SERVIÇO DE PÓS-GRADUAÇÃO DO ICMC-USP

Data de Depósito: 26/11/1999

Assinatura: _____

**Aquisição de Conhecimento como Apoio
ao Método de Engenharia Reversa
FUSION-RE/I**

Andrea Padovan Jubileu

Orientadora: *Profa. Dra. Rosely Sanches*

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação - ICMC-USP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências – Área: Ciências de Computação e Matemática Computacional.

São Carlos
Novembro/1999

Aos meus pais, Geraldo e Matilde,
meus irmãos Cassiano e Adriano e
minhas avós Natália (*in memoriam*) e Ana.

Agradecimentos

A DEUS pela graça da vida, pela graça do aprendizado, enfim, por tudo permitir.

Aos meus queridos pais, Geraldo e Matilde, por tanto amor, dedicação, incentivo, por nunca medirem esforços para me ajudar e por acreditarem em mim.

Aos meus irmãos Cassiano e Adriano pelo carinho, à minha *tia do coração* Ivanilde que sempre esteve ao meu lado e a todos os meus familiares.

À minha orientadora, Prof^ª. Dr^ª. Rosely Sanches, contribuinte por grande parte de meu amadurecimento profissional e até mesmo pessoal, pela confiança depositada, pelos valiosos conselhos, pela paciência e pela amizade.

A todos os professores que, de alguma forma, contribuíram para o meu aprendizado. Em especial ao Prof. Maldonado, Prof^ª. Solange e Prof^ª. Rosângela.

À minha grande amiga Ana Lúcia pelo incentivo ao ingresso no programa de mestrado.

Às minhas companheiras de casa: Evelise (obrigada, também, pelos "reikis"), Ellen (obrigada, também, pela atenção em revisar este trabalho), Sarah (Bisquii), Selma e Paula pela amizade e por todos os momentos inesquecíveis que passamos juntas. Em especial à D^a Rosinha e à D^a Zita pelas lições de vida.

Ao Jama pelo carinho, pelo incentivo, pela paciência, e por compreender as minhas ausências.

À Giselle por nossas proveitosas conversas.

Às minhas amigas MarinGirls: Thelma, Valéria, Lú e Nilda (por adoção) pelo companheirismo. Em especial à Tati.

Ao pessoal do Labes: Auri, Cris, Sandra, Rejane, Janaína, Elisa, Ana Paula, Caldas, Quinaia, Simone, Delamaro, Tchelo, Plínio, Daniela, Vangrei, William, Mayb, Waine, Jusane, André, Rurik, Paulo (Leonardo), Gelza e Willie. Em especial ao Adenilso pelo auxílio em um dos estudos de caso realizado e pelas preciosas dicas, e à Rosana que sempre esteve à disposição para esclarecer minhas dúvidas.

Aos amigos: Marisa, Marilde, Marília, Jaque, Ana Elisa, Ângelo, Valêncio, Roberto, Tavinho, Araxá, Dani Bola, Dani, Júlio, Elder, Boni, Taboca, Pissióli, Mac, Cláudia, Maristela, Kutova, Ernesto (Cabelinho), Carlos Eduardo, Aletéia, Alessandra, Omar, Marco, Luis Carlos, Chandler, Paulo, Tanão, Enzo, Larissa, Miriam Renata, Mirla, em especial ao Matite; aos amigos de Prudente: Emerson, Marega, Ana Claudia, André, Silvio, Shiro, Rogério e Ronaldo, Camiel, Célio, Giovana, Melissa, Aglaê, Cássia e Serginho e às minhas amigas de Venceslau: Adriane, Angélica, Haline, Clerisa, Aline, Cristiane e Cibele.

Às meninas da seção de Pós: Laura, Marília e Beth, e a todos os funcionários do ICMC, em especial à Maria (da Biblioteca), por toda simpatia e atenção dispensados.

A todos que, de alguma forma, estiveram ao meu lado durante o desenvolvimento deste trabalho.

Ao CNPq e a UNIFRAN pelo apoio financeiro.

Resumo

Este trabalho apresenta um procedimento de auxílio ao primeiro passo do método de engenharia reversa *FUSION-RE/I* - *obtenção de informações sobre o sistema*. Esse procedimento compreende um *processo* para a criação de uma base de conhecimento (Processo de Aquisição de Conhecimento *IPAIA*, instanciado para o domínio de engenharia reversa) e *diretrizes* para a utilização dessa base de conhecimento na construção de visões funcionais do sistema.

Abstract

This work presents a procedure to help the first step of the *FUSION-RE/I* reverse engineering method – *acquisition of system's information*. This procedure comprises a *process* to create a knowledge base (*IPAIA* Knowledge Acquisition Process applied to *reverse engineering* domain) and *guidelines* for using this knowledge base to construct functional visions of the system.

SUMÁRIO

Lista de Figuras.....	iv
Lista de Quadros.....	v
Lista de Tabelas.....	v

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1 – Motivação.....	1
1.2 – Objetivo.....	3
1.3 – Organização do Trabalho.....	3

CAPÍTULO 2 - ENGENHARIA REVERSA

2.1 – Considerações Iniciais.....	5
2.2 – Conceitos de Engenharia Reversa.....	5
2.3 – Níveis de Abstração no Ciclo de Vida.....	6
2.4 – Categorização de Engenharia Reversa.....	8
2.5 – Entendimento de Programa.....	11
2.5.1 – <i>Método de Engenharia Reversa FUSION-RE/I</i>	13
2.5.2 – <i>Modelo de Biggerstaff para o Entendimento de Programa</i>	15
2.5.3 – <i>Modelo de Mayrhauser para o Entendimento de Programa</i>	19
2.6 – Considerações Finais.....	23

CAPÍTULO 3 - AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO

3.1 – Considerações Iniciais.....	25
3.2 – Aquisição de Conhecimento.....	25
3.3 – Técnicas de Aquisição de Conhecimento.....	27
3.4 – Formas de Representação do Conhecimento.....	34
3.5 – Problemas Típicos Ocorridos Durante a Aquisição de Conhecimento Explícito.....	39
3.6 – Considerações Finais.....	39

CAPÍTULO 4 – PROCESSO DE AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO

4.1 – Considerações Iniciais.....	41
4.2 – Processo de Aquisição de Conhecimento.....	41
4.3 – Processo IPAIA Instanciado para o Domínio de Engenharia Reversa.....	46
4.3.1 – <i>Fase 1 – Início do Processo de Aquisição de Conhecimento</i>	47
4.3.2 – <i>Ciclo Brainstorming do Processo IPAIA Instanciado para o Domínio de Engenharia Reversa</i>	49
4.3.3 – <i>Ciclo Rastreamento de Processo do Processo IPAIA Instanciado para o Domínio de Engenharia Reversa</i>	53

4.3.4 – Ciclo Entrevista Estruturada do Processo IPAIA Instanciado para o Domínio de Engenharia Reversa.....	59
4.4 – Considerações Finais.....	63

CAPÍTULO 5 – DIRETRIZES PARA A UTILIZAÇÃO DA BASE DE CONHECIMENTO

5.1 – Considerações Iniciais.....	65
5.2 – Diretrizes para a Utilização da Base de Conhecimento na Elaboração dos Modelos de Análise Fusion.....	65
5.2.1 – Diretrizes para a Elaboração do Modelo de Ciclo de Vida.....	66
5.2.2 – Diretrizes para a Elaboração do Modelo de Operações.....	69
5.3 – Considerações Finais.....	70

CAPÍTULO 6 – ESTUDOS DE CASO

6.1 – Considerações Iniciais.....	71
6.2 – Primeiro Estudo de Caso - Sistema de Chamadas Técnicas do CISC-USP.....	72
6.2.1 – Fase 1 – Início do Processo de Aquisição de Conhecimento.....	72
6.2.2 – Ciclo Brainstorming do Processo IPAIA Instanciado para o Domínio de Engenharia Reversa.....	74
6.2.3 – Ciclo Rastreamento de Processo do Processo IPAIA Instanciado para o Domínio de Engenharia Reversa.....	79
6.2.4 – Ciclo Entrevista Estruturada do Processo IPAIA Instanciado para o Domínio de Engenharia Reversa.....	87
6.3 – Segundo Estudo de Caso – MGASET (Módulo de Geração de Sequências de Teste).....	89
6.3.1 – Fase 1 – Início do Processo de Aquisição de Conhecimento.....	89
6.3.2 – Ciclo Brainstorming do Processo IPAIA Instanciado para o Domínio de Engenharia Reversa.....	104
6.3.3 – Ciclo Rastreamento de Processo do Processo IPAIA Instanciado para o Domínio de Engenharia Reversa.....	107
6.3.4 – Ciclo Entrevista Estruturada do Processo IPAIA Instanciado para o Domínio de Engenharia Reversa.....	111
6.3.5 – Modelo de Ciclo de Vida da Ferramenta MGASET.....	113
6.3.6 – Modelo de Operações da Ferramenta MGASET.....	116
6.4 – Considerações Finais.....	118

CAPÍTULO 7 – CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

7.1 – Conclusões.....	121
7.2 – Trabalhos Futuros.....	124

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	125
--	------------

ANEXO A

Malha de Dados Resultante do Exemplo <i>Northwind</i> - Ferramenta <i>Rules Visualizer</i>	133
--	-----

ANEXO B

DAD da Operação “Inserção de Chamadas Técnicas” e

DAD da Operação “Alteração/Exclusão de Chamadas Técnicas.....	137
---	-----

Lista de Figuras

<i>FIGURA 1.1 – ENGENHARIA PROGRESSIVA/ENGENHARIA REVERSA.....</i>	<i>2</i>
<i>FIGURA 1.2 – PROPOSTA DA UTILIZAÇÃO DE UMA BASE DE CONHECIMENTO NO MÉTODO FUSION-RE/I.....</i>	<i>3</i>
<i>FIGURA 2.1 – RELACIONAMENTO ENTRE AS ATIVIDADES DE ENGENHARIA PROGRESSIVA E ENGENHARIA REVERSA.....</i>	<i>7</i>
<i>FIGURA 2.2 – NÍVEIS DE ENTENDIMENTO DO SOFTWARE DE ACORDO COM O CICLO DE VIDA.....</i>	<i>8</i>
<i>FIGURA 2.3 – CATEGORIAS DA ENGENHARIA REVERSA RELACIONADAS AO CICLO DE VIDA.....</i>	<i>10</i>
<i>FIGURA 2.4 – CARACTERÍSTICAS DE REDOCUMENTAÇÃO E RECUPERAÇÃO DE PROJETO (COSTA, 1997).....</i>	<i>11</i>
<i>FIGURA 2.5 – SÍNTESE DO MÉTODO DE ENGENHARIA REVERSA FUSION-RE/I (COSTA, 1997).....</i>	<i>13</i>
<i>FIGURA 2.6 – PROCESSO BÁSICO DE RECUPERAÇÃO DE PROJETO (BIGGERSTAFF, 1989).....</i>	<i>16</i>
<i>FIGURA 2.7 – EXTENSÃO DA RECUPERAÇÃO DE PROJETO (BIGGERSTAFF, 1989).....</i>	<i>17</i>
<i>FIGURA 2.8 – PROCESSO DE RECUPERAÇÃO DE PROJETO BASEADO EM MODELO (BIGGERSTAFF, 1989).....</i>	<i>18</i>
<i>FIGURA 2.9 – METAMODELO INTEGRADO (MAYRHAUSER, 1996).....</i>	<i>22</i>
<i>FIGURA 3.1 – AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO EXPLÍCITO (REZENDE & PUGLIESI, 1998).....</i>	<i>27</i>
<i>FIGURA 3.2 – PROCESSO ERACE (CALDAS, 1998).....</i>	<i>32</i>
<i>FIGURA 3.3 – PROCESSO DE EXTRAÇÃO DE CONHECIMENTO EM BASES DE DADOS (KDD) (FAYYAD ET AL., 1996).....</i>	<i>33</i>
<i>FIGURA 3.4 – REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO EM PROLOG (RICH & KNIGHT, 1993).....</i>	<i>34</i>
<i>FIGURA 3.5 – UMA REDE SEMÂNTICA.....</i>	<i>35</i>
<i>FIGURA 3.6 – COLEÇÃO DE FRAMES.....</i>	<i>36</i>
<i>FIGURA 3.7 – SCRIPT DE UM RESTAURANTE.....</i>	<i>38</i>
<i>FIGURA 4.1 – PROCESSO DE AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO IPAIA (JURILEU, 1998).....</i>	<i>42</i>
<i>FIGURA 4.2 –PROCESSO DE AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO IPAIA INSTANCIADO.....</i>	<i>46</i>
<i>FIGURA 4.3 – FASE I DO PROCESSO DE AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO IPAIA INSTANCIADO.....</i>	<i>47</i>
<i>FIGURA 4.4 – DIAGRAMA DO DOMÍNIO DA APLICAÇÃO.....</i>	<i>48</i>
<i>FIGURA 4.5 –CICLO BRAINSTORMING DO PROCESSO DE AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO IPAIA INSTANCIADO.....</i>	<i>50</i>
<i>FIGURA 4.6 – CICLO RASTREAMENTO DE PROCESSO DO PROCESSO DE AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO IPAIA INSTANCIADO....</i>	<i>54</i>
<i>FIGURA 4.7 –DIAGRAMA DE SEQÜÊNCIA DE OPERAÇÕES.....</i>	<i>57</i>
<i>FIGURA 4.8 –DIAGRAMA DE SEQÜÊNCIA DE OPERAÇÕES (EXEMPLO).....</i>	<i>59</i>
<i>FIGURA 4.9 – CICLO ENTREVISTA ESTRUTURADA DO PROCESSO DE AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO IPAIA INSTANCIADO.....</i>	<i>60</i>
<i>FIGURA 6.1 – DIAGRAMA DO DOMÍNIO DA APLICAÇÃO – SCHK.....</i>	<i>73</i>
<i>FIGURA 6.2 – DIAGRAMA DE SEQÜÊNCIA DE OPERAÇÕES DO SISTEMA SCHK.....</i>	<i>85</i>
<i>FIGURA 6.3 – DIAGRAMA DO DOMÍNIO DA APLICAÇÃO – MGASET.....</i>	<i>98</i>
<i>FIGURA 6.4 – DIAGRAMA DE SEQÜÊNCIA DE OPERAÇÕES – MGASET.....</i>	<i>110</i>
<i>FIGURA 6.5 – TRANSIÇÃO DO DIAGRAMA DE OPERAÇÕES PARA O MODELO DE CICLO DE VIDA (MGASET).....</i>	<i>113</i>
<i>FIGURA 6.6 – TRANSIÇÃO DO QUADRO CONSENSUAL ESPECÍFICO DO SISTEMA ANALISADO PARA A EXPRESSÃO DE CICLO DE VIDA CORRESPONDENTE À OPERAÇÃO ABRIR.....</i>	<i>114</i>
<i>FIGURA 6.7 – TRANSIÇÃO DO QUADRO CONSENSUAL ESPECÍFICO DO SISTEMA ANALISADO PARA A EXPRESSÃO DE CICLO DE VIDA CORRESPONDENTE À OPERAÇÃO EDITAR.....</i>	<i>114</i>
<i>FIGURA 6.8 – TRANSIÇÃO DO QUADRO CONSENSUAL ESPECÍFICO DO SISTEMA ANALISADO PARA A EXPRESSÃO DE CICLO DE VIDA CORRESPONDENTE À OPERAÇÃO VERIFICAR AS PROPRIEDADES.....</i>	<i>115</i>
<i>FIGURA 6.9 – TRANSIÇÃO DO QUADRO CONSENSUAL ESPECÍFICO DO SISTEMA ANALISADO PARA A EXPRESSÃO DE CICLO DE VIDA CORRESPONDENTE À OPERAÇÃO GERAR SEQÜÊNCIAS BÁSICAS.....</i>	<i>115</i>
<i>FIGURA 6.10 – TRANSIÇÃO DO QUADRO CONSENSUAL ESPECÍFICO DO SISTEMA ANALISADO PARA A EXPRESSÃO DE CICLO DE VIDA CORRESPONDENTE À OPERAÇÃO GERAR SEQÜÊNCIAS DE TESTE.....</i>	<i>116</i>
<i>FIGURA 6.11 – TRANSIÇÃO DO QUADRO CONSENSUAL ESPECÍFICO DO SISTEMA ANALISADO PARA A EXPRESSÃO DE CICLO DE VIDA CORRESPONDENTE À OPERAÇÃO EXECUTAR SEQÜÊNCIAS DE TESTE.....</i>	<i>116</i>

Lista de Quadros

<i>QUADRO 4.1 – QUADRO DE DESCRIÇÃO DAS PRINCIPAIS FUNÇÕES.....</i>	<i>48</i>
<i>QUADRO 4.2 – ESTRUTURA DO PLANO PARA A SESSÃO DE BRAINSTORMING.....</i>	<i>52</i>
<i>QUADRO 4.3 – QUADRO CONSENSUAL.....</i>	<i>53</i>
<i>QUADRO 4.4 – ESTRUTURA DO PLANO PARA AS SESSÕES DE RASTREAMENTO DE PROCESSO.....</i>	<i>55</i>
<i>QUADRO 4.5 – QUADRO CONSENSUAL ESPECÍFICO DO SISTEMA ANALISADO (EXEMPLO).....</i>	<i>57</i>
<i>QUADRO 4.6 – REPRESENTAÇÕES E SIGNIFICADOS DO DIAGRAMA DE SEQÜÊNCIA DE OPERAÇÕES.....</i>	<i>58</i>
<i>QUADRO 4.7 – ESTRUTURA DO PLANO PARA AS SESSÕES DE ENTREVISTA ESTRUTURADA.....</i>	<i>61</i>
<i>QUADRO 5.1 – EXEMPLOS DE TRADUÇÃO DO DIAGRAMA DE SEQÜÊNCIA DE OPERAÇÕES PARA MODELO DE CICLO DE VIDA.....</i>	<i>66</i>
<i>QUADRO 6.1 – QUADRO DE DESCRIÇÃO DAS PRINCIPAIS FUNÇÕES – SCHAT.....</i>	<i>73</i>
<i>QUADRO 6.2 – PLANO PARA A SESSÃO DE BRAINSTORMING – SCHAT.....</i>	<i>75</i>
<i>QUADRO 6.3 – QUADRO CONSENSUAL – SCHAT.....</i>	<i>76</i>
<i>QUADRO 6.4 – PLANO PARA A SESSÃO DE RASTREAMENTO DE PROCESSO – SCHAT.....</i>	<i>80</i>
<i>QUADRO 6.5 – QUADRO CONSENSUAL ESPECÍFICO DO SISTEMA SCHAT.....</i>	<i>81</i>
<i>QUADRO 6.6 – PLANO PARA A SESSÃO DE ENTREVISTA ESTRUTURADA – SCHAT.....</i>	<i>88</i>
<i>QUADRO 6.7 – QUADRO DE DESCRIÇÃO DAS PRINCIPAIS FUNÇÕES - MGASET.....</i>	<i>104</i>
<i>QUADRO 6.8 – PLANO PARA A SESSÃO DE BRAINSTORMING – MGASET.....</i>	<i>105</i>
<i>QUADRO 6.9 – QUADRO CONSENSUAL – MGASET.....</i>	<i>106</i>
<i>QUADRO 6.10 – PLANO PARA A SESSÃO DE RASTREAMENTO DE PROCESSO – MGASET.....</i>	<i>108</i>
<i>QUADRO 6.11 – QUADRO CONSENSUAL ESPECÍFICO DO SISTEMA - MGASET.....</i>	<i>109</i>
<i>QUADRO 6.12 – PLANO PARA A SESSÃO DE ENTREVISTA ESTRUTURADA – MGASET.....</i>	<i>112</i>
<i>QUADRO 6.13 – ESQUEMA DA OPERAÇÃO ABRIR MEF.....</i>	<i>117</i>
<i>QUADRO 6.14 – ESQUEMA DA OPERAÇÃO EDITAR MEF.....</i>	<i>117</i>
<i>QUADRO 6.15 – ESQUEMA DA OPERAÇÃO VERIFICAR PROPRIEDADES.....</i>	<i>117</i>
<i>QUADRO 6.16 – ESQUEMA DA OPERAÇÃO GERAR SEQÜÊNCIAS BÁSICAS.....</i>	<i>118</i>
<i>QUADRO 6.17 – ESQUEMA DA OPERAÇÃO GERAR SEQÜÊNCIAS DE TESTE.....</i>	<i>118</i>
<i>QUADRO 6.18 – ESQUEMA DA OPERAÇÃO EXECUTAR SEQÜÊNCIAS DE TESTE.....</i>	<i>118</i>

Lista de Tabelas

<i>TABELA 2.1 – FERRAMENTAS DE ENTENDIMENTO DE PROGRAMA.....</i>	<i>12</i>
<i>TABELA 3.1 – PRIMITIVAS CONCEITUAIS.....</i>	<i>37</i>
<i>TABELA 4.1 – LÉXICO DO DOMÍNIO DA APLICAÇÃO.....</i>	<i>48</i>
<i>TABELA 6.1 – LÉXICO DO DOMÍNIO DA APLICAÇÃO – SCHAT.....</i>	<i>72</i>
<i>TABELA 6.2 – LÉXICO DO DOMÍNIO DA APLICAÇÃO – MGASET.....</i>	<i>89</i>

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1 - Motivação

O processo tradicional de *engenharia de software* - caracterizado pelas atividades progressivas do ciclo de vida, que partem de um *alto nível de abstração* para um *baixo nível de abstração* - é conhecido como *engenharia progressiva* (Chikofsky & Cross II, 1990). O processo inverso à *engenharia progressiva* - caracterizado pelas atividades retroativas do ciclo de vida - é conhecido como *engenharia reversa* (Figura 1.1).

