenda real de recursos relacionados à prestação de serviços comerciais.

Nesta simulação, devido à necessidade de um esforço extra, não se preocupou com as funções de distribuições estatísticas dos tempos gastos em cada atividade modelada e nem com o uso dos recursos necessários para executá-las. O objetivo da simulação é gerar as entidades “Service request”, requisições de serviços comerciais, e obter na saída a entidade “Commercial Proposal”, proposta comercial para a prestação do serviço, conforme DMUS da Figura 6.4.

Para a geração desta agenda simulada, identificaram-se os serviços prestados pelo LIT e os seus respectivos recursos necessários, assim como os atributos relacionados a eles. A Tabela B.1 contém estes atributos identificados.

<b>Atributos de Serviço</b>	<b>Atributos de Recurso</b>
Nome	Nome
Data de início do serviço	Horas de Máquina
Duração em dias do serviço	Quantidade
Custo	
Horas de Técnico	
Horas de Engenheiro	
Quantidade solicitada por semana	
Lista de recursos	
Aprovação (sim/não)	

Tabela A.1 - Atributos de serviço e de recurso utilizados na simulação.

Sabendo-se dos atributos, necessita-se determinar a ocorrência de cada atributo para cada serviço prestado no LIT, como por exemplo, saber quantos técnicos e engenheiros e quais equipamentos são necessários para se prestar um determinado serviço. Os dados de ocorrência foram extraídos do sistema de informação do LIT e transformados em funções de distribuições estatísticas com uso da ferramenta do SIMPROCESS ExpertFit.

Ao todo foram obtidas em torno de 350 funções de distribuição estatística, distribuídas entre os 29 serviços e os 107 recursos determinados. A Figura B.4 representa o processo executado para se obter as funções de distribuição estatísticas, onde cada raia da piscina (*lane*) representa a ferramenta envolvida nas atividades.

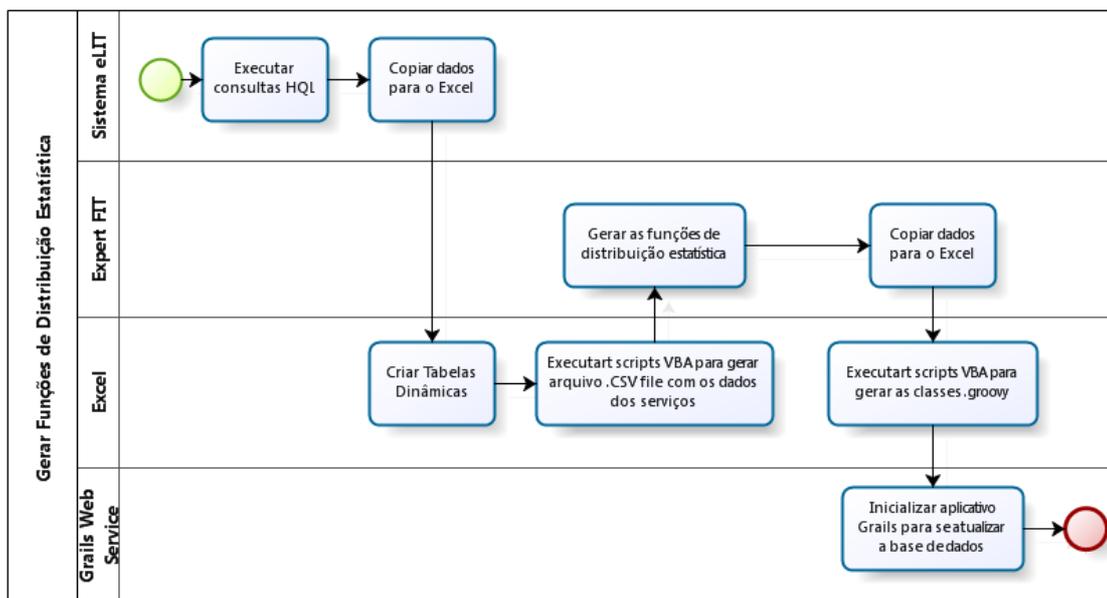


Figura A.2 - Processo seguido para se obter as funções de distribuição estatística.

O processo para se obter as funções de distribuição estatística começa com a extração de dados do sistema eLIT por meio da linguagem HQL (GAVIN KING, ANDERSEN, *et al.*, 2009). O resultado desta consulta é transferido para uma planilha eletrônica no formato tabular – linha/coluna. Para facilitar o agrupamento dos dados, são utilizadas tabelas dinâmicas e macros – programação por meio da linguagem *Visual Basic for Application* (VBA) – para se exportar os dados da tabela dinâmica para um arquivo no formato *.csv* (*comma-separated values*). Este arquivo é processado pelo Expert FIT e o resultado é transferido novamente para a planilha eletrônica - por meio do recurso *recortar e colar*. Por meio de outra macro, o resultado do Expert FIT é transformado em classes Groovy (KING, LAFORGE e SKEET, 2007), usadas para se popular a base de dados SQLServer com as informações de serviços e recursos. Com as classes atualizadas, o último passo é reiniciar o servidor web para que as mudanças sejam refletidas.

### **A.3. Implementação da Modelo Unificado do Processo no BizAgi Studio**

Por meio do BPD construído, Figura 6.1, iniciou-se um projeto dentro da ferramenta BizAgi Studio com o objetivo de se criar uma aplicação web que implemente os processos modelados neste diagrama.

Conforme (BIZAGI.WIKI, 2012d), para se criar uma aplicação no BizAgi, deve-se seguir um procedimento que consistem em sete passos, que são:

1. Modelagem do processo;
2. Modelagem dos dados relacional;
3. Definição dos formulários;
4. Criação das regras de negócio;
5. Definição dos participantes em cada atividade;
6. Integração com sistemas externos;
7. Execução e implantação do aplicativo para produção.

A seguir tem-se a aplicação dos passos para a criação da aplicação web.

#### **A.3.1. Modelagem do processo – Passo 1**

Como primeiro passo para a criação da aplicação web, tem-se a definição dos processos que serão implementados. Para isso, o BPMS fornece um editor onde os eles são definidos. Como já se tem o processo modelado, Figura 6.1, não houve a necessidade de recriá-lo neste editor. Ele foi simplesmente importado para o BPMS.

#### **A.3.2. Modelo de dados relacional – Passo 2**

O BizAgi usa um modelo de dados relacional em que existem entidades, atributos e relacionamentos. Os formulários web de cada atividade dos processos na aplicação web, bem como a criação de regras de negócios, são projetados com base no conhecimento do modelo de negócio entidade

relacionamento (BIZAGI.WIKI, 2012b). Na Figura B.5 é apresentado o modelo de dados para a aplicação web desenvolvida.