Nos últimos anos tem ocorrido um crescente reconhecimento da importância da *engenharia reversa*, tanto em meio acadêmico quanto em ambientes de produção (Chikofsky & Cross II, 1990; Benedusi *et al.*, 1992; Waters & Chikofsky, 1994; Bennet, 1995). Esse reconhecimento tem resultado em diversas pesquisas abordando diferentes métodos, técnicas e ferramentas de *engenharia reversa* (Biggerstaff, 1989; Harandi & Ning, 1990; Oman *et al.*, 1990; Bennet, 1991; Penteado *et al.*, 1996; Wong *et al.*, 1995).

Um dos objetivos principais da *engenharia reversa* é a recuperação de informações para serem utilizadas na fase de manutenção do software. Pode-se observar que a facilidade de manutenção (manutenibilidade) - caracterizada principalmente pelo entendimento do sistema - está fortemente relacionada à disponibilidade de informações sobre o sistema. Essas informações podem ser produzidas pela *engenharia reversa* facilitando, primeiramente, o entendimento e, posteriormente, a modificação e revalidação do sistema, aumentando

assim a manutenibilidade do mesmo (Chikofsky & Cross II, 1990; Benedusi *et al.*, 1992; Waters & Chikofsky, 1994; Stephen & Lynn, 1995; Sage, 1995).

FIGURA 1.1 - ENGENHARIA PROGRESSIVA/ENGENHARIA REVERSA

Para auxiliar a atividade de manutenção de software, Costa (1997) desenvolveu o método de *engenharia reversa FUSION-RE/I* que, partindo do código fonte, de aspectos operacionais do sistema e de dados da interface, recupera visões do sistema – *visões funcionais* e *visões estruturais*. As *visões funcionais* são recuperadas partindo-se de informações apresentadas na interface e de aspectos operacionais; as *visões estruturais* são recuperadas utilizando as visões funcionais produzidas e o código fonte do sistema. O método *FUSION-RE/I* é constituído de duas etapas: a primeira etapa tem como objetivo a abstração da funcionalidade do sistema, representada por meio dos *modelos de ciclo de vida, de operações e de objetos* do sistema, segundo o método *Fusion* (Coleman *et al.*, 1994); a segunda etapa tem como objetivo a identificação dos procedimentos, que implementam as operações da interface do sistema, representados através dos *quadros de chamadas de procedimentos* e de *operações-procedimentos de implementação*.

No primeiro passo do método *FUSION-RE/I* deve ser reunida toda a documentação envolvendo a informação textual existente sobre o sistema (manuais, livros, artigos, listagem do código fonte, etc.) e a informação técnica relacionada aos conceitos pertinentes (domínio do sistema, aplicação, linguagem de implementação do sistema, da interface, etc.). Muitas vezes, no entanto, informações importantes sobre o sistema não estão documentadas e um modo de recuperá-las é a partir de entrevistas com os idealizadores, os usuários, os projetistas e/ou os desenvolvedores do sistema. Esse passo é considerado muito importante, pois de seus resultados dependem os outros passos do método. Entretanto, no *FUSION-RE/I* o passo de obtenção de informações não está explicitamente especificado, ou seja, não há uma sistemática para adquirir e representar o conhecimento obtido do sistema.

1.2 - Objetivo

Visto que o primeiro passo do método *FUSION-RE/I* - *obter informações sobre o sistema* - é muito importante e não está claramente formalizado, o objetivo deste trabalho é apresentar um procedimento de auxílio para esse passo. O procedimento compreende a criação de uma *base de conhecimento*, através da qual podem ser produzidas as *visões funcionais* do sistema, e *diretrizes* para a utilização dessa base na construção das *visões funcionais* do sistema (Figura 1.2). Na *base de conhecimento* são armazenados conhecimentos relacionados ao ambiente e à interface. Esse conhecimento é obtido através do Processo de Aquisição de Conhecimento *IPAIA* (Jubileu *et al.*, 1998), instanciado para o domínio de *engenharia reversa*.

FIGURA 1.2 – PROPOSTA DA UTILIZAÇÃO DE UMA BASE DE CONHECIMENTO NO MÉTODO *FUSION-RE/I*

1.3 - Organização do Trabalho

Este trabalho está organizado em sete capítulos. Neste capítulo foram expostos a motivação e o objetivo deste trabalho.

Os capítulos 2 e 3 referem-se à revisão bibliográfica. No Capítulo 2 é apresentada uma visão geral de *Engenharia Reversa*, dando-se ênfase à categoria de *engenharia reversa Entendimento de Programa*, por ser esta a de maior interesse neste trabalho. Para o *entendimento de programa* é necessário adquirir conhecimento, sendo assim, no Capítulo 3 são apresentados alguns conceitos referentes à *Aquisição de Conhecimento*, algumas técnicas de *aquisição de conhecimento explícito e implícito*, bem como algumas estruturas de representação de conhecimento.

Para adquirir conhecimento de uma forma organizada é necessário um planejamento. No caso deste trabalho, esse planejamento envolve um processo denominado Processo de Aquisição de Conhecimento *IPAIA*, instanciado para o domínio de *engenharia reversa*, o qual é apresentado no Capítulo 4.

O referido processo tem como resultado uma *base de conhecimento* através da qual podem ser produzidas as *visões funcionais* do sistema. As diretrizes de utilização dessa base na elaboração das visões são apresentadas no Capítulo 5.

Dois estudos de caso, utilizando o Processo de Aquisição de Conhecimento *IPAIA* instanciado para o domínio de *engenharia reversa*, são apresentados no Capítulo 6.

Finalmente, no Capítulo 7 são apresentadas as conclusões deste trabalho, bem como os trabalhos futuros que possam vir a ser desenvolvidos.

Em anexo são apresentados alguns exemplos das tentativas de se utilizar *diagramas abstratos detalhados*, como estruturas de representação do conhecimento, e de se utilizar a técnica de *data mining* para obter, a partir de uma base de dados, indícios para elaborar o *modelo de objetos* do sistema.

CAPÍTULO 2 - ENGENHARIA REVERSA

2.1 - Considerações Iniciais

Este capítulo apresenta os *níveis de abstração* do ciclo de vida de software, uma vez que o processo de *engenharia reversa* envolve mudanças nesses níveis. Visualizações, que podem ser obtidas do software por meio da *engenharia reversa*, em diferentes *níveis de abstração*, e uma *categorização de engenharia reversa* de acordo com o nível de entendimento obtido do sistema e o escopo das informações fornecidas, também são abordadas neste capítulo. Dentro da *categorização de engenharia reversa* é enfatizada a *recuperação de projeto* (*entendimento de programa*), por ser a categoria de *engenharia reversa* de maior interesse neste trabalho.

2.2 - Conceitos de Engenharia Reversa

O termo "*engenharia reversa*" tem sua origem na análise de hardware, onde a prática de extrair projetos de produtos finalizados é comum. A *engenharia reversa* de hardware é regularmente aplicada para melhorar os produtos da própria empresa e também para analisar os produtos de concorrentes em situações militares ou de segurança nacional (Rekoff, 1985).

O conceito de *engenharia reversa* de software é similar. Entretanto, o objetivo da *engenharia reversa* de hardware é, tradicionalmente, fazer um clone do sistema, enquanto o objetivo da *engenharia reversa* de software, freqüentemente, é obter um entendimento do sistema em um nível mais alto de *abstração* (o conceito de *abstração* é apresentado na seção 2.3) e uma estrutura para auxiliar na manutenção, expansão ou substituição do sistema (Rekoff, 1985).

Segundo Chikofsky & Cross II (1990), a aplicação da *engenharia reversa* não envolve mudanças ou criação de um novo software. Trata-se do processo de exame e compreensão do sistema existente, a fim de recuperar ou recriar o projeto e decifrar os requisitos atualmente implementados, apresentando-os em um grau ou nível mais alto de *abstração*.

Para Pressman (1995) a *engenharia reversa* é o processo de analisar um software num esforço de criar uma representação do mesmo, em um *nível de abstração* mais alto que o código fonte.

Benedusi *et al.* (1992) afirmam que a *engenharia reversa* é uma coleção de teorias, métodos e técnicas capazes de dar apoio (1) ao projeto e implementação de um processo para extrair e abstrair informações de software existentes e produzir documentação consistente com o código e (2) à adição de conhecimentos e experiências à documentação, os quais não podem ser automaticamente reconstruídos a partir do código.

Assim, de maneira geral, o objetivo da *engenharia reversa* é a produção de informações que possam aumentar o conhecimento geral de sistemas de software. Essas informações podem ser utilizadas em atividades como manutenção, reuso, teste e controle de qualidade de software.

Por meio da *engenharia reversa*, um software pode ser visualizado em diferentes *níveis de abstração* que serão apresentados na próxima seção.

2.3 - Níveis de Abstração no Ciclo de Vida

As fases do ciclo de vida podem ser agrupadas em três atividades fundamentais:

- (1) *Sistema* (engenharia de sistemas): envolve o contexto em que o sistema está operando, ou seja, o *porquê* do sistema ser desenvolvido;
- (2) *Requisitos* (análise): são estabelecidos os serviços a serem fornecidos pelo sistema e as restrições sob as quais ele deve operar, ou seja, o *que* o sistema deve fazer e sob quais circunstâncias;
- (3) *Desenvolvimento* (projeto, codificação e testes): cria-se um planejamento da solução, ou seja, *como* o sistema cumprirá o que foi estabelecido na atividade de *requisitos* e a

implementação dessa solução, incluindo a codificação, os testes, a depuração e a entrega do sistema. A fase de manutenção é vista como reiteração das atividades prévias.

As atividades consideradas fundamentais no ciclo de vida (Figura 2.1) possuem uma nítida diferença nos *níveis de abstração*. Cada visualização abstrai características próprias da fase do ciclo de vida correspondente à abstração.

Abstração é a habilidade de se ignorar os aspectos de assuntos não relevantes para o propósito em questão, tornando possível uma maior concentração nos assuntos principais (Oxford, 1986). A *abstração* relaciona-se com as atividades do ciclo de vida segundo os conceitos de *níveis* e *graus de abstração*.

Nível de Abstração: à medida que se avança nas fases do processo de desenvolvimento de software, tem-se um refinamento do *nível de abstração* (Figura 2.1). Assim, nos estágios iniciais do ciclo de vida, as informações possuem *alto nível de abstração* - são representados poucos detalhes - e nos estágios finais, *baixo nível de abstração* (Chikofsky & Cross II, 1990).

Grau de Abstração: considerando-se o mesmo *nível de abstração*, as informações apresentadas de forma mais global possuem *alto grau de abstração*, enquanto as apresentadas de forma mais detalhada, *baixo grau de abstração* (Figura 2.1) (Chikofsky & Cross II, 1990).

FIGURA 2.1 - RELACIONAMENTO ENTRE AS ATIVIDADES DE ENGENHARIA PROGRESSIVA E ENGENHARIA REVERSA

A *engenharia progressiva* é o processo tradicional de *engenharia de software* e se inicia num *alto nível de abstração* que vai diminuindo até chegar na implementação física do

sistema. Já a *engenharia reversa* é o processo inverso à *engenharia progressiva*, caracterizado pelas atividades do ciclo de vida aplicadas em ordem inversa, partindo de um *baixo nível de abstração* para um *alto nível de abstração* (Figura 2.1) (Chikofsky & Cross II, 1990).

2.4 - Categorização de Engenharia Reversa

Um software pode ser visualizado obtendo-se diferentes níveis de entendimento (Harandi & Ning, 1990). Com base nos *níveis de abstração*, as visões obtidas do software são classificadas em quatro categorias: *visão em nível implementacional*, *visão em nível estrutural*, *visão em nível funcional*, *visão em nível de domínio*.

A Figura 2.2 mostra a correspondência entre as categorias de visualização do software e as informações produzidas e utilizadas nas diferentes atividades do ciclo de vida do software.

FIGURA 2.2 - NÍVEIS DE ENTENDIMENTO DO SOFTWARE DE ACORDO COM O CICLO DE VIDA

Visão em nível implementacional: abstrai características da linguagem de programação e especificamente da implementação. Exemplos de *visões em nível implementacional* são

informações a respeito da sintaxe e da semântica da linguagem e informações de implementação.

Visão em nível estrutural: abstrai detalhes da implementação para revelar sua estrutura a partir de diferentes perspectivas. O resultado é uma representação explícita das dependências entre os componentes do sistema. Exemplos de *visões em nível estrutural* são grafos de fluxo de dados, grafos de fluxo de controle (Cleveland, 1989), projeto arquitetural - expresso por meio de gráficos de estruturas (chama/chamado por) (Cross II, 1990) ou por meio de uma linguagem de interconexão modular, como NuMIL (Choi & Scacchi, 1990).

Visão em nível funcional: abstrai a função de um componente do sistema, isto é, o que o componente faz. Relaciona partes do programa às suas funções a fim de revelar as relações lógicas entre elas. Cada componente dessa visão é uma representação abstrata da classe de funcionalidade equivalente à implementação, mas estruturalmente diferente. Exemplos de *visões em nível funcional* podem ser descrições da função do sistema, expressos de maneira formal usando linguagens tais como Z e Z^{++} (Spivey, 1988; Khabaza, 1989; Bennet, 1991), e diagramas de entidade-relacionamento (Ross, 1988) que mostram os dados e seus relacionamentos.

Visão em nível de domínio: abstrai o contexto em que o sistema está operando, ou seja, o *porquê* do sistema ser desenvolvido.

É fato que poucas representações restringem-se somente a uma fase do ciclo de vida ou são consideradas como pertencentes a uma categoria de visualização. Um diagrama de fluxo de dados (DeMarco & Sarson, 1979) pode ser usado para descrever o *que* o sistema faz ou *como* o processo interage com outros elementos. Uma linguagem de descrição de programa (PDL) (Caine & Gordon, 1975) pode ser usada para representar as funções na fase de requisitos ou o projeto procedimental na fase de projeto. Assim, o fato de uma representação extraída ser uma representação de requisitos ou uma representação de projeto depende principalmente do contexto em que tal representação será usada.

Para obter as diversas visões do software, usualmente é necessário acrescentar às informações contidas no código outras informações provenientes de conhecimento e de experiência humana. Baseado no nível de entendimento obtido do sistema e no escopo das informações fornecidas há uma *categorização das técnicas de engenharia reversa: redocumentação e recuperação de projeto* (Chikofsky & Cross II, 1990). Na Figura 2.3, são apresentadas as *categorias de engenharia reversa*, relacionadas às fases do ciclo de vida.

Redocumentação: É a criação ou revisão de representações semanticamente equivalentes em um mesmo *nível de abstração*. O processo de *redocumentação* cria as representações a partir de informações obtidas apenas da análise do código fonte. Por exemplo: a partir do código fonte, pode-se analisar e extrair a arquitetura do programa, a estrutura de controle, a estrutura de dados, etc. As formas obtidas das representações são

consideradas visões alternativas, tendo como objetivo melhorar a compreensibilidade do sistema global.

Recuperação de Projeto: Tem como objetivo entender o sistema ao invés de simplesmente fornecer visões alternativas para auxiliar o usuário a entendê-lo, distinguindo-se, porém, da *redocumentação*. Esse entendimento vai além do escopo do conhecimento em *nível implementacional e estrutural*. A ênfase é obter conhecimento em *nível funcional* e até mesmo em *nível de domínio* (ambiente de operação do sistema).

FIGURA 2.3 - CATEGORIAS DA ENGENHARIA REVERSA RELACIONADAS AO CICLO DE VIDA

Na Figura 2.4 são apresentadas as *categorias de engenharia reversa*, segundo as visões que podem ser obtidas e o escopo das informações fornecidas, por meio da análise apenas do código fonte ou da análise do código combinada com informações de uma *base de conhecimento*.

FIGURA 2.4 - CARACTERÍSTICAS DE REDOCUMENTAÇÃO E RECUPERAÇÃO DE PROJETO (COSTA, 1997)

2.5 – Entendimento de Programa

A categoria de *engenharia reversa - recuperação de projeto* - é também denominada *entendimento de programa*. Um completo entendimento de programa busca reconstruir não somente a função do sistema, mas também o processo pelo qual o sistema foi desenvolvido (processo de projeto).

O *entendimento de programa* recria abstrações de projeto do sistema por meio da combinação de informações obtidas do código, documentação existente de projeto, experiência pessoal, e conhecimento geral sobre o problema e domínio de aplicação. Abstrações de projeto são estruturas generalizadas que contêm menos detalhes do que as encontradas no código fonte. Essas abstrações incluem representações da *engenharia de software* convencional tais como especificações formais, estrutura modular, abstrações de dados, fluxo de dados e linguagem de descrição de programa (PDL). Também incluem conhecimento informal sobre o domínio do problema, da aplicação e do mundo real de um modo geral. Sintetizando, o *entendimento de programa* reproduz todas as informações necessárias para entender completamente *o que o sistema faz, como faz e porquê faz*.

Existem algumas ferramentas que têm sido utilizadas para auxiliar essa categoria de *engenharia reversa*, as quais pesquisam o código fonte com o intuito de encontrar padrões e estruturas de interesse. Uma relação de algumas dessas ferramentas é apresentada na Tabela 2.1.

TABELA 2.1 - FERRAMENTAS DE ENTENDIMENTO DE PROGRAMA

Nome da Ferramenta	Estratégia de Entendimento	Referência
DESIRE DESIGN Information Recovery Environment Protótipo	Utiliza abstrações conceituais (informações formais e informais) para localizar padrões na implementação de sistemas escritos em C.	(Biggerstaff, 1989)
PROUST Protótipo	Utiliza a técnica <i>Intention-Based Analysis</i> . São geradas hipóteses sobre as intenções dos programadores (como os programadores escrevem programas), combinadas ao código fonte para detectar possíveis ocorrências de erros.	(Johnson, 1990)
PAT Program Analysis Tool	Utiliza uma estrutura orientada a objetos para representar conceitos de programação e um mecanismo de aprendizado baseado em heurísticas para derivar os conceitos funcionais em alto nível a partir do código.	(Harandi & Ning, 1990)
LAURA Protótipo	Utiliza a técnica <i>Intention-Based Analysis</i> . Compara um programa "correto" com o programa objeto, ambos traduzidos em grafo de fluxos normalizados.	(Seviora, 1987)
REDO	Utiliza a <i>reestruturação</i> , incluindo estruturas de dados, variáveis locais e estruturas de controle, a <i>redocumentação</i> a partir do código, e uma linguagem intermediária (UNIFORM) antes de atingir uma linguagem de especificação formal (Z e Z++). As informações extraídas são armazenadas em um banco de dados.	(Khabaza, 1989), (Bennet, 1991), (Jonathan <i>et al.</i> , 1993)
TAULUS Protótipo	Utiliza a técnica <i>Intention-Based Analysis</i> . Compara a solução ideal com um programa objeto por meio de algoritmos hipotéticos.	(Ourston, 1989)

Vários modelos, estratégias, abordagens e paradigmas são propostos para auxiliar no *entendimento de programa* (Benedusi *et al.*, 1992; Biggerstaff, 1989; Biggerstaff *et al.*, 1994; Harandi & Ning, 1990; Littman *et al.*, 1987; Letovsky, 1987; Mayrhauser, 1995; Mayrhauser,

1996; Oman *et al.*, 1990; Johnson, 1990; Robson *et al.*, 1991). Dentre eles foram selecionados os modelos de Biggerstaff (1989) e de Mayrhauser (1996) devido à idéia de correspondência existente entre os componentes de projeto a serem recuperados e os tipos de conhecimento necessários para apoiar a etapa de *recuperação de visões funcionais* do método *FUSION-RE/I* (Costa, 1997).

2.5.1 – Método de Engenharia Reversa *FUSION-RE/I*

Esse método é constituído de duas etapas: na primeira, parte-se de considerações lógicas, obtidas por meio de aspectos operacionais e visões de dados disponíveis via interface, para a recuperação de *visões funcionais* do sistema; na segunda etapa, parte-se de considerações físicas, obtidas por meio do código fonte, e das *visões funcionais* para a recuperação de *visões estruturais* do sistema. A Figura 2.5 visualiza uma síntese do método de engenharia reversa *FUSION-RE/I*.

FIGURA 2.5 - SÍNTESE DO MÉTODO DE ENGENHARIA REVERSA *FUSION-RE/I* (COSTA, 1997)

Conforme ilustrado, a etapa de *recuperação de visões funcionais* é subdividida em dois passos: o primeiro envolve a reunião de todas as informações existentes sobre o sistema em estudo. Nesse passo deve-se:

- reunir toda a documentação envolvendo a informação textual existente sobre o sistema (manuais, livros, artigos, listagem do código fonte, etc.) e a informação técnica relacionada aos conceitos pertinentes (domínio do sistema, aplicação, linguagem de implementação do sistema, da interface, método Fusion, etc.);
- identificar os usuários do sistema, pois informações importantes podem não estar documentadas e um modo de recuperá-las é a partir do conhecimento dos

desenvolvedores e usuários. Esses conhecedores do sistema também são requeridos para auxiliar na validação dos modelos obtidos no processo de aplicação do método FUSION-RE/;

- analisar os dados a fim de identificar informações relacionadas aos requisitos do sistema, ao projeto arquitetural, de dados e procedimental, ao ambiente onde o sistema é executado, à linguagem de implementação do sistema, à organização dos arquivos no disco, etc.