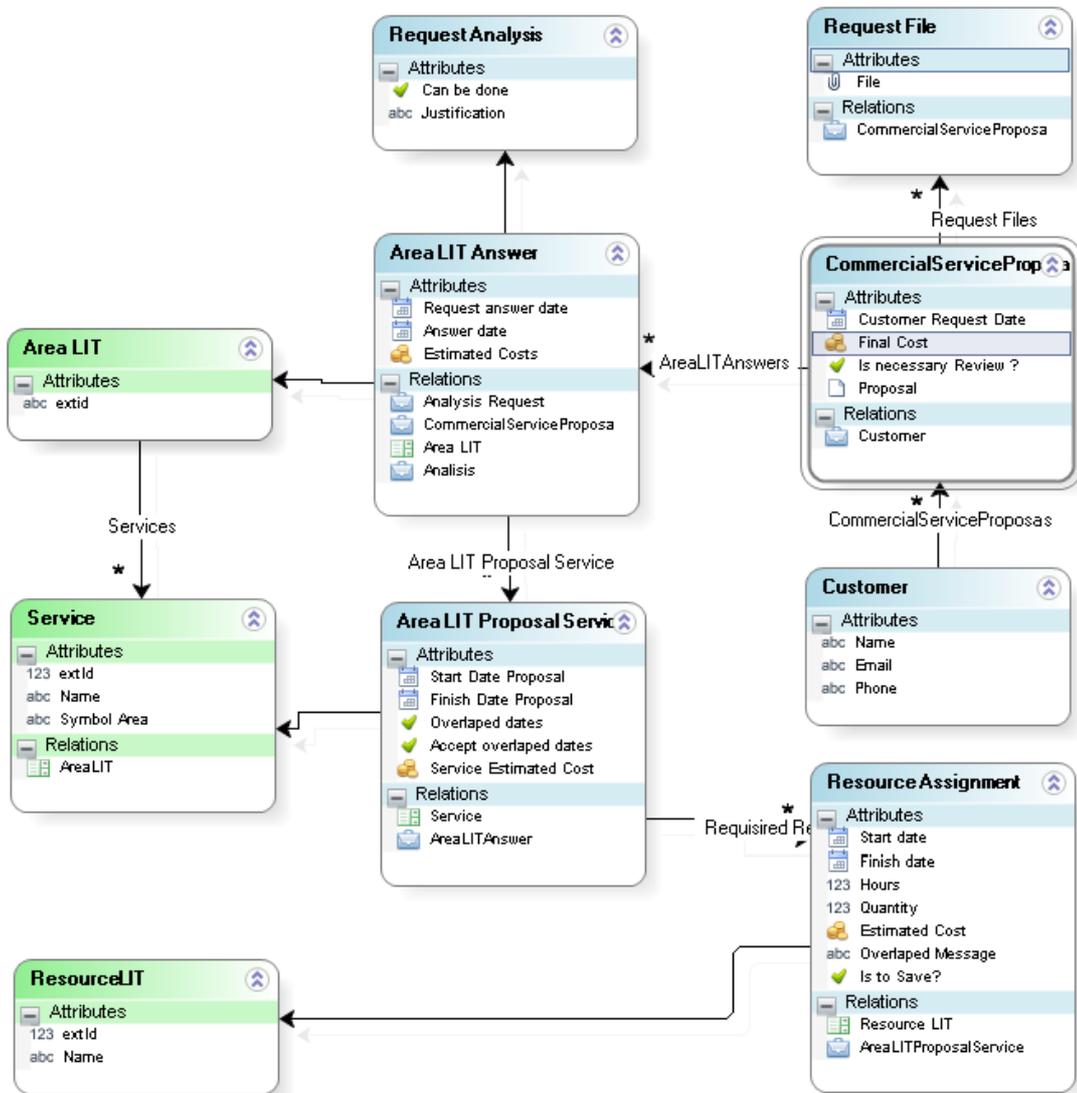


Figura A.3 - Diagrama do modelo de dados no BizAgi.

Existe uma diferenciação de cores no diagrama onde as entidades em verde são denominadas entidades paramétricas e, as em azul, entidades mestre. As entidades paramétricas armazenam valores predefinidos que são independentes da execução do processo, como por exemplo, as áreas do LIT, os serviços prestados e os recursos relacionados a estes serviços. Já as

entidades mestre são entidades de negócio e armazenam informações de cada processo em execução. Estas informações são atualizadas conforme o processo flui, ou seja, de acordo com a interação de cada usuário com a aplicação web.

Somente as entidades paramétricas são passíveis de replicação (BIZAGI.WIKI, 2012c), ou seja, podem ser sincronizadas com uma base de dados externa.

### **A.3.3. Definição de Formulários – Passo 3**

Tendo o modelo de dados, criaram-se os formulários web onde os usuários entram com as informações pertinentes a cada atividade. Geralmente, para cada atividade, tem-se um formulário web. Na aplicação gerada são cerca de oito formulários relativos às atividades, distribuídas em três processos maiores. Estas atividades são enumeradas a seguir:

#### ***Commercial Service Proposal Process***

- 1. Register service request*
- 2. Define laboratories to answer request*
- 3. Proposal elaboration*
- 4. Send commercial proposal*

#### ***Answer Request Process***

- 5. Analise request*
- 6. Define service relates to request*
- 7. Send response*

#### ***Fill in Service Information Process***

- 8. Fill in form*

O formulário criado para atividade *Register service request* pode ser verificado na Figura B.6. Nele o usuário, um profissional do setor comercial, deve informar:

- o cliente que solicita o serviço;

- a data da solicitação;
- os documentos que contém os detalhes do serviço solicitado.

Figura A.4 - Formulário da aplicação web gerada no BizAgi relativo à atividade “Register service request”.

#### A.3.4. Criação das regras de negócio – Passo 4

Neste passo, construíram-se as expressões que definem o fluxo em que o processo deve seguir quando encontra um desvio (*gateway* na notação BPMN).

Na Figura B.7 tem-se uma expressão criada que define o comportamento do desvio “Is necessary review?” do processo “Answer request”. Ela diz que caso a propriedade “IsNecessaryReview”, da entidade mestre “CommercialServiceProposal”, for verdadeira o fluxo do processo é direcionado

para a atividade “Register service request”, se não, para a atividade “Send commercial proposal”.

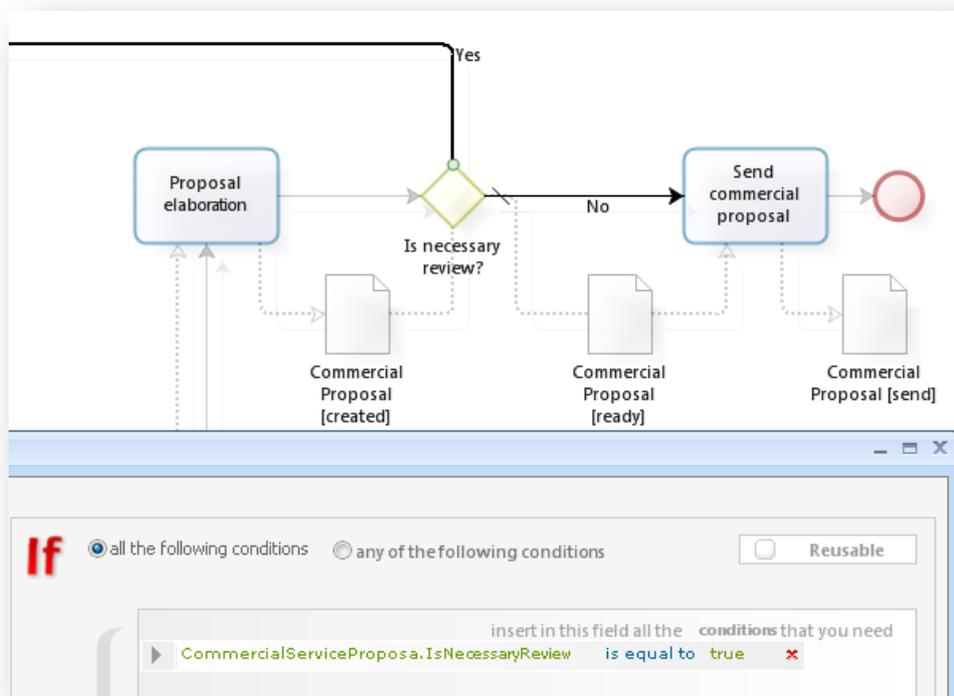


Figura A.5 - Definição da regra de negócio, relativa ao desvio (gateway) “Is necessary review?”, do processo “Answer request” no BizAgi.

Também neste passo, foram definidas quais as ações que devem ser tomadas em três situações: ao salvar, antes de se iniciar e depois de finalizar uma determinada atividade.

Na Figura B.8 têm-se definidas as ações ao salvar e ao sair da atividade “Send response” do processo “Answer request”. Ao clicar no botão de salvar do formulário web relativo à atividade, o sistema executa uma expressão que atualiza o total do custo estimado do serviço. E ao sair da atividade, são executadas duas expressões, uma que é a mesma da ação salvar, e outra que seta a data da resposta da solicitação com a data atual do sistema.