O segundo passo da etapa *recuperação de visões funcionais* do método FUSION-RE/ envolve recuperar informações da fase de análise do sistema em estudo. Para representar essas informações são utilizados os modelos da fase de análise do método Fusion (Coleman *et al.*, 1994) de desenvolvimento de software orientado a objeto. A fase de análise do Fusion gera dois modelos: 1) o *modelo de objetos*, que descreve a estrutura do sistema e 2) o *modelo de interface*, que descreve o comportamento do sistema. O *modelo de interface* é composto de dois modelos que capturam diferentes aspectos do comportamento: o *modelo de ciclo de vida*, o qual caracteriza seqüências permitidas de operações e eventos do sistema, e o *modelo de operações*, o qual caracteriza o efeito de cada operação do sistema em termos de mudanças de estado e eventos gerados. Esse passo consiste em:

- elaborar o *modelo de ciclo de vida* do sistema. Para tanto é necessário um bom conhecimento do domínio e da aplicação do sistema submetido à *engenharia reversa*, incluindo estudo da documentação existente e entrevistas com os usuários do sistema. A partir disso, e principalmente do uso do sistema, é possível definir as seqüências de operações permitidas e os eventos de entrada e de saída que o sistema aceita;
- elaborar o *modelo de operações* do sistema, partindo-se do *modelo de ciclo de vida*, obtido anteriormente. O *modelo de ciclo de vida* apresenta uma visão geral da funcionalidade das operações do sistema, as quais, para elaboração do *modelo de operações*, devem ser melhor estudadas, por meio do uso intensivo do sistema, de modo que possam ser especificadas detalhadamente;
- desenvolver o *modelo de objetos* do sistema definindo, primeiramente, assuntos com os quais a funcionalidade do sistema se relaciona. O objetivo da definição de assuntos é identificar os diferentes *níveis de abstração* da funcionalidade do sistema e os possíveis agrupamentos de operações de um mesmo assunto. Seguindo a nomenclatura do método FUSION-RE (Penteado, 1996), esses assuntos são denominados *temas*.

Quanto à etapa de *recuperação de visões estruturais* do método FUSION-RE/ os passos a serem desenvolvidos são subdivididos em: 1) elaborar o *quadro de procedimentos* e 2) elaborar o *quadro das operações/procedimentos de implementação*. O primeiro passo da etapa de *recuperação das visões estruturais* envolve entender a implementação do sistema, por meio da identificação dos procedimentos de implementação, da funcionalidade de cada

procedimento identificado e a sequência de chamadas desses procedimentos. A apresentação dos procedimentos de cada arquivo do sistema é realizada por meio de um conjunto de *quadros de chamadas* o qual vem acompanhado por um *índice geral dos procedimentos* do sistema. Esse passo, então, envolve:

- elaborar o *quadro de chamadas de procedimentos*. Esse subpasso é semelhante ao primeiro passo do método *FUSION-RE* (Penteado, 1996), no qual a arquitetura do sistema é revitalizada. Para cada arquivo do sistema deve ser elaborado um *quadro de chamadas dos procedimentos de implementação*. Nesse *quadro de chamadas* devem ser apresentados todos os procedimentos contidos no arquivo, fazendo-se referência aos procedimentos utilizados (CHAMA) e utilizadores (CHAMADO POR);
- elaborar o *quadro índice de procedimentos*. Para isso utilizam-se os *quadros de chamadas de procedimentos* de todos os arquivos. Esses quadros são reunidos, retirando-se deles, o cabeçalho e a coluna contendo a “Descrição” e os procedimentos CHAMA e CHAMADO POR.

O segundo passo da etapa *recuperar visões estruturais* do método *FUSION-RE/I*, envolve identificar, entre todos os procedimentos considerados no *quadro de chamadas*, aqueles que implementam as operações da interface do sistema (identificadas na primeira etapa), e alocá-los, de acordo com sua funcionalidade, à interface ou a um dos temas do sistema (identificados na primeira etapa). Nesse passo, um *quadro de operações/procedimentos de implementação* deve ser elaborado. Nesse quadro, as duas primeiras colunas são referentes às opções e operações da interface do sistema. A terceira coluna refere-se aos procedimentos que implementam as opções e as operações do sistema. As demais colunas são utilizadas para indicar a funcionalidade de cada procedimento, associando-os à interface ou a algum dos temas do sistema (identificados na etapa anterior).

2.5.2 – Modelo de Biggerstaff para o Entendimento de Programa

Para Biggerstaff (1989), o *entendimento de programa* é denominado *recuperação de projeto* e tem como objetivo o desenvolvimento de estruturas que auxiliem o entendimento de programas ou sistemas.

O processo de *recuperação de projeto* consiste em três etapas:

- **apoiar o entendimento de programa para manutenção:** Examinam-se, primeiramente, as estruturas organizacionais em grande escala, tais como estruturas de sub-sistemas, estruturas modulares e estruturas de dados importantes. Seguindo, recuperam-se várias estruturas úteis de projeto as quais podem ser expressas em formas abstratas, tais como diagramas informais, conceitos e relações informais, refinamento de módulos, fluxo de

dados e fluxo de controle. Finalmente, faz-se o mapeamento entre as várias abstrações e os segmentos de código que as implementam. A Figura 2.6 ilustra os passos do processo de *recuperação de projeto* que auxiliam no entendimento de programas escritos em C.

FIGURA 2.6 – PROCESSO BÁSICO DE RECUPERAÇÃO DE PROJETO (BIGGERSTAFF, 1989)

- **apoiar a biblioteca de reuso:** Nessa etapa é necessário uma extensão do processo básico de *recuperação de projeto* visualizado na Figura 2.6. Essa extensão refere-se à generalização dos componentes de projeto a fim de aumentar sua reusabilidade, ou seja, fazer com que os componentes tomem-se aplicáveis em um amplo espectro de aplicações. Por último, integram-se as novas abstrações em uma biblioteca de reuso e o conhecimento recuperado em uma *base de conhecimento* (Figura 2.7).

O conhecimento armazenado na *base de conhecimento* refere-se a *módulos*, *itens de dados chaves*, *artefatos de projeto da engenharia de software* e *abstrações informais de projeto*.

- **módulos:** são identificados utilizando-se uma combinação de experiência e intuição humana e algum conhecimento de padrões convencionais da organização em aplicações semelhantes ao tipo considerado. Para identificar módulos em grande escala associa-se as estruturas a conceitos semânticos informais. Isto é, produz-se abstrações de linguagem natural que representam o conceito essencial de módulo.
- **itens de dados chaves:** é necessário saber quais são os itens de dados importantes, quais são os conceitos abstratos informais relacionados a esses itens e quais são suas relações com os módulos identificados.
- **artefatos de projeto da engenharia de software:** existem diferentes artefatos de projeto da *engenharia de software* dependendo do modelo de processo adotado pela

organização. Por exemplo, linguagem de descrição de programa (PDL), fluxo de dados, estrutura modular, dicionário de dados, etc.

- *abstrações informais de projeto*: são necessárias outras estruturas de informação para o conjunto de abstrações ser realmente efetivo, muitas das quais não são bem definidas e formais como os *artefatos de projeto da engenharia de software*. Assim, é necessário recuperar uma ampla variedade de *artefatos de projeto* que contenham uma mistura de informações informais e formais.

FIGURA 2.7 - EXTENSÃO DA RECUPERAÇÃO DE PROJETO (BIGGERSTAFF, 1989)

A recuperação dos conceitos informais e a determinação de suas realizações - dentro de um programa específico e em um certo contexto - é chamada *problema de assimilação de conceito*. O sistema de *recuperação de projeto* chamado *DESIRE*, considerado um assistente de entendimento de programa, apresenta algumas estratégias, por meio de cenários exemplos, e algumas classes de ferramentas que suportam o *problema de assimilação de conceito* (Biggerstaff et al., 1994).

A não utilização da informação informal pode acarretar na obscuridade das interpretações das funções. Algumas pesquisas mostram a importância da informação informal para o *entendimento do programa*.

Schneiderman apud Robson¹ investigou o efeito de usar identificadores significativos a fim de compreender o programa. Concluiu que, em termos do modelo sintático/semântico, o efeito de nomes de variáveis significativas simplifica a conversão da representação sintática para a semântica.

Segundo Miara *et al.* apud Robson², programas com linhas de comando escritas com deslocamentos ("identados") são facilmente compreendidos. Concluiu que, uma "identação" exagerada pode diminuir a taxa de compreensão e que uma "identação" ideal seria de dois a quatro espaços para cada novo bloco.

Woodfield *et al.* apud Robson³ investigaram o efeito dos comentários para a compreensão do programa. A conclusão foi que comentários auxiliam o *entendimento de programa*, embora em programas com boa "identação" e identificadores significativos o uso dos comentários não faça uma diferença significativa.

- **aplicar os resultados da Recuperação de Projeto:** Nessa etapa a *base de conhecimento* é utilizada para recuperar o projeto. A Figura 2.8 evidencia que os componentes abstratos de projeto armazenados na *base de conhecimento* tomam-se o ponto inicial para a descoberta de candidatos às realizações concretas em um novo código de sistema.

FIGURA 2.8 - PROCESSO DE RECUPERAÇÃO DE PROJETO BASEADO EM MODELO (BIGGERSTAFF, 1989)

¹ SHNEIDERMAN, B. *Software Psychology*, Winthrop, 1980. Apud Robson, D. J. (Robson *et al.*, 1991).

² MIARA, R. J. *et al.* Program indentation and comprehensibility, *Comm. of the ACM*, 26(11), 861-867, 1983. Apud Robson, D.J. (Robson *et al.*, 1991).

³ WOODFIELD, S. N. *et al.* The effect of modularization and comments on program comprehension, *Proc. 5th Int. Conf. on Software Engineering*, 215-223, 1981. Apud Robson, D. J. *et al.* (Robson *et al.*, 1991).

2.5.3 - Modelo de Mayrhauser para o Entendimento de Programa

Para Mayrhauser (1995, 1996) o processo de *entendimento de programa* conduz à criação de um modelo mental do software considerado. Para a criação desse modelo utiliza-se tanto conhecimento geral, independentemente da aplicação específica do software que está se tentando entender, quanto conhecimento específico, que representa o nível de compreensão da aplicação do software.

O processo de entendimento combina o conhecimento existente com o novo conhecimento até que se entenda o código. O conjunto de combinações é o *modelo mental*. O conhecimento existente está relacionado à linguagem de programação e ao ambiente de computação, princípios de programação, algoritmos e abordagens de possíveis soluções. Assim, se o programador já trabalhou com o código anteriormente, o conhecimento existente faz parte do modelo mental do software. O novo conhecimento relaciona-se, principalmente, ao produto de software e é obtido por meio do processo de entendimento do código fonte. Esse conhecimento relaciona-se à funcionalidade, à arquitetura do software, aos algoritmos e objetos implementados, aos controles, ao fluxo de dados, etc.

O modelo mental é uma representação interna do software considerado. Esse modelo contém elementos estáticos como *estruturas texto*, *chunks*, *planos*, *hipóteses*, *sinais* e *regras de raciocínio*, e elementos dinâmicos como *estratégias*.

- *estruturas texto*: incluem o texto do programa e sua estrutura. As unidades de conhecimento do tipo *estrutura texto* incluem construções de controle – iteração, seqüências e construções condicionais; definições de variáveis; hierarquia de chamada de módulos e definições de parâmetros de módulos. As microestruturas do texto do programa contêm comandos reais de programa e seus relacionamentos. Por exemplo, um comando *begin* inicia um bloco de código, enquanto um subsequente comando *if* indica uma estrutura de controle condicional com um propósito particular. Seu relacionamento é que o *if* faz parte do bloco inicializado pelo *begin*.
- *chunks*: são estruturas de conhecimento contendo vários *níveis de abstração* de *estruturas texto*. *Chunks* de *estruturas texto* são chamados macroestruturas e são identificados por um nome. Correspondem à organização do fluxo de controle do texto do programa. Por exemplo, a microestrutura para um *sort* inclui todos os comandos, enquanto a macroestrutura é uma abstração do bloco de código e inclui somente o nome *sort*. *Chunks* de nível mais baixo podem formar *chunks* de nível mais alto, os quais incluem muitos nomes e os relacionamentos do fluxo de controle entre eles.
- *planos*: são elementos do conhecimento para desenvolver e validar suposições, interpretações e inferências. Esses *planos* incluem o conhecimento de causa a respeito do fluxo de informações e relacionamentos entre as partes do programa. Os *planos de programação* são conceitos de programação de baixo, intermediário e alto nível. Exemplos

de conceitos de nível intermediário são algoritmos de busca e estrutura de dados (como árvores). Os *planos de domínio* incorporam todo conhecimento sobre a área do problema exceto o código e algoritmo de baixo nível. *Planos de domínio* aplicam-se a objetos no mundo real e são considerados muito importantes para o entendimento da funcionalidade do programa. Por exemplo, os planos para desenvolver um software para projetar automóveis devem incluir esquemas relacionados à aparência e função de um carro genérico. *Planos de domínio* também fazem referência ao ambiente que envolve a aplicação do software, à arquitetura do domínio específico e às soluções alternativas.

- *hipóteses*: são suposições definidas como resultado das atividades de compreensão. As três principais hipóteses existentes para Letovsky apud Mayrhauser⁴ são: *porquê* (o propósito de uma função ou escolha de projeto), *como* (o método para atingir o objetivo do programa) e *qual* (classificação, por exemplo, uma variável ou função). As hipóteses orientam a direção de futuras investigações. Gerar hipóteses sobre o código e investigar se estas devem ser aceitas ou rejeitadas é uma importante característica de entendimento de código.
- *sinais*: são indícios que levam ao conhecimento e podem ser texto ou um componente de outro conhecimento. Por exemplo, um comando *swap* dentro de um laço ou procedimento pode ser um sinal de uma função de classificação. *Sinais* são úteis na obtenção de um entendimento de alto nível.
- *regras de raciocínio*: são convenções na programação, tais como padrões de codificação, implementações de algoritmos, uso esperado de certas estruturas de dados, etc. Essas regras estabelecem as suposições do programador através das quais são recuperados os *planos de programação*.

Referindo-se a um elemento dinâmico do modelo mental, uma *estratégia* é uma abordagem global de alto nível para o entendimento, ou melhor, é um estilo ou método para o entendimento. A *estratégia* orienta uma seqüência de ações seguindo um *plano* para alcançar uma meta. Por exemplo, se a meta é entender um bloco de código, a *estratégia* pode ser ler e entender cada linha de código sistematicamente enquanto constrói-se uma representação mental em *níveis de abstração* mais altos. *Estratégias* orientam dois mecanismos de entendimento que produzem informação: o *chunking* e *cross-referencing*.

- *Chunking* cria novas estruturas de *abstração* em um nível mais alto a partir de *chunks* de estruturas de nível mais baixo. Conforme as estruturas são reconhecidas, os nomes substituem os detalhes dos *chunks* de nível mais baixo. Dessa maneira, estruturas de nível mais baixo podem ser “montadas” em estruturas maiores em um nível mais alto de *abstração*.

⁴ LETOVSKY, S. Cognitive Processes in Program Comprehension, *Proc. First Workshop Empirical Studies of Programmers*, Ablex Publishing, Norwood, N. J., pgs. 58-79, 1986. Apud Mayrhauser A. (Mayrhauser, 1995).

- *Cross-referencing* relaciona diferentes *níveis de abstração*, tais como uma visão de fluxo de controle e uma visão funcional por meio do mapeamento de partes de programa com as descrições funcionais. *Cross-referencing* é essencial para a construção de uma representação mental por meio dos *níveis de abstração*.

O modelo de compreensão de código de Mayrhauser denominado *metamodelo integrado*, combina o modelo de compreensão de Soloway apud Mayrhauser⁵ (entendimento *top-down* ou modelo de domínio) com os modelos de Pennington apud Mayrhauser⁶ (entendimento *bottom-up*).

O *metamodelo integrado* de Mayrhauser (1995, 1996) (Figura 2.9) tem quatro componentes principais: o *modelo top-down*, o *modelo de situação*, o *modelo de programa* e a *base de conhecimento*. Os três primeiros refletem o processo de compreensão; o quarto é necessário para a construção dos anteriores. O *modelo top-down*, o *modelo de situação* e o *modelo de programa* correspondem às representações mentais e estratégias usadas para construí-los em diferentes *níveis de abstração*. Para a construção dessas representações mentais é necessária a *base de conhecimento*, na qual são armazenadas as novas informações para uso futuro. Assim, o *metamodelo integrado* caracteriza-se pela construção do *modelo de programa*, *modelo de situação*, *modelo top-down* e do conhecimento para a construção da representação mental do código.

Na Figura 2.9, os retângulos grandes mostram cada processo de compreensão e o triângulo representa o conhecimento usado em cada processo. Cada processo inicia com a documentação existente e prossegue mapeando-se o conhecimento acumulado aos documentos. Os *modelos de programa* e *de situação* têm componentes de memória de curto prazo e são diferenciados pelo *nível de abstração*. O *modelo de programa* contém microestruturas (comandos de código e seus relacionamentos) e macroestruturas (elementos abstraídos de microestruturas). A memória de curto prazo do *modelo de situação* contém mapeamentos para o *modelo de programa* e para o *modelo top-down* dos quais, a partir das informações destes, constrói-se planos de mais alto nível. *Chunking* generaliza abstrações de baixo nível para descrições de mais alto nível ou em um nome. Cada processo do *modelo de situação* e do *modelo de programa* tem um componente *chunking*. *Chunking* causa o armazenamento de descrições em alto nível na memória de longo prazo.

⁵ SOLOWAY, E; ADELSON, B; EHRLICH, K. Knowledge and Processes in the Comprehension of Computer Programs, in The Nature of Expertise, M. Chi, R. Glaser, and M. Farr, eds., * Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, N.J., 1983, pp. 129-152. Apud MAYRHAUSER, A. V. (Mayrhauser, 1996).

⁶ PENNINGTON, N. Stimulus Structures and Mental Representations in Expert Comprehension of Computer Programs. Cognitive Psychology, vol. 19, 1987, pp. 295-341. Apud MAYRHAUSER, A. V. (Mayrhauser, 1996).

FIGURA 2.9 – METAMODELO INTEGRADO (MAYRHAUSER, 1996)

As estruturas de conhecimento construídas por algum dos três modelos são disponíveis para os outros dois. Cada componente de modelo tem seu tipo de conhecimento. As estruturas de conhecimento do *modelo top-down* contêm *planos de programação* (conceitos de programação). As estruturas do *modelo de situação* incorporam conhecimento do mundo real e conhecimento funcional (*planos de domínio*). As estruturas do *modelo de programa* consistem de construções e sintaxe da linguagem de programação. O *metamodelo integrado* permite a ativação e potenciais trocas entre qualquer um dos três componentes em qualquer momento do processo de compreensão. Essas potenciais trocas estão representadas na Figura 2.9, por intermédio de flechas ao longo da *base de conhecimento*.

2.6 – Considerações Finais

Neste capítulo foram apresentados alguns dos principais conceitos relacionados à *engenharia reversa*, com ênfase aqueles referentes ao *entendimento de programa*. Para tanto, é necessário adquirir conhecimento sobre o sistema.

O próximo capítulo abordará conceitos referentes ao contexto de *aquisição de conhecimento*, algumas técnicas de *aquisição de conhecimento explícito e implícito* e algumas estruturas de representação de conhecimento.

CAPÍTULO 3 - AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO

3.1 - Considerações Iniciais

Como este trabalho envolve o uso da *aquisição de conhecimento*, neste capítulo são abordados alguns conceitos referentes ao contexto de *aquisição de conhecimento*, algumas *técnicas de aquisição de conhecimento explícito e implícito* e algumas formas de representação de conhecimento.

3.2 – Aquisição de Conhecimento

A expressão "*aquisição de conhecimento*" corresponde a todos os mecanismos para adquirir conhecimento a ser utilizado na modelagem de um domínio de conhecimento. Pode-se dizer também, que a *aquisição de conhecimento* é o processo que visa obter toda a informação necessária para a construção de uma *base de conhecimento* para *sistemas inteligentes* (Rezende & Pugliesi, 1998).

Em (Goonatilake & Khebbal, 1995) a *aquisição de conhecimento* é descrita como um processo envolvendo a extração, interpretação e representação do conhecimento de um dado

domínio, e é considerada como sendo o estágio mais difícil e precário no desenvolvimento de *sistemas inteligentes*.

A *aquisição de conhecimento* é o elemento mais crítico no desenvolvimento de *sistemas especialistas*¹. É necessário algum modo de organizar as diretrizes para formalizar a *aquisição de conhecimento*. Uma forma para tal formalização é por intermédio de um processo.

Um processo de *aquisição de conhecimento* envolve a extração, interpretação e representação do conhecimento de um dado domínio. Neste contexto, alguns papéis importantes são desempenhados como o do *engenheiro de conhecimento*, o do *especialista do domínio* e do usuário final.

O *engenheiro de conhecimento* é o profissional responsável pela elaboração de um plano para *aquisição de conhecimento explícito* e pela *aquisição de conhecimento* propriamente dita. Sua tarefa primordial é extrair o conhecimento do(s) *especialista(s) do domínio*, ou de outra fonte - usuários finais, relatórios, livros, manuais e dados entre outros - interpretá-lo e representá-lo em uma *base de conhecimento*.

O *especialista do domínio* é o profissional selecionado devido à sua especialidade em um determinado domínio e sua habilidade em transpor seu conhecimento. Na extração de conhecimento, os *especialistas do domínio* se destacam devido às suas experiências no domínio do problema e ao alto grau de conhecimento. Eles são, muitas vezes, as únicas fontes de informação que as companhias especializadas preservam. Em outras situações, os *especialistas do domínio* podem ser chamados para oferecer especialidade, que pode ser combinada e compartilhada entre trabalhadores menos especializados.

Os *usuários finais* têm, de forma geral, uma boa visão do domínio em questão e podem fornecer informações de teor valioso durante as investigações iniciais.

O processo de *aquisição de conhecimento* pode ser realizado de forma manual, conhecido como *aquisição de conhecimento explícito*, *elicitação* ou *eliciação* de conhecimento, ou automática, conhecido como *aquisição de conhecimento implícito*.

A abordagem de *aquisição de conhecimento explícito* teve origem na integração das *ciências humanas*, tais como a *psicologia* e *sociologia*, nas quais estuda-se o comportamento humano e técnicas de relacionamento interpessoal, com as técnicas de *inteligência artificial*, tais como representação de conhecimento e construção da *base de conhecimento*, que visam estruturar o conhecimento humano em uma forma a ser interpretada e consultada pela máquina (Figura 3.1).