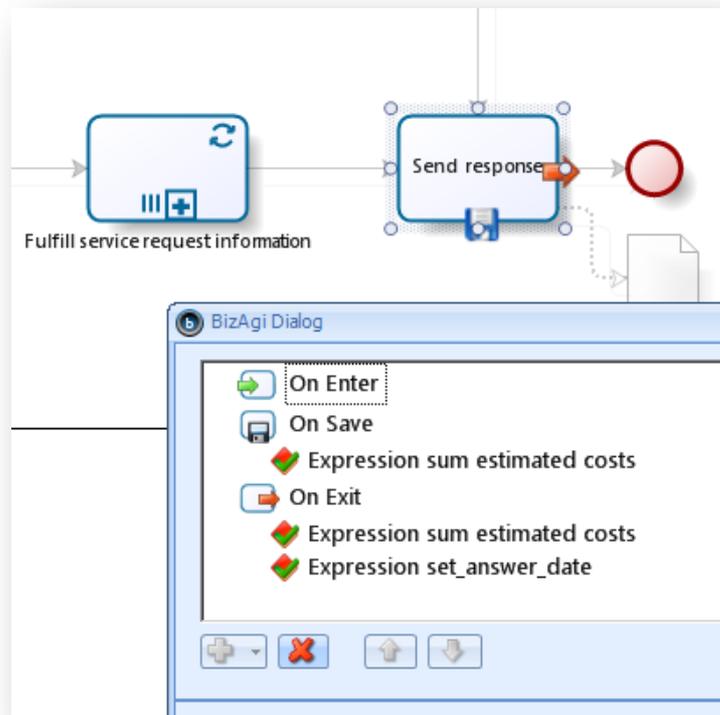


Figura A.6 - Definição das ações da atividade “Send response” do processo “Answer request” no BizAgi.

### A.3.5. Definição dos participantes em cada atividade – Passo 5

Neste passo associaram-se, para cada atividade, quais os perfis de usuários que poderão executá-la. Os perfis foram criados no BizAgi conforme o DMUS, onde se podem identificar três tipos de recursos (perfis): “Pac register responsible”, “PAC proposal responsible” e “Lab answer analyst”. As atividades foram associadas aos perfis conforme o DMUS.

Além dos perfis, criaram-se duas áreas: “Commercial Setor” e “Laboratories”, que correspondem às raias (*lanes*) do BPD da Figura 6.1. Estas áreas foram usadas durante a criação dos usuários, conforme Tabela B.2.

Usuário	Pertence à área	Com o perfil de
pac1	Commercial Setor	PAC register responsible
pac2	Commercial Setor	PAC proposal responsible
lab1	Laboratories	LAB answer analyst

Tabela A.2 - Usuários, áreas e perfis cadastrados na aplicação web.

### A.3.6. Integração com sistemas externos – Passo 6

Uma série de serviços implementados com o protocolo SOAP, criada para atender as necessidades da aplicação, pode ser conferida na Figura B.9.