¹ Sistemas Especialistas são programas que resolvem problemas em um certo domínio de conhecimento mediante um processo de raciocínio baseado nesse conhecimento específico.

FIGURA 3.1 – AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO EXPLÍCITO (REZENDE & PUGLIESI, 1998)

3.3 – Técnicas de Aquisição de Conhecimento

Existem técnicas apropriadas tanto para a *aquisição de conhecimento explícito* quanto para a *aquisição de conhecimento implícito*. Técnicas como entrevista, análise de protocolos, rastreamento de processo, *brainstorming*, repertório grid, estudo de casos, introspecção e cenários são exemplos para a *aquisição de conhecimento explícito* (McGraw & Briggs, 1989; Cooke, 1994; Tuthill, 1990). Já *data mining* (Fayyad et al., 1996) é um exemplo para a *aquisição de conhecimento implícito*.

Entrevista é a técnica mais comum utilizada por *engenheiros de conhecimento* para eliciação - a partir de especialistas - do conhecimento do domínio em questão. Utilizada nos estágios iniciais da *aquisição de conhecimento*, permite que o *engenheiro de conhecimento* compreenda, rapidamente, os conceitos e vocabulário do domínio.

Em geral, a entrevista nem sempre é a melhor escolha de técnica e é muitas vezes aplicada incorretamente. Os *engenheiros de conhecimento* não especializados podem entender a entrevista como a única técnica de eliciação e podem ter uma idéia inapropriada do seu propósito e estrutura.

Durante a entrevista (1) o *engenheiro de conhecimento* deve deixar claro o propósito do envolvimento dos entrevistados na sessão; (2) as informações podem ser registradas como notas, em áudio-tape ou vídeo-tape; (3) situações, instâncias e problemas específicos são bem mais fáceis de serem conduzidos; (4) o *especialista do domínio* não deve ser forçado a produzir informações de maneira determinada pelo *engenheiro de conhecimento* na qual ele

não entende o método - é melhor usar uma representação natural e depois transportar as informações para uma representação devida; (5) o *engenheiro de conhecimento* deve tentar não interromper o raciocínio do *especialista do domínio*, mesmo que esse repita as informações várias vezes, e deve prestar muita atenção e ouvir cuidadosamente não só os fatos, teorias e heurísticas importantes, mas o caminho pelo qual o *especialista do domínio* manipula o conhecimento (Kidd, 1987).

Há vários caminhos para se conduzir uma sessão de entrevista. Os *engenheiros de conhecimento* necessitam estar cientes das várias técnicas de questionamento, muitas das quais têm sua base na *psicologia*, e usar as que são mais apropriadas para uma determinada situação. A utilização do método depende muito do problema, do tipo de conhecimento a ser elicitado e das personalidades envolvidas.

As entrevistas podem ser do tipo:

- *desestruturada*: é apropriada quando o *engenheiro de conhecimento* precisa explorar um problema em questão durante, principalmente, as fases iniciais. Raramente produz descrições completas e bem organizadas do processo cognitivo. Trata-se de uma entrevista mais informal;
- *estruturada*: é apropriada quando o *engenheiro de conhecimento* deseja informações específicas do conteúdo ou o esclarecimento de uma questão. Este tipo de entrevista é orientada a objetivos e os resultados são mais úteis para a *base de conhecimento*.

Muitos projetos iniciam com a *entrevista desestruturada* onde o *engenheiro de conhecimento* torna-se familiar com a terminologia geral e com os problemas. De qualquer maneira, isso tende a consumir tempo e dificulta a análise, por isso, é usual mover-se para a *entrevista estruturada* ou a um outro método.

Alguns métodos de entrevista são (Kidd, 1987):

- *casos interessantes*: pede-se ao especialista para descrever casos difíceis ou interessantes que se recorde, e sua experiência naquele tempo. Casos difíceis e interessantes são mais memoráveis e estimulantes, assim a probabilidade de omitir detalhes essenciais torna-se bem menor comparada a casos fáceis;
- *características e decisões*: enquanto os especialistas não estão aptos a formular regras e heurísticas, podem fornecer listas de características e possíveis decisões;
- *distinção de objetivos*: é dado um objetivo específico para o especialista e este deve especificar o conjunto de evidências que são necessárias e suficientes para distinguir este objetivo de outras alternativas. Se isso é feito até o objetivo final, para cada objetivo intermediário, pode ser construído um modelo estruturado desse conhecimento. Este método provoca discussões a respeito da natureza precisa e razões para os objetivos;

- *dividindo o domínio*: os especialistas começam descrevendo as características, que são agrupadas sucessivamente até que se alcance o objetivo final;
- *análise de decisão*: métodos de análise de decisão são aplicados em muitas áreas de gerenciamento e negócios. O método genérico é: (1) listar todas as decisões possíveis; (2) para cada decisão, listar as possíveis consequências; (3) para cada consequência, avaliar o valor e a probabilidade de ocorrência; (4) calcular o valor esperado de cada consequência multiplicando o valor pela probabilidade; (5) calcular o valor esperado de uma decisão como o total de todos os valores esperados dessas consequências e (6) selecionar a decisão que maximiza o valor esperado. Um problema desse método é a confiança nas estimativas de valores e probabilidades.

Brainstorming é uma técnica designada a estimular e encorajar pensamentos e gerar idéias criativas em grupo em um menor espaço de tempo possível. Originou-se da preocupação dos altos executivos de negócios para com os gerentes subordinados a eles, que os imitavam em sua prudência e sabedoria. Embora essa seja uma tática politicamente segura, exclui as idéias dos gerentes, que podem ser úteis.

É usada em sessões de *aquisição de conhecimento* envolvendo equipes com vários especialistas, cujo objetivo é gerar, e não necessariamente validar, um conjunto de soluções. A partir daí, nas sessões subseqüentes podem ser utilizadas outras técnicas para validar, avaliar e priorizar as soluções a fim de alcançar as tomadas de decisões. Essa técnica, também, é utilizada para auxiliar os *especialistas do domínio* e os *engenheiros de conhecimento* a se libertarem de soluções óbvias ou convencionais de problemas complexos.

Rastreamento de Processo é um conjunto de técnicas que permite ao *engenheiro de conhecimento* determinar uma série de pensamentos dos *especialistas do domínio*, enquanto estes terminam uma tarefa ou chegam a uma conclusão. Os *engenheiros de conhecimento* investigam as informações que o(s) especialista(s) usa(m) para tomar uma decisão e como foi o processo que os especialistas usaram para chegar até ela.

A sessão pode ser baseada em duas técnicas básicas:

- *Verbalização Concorrente*: o especialista “pensa alto” como resolve o problema, ou seja, produz um relatório verbal das ações, considerações, pontos de decisão e estratégias enquanto está realizando alguma tarefa.
- *Verbalização Retrospectiva*: o *engenheiro de conhecimento* registra, em fitas ou manualmente, o procedimento do especialista na resolução do problema a fim de, posteriormente, revisarem juntos a sessão para produzir o protocolo.

Análise de Protocolos requer que o *engenheiro de conhecimento* determine uma das várias técnicas para analisar os protocolos e os relatórios verbais que foram gerados pelo *especialista do domínio* no final de uma sessão. Deve ser antecedido por uma sessão de *entrevistas* ou de *rastreamento de processo*.

A *análise de protocolos* é utilizada para estudar como as pessoas resolvem problemas e para identificar operações específicas usadas para se mover de um estado de conhecimento para outro.

Quando se tem o resultado de uma sessão de *aquisição de conhecimento* registrado em fitas ou manualmente, o *engenheiro de conhecimento* deve traduzir esse conhecimento em protocolos para analisá-lo posteriormente. Estas informações podem ser obtidas tanto por sinais verbais quanto não verbais.

Repertório Grid é uma técnica para elicitare e analisar um modelo do domínio do especialista. A teoria desta análise estabelece que cada pessoa age como um "cientista" que classifica e organiza o seu mundo. Os indivíduos, baseados nestas classificações, são habilitados para construir teorias de como funciona um certo domínio e para agir no domínio baseado em suas teorias. Uma vez que as classificações foram identificadas e construídas isoladamente, um *repertório grid* pode ser desenvolvido para representar a compreensão do especialista de uma entidade específica (um problema, um conceito), ou melhor, para representar os conceitos básicos do domínio.

Para desenvolver uma "grid", o *engenheiro de conhecimento* precisa elicitare, primeiramente, um conjunto de construtores (como, características bipolares). Depois, o *engenheiro de conhecimento* precisa estimular o *especialista do domínio* a produzir um conjunto de exemplos, chamados elementos. Logo após, o *engenheiro de conhecimento* solicita que o especialista classifique cada elemento de acordo com os construtores.

Depois da classificação de cada elemento, os resultados podem ser analisados por uma variedade de técnicas, incluindo análise de fator e análise de *cluster*. O objetivo da análise é medir similaridades e diferenças entre os objetos e representar isso graficamente por meio de uma "grid".

Essa técnica é mais utilizada nas fases finais de *aquisição de conhecimento*. É apropriada quando há vários conceitos relacionados, normalmente identificados por novatos.

Estudo de Casos é uma técnica na qual elicitare-se o conhecimento do analista por intermédio de casos já documentados. É utilizada para elicitare conhecimentos específicos, sendo que os casos devem cobrir várias possibilidades dentro do domínio.

O próprio especialista escolhe um ou mais casos resolvidos por ele para descrever ao *engenheiro de conhecimento*. São expostos os passos desenvolvidos e as considerações levadas em conta para resolução do problema.

Mesmo havendo material suficiente dentro do domínio para o desenvolvimento do estudo, o conhecimento obtido provavelmente será insuficiente. Daí, a utilização de entrevistas e análise de protocolos para auxiliar. O sucesso do método depende, proporcionalmente, do caso selecionado a ser explanado.

Introspecção é útil para a obtenção de uma estratégia global de resolução. O especialista verbaliza sensações, memórias, sentimentos e imagens percebidas enquanto resolve um problema.

As desvantagens da introspecção são: (1) o conhecimento talvez não reflita o processo de tomada de decisão usado pelo especialista, pois informações ficam no subconsciente; (2) a análise do raciocínio pode fazer com que o especialista se concentre em detalhes insignificantes e (3) o sucesso do método depende do caso.

As formas mais comuns de introspecção são casos passados (descrição retrospectiva), hipotéticos (simulação de um cenário) ou difíceis (episódio crítico).

Cenários modelam uma fração do mundo real com a intenção de modelar um sistema; evoluem durante o ciclo de vida do software e auxiliam na definição de requisitos funcionais e não-funcionais. Segundo Lorna Zorman, "cenários são descrições de situações" (Leite, 1997). Em geral, cenários podem ser vistos como descrições que ajudam a definir um sistema e suas características, a partir das necessidades do usuário, auxiliando assim, na fase de especificação de requisitos. Essa técnica consiste em representar cenas extraídas do cotidiano, do domínio do problema, que são identificadas por estímulos e respostas do sistema, sempre com base na visão de quem gerou o estímulo.

Cada cenário pode descrever uma ou mais cenas associadas com o uso hipotético do sistema. Cada uma dessas cenas deve revelar procedimentos sobre como utilizar recursos do domínio, manipular a entrada de dados e obter informação do sistema.

Cenários podem ser representados de diferentes formas. Essas variam desde bastante informais (narrativa simples) até totalmente formais (gramáticas regulares), passando por representações semi-formais em forma de tabelas ou diagramas. Dentre algumas formas de representação dos cenários encontram-se os casos de uso propostos por Jacobson (Leite, 1997).

Algumas heurísticas para a produção de cenários: (1) identificação dos atores, (2) elaboração da lista de cenários candidatos, (3) descrição dos cenários candidatos a partir dos atores principais, (4) ampliação da lista de candidatos, (5) descrição dos cenários a partir dos

atores secundários e (6) análise dos cenários que engloba verificação – descoberta de sub-cenários, revisão das restrições e das exceções - e validação – reunião e entrevista com os clientes, protótipos.

Como exemplo de um método que utiliza *cenários* tem-se o chamado ERACE - Engenharia de Requisitos Apoiada por Cenários - (Caldas, 1998), que propõe a elicitación e modelagem de requisitos por intermédio de cenários. Essa proposta é baseada na fusão dos pontos críticos das fases de engenharia de requisitos dos principais métodos que utilizam a técnica de construção de cenários, tais como OOSE, OBA, FASA, UORE e UML.

O processo utilizado para descrever as atividades do método ERACE, mostrado na Figura 3.2 é composto de duas fases: *especificação das interações* e *modelagem dos cenários*. Na primeira fase são construídas especificações das interações que ocorrem no sistema em um *diagrama de interação das cenas de uso* (DIC) que contém informações sobre os atores e as cenas de uso. A construção desse diagrama é baseada nas informações derivadas de um documento inicial de requisitos de software que deve conter todos os requisitos funcionais e de qualidade do software, as capacidades do produto, os recursos disponíveis, os benefícios e os critérios de aceitação. Nessa fase todas as informações contidas no DIC devem ser armazenadas num glossário. Na segunda fase são descritas e formalizadas as operações existentes em cada cena de uso e são criados os *diagramas abstratos detalhados* (DADs) das cenas. Nessa fase, utiliza-se o DIC como entrada.

FIGURA 3.2 – PROCESSO ERACE (CALDAS, 1998)

Data Mining é considerada a parte central de um processo de *extração de conhecimento em bases de dados* (*Knowledge Discovery in Databases – KDD*). *Data Mining* envolve a aplicação de algoritmos de busca para encontrar padrões nos dados analisados. O processo KDD abrange: seleção do dado, pré-processamento, transformação, *Data Mining* e interpretação/avaliação dos resultados (Figura 3.3).

FIGURA 3.3 - PROCESSO DE EXTRAÇÃO DE CONHECIMENTO EM BASES DE DADOS (KDD)
(FAYYAD ET AL., 1996)

- **Seleção:** seleciona ou segmenta os dados de acordo com alguns critérios, podendo ser determinados subconjuntos de dados;
- **Pré-processamento:** certas informações desnecessárias podem ser removidas e o dado pode ser re-configurado a fim de assegurar o formato de consistência (o dado pode ter sido gerado por diversas fontes);
- **Transformação:** envolve não somente transferir dados de um formato para outro, mas também agregar esses dados a outras informações quando necessário;
- **Data Mining:** refere-se à extração de padrões interessantes embutidos em bases de dados. Esses padrões podem ser descobertos por meio de regras que descrevem propriedades dos dados, padrões que ocorrem com frequência, classificação de objetos, etc.

O processo *data mining* necessita de algoritmos eficientes, rápidos e eficazes para montar modelos, ou determinar padrões, dos dados observados. Os modelos montados desempenham o papel de todo o conhecimento inferido;

- Interpretação e Avaliação: a partir dos padrões extraídos do sistema, têm-se os conhecimentos que podem ser usados para suporte e tomada de decisões humanas.

As técnicas de *aquisição de conhecimento* são utilizadas para adquirir conhecimento. Entretanto, esse conhecimento precisa ser representado de alguma forma dentro da *base de conhecimento* para posterior utilização. Dentre as formas de representação de conhecimento podem ser citadas regras de produção, redes semânticas, *frames*, *scripts*, entre outras, abordadas na próxima seção.

3.4 – Formas de Representação do Conhecimento

Depois de adquirido o conhecimento é necessário representá-lo em algum tipo de estrutura como regras, redes semânticas, *frames* e *scripts* (Rich & Knigh, 1993). Se for utilizado um conjunto de regras para representar o conhecimento, uma forma de raciocinar é utilizando o chamado raciocínio *forward chaning* e *backward chaning*. A Figura 3.4 mostra um exemplo de uma *base de conhecimento* representada em Prolog². Há dois tipos de declarações: *fatos* que só contêm constantes (ou seja, nenhuma variável) e representam declarações sobre objetos específicos e *regras* que contêm variáveis e representam declarações sobre classes de objetos. As regras são bastante utilizadas para modelar o conhecimento de *sistemas especialistas*.

```
bichoapart(x):- estimação(x), pequeno(x).
estimação(x):- gato(x).
estimação(x):- cachorro(x).
cachorro(x):- poodle(x).
pequeno(x):- poodle(x).
poodle(fido).
```

FIGURA 3.4 - REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO EM PROLOG (RICH & KNIGHT, 1993)

Outra forma de representar o conhecimento em uma *base de conhecimento* é utilizando rede semântica. Nesta, o conhecimento é representado como um conjunto de nós conectados entre si por intermédio de um conjunto de arcos marcados, que representam relações entre os nós. Os nós podem ser de dois tipos: (1) individuais, que representam descrições ou afirmações referentes a uma instância individual de um objeto; (2) genéricos, os quais referem-se a uma classe ou categoria de objetos. As classes estão previamente ordenadas em uma taxonomia e existem arcos que representam relações binárias especiais, tais como *isa* (*is a*) e *ako* (*a kind of*). O primeiro tipo de arco liga um nó individual a um nó genérico e expressa que um indivíduo é de uma certa classe. O segundo liga dois nós genéricos entre si

² Prolog: é uma linguagem de programação baseada na lógica matemática e tem muito dos aspectos de linguagens de especificação

e expressa que uma classe é uma subclasse de outra classe. Um exemplo de um fragmento de uma rede semântica é mostrado na Figura 3.5. Nessa figura, o nó Pessoa herda todas as propriedades do nó Mamífero, que por sua vez herda todas as propriedades do nó Animal. Vale ressaltar que, nos casos onde é admitida a existência de exceções, esta inferência nem sempre é válida, pois existem propriedades que são afirmadas sobre uma classe que são corretas para todos os membros da classe, enquanto que outras propriedades são inerentes à própria classe. Para deduzir eventuais sentidos entre as classes Pessoa e Animal, ativam-se as conexões desde Pessoa e, pode-se inferir – assumindo a transitividade da relação *ako* – que Pessoa é uma espécie de Animal. Assim, o que permite realizar inferências, como a descrita anteriormente, é a organização hierárquica induzida pelos arcos *isa* e *ako*.

FIGURA 3.5 - UMA REDE SEMÂNTICA

O *frame* também é uma forma de representação de conhecimento e permite realizar descrições de objetos complexos. Uma de suas principais características é a herança de propriedades, onde uma classe mais especializada pode herdar todas as propriedades da classe mais geral, fornecendo facilidades de representação.

Um *frame* é uma coleção de atributos chamados de escaninhos (*slots*) e valores a eles associados (e possivelmente restrições a esses valores) que descrevem alguma entidade. Os sistemas de *frames* são criados a partir de coleções de *frames* que são conectados entre si devido ao fato de que o valor de um atributo de um *frame* pode ser um outro *frame* (hierarquia). Cada *frame* representa uma classe (um conjunto) ou uma instância (um elemento de uma classe). A Figura 3.6 mostra uma coleção de *frames*.

Na Figura 3.6, os *frames* Pessoa, Adulto-Masculino e Jogador de Baseball são classes. Já o *frame* José é uma instância. A relação *é-um* é uma relação de subconjunto, como exemplo, o conjunto de adultos do sexo masculino é um subconjunto do conjunto de pessoas. A relação *instância* corresponde à relação *elemento-de*, como exemplo, José é um elemento do conjunto de jogadores de *baseball*.

FIGURA 3.6 – COLEÇÃO DE FRAMES

Os *frames* contrastam com as redes semânticas as quais são geralmente usadas para representar conhecimento geral. *Frames* são muito usados para representar conhecimento causal devido às suas informações serem organizadas por causa e efeito. Isso devido à combinação de *frames de situação* que contêm conhecimento sobre o que é esperado de uma dada situação, com *frames de ação* que contêm *slots* que especificam ações a serem realizadas em uma dada situação (Giarratano, 1994).

Os *scripts*, mais uma forma de representação de conhecimento, correspondem a uma sequência de *frames* ordenada pelo tempo. O *script* é uma estrutura que descreve uma sequência estereotipada de eventos em um determinado contexto. Consiste em um conjunto de escaninhos (*slots*) aos quais podem estar associadas informações sobre os tipos de valores que eles podem conter e também um valor *default* a ser usado caso nenhuma outra informação esteja disponível. Os *scripts* são estruturas menos genéricas que os *frames*, mas são bastante eficazes para representar os tipos de conhecimento específicos para os quais foram projetados.

Os *scripts* são úteis, pois no mundo real existem padrões para a ocorrência de certos eventos. Esses padrões surgem devido às relações causais entre eventos, isto é, agentes executam uma ação para poderem depois executar uma outra. Os eventos descritos em um *script* formam uma cadeia causal gigante a qual inicia-se por um conjunto de condições de entrada que permitem a ocorrência dos primeiros eventos do *script* e termina com um conjunto de resultados que podem permitir a ocorrência de eventos posteriores ou de sequências de eventos (possivelmente descritos por outros *scripts*). Os componentes importantes de um *script* são:

- Condições de entrada: condições que precisam, em geral, ser satisfeitas antes da ocorrência dos eventos descritos no *script*;
- Resultado: condições que, em geral, serão verdadeiras após a ocorrência dos eventos descritos no *script*;
- Acessórios: *slots* que representam objetos envolvidos nos eventos descritos no *script*. A presença desses objetos pode ser inferida mesmo que eles não sejam mencionados explicitamente;
- Papéis: aberturas que representam pessoas envolvidas nos eventos descritos no *script*. A presença destas pessoas também pode ser inferida mesmo que elas não sejam mencionadas explicitamente. Se indivíduos específicos forem mencionados, eles poderão ser inseridos nos *slots* apropriados;
- Trilha: variação específica de um padrão mais genérico representado por esse *script* em particular. Trilhas diferentes do mesmo *script* terão em comum muitos, mas não todos os componentes;
- Cenas: seqüências de eventos que ocorrem. Os eventos são representados no formalismo de dependência conceitual. A dependência conceitual é uma teoria sobre como representar o tipo de conhecimento sobre eventos que normalmente está contido em frases de linguagem natural. A representação em dependência conceitual de uma expressão é constituída por primitivas conceituais que podem ser combinadas para formar os significados de palavras em qualquer linguagem particular. Algumas primitivas conceituais utilizadas são mostradas na Tabela 3.1.

TABELA 3.1 – PRIMITIVAS CONCEITUAIS

Primitivas	Descrição
ATRANS	Transferência de uma relação abstrata (<i>dar</i>)
PTRANS	Transferência de local físico de um objeto (<i>ir</i>)
PROPLE	Aplicação de força física a um objeto (<i>empurrar</i>)
MOVE	Movimento de uma parte do corpo de alguém (<i>chutar</i>)
GRASP	Domínio de um objeto por um ator (<i>agarrar</i>)
INGEST	Ingestão de um objeto por um animal (<i>comer</i>)
EXPEL	Expulsão de algo do corpo de um animal (<i>chorar</i>)
MTRANS	Transferência de informação mental (<i>dizer</i>)
MBUILD	Elaboração de novas informações a partir de informações antigas (<i>decidir</i>)
SPEAK	Produção de sons (<i>dizer</i>)
ATTEND	Focagem de um órgão dos sentidos em um estímulo (<i>ouvir</i>)

A Figura 3.7 mostra um exemplo de um *script* de um restaurante.

FIGURA 3.7 - SCRIPT DE UM RESTAURANTE

3.5 - Problemas Típicos Ocorridos Durante a Aquisição de Conhecimento Explícito

O problema em potencial que o ocorre durante a *aquisição de conhecimento explícito*, freqüentemente, é a comunicação entre o *engenheiro de conhecimento* e o *especialista do domínio*. Mas, esta não é a única razão para a falha na captura de conhecimento (Herbane, 1997).

O *especialista do domínio* precisa ter mais que simples dados ou informações sobre o domínio do problema. Ele tem a obrigação de ser distinguido dos outros devido à posse de um alto grau de conhecimento especialista. O *especialista do domínio* pode nem sempre estar disposto a transmitir conhecimento para o entrevistador por uma variedade de razões, assim como tem medo do sistema tomar seu lugar quando construído. Outra insegurança pode ser causada quando o especialista não tem certeza sobre a informação que ele está divulgando.

O *engenheiro de conhecimento* precisa ter um entendimento dos conceitos para construir o *sistema inteligente* que seja correto e que reflita o conhecimento adquirido. É também obrigado a assegurar que o nível correto de detalhes está sendo extraído do especialista. A imparcialidade deve ser mantida pelo *engenheiro de conhecimento* ao elicitar as informações objetivas.

Um fator freqüentemente inspecionado por *engenheiros de conhecimento* é o fato que eles podem ter problemas ao obter acesso ao especialista porque este tende a ser muito ocupado. De qualquer maneira, se o *engenheiro de conhecimento* superar este problema, pode haver o problema da necessidade de mais tempo para elicitar a informação relevante, que o especialista está disposto dar.

Outros problemas ocorridos durante a *aquisição de conhecimento explícito*: falta de compromisso, negativismo e apatia, conflitos entre expectativas e realidades, discordância entre vários especialistas, conhecimento irrelevante, incorreto, incompleto ou inconsistente.

3.6 – Considerações Finais

Neste capítulo foram apresentados alguns conceitos relacionados a *aquisição de conhecimento*, enfatizadas algumas técnicas de *aquisição de conhecimento explícito e implícito* que podem ser utilizadas durante o processo de *aquisição de conhecimento* e descritas algumas formas de representação do conhecimento.

No próximo capítulo serão apresentados o Processo de Aquisição de Conhecimento IPAIA e sua instância para o domínio de *engenharia reversa*.

CAPÍTULO 4 – PROCESSO DE AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO

4.1 – Considerações Iniciais

Este capítulo apresenta o Processo de Aquisição de Conhecimento *IPAIA* (Jubileu, 1998) elaborado a partir de aspectos de processos existentes na literatura (McGraw & Briggs, 1989; Scott *et. al*, 1991; Tuthill, 1990). O *IPAIA* tem âmbito geral, podendo ser utilizado em qualquer domínio de conhecimento. Neste capítulo também é apresentada uma instância do Processo de Aquisição de Conhecimento *IPAIA* para o domínio de *engenharia reversa*. Essa instância tem a finalidade de auxiliar no passo de obtenção de informações do método *FUSION-RE/I* (Costa, 1997), da qual deve-se extrair conhecimentos a respeito do domínio da aplicação e da interface, para facilitar a elaboração dos modelos de análise Fusion.

4.2 – Processo de Aquisição de Conhecimento

A extração, interpretação e representação do conhecimento de um dado domínio podem ser realizadas utilizando-se um processo de *aquisição de conhecimento*. Para o desenvolvimento deste trabalho, elaborou-se o Processo de Aquisição de Conhecimento *IPAIA* (acrônimo para as iniciais das fases propostas) (Figura 4.1) - baseado em aspectos de processos de *aquisição de conhecimento* existentes, procurando incluir os melhores aspectos de cada um.

Com o objetivo de refinar cada vez mais o conhecimento, a estrutura do Processo de Aquisição de Conhecimento *IPAIA* foi baseada na idéia de melhoramento contínuo do processo do Modelo IDEAL (Gremba & Myers, 1998).

O Processo de Aquisição de Conhecimento *IPAIA* apresenta orientações que proporcionam uma abordagem de *aquisição de conhecimento* explícito, de uma maneira organizada. Esse processo pode ser direcionado tanto para grandes quanto para pequenos programas de *aquisição de conhecimento* e contém cinco fases: (1) Início do Processo de Aquisição de Conhecimento, (2) Preparação da Sessão de Aquisição de Conhecimento, (3) Aquisição do Conhecimento, (4) Implementação do Conhecimento e (5) Avaliação do Conhecimento. A fase 1 é realizada apenas uma vez enquanto as fases 2, 3, 4 e 5 compõem uma etapa contínua de melhoramento do conhecimento, como mostrado na Figura 4.1.

FIGURA 4.1 – PROCESSO DE AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO IPAIA (JUBILEU, 1998)

Fase 1 - Início do Processo de Aquisição de Conhecimento: nessa fase são realizadas atividades que proporcionam maior compreensão do domínio de conhecimento para aqueles que irão interagir com o processo de *aquisição de conhecimento*. Essas atividades são descritas a seguir.

- *Selecionar o Domínio de Conhecimento:* a seleção de um domínio apropriado é crucial para o êxito no desenvolvimento de um sistema baseado em computador. Os limites da tarefa devem ser claramente delimitados;

- **Analisar o Problema:** os termos chaves são importantes para se obter uma terminologia única entre os membros da equipe de *aquisição de conhecimento*; devem ser identificadas todas as referências que o processo de *aquisição de conhecimento* fizer a padrões, procedimentos, terminologias ou outros documentos; os conceitos iniciais referentes ao domínio de conhecimento devem ser especificados; um mapa mental do domínio de conhecimento deve identificar relações entre os conceitos e identificar as principais funções, permitindo assim, uma maior familiarização com o domínio do conhecimento; uma análise funcional pode ser realizada com o propósito de refletir a principal funcionalidade que o usuário deseja do sistema. A análise funcional é uma técnica que o *engenheiro de conhecimento* pode usar para estruturar os requisitos do sistema e delinear a sua funcionalidade. Na análise funcional devem ser identificados módulos distintos, entradas e saídas atuais. A ênfase nessa tarefa é traduzir os requisitos para um diagrama funcional inicial e descrever o relacionamento básico entre as funções. Usando diagramas de fluxo funcional, o *engenheiro de conhecimento* pode descrever sistemas maiores, subsistemas, requisitos de sistemas e interações entre os componentes do sistema;
- **Selecionar a Equipe de Aquisição de Conhecimento:** uma característica fundamental para a formação da equipe de *aquisição de conhecimento* é uma boa interação, indispensável entre os componentes de qualquer grupo de trabalho, principalmente na situação aqui tratada, envolvendo um processo dependente da motivação de todos os participantes. Uma equipe de *aquisição de conhecimento* normalmente é composta pelos seguintes membros: gerente, *engenheiro de conhecimento*, anotador/assistente, observador e psicólogo;
- **Selecionar a Estrutura de Pré-Representação do Conhecimento:** a estrutura interna que representará o conhecimento deve ser selecionada de acordo com a necessidade da aplicação e/ou definições do projeto do sistema baseado em computador. Dentre essas estruturas estão regras de produção, redes semânticas, *frames* e *scripts*.

Fase 2 - Preparação da Sessão de Aquisição de Conhecimento: nessa fase são realizadas atividades de organização da sessão de *aquisição de conhecimento*, descritas a seguir.

- **Selecionar as Técnicas para a Aquisição de Conhecimento:** muitas variáveis influenciam a seleção de técnicas de *aquisição de conhecimento* e o grau de estruturação com o qual elas são aplicadas. Entre essas variáveis estão: tamanho e meta do programa de *aquisição de conhecimento*, disponibilidade de *especialista(s) do domínio*, número de membros e experiência da equipe de *aquisição de conhecimento* e tipo de conhecimento.
 - **Tamanho e Meta do Programa de Aquisição de Conhecimento:** programas de grande escala têm maior necessidade de estruturas e técnicas pré-determinadas do que programas menores. Por exemplo, numa fase inicial de *aquisição de conhecimento* pode-se utilizar as técnicas de *entrevista* e *análise de protocolos*. Já nas sessões de

feedback e refinamento, pode ser utilizado o *rastreamento de processo* seguido pela *entrevista estruturada*. Nas sessões aprofundadas de *aquisição de conhecimento* podem ser utilizadas *entrevista estruturada*, *simulações* e protótipos de desenvolvimento. A meta do programa de *aquisição de conhecimento* e a funcionalidade do *sistema baseado em conhecimento* têm impacto sobre o tipo de técnicas de *aquisição de conhecimento* que serão selecionadas;

- Disponibilidade de Especialista(s) do Domínio: as técnicas também são selecionadas de acordo com o tempo que um especialista dispõe para um programa de *aquisição de conhecimento*. Isso não desconsidera o fato de que em alguns casos, a técnica mais apropriada necessite de um tempo maior que aquele que o especialista tem disponível. Nesses casos deve haver uma negociação. Deve-se considerar, também, o fato de que o tempo disponibilizado a um programa de *aquisição de conhecimento* depende da complexidade do domínio do conhecimento em questão;
 - Número de Membros e Experiência da Equipe de Aquisição de Conhecimento: além do número de membros disponíveis da equipe de *aquisição de conhecimento* e da experiência dos mesmos com *aquisição de conhecimento*, um outro aspecto considerado no esforço dessa aquisição é o grau de compatibilidade entre as técnicas de *aquisição de conhecimento* e a experiência ou capacidade atual do *engenheiro de conhecimento* com as mesmas;
 - Tipo de Conhecimento: é importante caracterizar e combinar os tipos de conhecimento com as técnicas apropriadas de *aquisição de conhecimento*. Os tipos de conhecimento são *declarativo*, *procedural*, *semântico* e *episódico*. No conhecimento *declarativo* identificam-se heurísticas gerais expressas de forma verbal, que são avaliáveis num nível consciente "sabendo que" geralmente em memória de curto prazo. No conhecimento *procedural* identificam-se tarefas/procedimentos de rotina. Esse conhecimento inclui a habilidade de um indivíduo de "como" realizar algo, envolve uma resposta automática para um estímulo e pode ser de natureza reacionária. No conhecimento *semântico* identificam-se principais conceitos, ou seja, o vocabulário, procedimentos de decisão e heurísticas avaliáveis num nível inconsciente. Este conhecimento é de grande importância ao(s) Engenheiro(s) de Conhecimento, reflete a estrutura de aprendizado, organização e representação, e representa um conhecimento de memória de longo prazo. No conhecimento *episódico* identificam-se heurísticas de resolução de problemas análogos. Esse conhecimento reside em memória de longo prazo e contém informações sobre "episódios" ou itens temporariamente datados e relações temporais entre estes itens';
- *Identificar Membros da Equipe de Aquisição de Conhecimento Envolvidos na Aquisição de Conhecimento*: inclui indicar quem deve acompanhar as atividades. Cada uma das tarefas de

aquisição de conhecimento deve ter um membro responsável. É recomendável que se registrem os atributos necessários e desejáveis para quem ocupa cada cargo;

- *Planejar Sessões de Aquisição de Conhecimento*: essa tarefa tem por finalidade criar, efetivamente, um instrumento de auxílio à *aquisição de conhecimento* e planejar como as sessões de *aquisição de conhecimento* serão conduzidas.

Fase 3 - Aquisição do Conhecimento: essa fase tem como objetivo adquirir os conhecimentos que serão armazenados na *base de conhecimento*, ou seja, é a fase de execução do planejamento realizado na etapa anterior.

Fase 4 - Implementação do Conhecimento: nessa fase o conhecimento adquirido deve ser representado formalmente. Para isso é utilizada a estrutura de representação do conhecimento, selecionada na Fase 1 do Processo de Aquisição de Conhecimento *IPAIA*.

Fase 5 - Avaliação do Conhecimento: nessa fase realiza-se a verificação e validação do conhecimento que será refinado posteriormente, averiguando se o conhecimento existente é suficiente e correto. O conhecimento é considerado suficiente de acordo com o objetivo da *aquisição de conhecimento*. Martin (McGraw & Briggs, 1989) descreve verificação como “construir o produto corretamente” e validação como “construir o produto certo”. As atividades de verificação e validação constituem parte dos componentes que asseguram a garantia de qualidade e confiabilidade do conhecimento adquirido. Teste é uma das atividades que pode ser utilizada na verificação e validação de produtos. Os testes para localizar potenciais problemas na *aquisição de conhecimento* podem ser estáticos e dinâmicos. A forma mais comum de teste estático refere-se à checagem, por parte dos *especialistas do domínio*, da consistência e completitude do conhecimento conceitual do domínio adquirido, e teste dinâmico refere-se à identificação de valores críticos e casos a serem executados (Andert, 1999).

Um aspecto crucial para a verificação da *base de conhecimento* é determinar se a transformação do conhecimento é exata, considerando a sua forma original, passando por uma ou mais representações intermediárias, até a sua representação final (computável). Porém, ainda não existe uma técnica amplamente aceita para garantir a correção dessa transformação. Algumas técnicas utilizadas incluem inspeções/*walkthroughs* com outros Engenheiros de Conhecimento. As técnicas de verificação e validação são usadas para identificar redundâncias, contradições, ciclos (por exemplo, o conhecimento X infere no Y que por sua vez infere no X novamente) que geralmente indicam falhas na *base de conhecimento* e conclusões inalcançáveis que ocupam espaço desnecessário na mesma, e indicam

problemas na lógica. Essas redundâncias, contradições, ciclos e conclusões inalcançáveis devem ser removidos para tornar a *base de conhecimento* mais eficiente.

4.3 – Processo IPAIA Instanciado para o Domínio de Engenharia Reversa

O processo para *aquisição de conhecimento explícito - IPAIA* (Jubileu et al., 1998) tem âmbito geral, podendo ser utilizado em qualquer domínio de conhecimento. Para o domínio de *engenharia reversa*, esse processo foi instanciado (Figura 4.2) com a finalidade de auxiliar o passo de obtenção de informações do método *FUSION-RE/I* – método de *engenharia reversa* baseado no Fusion e na interface.

O processo IPAIA, como dito na seção anterior, contém cinco fases: (1) Início do Processo de Aquisição de Conhecimento, (2) Preparação da Sessão de Aquisição de Conhecimento, (3) Aquisição de Conhecimento, (4) Implementação do Conhecimento e (5) Avaliação do Conhecimento. Na instância do processo para o domínio de *engenharia reversa* acrescentou-se uma iteração entre as fases 4 e 5 para que o conhecimento avaliado fique representado em uma forma sintática e semanticamente melhor (Figura 4.2).

FIGURA 4.2 –PROCESSO DE AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO IPAIA INSTANCIADO

A primeira fase é realizada apenas uma vez, ao contrário das quatro fases seguintes, que compõem o *Ciclo de Conhecimento*, o qual pode se repetir enquanto o conhecimento necessário para elaborar os modelos de análise Fusion ainda não for suficiente.

O *Ciclo de Conhecimento* é especializado em três tipos de ciclos de *aquisição de conhecimento*: *Ciclo Brainstorming*, *Ciclo Rastreamento de Processo* e *Ciclo Entrevista*

Estruturada. Os tipos de ciclos são correspondentes às técnicas utilizadas para a *aquisição de conhecimento*. Os *ciclos brainstorming* são realizados até que se obtenha o conhecimento do domínio da aplicação. Os *ciclos rastreamento de processo* ocorrem quantas vezes forem necessárias para se obter conhecimento a respeito do sistema submetido à *engenharia reversa*. Finalmente, os *ciclos entrevista estruturada* são utilizados para se obter conhecimento mais detalhado a fim de esclarecer dúvidas, caso existam, a respeito do conhecimento adquirido e de completar e/ou confirmar o conhecimento.

4.3.1 - Fase 1 – Início do Processo de Aquisição de Conhecimento

Na fase inicial do processo de *aquisição de conhecimento* (Figura 4.3) deve-se fornecer uma base sólida para o sucesso da *aquisição de conhecimento*. As atividades dessa fase, descritas a seguir, são consideradas críticas, pois nas fases subseqüentes podem ser desperdiçados muito tempo, esforços e recursos caso essa fase seja concluída de maneira incompleta.

FIGURA 4.3 – FASE 1 DO PROCESSO DE AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO IPALA INSTANCIADO

Atividade 1.1 – Selecionar a área de aplicação do sistema a ser submetido à *engenharia reversa*, estabelecendo-se os limites do domínio de conhecimento;

Atividade 1.2 – Definir o patrocinador que deve ajudar a manter o compromisso nos momentos de dificuldades e garantir os recursos essenciais utilizados durante a *aquisição de conhecimento*;

Atividade 1.3 – Adquirir uma visão geral do domínio de conhecimento. Para tanto, são descritos os termos chaves utilizados nesse domínio, obtendo-se uma terminologia única; são também identificadas as relações existentes entre os termos, além de serem identificadas as principais funções do sistema referentes ao domínio de conhecimento. Essa visão geral pode ser obtida a partir de

alguma documentação, caso exista, ou de alguém familiarizado com o domínio da aplicação (usuário). Os termos chaves e seus relacionamentos são representados utilizando-se duas estruturas: *Léxico do Domínio da Aplicação* - LDA (Tabela 4.1) e o *Diagrama do Domínio da Aplicação* - DDA (Figura 4.4) (Turine & Masiero, 1996). No LDA são definidos os termos chaves do domínio da aplicação (na coluna "Definição" os termos que são descritos devem ser sublinhados). No DDA são representados os relacionamentos existentes entre esses termos (as setas representam os relacionamentos entre os termos).

As principais funções referentes ao domínio de conhecimento são representadas, em forma textual, num quadro onde são definidos o nome e o objetivo das funções (Quadro 4.1).

TABELA 4.1 - LÉXICO DO DOMÍNIO DA APLICAÇÃO

Termo	Definição	Sinônimos
<nome do termo1>	<descrição do termo1>	<sinônimos do termo1>
<nome do termo2>	<descrição do termo2>	<sinônimos do termo2>

FIGURA 4.4 - DIAGRAMA DO DOMÍNIO DA APLICAÇÃO

QUADRO 4.1 - QUADRO DE DESCRIÇÃO DAS PRINCIPAIS FUNÇÕES

Função	Objetivo
<nome da função 1>	<descrição do objetivo da função 1>
<nome da função 2>	<descrição do objetivo da função 2>

Atividade 1.4 - Selecionar os membros que participarão das sessões de *aquisição de conhecimento*. Dentre esses membros estão o *engenheiro de conhecimento*, os anotadores/assistentes, os possíveis *especialistas do domínio* e os

usuários. O *engenheiro de conhecimento* deve ser alguém que saiba usar as formas de representação do conhecimento (diagramas, quadros) para elaborar os modelos de análise do método Fusion. Além disso, o *engenheiro de conhecimento* deve ser capaz de selecionar os *especialistas de domínio* considerando não apenas o potencial dos mesmos a respeito do domínio da aplicação, mas também as suas características de relacionamento interpessoal. Esse último quesito é importante, pois é sabido que existem alguns problemas sociais que poderão ocorrer durante a sessão de *aquisição de conhecimento* (Wilson, 1999), além dos problemas tradicionais da *aquisição de conhecimento* (Herbane, 1997).

Além do *engenheiro de conhecimento*, participarão da sessão de *aquisição de conhecimento*, quando necessário, membros com função de anotador e/ou assistente;

Atividade 1.5 – Estimular os possíveis participantes das sessões de *aquisição de conhecimento* realizando uma palestra inicial que deve focalizar o que é *aquisição de conhecimento*, sua importância para a organização, os principais conceitos relacionados à *aquisição de conhecimento*, como *especialistas do domínio*, *engenheiro de conhecimento*, entre outros.

Ao contrário dessa primeira fase, que ocorre apenas uma vez, o *Ciclo de Conhecimento* (composto pelas fases Preparação da Sessão de Aquisição de Conhecimento, Aquisição de Conhecimento, Implementação do Conhecimento e Avaliação do Conhecimento) repete-se quantas vezes forem necessárias até que se obtenha conhecimento considerado suficiente para a elaboração dos modelos de análise Fusion.