Available SOAP services:	
<b>ScheduleService</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>listSchedulesName</li> <li>findSchedule</li> <li>justForTest</li> <li>scheduleResource</li> </ul>	<b>Endpoint address:</b> <a href="http://localhost:8080/gProject/services/schedule">http://localhost:8080/gProject/services/schedule</a> <b>WSDL :</b> <a href="http://service.inpe.org/ScheduleServiceService">http://service.inpe.org/ScheduleServiceService</a> <b>Target namespace:</b> <a href="http://service.inpe.org/">http://service.inpe.org/</a>
<b>ServiceStatisticService</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>listServiceStatistic</li> <li>scheduleProposal</li> </ul>	<b>Endpoint address:</b> <a href="http://localhost:8080/gProject/services/serviceStatistic">http://localhost:8080/gProject/services/serviceStatistic</a> <b>WSDL :</b> <a href="http://simulation.inpe.org/ServiceStatisticServiceService">http://simulation.inpe.org/ServiceStatisticServiceService</a> <b>Target namespace:</b> <a href="http://simulation.inpe.org/">http://simulation.inpe.org/</a>
<b>SpaceProgramService</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>findAllTasksByYear</li> <li>findAllResource.AssignmentsByYear</li> <li>findAllResource.Assignments</li> <li>findAllTasksBetween</li> <li>justForTest</li> <li>createSchedule</li> </ul>	<b>Endpoint address:</b> <a href="http://localhost:8080/gProject/services/spaceProgram">http://localhost:8080/gProject/services/spaceProgram</a> <b>WSDL :</b> <a href="http://project.inpe.org/SpaceProgramServiceService">http://project.inpe.org/SpaceProgramServiceService</a> <b>Target namespace:</b> <a href="http://project.inpe.org/">http://project.inpe.org/</a>

Figura A.7 - Serviços SOAP criados.

Um desses serviços, “*scheduleResource*”, é utilizado pelas atividades “*Validade dates against schedule*” e “*Schedule resource*” do processo “*Fill in service information*”. A chamada a este serviço deve ser configurada no BPMS,

informando-se os nomes dos parâmetros de entrada e os seus respectivos tipos de dados (*string*, *date*, *boolean*). O serviço “*scheduleResource*”: possui assinatura conforme Figura B.10.

```
@WebResult(name="overlap")
@WebMethod(operationName="scheduleResource")
String scheduleResource(
    @WebParam(name="scheduleName")String scheduleName
    ,@WebParam(name="serviceId")int serviceId
    ,@WebParam(name="areaLITId")String areaLITId
    ,@WebParam(name="startDate")Date startDate
    ,@WebParam(name="finishDate")Date finishDate
    ,@WebParam(name="quantity")double quantity
    ,@WebParam(name="hours")double hours
    ,@WebParam(name="resourceLITId")long resourceLITId
    ,@WebParam(name="estimatedCost")double estimatedCost
    ,@WebParam(name="isToSave")boolean isToSave
){
```

Figura A.8 - Assinatura do serviço "scheduleResource".

### A.3.7. Execução e implantação do aplicativo para produção – Passo 7

No BizAgI é possível a configuração de três ambientes de execução do aplicativo web (BIZAGI.WIKI, 2012a) que podem ser o de desenvolvimento, o de teste e o de produção. Neste trabalho utilizou-se somente o ambiente de desenvolvimento.

Uma vez finalizada a aplicação, procurou-se utilizá-la a fim de se gerar, ao final de cada instância do processo modelado, os dados para a agenda real de recursos relativos aos serviços comerciais. Na Figura B.11 tem-se um exemplo das informações que foram cadastradas na atividade “Fill in service information”. Figura B.12 tem-se um exemplo de relatório gerado com os dados cadastrados.