4.3.2 –Ciclo Brainstorming do Processo IPAIA Instanciado para o Domínio de Engenharia Reversa

Esse ciclo trata do contato entre o *engenheiro de conhecimento* e os *especialistas do domínio*. É de extrema importância, principalmente se na primeira fase do processo IPAIA instanciado, o *engenheiro de conhecimento* não obteve conhecimento suficiente para elaborar o *Léxico do Domínio de Aplicação* (LDA), o *Diagrama do Domínio de Aplicação* (DDA) e o *Quadro de Descrição das Principais Funções* (QDPF), apresentados na Fase 1. Sendo assim, esse ciclo será útil para completar e/ou confirmar o LDA, DDA e QDPF com as informações fornecidas pelos *especialistas do domínio* durante a sessão de *aquisição de conhecimento*, e para elaborar o chamado *Quadro Consensual* onde são descritas as operações que um

sistema inserido nesse domínio deveria ter e seus respectivos itens de entrada e saída. Além disso, no *Quadro Consensual*, pode-se descrever comentários, entre chaves, a respeito de operações, itens de entrada e saída que não foram implementados no sistema, mas foram previstos para a implementação de uma versão futura desse sistema.

Para a *aquisição de conhecimento* é utilizada a técnica *brainstorming*, pois deseja-se obter conhecimento de âmbito geral a partir de diversos *especialistas do domínio*, já que um especialista pode ter especialidade somente em um pequeno subconjunto de tarefas que o sistema deveria ter, não cobrindo as outras áreas de funcionalidade do sistema.

A Figura 4.5 sintetiza os passos do *ciclo brainstorming* para a *aquisição de conhecimento*, os quais são descritos, detalhadamente, a seguir.

FIGURA 4.5 –CICLO BRAINSTORMING DO PROCESSO DE AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO IPAIA INSTANCIADO

CICLO BRAINSTORMING - Preparação da Sessão de Brainstorming: nessa fase são selecionados os membros que participarão da sessão de *brainstorming* e é elaborado um plano para auxiliar o *engenheiro de conhecimento* a conduzir a sessão de *brainstorming*.

Atividade 2.1 – Selecionar os membros que participarão da sessão de *brainstorming*: o *engenheiro de conhecimento*, os *especialistas do domínio* e os possíveis anotadores/assistentes.

O *engenheiro de conhecimento* deverá selecionar dentre os possíveis *especialistas do domínio*, selecionados na Fase1 do processo, aqueles que realmente participarão da sessão. Essa seleção deve levar em consideração alguns problemas que normalmente ocorrem quando uma sessão de *brainstorming* é conduzida, além dos problemas referentes à *aquisição de conhecimento* propriamente dita. Esses problemas são sociais, tais como um grupo de pessoas que não contradizem seus superiores, pessoas que não dão sua opinião por temer "olhares negativos" de outros, pessoas com personalidade autoritária que dominam o grupo, etc. Por isso, devem ser escolhidos os *especialistas do domínio* considerados indivíduos democráticos direcionados aos objetivos do grupo (Wilson, 1999).

Também poderão fazer parte dos membros que participarão da sessão dois anotadores/assistentes que anotarão tudo o que está ocorrendo durante a sessão.

Atividade 2.2 – Elaborar um *plano* para orientação durante a sessão de *brainstorming*. No Quadro 4.2 é apresentada a estrutura do *plano* para conduzir essa sessão. O *plano* é composto por uma *introdução* na qual é relatado o seu objetivo, por descrições referentes ao *gerenciamento* (local, data e horário da sessão, nome dos membros participantes da sessão, tempo de duração), pela definição das *tarefas* a serem executadas, por um *cronograma* e por descrições de *recursos* a serem utilizados para a execução do *plano*. Esse plano deve ser entregue, com pelo menos dois dias de antecedência, para todos os participantes da sessão.

CICLO BRAINSTORMING - Aquisição do Conhecimento: nessa fase o *plano* para a sessão de *brainstorming*, elaborado anteriormente, é colocado em prática para se adquirir conhecimento de âmbito geral a respeito do domínio da aplicação. O *engenheiro de conhecimento* deve exercer a função de moderador durante a *aquisição de conhecimento*: deve ponderar as discussões, não deixar ninguém interromper quando um dos *especialistas do domínio* estiver com a palavra, deve limitar o tempo para que cada um exponha suas informações. Deve, também, esclarecer algumas regras de *brainstorming* aos Especialistas de Domínio: esses não devem se preocupar como o modo de se expressar (escolher palavras), não devem limitar suas informações mesmo que achem que estas sejam redundantes (não se pode descartar a possibilidade de que, em meio a palavras, haja alguma informação importante que ainda não foi dita), não devem criticar, validar ou julgar as informações

fornecidas por qualquer um dos *especialistas do domínio* (Bouchard, 1999), (Kci, 1999), (Osborne, 1999);

QUADRO 4.2 – ESTRUTURA DO PLANO PARA A SESSÃO DE BRAINSTORMING

PLANO PARA A SESSÃO DE BRAINSTORMING

1 Introdução: o objetivo deste plano é orientar o *engenheiro de conhecimento* a conduzir uma sessão de *brainstorming*;

2 Gerenciamento: nesse item devem ser identificados o local, a data e horário onde ocorrerá a sessão, o nome do *engenheiro de conhecimento* e dos anotadores/assistentes, o tempo de duração da sessão, o nome dos *especialistas do domínio* e a meta da sessão.

Local da Sessão: <local físico onde ocorrerá a sessão>

Data da Sessão: <dd/mm/aa>

Horário: <hh:mm>

Engenheiro de Conhecimento: <nome>

Anotadores/Assistentes: <nome>

Tempo Total: <duração da sessão de aquisição de conhecimento>

Especialistas do Domínio/Fonte de Conhecimento: <nome do(s) especialista(s)>

Meta da Sessão: obter conhecimento de âmbito geral sobre o domínio da aplicação, incluindo as principais funcionalidades que um sistema desse tipo deveria ter, a fim de completar e/ou confirmar o *Léxico do Domínio da Aplicação* (LDA), o *Diagrama do Domínio da Aplicação* (DDA) e o *Quadro de Descrição das Principais Funções* (QDPF), e elaborar o *Quadro Consensual*.

3 Tarefas:

3.1 O *engenheiro de conhecimento* deve deixar claro o motivo da participação de cada *especialista do domínio*, motivando-os e deixando-os à vontade para que a sessão transcorra de forma efetiva. Além disso, deve deixar claro o seu papel durante a sessão e o papel dos anotadores/assistentes que devem registrar as informações relatadas tão logo apresentadas;

Caso, na Fase I do Processo de Aquisição de Conhecimento IPAIA, tenha sido obtida informação suficiente para elaborar o LDA, DDA e QDPF, deve-se utilizar o *brainstorming estruturado*. Caso contrário, utilizar o *brainstorming desestruturado* seguido do *estruturado* (Yagiz, 1999).

Brainstorming Desestruturado:

Os *especialistas do domínio* devem expor suas informações referentes às funcionalidades que o sistema deveria ter, do modo como elas vêm à mente. Isso significa que não há momento determinado para cada um se manifestar. Esse método necessita do papel de moderador por parte do *engenheiro de conhecimento* para que esse reforce as regras, quando necessário, e todos os membros tenham oportunidade de falar;

Brainstorming Estruturado:

3.2 Levantar uma das funcionalidades considerando o *Quadro de Descrição das Principais Funções*;

3.3 Solicitar que cada *especialista* exponha seu conhecimento a respeito da função levantada, enfatizando os itens de entrada necessários para a execução dessa função e os itens de saída, não esquecendo de comentar sobre funcionalidades, itens de entrada e saída que não foram implementados no sistema, mas foram previstos para a implementação de uma versão futura desse sistema;

3.4 Repetir as tarefas 3.2 e 3.3 até que todas as funcionalidades identificadas tenham sido discutidas;

3.5 Verificar se existe alguma função que foi obtida durante o *brainstorming desestruturado* (se este foi realizado) que ainda não tenha sido definida no *Quadro de Descrição das Principais Funções*;

3.6 Repetir a tarefa 3.3 para as novas funções identificadas, se existirem;

3.7 Depois que cada *especialista* expôs seu conhecimento, aqueles que quiserem complementar algo, poderão fazê-lo.

4 Cronograma: é importante a elaboração de um cronograma para melhor utilizar o tempo de modo a não atrapalhar o cotidiano dos *especialistas do domínio*. Deve ser estipulado um tempo máximo para que cada atividade;

5 Recursos: preparar o local selecionado dispondo as cadeiras de forma circular, para que todos se vejam. Distribuir papel e caneta a todos os membros da sessão para anotações. Se no local houver uma mesa onde todos possam se posicionar em forma circular, ótimo; caso não haja mesa, serão necessárias pranchetas que servirão de apoio para escrever.

CICLO DE BRAINSTORMING - Implementação do Conhecimento: nessa fase o *engenheiro de conhecimento* deve transcrever as anotações realizadas pelos anotadores/assistentes ou por ele próprio. Caso o *Léxico do Domínio da Aplicação* (LDA), o *Diagrama do Domínio da Aplicação* (DDA) e o *Quadro de Descrições das Principais Funções* (QDPF) estejam completos, as informações desses devem ser confirmadas. Caso contrário, o LDA, DDA e QDPF devem ser complementados. A seguir, deve ser elaborado um *Quadro Consensual* (Quadro 4.3) composto pelas operações que o sistema deveria ter e pelos seus respectivos itens de entrada e de saída. Esse quadro não contém informações redundantes e informações semelhantes estão agrupadas.

QUADRO 4.3 – QUADRO CONSENSUAL

Operações	Itens de Entrada	Itens de Saída
<operação 1>	<itens de entrada p/ op 1>	<itens de saída da op 1>
<operação 2>	<itens de entrada p/ op 2>	<itens de saída da op 2>

CICLO BRAINSTORMING - Avaliação do Conhecimento: nessa fase o conhecimento adquirido deve ser verificado e validado. A verificação do conhecimento refere-se à confiabilidade de representação, ou seja, é necessário averiguar se o conhecimento adquirido está representado corretamente (sintática e semanticamente) no *Quadro Consensual*. A validação refere-se à confiabilidade conceitual e é realizada por meio de uma inspeção (Andert, 1999). Essa inspeção é realizada junto aos *especialistas do domínio* a fim de checar a consistência e completude do conhecimento conceitual do domínio adquirido.

Se o conhecimento adquirido referente ao domínio da aplicação não estiver completo, executa-se um outro *ciclo brainstorming*, caso contrário, armazena-se o LDA, DDA, QDPF e o *Quadro Consensual* na base de conhecimento e inicia-se o *ciclo rastreamento de processo*.

4.3.3 –Ciclo Rastreamento de Processo do Processo IPAIA Instanciado para o Domínio de Engenharia Reversa

O conhecimento obtido na sessão de *brainstorming* pode estar além do que o sistema a ser analisado realmente faz - já que se trata do conhecimento do domínio. No *ciclo rastreamento de processo* será obtido conhecimento específico sobre o sistema analisado.

Nesse ciclo o *engenheiro de conhecimento* adquire conhecimento de usuários do sistema observando os procedimentos de uso do sistema analisado, a fim de elaborar o *Quadro Consensual Específico do Sistema Analisado* e o *Diagrama de Sequência de*

Operações. Para adquirir o conhecimento, é utilizada a técnica de *rastreamento de processo* (McGraw & Briggs, 1989), na qual o usuário “*pensa alto*” durante a utilização do sistema, em um caso hipotético ou real, enquanto o *engenheiro de conhecimento* registra o que está acontecendo.

A Figura 4.6 mostra os passos seguidos durante o *ciclo rastreamento de processo* para a *aquisição de conhecimento*, os quais são descritos, detalhadamente, a seguir.

FIGURA 4.6 – CICLO RASTREAMENTO DE PROCESSO DO PROCESSO DE AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO IPAIA INSTANCIADO

CICLO RASTREAMENTO DE PROCESSO - Preparação da Sessão de Rastreamento de Processo: nessa fase são selecionados alguns usuários do sistema para deles ser adquirido conhecimento e é elaborado um *plano* de apoio para a sessão de *rastreamento de processo*.

Atividade 2.1 - Selecionar os membros que participarão da sessão de *rastreamento de processo*: o *engenheiro de conhecimento* e os usuários do sistema.

Atividade 2.2 - Elaborar um *plano* para servir de orientação durante a sessão de *rastreamento de processo*. O Quadro 4.4 apresenta a estrutura desse *plano*.

QUADRO 4.4 – ESTRUTURA DO PLANO PARA AS SESSÕES DE RASTREAMENTO DE PROCESSO**PLANO PARA AS SESSÕES DE RASTREAMENTO DE PROCESSO**

1 Introdução: o objetivo deste plano é orientar o *engenheiro de conhecimento* a conduzir uma sessão de rastreamento de processo.

2 Gerenciamento: devem ser identificados o local, a data, o horário e o tempo de duração de cada sessão, o nome do *engenheiro de conhecimento* e dos usuários, e a meta da sessão.

Engenheiro de Conhecimento: <nome>

Meta da Sessão: obter conhecimento a respeito das funcionalidades do sistema, dos itens de entrada e saída de cada operação, da sequência das operações e da sequência dos itens de cada operação, observando o uso desse sistema por cada um dos usuários, em um caso hipotético ou real, para elaborar o *Quadro Consensual Específico do Sistema Analisado* e o *Diagrama de Sequência de Operações*.

Local da Sessão	Data da Sessão	Horário da Sessão	Tempo Total	Usuário/Fonte de Conhecimento
<local física onde ocorrerá a sessão>	<dd/mm/aa>	<hh:mm>	<duração da sessão>	<nome do usuário do sistema>

3 Tarefas:

3.1 O engenheiro de conhecimento deve dizer ao usuário que o observará enquanto utiliza o sistema. Também, deve deixar claro o propósito da sessão expondo a importância do conhecimento a ser adquirido no momento da utilização do sistema por parte do usuário;

3.2 Durante a utilização do sistema em um caso hipotético ou real, o usuário deve "pensar alto", ou seja, relatar verbalmente todos os passos tomados. É importante que o usuário fale pausadamente cada passo tomado, como se estivesse explicando o sistema a um novo usuário.

3.3 O engenheiro de conhecimento, por sua vez, deve observar e registrar todos os passos do procedimento do usuário ao utilizar o sistema, considerando principalmente:

- As operações efetuadas pelo usuário e a descrição informal de cada uma delas;
- As pré-condições para que cada operação possa ser executada;
- Os itens de entrada para a execução de cada operação, identificando entre esses itens de entrada quais são os campos chaves (parâmetros da operação, aqueles os quais outros campos dependem);
- Os itens de saída decorrentes da execução de cada operação;
- A sequência de ocorrência das operações;
- A sequência de ocorrência dos itens de entrada e saída em cada operação;
- As opções dos menus do sistema;

4 Cronograma: deve ser estipulado um tempo máximo para o uso hipotético do sistema;

5 Recursos: no local onde ocorrerá a sessão deve haver um micro com o software instalado e com todos os periféricos necessários para a simulação de um caso hipotético ou real. É importante que o usuário não seja interrompido, para que não haja bloqueios na sua lógica de raciocínio.

CICLO RASTREAMENTO DE PROCESSO - Aquisição do Conhecimento: nessa fase o *plano* para a sessão de *rastreamento de-processo*, elaborado anteriormente, é colocado em prática para se adquirir conhecimento específico referente às operações do sistema, seus respectivos itens de entrada e de saída, a sequência de operações e a sequência de ocorrência dos itens de entrada e saída em cada operação. Durante essa fase, o *engenheiro de conhecimento* somente observará o usuário no uso do sistema, evitando interrompê-lo para questionamentos. Esse plano será aplicado, individualmente, a todos os usuários selecionados.

CICLO RASTREAMENTO DE PROCESSO - Implementação do Conhecimento: nessa fase o *engenheiro de conhecimento* deve transcrever, num quadro semelhante ao *Quadro Consensual*, chamado *Quadro Consensual Específico do Sistema Analisado*, o que registrou durante a sessão, organizando esse conhecimento de forma a excluir as redundâncias. Isso deve ser feito para cada sessão aplicada a cada usuário selecionado e por fim, a partir desses quadros consensuais, deve ser elaborado um único *Quadro Consensual Específico do Sistema Analisado*.

Na primeira coluna do *Quadro Consensual Específico do Sistema Analisado* colocam-se as operações e uma breve descrição informal de cada uma delas escrita entre parênteses. Na segunda coluna colocam-se os itens de entrada; nessa coluna os itens de entrada são apresentados em ordem de ocorrência. Se existirem opções relacionadas a um único item de entrada (múltipla escolha), essas opções devem ser representadas entre parênteses logo a seguir do item de entrada. Os campos chaves de cada operação devem ser sublinhados na coluna "Itens de Entrada". Na terceira coluna colocam-se os itens de saída que também devem ser ordenados de acordo com a ocorrência. Para representar a sequência dos possíveis itens de saída em relação aos itens de entrada, na coluna "Itens de Entrada" deverá ser inserido um número correspondente ao item de saída na coluna "Itens de Saída". Se o item de saída for uma mensagem deve ser antecedido pela sigla "msg". Quando uma mensagem tiver uma característica de ocorrência alternativa, ou seja, ocorre somente em determinadas situações, há duas alternativas: se há inibição da ocorrência de outro(s) item (itens) de saída, devido à ocorrência dessa mensagem, então (1) na coluna "Itens de Saída" deve aparecer a mensagem separada desse(s) item (itens) de saída por intermédio de um ponto e vírgula (;) ou então (2) essa mensagem deve ser acompanhada da palavra "opcional" entre parênteses. Na quarta coluna colocam-se as pré-condições necessárias para que a operação possa ser executada. Qualquer comentário inserido nesse quadro deve ser representado entre chaves { }. Um exemplo é mostrado no Quadro 4.5.

QUADRO 4.5 – QUADRO CONSENSUAL ESPECÍFICO DO SISTEMA ANALISADO (EXEMPLO)

Operações	Itens de Entrada	Itens de Saída	Pré-Condições
Inserir cliente (Cadastra dados do cliente)	CIC, 1, nome do cliente, endereço, telefone, RG, data de nascimento, 2	1. msg “Cliente já está cadastrado.” (opcional) 2. msg “Deseja incluir cliente?”	
Alterar cliente (Altera os dados referentes a um cliente)	CIC, 1, nome do cliente, endereço, telefone, RG, data de nascimento, 2	1. msg “Cliente não cadastrado”; nome do cliente, endereço, telefone, RG, data de nascimento 2. msg “Deseja alterar o cliente?”	
Excluir cliente (Apaga os dados referentes a um cliente)	CIC, 1	1. msg “Deseja excluir o cliente?”	Cliente deve estar cadastrado

A seqüência das operações será representada num diagrama denominado *Diagrama de Seqüência de Operações* (Figura 4.7). As opções dos menus do sistema serão representadas como operações dos primeiros níveis do *Diagrama de Seqüência de Operações*. Os círculos representam as operações e as setas orientadas representam a seqüência de ocorrência entre as operações. Quando as operações estão delimitadas por um quadro pontilhado, isso significa que elas podem ocorrer iterativamente. A numeração das operações é um auxílio para identificar quando uma operação de nível superior possui um nível inferior. Por exemplo, a <op4> é desmembrada em <op4.1>, <op4.2> e <op4.3>. Quando de uma operação despontam várias setas, isso significa que a ocorrência das operações apontadas por essas setas é alternativa, mas essas operações só podem ocorrer se precedidas pela execução da operação de onde despontou a seta. Quando de uma operação desponha somente uma seta, isso significa obrigatoriedade na seqüência de operações. Quando as operações estão interligadas por uma seta bidirecional, isso significa que essas operações podem ocorrer em paralelo.

FIGURA 4.7 –DIAGRAMA DE SEQÜÊNCIA DE OPERAÇÕES

No Quadro 4.6 são apresentadas as representações utilizadas para elaborar o Diagrama de Seqüência e seus respectivos significados.

QUADRO 4.6 – REPRESENTAÇÕES E SIGNIFICADOS DO DIAGRAMA DE SEQÜÊNCIA DE OPERAÇÕES

Representação	Significado
Operações
Seqüência de operações
(1) As operações k, z, w deverão ocorrer logo após a operação x (de onde despontam as setas) e (2) As operações k, z, w podem ocorrer alternadamente;
Obrigatoriedade na seqüência entre as operações, ou seja, a operação w só poderá ser executada se a z for executada anteriormente e por sua vez, a z só poderá ser executada se a x for executada anteriormente;
As operações z e w podem ocorrer iterativamente e alternadamente;
As operações x e w podem ocorrer em paralelo;

Um exemplo do uso do Diagrama de Seqüência de Operações é mostrado na Figura 4.8. Esse exemplo refere-se a um subsistema que trata do cadastro de produtos, consultas e relatórios desses produtos. A opção *cadastrar_produtos* engloba *inserir_produtos*, *alterar_produtos* ou *excluir_produtos*.

FIGURA 4.8 –DIAGRAMA DE SEQÜÊNCIA DE OPERAÇÕES (EXEMPLO)

CICLO RASTREAMENTO DE PROCESSO - Avaliação do Conhecimento: nessa fase o conhecimento adquirido deve ser verificado e validado. Para isso, o *engenheiro de conhecimento* deve averiguar o fator confiabilidade de representação (a corretude sintática e semântica tanto do *Quadro Consensual Específico do Sistema Analisado*, quanto do *Diagrama de Seqüência de Operações*) e o fator confiabilidade conceitual. Para averiguar a confiabilidade conceitual o *engenheiro de conhecimento* pode utilizar o sistema com a finalidade de conferir a consistência e completude do conteúdo representado no *Quadro Consensual Específico do Sistema Analisado* e no *Diagrama de Seqüência de Operações*.

Se o conhecimento obtido não estiver completo, executa-se um outro *ciclo rastreamento de processo*; caso contrário, inicia-se o *ciclo entrevista estruturada*.

4.3.4 – Ciclo Entrevista Estruturada do Processo IPAIA Instanciado para o Domínio de Engenharia Reversa

Nesse ciclo as dúvidas anotadas pelo *engenheiro de conhecimento* devem ser esclarecidas. Uma das formas de se identificar essas dúvidas é comparando o *Quadro Consensual* com o *Quadro Consensual Específico do Sistema Analisado*. As operações e os itens de entrada e de saída do *Quadro Consensual* que não estão implementados no sistema, mas foram previstos para uma versão futura desse sistema possuem um comentário anotado durante o(s) *ciclo(s) brainstorming* e não precisam ser questionados. Com isso, otimiza-se o tempo e o esforço que poderia ser gasto no(s) *ciclo(s) entrevista estruturada*, uma vez que, a ausência desse tipo de comentário levaria à possíveis dúvidas a serem questionadas.

No *ciclo de entrevista estruturada* o *engenheiro de conhecimento* fará contato com todos os usuários que participaram das sessões de *rastreamento de processo*, pois é necessário obter conhecimento mais detalhado a respeito das operações do sistema,

principalmente, da sequência das operações e dos itens de entrada e saída de cada operação a fim de esclarecer as dúvidas em relação ao conhecimento já adquirido; para isso, é utilizada a técnica de *entrevista estruturada*. Algumas questões podem surgir a partir da análise das diferenças entre o *Quadro Consensual* e o *Quadro Consensual Específico do Sistema Analisado* (QCESA) e a partir dos comentários existentes no QCESA. Em suma, as questões que fazem parte da entrevista estão direcionadas ao esclarecimento das possíveis dúvidas existentes e à verificação da completude do conhecimento.

A Figura 4.9 mostra os passos que devem ser seguidos durante o *ciclo entrevista estruturada*, os quais são descritos, detalhadamente, a seguir.

FIGURA 4.9 – CICLO ENTREVISTA ESTRUTURADA DO PROCESSO DE AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO IPAIA INSTANCIADO

CICLO ENTREVISTA ESTRUTURADA - Preparação da Sessão de Entrevista Estruturada: nessa fase são selecionados os membros que participarão da sessão e é elaborado um *plano* para auxiliar o *engenheiro de conhecimento* a conduzir a sessão de *entrevista estruturada*.

Atividade 2.1 - Selecionar os membros que participarão da sessão de entrevista desestruturada: o *engenheiro de conhecimento* que fará o papel de entrevistador e anotador, e os usuários participantes da sessão de *rastreamento de processo* que serão entrevistados um por vez;

Atividade 2.2 – Elaborar um *plano* para orientar a condução da sessão de *entrevista estruturada*. O Quadro 4.7 mostra a estrutura do *plano* para conduzir essa sessão. O usuário pode utilizar o sistema ao ser entrevistado para ter maior segurança ao responder o que lhe for questionado sobre o sistema.

QUADRO 4.7 – ESTRUTURA DO PLANO PARA AS SESSÕES DE ENTREVISTA ESTRUTURADA

PLANO PARA AS SESSÕES DE ENTREVISTA ESTRUTURADA				
<p>1 Introdução: o objetivo deste plano é orientar o <i>engenheiro de conhecimento</i> a conduzir uma sessão de <i>entrevista estruturada</i>.</p>				
<p>2 Gerenciamento: devem ser identificados o local, a data, horário e o tempo de duração de cada sessão, o nome do <i>engenheiro de conhecimento</i> e os nomes dos entrevistados.</p> <p>Engenheiro de Conhecimento: <nome></p> <p>Meta da Sessão: questionar sobre a sequência das operações, sobre a sequência dos itens de entrada e saída de cada operação, entre outros detalhes sobre as funcionalidades do sistema a fim de eliminar as dúvidas existentes e completar e/ou confirmar a conhecimento adquirido.</p>				
Local da Sessão	Data da Sessão	Horário da Sessão	Tempo Total	Entrevistado/Fonte de Conhecimento
<local físico onde ocorrerá a sessão>	<dd/mm/aa>	<hh:mm>	<duração da entrevista>	<nome do entrevistado>
<p>3 Tarefas:</p> <p>3.1 Deve ser exposta, a cada entrevistado, a importância de suas informações.</p> <p>3.2 Deve ser questionado o <i>porquê</i> das diferenças entre o <i>Quadro Consensual</i> e o <i>Quadro Consensual Específico do Sistema Analisado</i> (QCESA). Elas ocorrem: (1) devido ao esquecimento de alguma funcionalidade ou (2) devido ao fato da funcionalidade estar embutida em alguma função maior ou ainda (3) devido ao fato do sistema não estar completo?</p> <p>3.3 Baseado no QCESA o <i>engenheiro de conhecimento</i> vai questionando o usuário e verificando se o conhecimento existente no QCESA está realmente correto. Entre as questões incluem-se:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quais são as operações disponíveis no sistema? E qual é a sequência de execução dessas operações? • Quais são os itens de entrada de cada uma das operações apontadas anteriormente, e quais são os respectivos itens de saída (possíveis respostas do sistema aos itens de entrada)? • Quais são os campos chaves de cada operação? • Qual a sequência de ocorrência dos itens de entrada e saída em cada operação? • Questionar a respeito de operações que pertencem ao QCESA e que não foram comentadas durante a entrevista pelo usuário. <p>Conforme o entrevistado vai respondendo, algumas questões relacionadas às diferenças existentes entre o <i>Quadro Consensual</i> e o QCESA e aos comentários existentes no QCESA poderão ser eliminadas e outras poderão surgir.</p>				
<p>4 Cronograma: deve ser estipulado um tempo para cada entrevistado responder as questões.</p>				
<p>5 Recursos: o local selecionado para a entrevista deve ser isolado de quaisquer outras pessoas que não façam parte da sessão, para que não haja interferência na lógica de raciocínio do usuário. O usuário pode sentir mais firmeza em suas respostas se estiver utilizando o sistema, sendo assim, é importante ter todo o equipamento disponível.</p>				

CICLO ENTREVISTA ESTRUTURADA - Aquisição do Conhecimento: nessa fase o *plano* para a sessão de *entrevista estruturada*, elaborado na etapa anterior, é colocado em prática a fim de se conhecer mais detalhes sobre as operações do sistema (seqüência de operações, itens de entrada e saída, seqüência dos itens de entrada e saída em cada operação) para serem esclarecidas as dúvidas existentes relacionadas ao conhecimento já adquirido e completado e/ou confirmado o conhecimento já adquirido.

CICLO ENTREVISTA ESTRUTURADA - Implementação do Conhecimento: nessa fase o conhecimento adquirido é representado no *Quadro Consensual Específico do Sistema Analisado* e no *Diagrama de Seqüência de Operações* com o objetivo de complementá-los.

CICLO ENTREVISTA ESTRUTURADA - Avaliação do Conhecimento: nessa fase o conhecimento é verificado tanto no *Quadro Consensual Específico do Sistema Analisado* quanto no *Diagrama de Seqüência de Operações* pelo *engenheiro de conhecimento*. Isso é realizado checando a corretitude sintática e semântica da representação do conhecimento.

Se as dúvidas ainda não foram esclarecidas e/ou as informações não foram confirmadas e/ou não estão completas, inicia-se um outro *ciclo entrevista estruturada*.

Quando finalizado o *ciclo entrevista estruturada*, armazena-se o *Quadro Consensual Específico do Sistema Analisado* e o *Diagrama de Seqüência de Operações* na base de *conhecimento*. Nesse ponto ocorre um momento de questionamento sobre a continuidade do processo de *engenharia reversa* no sistema – *checkpoint*.

CHECKPOINT: ponto no qual o patrocinador decide pela continuidade, ou não, da *engenharia reversa* do sistema. Como subsídio para essa decisão o *engenheiro de conhecimento* fornece ao patrocinador o *Quadro Consensual* (armazena conhecimento referente às características que um sistema em tal domínio deveria possuir) e o *Quadro Consensual Específico do Sistema Analisado* (armazena conhecimento referente às características que o sistema possui) evidenciando as diferenças entre esses quadros. Nesse momento, o patrocinador tem condições de averiguar como utilizar, efetivamente, o conhecimento armazenado na base:

- aplicando as diretrizes e utilizando os modelos funcionais produzidos, mesmo que parcialmente;
- descartando a aplicação das diretrizes numa situação onde decide-se pela reconstrução do sistema. Nesse caso, pode-se aproveitar o *Quadro Consensual* para a criação do documento de requisitos (ponto de partida para a construção de um novo sistema).

4.4 – Considerações Finais

Neste capítulo foram apresentadas as fases do Processo de Aquisição de Conhecimento *IPAIA* que pode ser utilizado em qualquer domínio de conhecimento.

Também foi apresentada uma instância do processo *IPAIA* para o domínio de *engenharia reversa*, incluindo as técnicas de *aquisição de conhecimento* utilizadas e os planos para as sessões de *aquisição de conhecimento*, entre outros elementos pertinentes ao processo.

As diretrizes para a utilização do conhecimento, armazenado na base, na elaboração dos modelos funcionais serão apresentadas no próximo capítulo.

CAPÍTULO 5 – DIRETRIZES PARA A UTILIZAÇÃO DA BASE DE CONHECIMENTO

5.1 – Considerações Iniciais

Neste capítulo são apresentadas as diretrizes que auxiliam a utilizar o conhecimento, armazenado na *base de conhecimento*, na elaboração dos modelos de análise Fusion.

5.2– Diretrizes para a Utilização da Base de Conhecimento na Elaboração dos Modelos de Análise Fusion

Os conhecimentos adquiridos durante a aplicação do Processo de Aquisição de Conhecimento IPAIA, instanciado para o domínio de *engenharia reversa*, alimentam uma *base de conhecimento*, sendo que esses conhecimentos estão representados nos chamados *Quadro Consensual Específico do Sistema Analisado* e *Diagrama de Seqüência de Operações*.

A proposta deste trabalho foi a de utilizar uma *base de conhecimento* para auxiliar na construção dos modelos de análise Fusion: *modelo de ciclo de vida*, *modelo de operações* e *modelo de objetos*. Percebeu-se, porém, que para construir o *modelo de objetos* é necessário também informações retiradas do código fonte, ou seja, não é possível recuperar o *modelo de objetos* de um sistema apenas a partir da interface e de informações do domínio. Nesse caso,

o modelo recuperado seria o ideal e não o real - podendo ser útil numa possível *reengenharia* do sistema ou na reconstrução de um novo sistema. Sendo assim, foram somente criadas diretrizes para a utilização da *base de conhecimento* na elaboração do *modelo de ciclo de vida* e do *modelo de operações*.

5.2.1 – Diretrizes para a Elaboração do Modelo de Ciclo de Vida

A partir do *Diagrama de Seqüência de Operações* são obtidos os conhecimentos que auxiliarão a elaboração do primeiro nível (o principal) do *modelo de ciclo de vida* e dos demais níveis, até ser atingido o nível anterior ao nível de detalhamento das operações. O Quadro 5.1 mostra alguns exemplos de como interpretar as possíveis representações do *Diagrama de Seqüência de Operações* para elaborar o *modelo de ciclo de vida* Fusion.

QUADRO 5.1 – EXEMPLOS DE TRADUÇÃO DO DIAGRAMA DE SEQÜÊNCIA DE OPERAÇÕES PARA MODELO DE CICLO DE VIDA

	Representação no Diagrama de Seqüência de Operações	Modelo de Ciclo de Vida
1	<p>Cadastrar Cliente</p> <p>Consultar_ Cliente</p>	<p>Lifecycle SCC = Cadastrar_Cliente . Consultar_Cliente</p>
2	<p>Cadastrar Cliente</p> <p>Consultar_ Cliente</p> <p>Gerar_ Relatórios</p>	<p>Lifecycle SCC = Cadastrar_Cliente . (Consultar_Cliente Gerar_Relatórios)</p>
3	<p>Cadastrar Cliente</p> <p>Consultar_ Cliente</p> <p>Gerar_ Relatórios</p>	<p>Lifecycle SCC = Cadastrar_Cliente . Consultar_Cliente Gerar_Relatórios</p>

QUADRO 5.1 – EXEMPLOS DE TRADUÇÃO DO DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA DE OPERAÇÕES PARA MODELO DE CICLO DE VIDA (CONT.)

	Representação no Diagrama de Sequência de Operações	Modelo de Ciclo de Vida
4		Cadastrar_Cliente = Inserir_Cliente (Alterar_Cliente Excluir_Cliente) *

No *exemplo 1*, da operação *cadastrar_cliente* parte somente uma seta demonstrando que há obrigatoriedade na sequência dessa operação. No *exemplo 2*, da operação *cadastrar_cliente* partem duas setas representando que as operações *consultar_cliente* e *gerar_relatórios* poderão ocorrer depois da operação *cadastrar_cliente* e de forma alternada. O fato de existir uma seta bidirecional entre as operações *consultar_cliente* e *gerar_relatórios* (*exemplo 3*) simboliza a possibilidade de paralelismo entre essas operações, ou seja, elas podem ocorrer de forma independente e em qualquer ordem – pode estar sendo realizada uma consulta de cliente em um terminal e sendo gerados relatórios em outro terminal. Quando há a presença da seta bidirecional no diagrama é anulada a propriedade referente à alternância das operações apontadas por setas vindas da mesma operação. No *exemplo 3*, da operação *cadastrar_cliente* partem duas setas que deveriam indicar alternância entre as operações *consultar_cliente* e *gerar_relatórios*, mas devido à existência da seta bidirecional essa propriedade é anulada. No *exemplo 4*, o fato das operações estarem numeradas representa o desmembramento da operação em um nível inferior, nesse caso, *cadastrar_cliente* é desmembrada em *inserir_cliente*, *alterar_cliente* e *excluir_cliente*. Da operação *inserir_cliente* partem duas setas representando alternância entre as operações *alterar_cliente* e *excluir_cliente*. O fato das operações estarem contornadas por um retângulo pontilhado representa possibilidade de iteração entre elas.

Para elaborar as expressões das operações do nível mais inferior do *Diagrama de Sequência de Operações* - onde são descritos seus elementos (itens de entrada), as possíveis respostas do sistema a esses elementos (itens de saída) e as pré-condições existentes para que a operação possa ser executada - serão utilizados os conhecimentos representados no *Quadro Consensual Específico do Sistema Analisado*;

1. Os itens de entrada da operação já estão em ordem de ocorrência, sendo assim, deve-se somente transpô-los para a expressão do ciclo de vida utilizando a devida notação. Se houver opções entre parênteses relacionadas a um único item de entrada essas serão representadas no ciclo de vida como opcionais;

2. Quando na sequência dos itens de entrada existir um número significa que, logo após um determinado evento de entrada, há uma resposta do sistema; olhar para a coluna *Itens de Saída* e associar esse número ao respectivo evento de saída;

3. Se no mesmo item de saída existir uma mensagem separada por um ponto e vírgula (;) de outros itens de saída significa que, após a ocorrência de determinado item de entrada pode haver ocorrência ou da mensagem ou dos outros itens de saída;

4. Se no item de saída a mensagem estiver acompanhada pela palavra “opcional” entre parênteses, isso significa que essa ocorrência é alternativa;

Por exemplo:

Operações	Itens de Entrada	Itens de Saída	Pré-Condições
Inserir cliente (Cadastra dados do cliente)	<u>CIC</u> , 1, nome do cliente, endereço, telefone, RG, data de nascimento, 2	1. msg “Cliente já está cadastrado.” (opcional) 2. msg “Deseja incluir cliente?”	Cliente não deve estar cadastrado
Alterar cliente (Altera os dados referentes a um cliente)	<u>CIC</u> , 1, nome do cliente, endereço, telefone, RG, data de nascimento, 2	1. msg “Cliente não cadastrado”; nome do cliente, endereço, telefone, RG, data de nascimento 2. msg “Deseja alterar o cliente?”	
Excluir cliente (Apaga os dados referentes a um cliente)	<u>CIC</u> , 1, 2	1. msg “Cliente não cadastrado.” (opcional) 2. msg “Deseja excluir o cliente?”	Cliente deve estar cadastrado
Verificar características do cliente	<u>CIC</u> , 1, características (bom cliente, assíduo de alguma filial), 2	1. msg “Cliente não cadastrado” (opcional) 2. características	

Inserir_cliente = CIC . [#msg_Cliente_já_cadastrado] . nome_do_cliente . endereço .

telefone . data_de_nascimento . #msg_Deseja_incluir_cliente

Alterar_cliente = CIC . (#msg_Cliente_não_cadastrado | (#nome_do_cliente . #endereço . #telefone .

#RG . #data_de_nascimento)) . nome_do_cliente . endereço . telefone .

data_de_nascimento . #msg_Deseja_alterar_cliente

Excluir_cliente = CIC . [#msg_Cliente_não_cadastrado] . #msg_Deseja_excluir_cliente

Verificar_características_cliente = CIC . [#msg_Cliente_não_cadastrado] . [bom_cliente] . [assíduo_filial] .

#características

5.2.2 – Diretrizes para a Elaboração do Modelo de Operações

A partir do *Quadro Consensual Específico do Sistema Analisado* são obtidos os conhecimentos utilizados para elaborar os esquemas do *modelo de operações*.

1. As cláusulas "*Operação*" e "*Descrição*" são retiradas da primeira coluna do quadro. "*Operação*" refere-se ao identificador único da operação e "*Descrição*" refere-se à descrição informal e concisa da operação que se encontra entre parênteses;
2. A cláusula "*Lê*" é retirada da coluna *Itens de Entrada* do quadro. Refere-se aos itens que podem ser acessados pela operação, mas não alterados por ela. Os itens de entrada considerados campos chaves (parâmetros da operação) encontram-se grifados no Quadro. Esses parâmetros são os precedidos pela palavra reservada **supplied** no modelo de operações;
3. A cláusula "*Altera*" também é retirada da coluna *Itens de Entrada* do quadro. É referente aos itens que podem ser acessados e alterados pela operação. Os parâmetros da operação - campos grifados no quadro - não fazem parte dessa cláusula. Para identificar os registros que estão sendo criados ou modificados em bases de dados, deve-se utilizar o procedimento indicado por Quinaia (1998), onde deve-se visualizar o diretório que contém os arquivos de dados através do comando DIR, com as opções /OD, que permitem ordenar os arquivos por data/hora de atualização. Esse procedimento deve ser executado antes de se executar determinada operação (mostrando o estado atual dos arquivos de dados) e depois dessa operação ser executada (notificando quais arquivos foram criados e/ou modificados). Quando é identificada a criação de um arquivo ou registro, utiliza-se a palavra reservada **new** precedendo o item referente a essa criação;
4. A cláusula "*Envia*" é retirada da coluna *Itens de Saída* do quadro. Essa cláusula faz referência aos itens que a operação deve enviar ao ser executada;
5. A cláusula "*Assume*" é retirada da coluna *Pré-Condições* do Quadro. Essa cláusula é referente às condições que devem ser satisfeitas para que a operação possa ser executada;
6. A cláusula "*Resultado*" é obtida por meio da análise das outras cláusulas do esquema (*Descrição*, *Lê*, *Altera*, *Envia* e *Assume*), isso significa que não é possível traduzi-la diretamente para o modelo de operações, é necessário inferência humana. Essa cláusula é referente a um algoritmo que descreve as pós-condições relacionadas ao estado do sistema após ser executada a operação.

5.3 – Considerações Finais

Neste capítulo foram apresentadas as diretrizes para auxiliar a utilização do conhecimento (armazenado na *base de conhecimento*) na elaboração do *modelo de ciclo de vida* e *modelo de operações Fusion*.

Os resultados da aplicação do Processo de Aquisição de Conhecimento *IPAIA*, instanciado para o domínio de *engenharia reversa*, e das diretrizes são apresentados em dois estudos de caso, no capítulo a seguir.

CAPÍTULO 6 – ESTUDOS DE CASO

6.1 – Considerações Iniciais

Neste capítulo são apresentados dois estudos de caso do Processo de Aquisição de Conhecimento *IPAIA*, instanciado para o domínio de *engenharia reversa*. O primeiro estudo de caso foi realizado com o intuito de melhorar o processo, já o segundo caso foi realizado com o intuito de avaliar o processo como um todo, ou seja, averiguar se a proposta do processo foi satisfatória (se com o conhecimento armazenado na *base de conhecimento* consegue-se construir os *modelos de ciclo de vida* e de *operações Fusion*).

O primeiro estudo de caso refere-se a um *Sistema de Chamadas Técnicas*, utilizado no CISC (Centro de Informática de São Carlos) – USP, que tem por objetivo controlar a transposição de verbas entre os departamentos das unidades da USP em troca de prestação de serviços.

O segundo estudo de caso refere-se a uma ferramenta de Geração de Sequência de Teste para sistemas baseados na técnica de Máquina de Estados Finito, denominada MGASET (Nakazato, 1995).

6.2 – Primeiro Estudo de Caso - Sistema de Chamadas Técnicas do CISC-USP

Nesse estudo de caso foram obtidos apenas os diagramas da *base de conhecimento*, visto que o objetivo do estudo foi o de testar o Processo de Aquisição de Conhecimento IPAIA instanciado.

6.2.1 – Fase 1 – Início do Processo de Aquisição de Conhecimento

A área de aplicação do sistema refere-se às chamadas técnicas solicitadas, principalmente, pelos departamentos das unidades USP. A visão geral do domínio de conhecimento foi obtida a partir de um usuário familiarizado com esse domínio e de um documento chamado *ficha de chamada técnica*. Essa visão geral é resultado da definição de termos chaves contidos nesse domínio (Tabela 6.1), seus relacionamentos (Figura 6.1) e principais funções (Quadro 6.1).