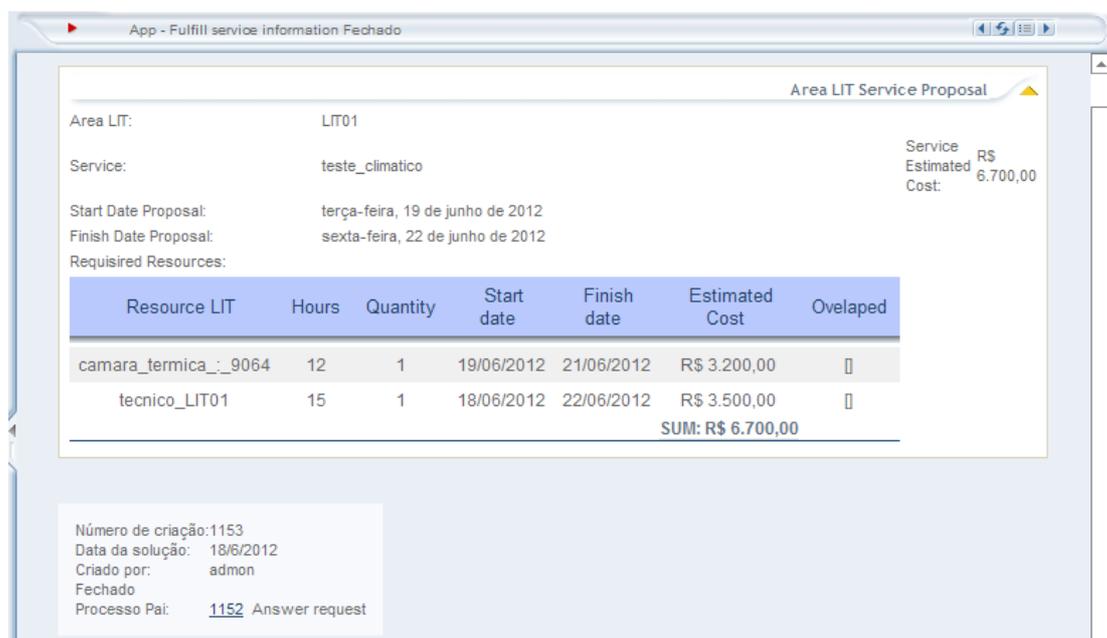


Figura A.9 - Informações geradas pela aplicação web criada no BizAgí Studio sobre uma instância da atividade "Fill in service information".

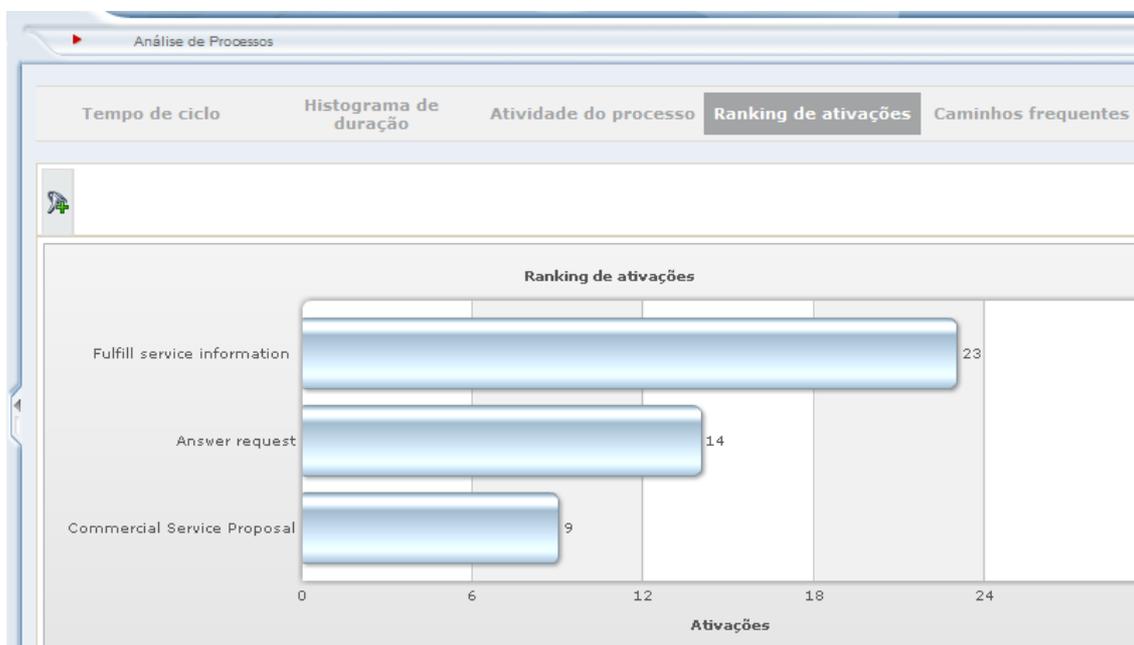


Figura A.10 - Relatório gerado pela aplicação web sobre a quantidade de execuções dos processos modelados.