TABELA 6.1 – LÉXICO DO DOMÍNIO DA APLICAÇÃO -SCHT

Termo	Definição	Sinônimos
Atendente	Técnico responsável pelo atendimento da <u>chamada técnica</u> .	Técnico
Centro de Custo	Órgão responsável por pagar a chamada de serviço (ChT). O serviço pode estar em garantia ou podem existir contratos com empresas (é cobrado das empresas e não da unidade).	
Chamada Técnica	É um pedido para reparo ou instalação de algum <u>equipamento</u> que seja patrimônio de <u>departamentos</u> das <u>unidades</u> USP.	ChT
Defeito	Descrição do(s) defeito(s) que o <u>equipamento</u> apresenta.	
Departamento	Departamento ou Seção da <u>unidade</u> USP que solicita a chamada técnica.	Seção, Depto
Equipamento	Pode ser classificado como I (impressora) ou M (micro incluindo teclados, monitor, CPU, etc...)	Eqpto
Peças	Peças do <u>equipamento</u> que precisam ser trocadas.	
Unidade	Unidade da USP em que o <u>departamento</u> solicitante da chamada técnica pertence.	
Usuário	Funcionário que solicita a <u>chamada técnica</u> .	Funcionário
Visita	É o número da visita que o <u>técnico</u> fez; pode ser 1 (1ª visita) ou 2 (2ª visita).	

FIGURA 6.1 – DIAGRAMA DO DOMÍNIO DA APLICAÇÃO - SHT

QUADRO 6.1 - QUADRO DE DESCRIÇÃO DAS PRINCIPAIS FUNÇÕES - SHT

Função	Objetivo
Manutenção de chamadas técnicas	Inserção, Alteração e Exclusão de chamadas técnicas solicitadas pelos departamentos das unidades USP.
Manutenção de depts/seções	Inserção, Alteração e Exclusão de departamentos/seções das unidades USP.
Manutenção de funcionários (usuários)	Inserção, Alteração e Exclusão de funcionários dos departamentos da USP.
Manutenção de peças	Inserção, Alteração e Exclusão de peças componentes de um micro ou impressora (equipamento).
Manutenção de técnicos	Inserção, Alteração e Exclusão de técnicos.
Manutenção de unidades	Inserção, Alteração e Exclusão de unidades da USP e seus respectivos departamentos.
Relatórios	Relatórios referentes ao custo, para os Centros de Custo, dos serviços prestados; referentes às horas trabalhadas de cada técnico; referentes às chamadas técnicas atendidas; referentes às peças disponíveis, etc...

Foram selecionados dois membros para participarem das sessões de *aquisição de conhecimento*. Esses membros fizeram tanto o papel de *especialista do domínio* quanto o de usuários do sistema.

6.2.2 – Ciclo Brainstorming do Processo IPALA Instanciado para o Domínio de Engenharia Reversa

Nesse ciclo foi obtido conhecimento de âmbito geral sobre o domínio da aplicação, a partir de *especialistas do domínio*, incluindo as principais funcionalidades que um sistema inserido no contexto de controle de chamadas técnicas deveria ter.

CICLO BRAINSTORMING -- **Preparação da Sessão de Brainstorming:** nessa fase foram selecionados os dois membros da equipe de *aquisição de conhecimento* para participarem da sessão de *brainstorming*; também foi elaborado um *plano* para auxiliar na condução da sessão de *brainstorming*. Esse plano foi entregue a cada um dos participantes, com uma semana de antecedência da sessão, para que esses pudessem se preparar melhor (Quadro 6.2).

Durante essa fase, percebeu-se a necessidade de um estímulo maior para os participantes das sessões; assim, surgiu a idéia de incluir uma outra atividade na Fase 1 do processo: a de estimular os possíveis participantes das sessões de *aquisição de conhecimento* realizando uma palestra inicial que focalize o que é *aquisição de conhecimento*, sua importância para a organização, os principais conceitos relacionados à *aquisição de conhecimento* como *especialistas do domínio*, *engenheiro de conhecimento*, etc. Notou-se, também, a importância de um *patrocinador*, pessoa que deve ajudar a manter o compromisso nos momentos de dificuldades e deve garantir os recursos essenciais utilizados durante a *aquisição de conhecimento*.

CICLO BRAINSTORMING -- **Aquisição de Conhecimento:** nessa fase o plano elaborado anteriormente foi colocado em prática. O *engenheiro de conhecimento* fez o papel de moderador na sessão quando foi aplicado o *brainstorming desestruturado*, de modo que quando um estivesse se pronunciando e outro se lembrasse de algo para complementar, existisse ponderação e bom senso para dar a palavra a outro.

QUADRO 6.2 – PLANO PARA A SESSÃO DE BRAINSTORMING - SCHAT

PLANO PARA A SESSÃO DE BRAINSTORMING

1 Introdução: o objetivo deste plano é orientar na condução da sessão de *brainstorming*. (técnica utilizada para adquirir informações de um grupo de pessoas sobre determinado assunto).

2 Gerenciamento

Local da Sessão: Sala de Reuniões do CISC

Data da Sessão: 02/07/1999 Horário: 08:30 hs

Engenheiro de Conhecimento: Andrea Padovan Jubileu

Anotadore(s)/Assistente(s): não será utilizado

Tempo Total da Sessão de Aquisição de Conhecimento: 30 minutos

Especialistas do Domínio/Fonte de Conhecimento: Antonio Carlos O. S. Aragão

Josemari Bettoni Golveia Silva

Meta da Sessão: obter informações gerais sobre os termos (e os relacionamentos entre esses termos) do domínio da aplicação, e sobre as principais funcionalidades que um sistema de chamadas técnicas deveria ter.

3 Tarefas:

3.1 Iniciação: O motivo pelo qual faremos essa sessão de *brainstorming* é focado na obtenção de informações a respeito de Chamadas Técnicas, sendo assim, é de suma importância a sua participação. As informações obtidas servirão de base para a elaboração de representações do conhecimento que farão parte da documentação do sistema que está sendo analisado (SCHAT).

3.2 Haverá um tempo disponível para que cada participante exponha o que conhece a respeito dos termos, relacionamentos entre esses termos e funcionalidades relacionados a um sistema de chamadas técnicas, além de comentários a respeito de funcionalidades que não foram implementadas no sistema, mas foram previstas para a implementação de uma versão futura do SCHAT. Se no momento da exposição você se lembrar de algo a respeito do que está sendo relatado, anote e após o término do pronunciamento a respeito dessa funcionalidade, você poderá fazer um adendo ao que foi relatado.

3.3 A seguir, cada uma das funcionalidades que o sistema deveria ter será levantada e cada um dos participantes da sessão terá um tempo para comentar a respeito dessa funcionalidade, expondo quais seriam os itens de entrada necessários para a sua execução e quais seriam os itens de saída.

3.4 Depois que cada especialista expôs seu conhecimento, aqueles que quiserem complementar algo poderão fazê-lo.

4 Cronograma:

Tarefas	5 minutos	10 minutos	15 minutos	20 minutos	25 minutos	30 minutos
3.1
3.2
3.3

5 Recursos: no local onde ocorrerá a sessão, as cadeiras deverão estar dispostas em forma circular, para que todos se vejam, e cada participante terá papel e caneta para anotações.

CICLO BRAINSTORMING – Implementação do Conhecimento: nessa fase foram transcritas as anotações feitas pelo *engenheiro de conhecimento*. O *Léxico do Domínio da Aplicação*, o *Diagrama do Domínio da Aplicação* e o *Quadro de Descrições das Principais Funções* foram confirmados. Foi elaborado um *Quadro Consensual* composto pelas operações que o sistema deveria ter e pelos respectivos itens de entrada e de saída dessas operações (Quadro 6.3).

QUADRO 6.3 – QUADRO CONSENSUAL - SCHK

Operações	Itens de Entrada	Itens de Saída
Inserção das Chamadas Técnicas	Nr da chamada técnica, nr da visita, unidade, depto/seção, nr do patrimônio, nr do usuário, defeito, data da chamada, horário da chamada, centro de custo (unidade ou empresa)	<p>Msg "Cht já cadastrada"</p> <p>Msg "Unidade não cadastrada"</p> <p>Msg "Este depto/seção não pertence a tal unidade"</p> <p>Msg "Este eqpto não está cadastrado"</p> <p>Classe do equipamento (M ou I), local, descrição_eqpto, modelo, nr da série, estação</p> <p>Nome do usuário</p> <p>Nome da empresa ou descrição da unidade</p> <p>Msg "Empresa não cadastrada"</p> <p>Msg "Deseja cadastrar?"</p> <p>Estrutura de orçamento impressa para ser preenchida e entregue ao usuário</p>
Baixa de Chamada Técnica	Nr da chamada técnica, nr da visita, nr_atendente, tempo de atendimento, tempo de locomoção, tempo de reparo, tempo de laboratório, situação (PEN ou OK), código peça e componentes trocados	<p>Unidade, depto/seção, nr do patrimônio, descrição_eqpto, classe do eqpto, local, nr série, modelo, estação, nr do usuário, nome do usuário, defeito, data da chamada, horário da chamada, centro de custo</p> <p>Msg "Atendente não cadastrado"</p> <p>Nome atendente (nome técnico)</p> <p>Msg "Peça não cadastrada"</p> <p>Descrição da peça</p> <p>Msg "Dar baixa nessa Cht? "</p>

QUADRO 6.3 – QUADRO CONSENSUAL - SCHK (CONT.)

Operações	Itens de Entrada	Itens de Saída
Alteração das Chamadas Técnicas	Nr da chamada técnica, nr da visita, unidade, depto/seção, nr do patrimônio, nr do usuário, defeito, data da chamada, horário da chamada, centro de custo (unidade ou empresa)	Msg "Esta Cht não pode ser alterada. Já foi dado baixa" Unidade, depto/seção, nr do patrimônio, classe do equipamento (M ou I), local, descrição_eqpto, modelo, nr da série, estação, nr do usuário, nome do usuário, defeito, data da chamada, horário da chamada, centro de custo Msg "Unidade não cadastrada" Msg "Este depto/seção não pertence a tal unidade" Msg "Este eqpto não está cadastrado" Classe do equipamento (M ou I), local, descrição_eqpto, modelo, nr da série, estação Nome do usuário Nome da empresa ou descrição da unidade Msg "Empresa não cadastrada" Msg "Confirma Alteração da Cht?"
Exclusão de Chamadas Técnicas	Nr da chamada técnica, nr da visita	Unidade, depto/seção, nr do patrimônio, classe do equipamento (M ou I), local, descrição_eqpto, modelo, nr da série, estação, nr do usuário, nome do usuário, defeito, data da chamada, horário da chamada, centro de custo, nr_atendente, nome atendente, tempo de atendimento, tempo de locomoção, tempo de reparo, tempo de laboratório, situação (PEN ou OK), código peça, descrição peças Msg "Esta Cht não pode ser excluída" Msg "Confirma exclusão?"
Inserção de técnicos (atendente)	Nr do técnico, nome, nível técnico	Msg "Confirma cadastro?"
Alteração de técnicos (atendente)	Nr do técnico Nome, nível técnico	Nome, nível técnico Msg "Confirma Alteração?"
Exclusão de técnicos (atendente)	Nr do técnico	Nome, nível técnico Msg "Este técnico não pode ser excluído" Msg "Confirma Exclusão?"

QUADRO 6.3 – QUADRO CONSENSUAL- SCHT (CONT.)

Operações	Itens de Entrada	Itens de Saída
Inserção de funcionários (usuários)	Nr do funcionário, nome, telefone para contato	Msg "Confirma cadastro?"
Alteração de funcionários (usuários)	Nr do funcionário Nome, telefone para contato	Nome, telefone para contato Msg "Confirma Alteração?"
Exclusão de funcionários (usuários)	Nr do funcionário	Nome, telefone para contato Msg "Este funcionário não pode ser excluído" Msg "Confirma Exclusão?"
Inclusão de peças	Código da peça, descrição, quantidade em estoque	Msg "Confirma cadastro?"
Alteração de peças	Código da peça Descrição, quantidade em estoque	Descrição, quantidade em estoque Msg "Confirma Alteração?"
Exclusão de peças	Código da peça	Descrição, quantidade em estoque Msg "Esta peça não pode ser excluída" Msg "Confirma Exclusão?"
Inclusão de eqptos	Nr do patrimônio, classe do equipamento (M ou I), local, descrição_eqpto, modelo, nr da série, estação	Msg "Confirma cadastro?"
Alteração de eqptos	Nr do patrimônio Classe do equipamento (M ou I), local, descrição_eqpto, modelo, nr da série, estação	Classe do equipamento (M ou I), local, descrição_eqpto, modelo, nr da série, estação Msg "Confirma Alteração?"
Exclusão de eqptos	Nr do patrimônio	Classe do equipamento (M ou I), local, descrição_eqpto, modelo, nr da série, estação Msg "Este qpto não pode ser excluído" Msg "Confirma Exclusão?"
Inclusão de empresas	Código da empresa, descrição	Msg "Confirma cadastro?"
Alteração de empresas	Código da empresa Descrição	Descrição Msg "Confirma Alteração?"

QUADRO 6.3 – QUADRO CONSENSUAL - SCHAT (CONT.)

Operações	Itens de Entrada	Itens de Saída
Exclusão de empresas	Código da empresa	Descrição Msg "Esta empresa não pode ser excluída" Msg "Confirma Exclusão?"
Inclusão de unidades	Unidade, descrição, departamentos/seções	Msg "Confirma cadastro?"
Alteração de unidades	Unidade Descrição, departamentos/seções	Descrição, departamentos/seções Msg "Confirma Alteração?"
Exclusão de unidades	Unidade	Descrição Msg "Esta empresa não pode ser excluída" Msg "Confirma Exclusão?"
Relatórios	Em alguns relatórios somente período, em outros períodos e o valor da hora, o centro de custo, em outros ainda, não há itens de entrada, ou seja, os itens de entrada dependem do tipo de relatório solicitado	Dados cadastrados referentes às chamadas técnicas, às unidades, às empresas, às peças, aos técnicos, aos funcionários e aos equipamentos.

CICLO BRAINSTORMING – Avaliação do Conhecimento: nessa fase o conhecimento adquirido foi validado junto aos *especialistas do domínio* participantes da sessão de *brainstorming*. Para isso, foi realizada uma inspeção onde foi averiguada tanto a consistência quanto a completude do conhecimento conceitual do domínio adquirido. Depois de realizada a inspeção notou-se que não haveria necessidade de ser realizado outro *ciclo brainstorming*; desse modo, o seguinte ciclo (*ciclo rastreamento de processo*) foi realizado visando a obtenção do conhecimento específico do Sistema de Chamadas Técnicas.

6.2.3 – Ciclo Rastreamento de Processo do Processo IPAIA Instanciado para o Domínio de Engenharia Reversa

Nesse ciclo o conhecimento foi obtido de um usuário do sistema por meio da observação. O *engenheiro do conhecimento* acompanhou os procedimentos tomados pelo usuário ao utilizar o sistema a fim de se obter conhecimento, especificamente, a respeito do sistema de chamadas técnicas.

CICLO RASTREAMENTO DE PROCESSO – Preparação da Sessão de Rastreamento de Processo: nessa fase foi selecionado um usuário do sistema para dele adquirir conhecimento, e foi elaborado um plano para conduzir a sessão de rastreamento de processo (Quadro 6.4), o qual foi entregue ao usuário com dois dias de antecedência.

QUADRO 6.4 – PLANO PARA A SESSÃO DE RASTREAMENTO DE PROCESSO - SCHT

PLANO PARA A SESSÃO DE RASTREAMENTO DE PROCESSO																												
<p>1 Introdução: o objetivo deste plano é orientar a condução da sessão de rastreamento de processo (técnica utilizada para adquirir informações ao observar o desenvolvimento de determinada tarefa por alguém).</p>																												
<p>2 Gerenciamento:</p> <p>Engenheiro de Conhecimento: Andrea Padovan Jubileu</p> <p>Meta da Sessão: obter informações a respeito das funcionalidades do Sistema de Chamadas Técnicas (SCHT), observando o uso do sistema pelo usuário em um caso hipotético ou real.</p>																												
Local da Sessão	Data da Sessão	Horário da Sessão	Tempo Total	Usuário/Fonte de Conhecimento																								
Secretaria do CISC	08/07/1999	14:45 hs	25 minutos	Josemari Bettoni Golveia Silva																								
<p>3 Tarefas:</p> <p>3.1 Iniciação: O motivo pelo qual faremos essa sessão de rastreamento de processo é focado na obtenção de informações a respeito do Sistema de Chamadas Técnicas (SCHT). Enquanto você estiver utilizando o sistema, em um caso hipotético ou real, será observado.</p> <p>3.2 Haverá um tempo disponível para que você utilize o sistema simulando um caso hipotético ou em um caso real, mas é de fundamental importância que você "pense alto" durante a utilização do sistema, ou seja, relate verbalmente todos os passos tomados. Lembre-se que deve utilizar o sistema imaginando que está ensinando a algum novo usuário a utilizá-lo, falando pausadamente cada passo tomado;</p> <p>3.3 O engenheiro de conhecimento, por sua vez, observará e registrará todos os passos do seu procedimento ao utilizar o sistema, não interferindo. A atenção do engenheiro de conhecimento estará voltada principalmente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nas operações efetuadas e na descrição informal de cada uma delas; • Nas pré-condições para que cada operação possa ser executada; • Nos itens de entrada para a execução de cada operação, identificando entre esses itens de entrada quais são os campos chaves (parâmetros da operação, aqueles os quais outros campos dependem); • Nos itens de saída decorrentes da execução de cada operação; • Na sequência de ocorrência das operações; • Na sequência de ocorrência dos itens de entrada e saída em cada operação; • Nas opções dos menus do sistema; 																												
<p>4 Cronograma:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="padding: 5px;">Tarefas</th> <th style="padding: 5px;">5 minutos</th> <th style="padding: 5px;">10 minutos</th> <th style="padding: 5px;">15 minutos</th> <th style="padding: 5px;">20 minutos</th> <th style="padding: 5px;">25 minutos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 5px;">3.1</td> <td style="padding: 5px;"><div style="width: 20px; height: 10px; background-color: black;"></div></td> <td style="padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">3.2</td> <td style="padding: 5px;"><div style="width: 100px; height: 10px; background-color: black;"></div></td> <td style="padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">3.3</td> <td style="padding: 5px;"><div style="width: 100px; height: 10px; background-color: black;"></div></td> <td style="padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> </tbody> </table>					Tarefas	5 minutos	10 minutos	15 minutos	20 minutos	25 minutos	3.1	<div style="width: 20px; height: 10px; background-color: black;"></div>					3.2	<div style="width: 100px; height: 10px; background-color: black;"></div>					3.3	<div style="width: 100px; height: 10px; background-color: black;"></div>				
Tarefas	5 minutos	10 minutos	15 minutos	20 minutos	25 minutos																							
3.1	<div style="width: 20px; height: 10px; background-color: black;"></div>																											
3.2	<div style="width: 100px; height: 10px; background-color: black;"></div>																											
3.3	<div style="width: 100px; height: 10px; background-color: black;"></div>																											
<p>5 Recursos: no local onde ocorrerá a sessão deve haver um micro com o software instalado e com todos os periféricos necessários para a simulação de um caso hipotético ou real. É importante que você não seja interrompido por eventuais motivos, para que não haja bloqueios na lógica de seu raciocínio;</p>																												

CICLO RASTREAMENTO DE PROCESSO – Aquisição do Conhecimento: nessa fase o plano elaborado anteriormente foi colocado em prática a fim de adquirir conhecimento específico referente às operações do sistema, seus respectivos itens de entrada e de saída, a sequência de execução das operações e a sequência dos itens de cada operação. O papel do *engenheiro de conhecimento*, nessa fase, foi o de somente observar os procedimentos do usuário enquanto este utilizava o sistema.

CICLO RASTREAMENTO DE PROCESSO – Implementação do Conhecimento: nessa fase o que foi registrado durante a sessão foi transcrito no *Quadro Consensual Específico do Sistema Analisado* (Quadro 6.5) e no *Diagrama de Sequência de Operações* (Figura 6.2).

QUADRO 6.5 – QUADRO CONSENSUAL ESPECÍFICO DO SISTEMA SCHK

Operações	Itens de Entrada	Itens de Saída	Pré-Condições
Inserção/Alteração das Chamadas Técnicas	<u>Nr da chamada técnica</u> , <u>nr da visita</u> , classe do equipamento, unidade, depto/seção, centro de custo, nome do usuário, telefone, nr do usuário, equipamento, data da solicitação, nr do patrimônio, horário da solicitação, data de encerramento, tempo de atendimento, tempo de locomoção, tempo de reparo, tempo de laboratório, nível do técnico, situação, valor das peças, defeito, 1	1. msg "...Posicione papel... impressora ok-ENTER. Tecle ESC p/ retornar" (possibilidade de impressão de uma estrutura de orçamento para ser preenchida e entregue ao usuário)	
Exclusão das Chamadas Técnicas por período	<u>Período</u> (data inicial, data final), 1	1. msg "Aguarde..."	
Exclusão de uma Chamada Técnica	<u>Nr da chamada técnica</u> , <u>nr da visita</u> , 1, ESC, 2	1. msg "Tecle S ou N" (S p/ excluir a chamada técnica) 2. msg "Aguarde..."	

QUADRO 6.5 – QUADRO CONSENSUAL ESPECÍFICO DO SISTEMA SCHK (CONT.)

Operações	Itens de Entrada	Itens de Saída	Pré-Condições
Relação de Visitas Solucionadas	<u>Período</u> (data inicial, data final)	Nr da chamada técnica, nr da visita, data da solicitação, unidade, departamento, telefone, usuário, técnico, equipamento, data de encerramento	
Relação de Visitas Pendentes	<u>Período</u> (data inicial, data final)	Nr da chamada técnica, nr da visita, data da solicitação, unidade, departamento, telefone, usuário, técnico, equipamento, data de encerramento	
Relação de Todas as Visitas	<u>Período</u> (data inicial, data final)	Nr da chamada técnica, nr da visita, data da solicitação, unidade, departamento, telefone, usuário, técnico, equipamento, situação e data de encerramento	
Movimentação de Chamadas Técnicas	<u>Período</u> , <u>valor da hora</u> , <u>centro de custo desejado</u> (se o centro de custo não for preenchido, serão impressas as chamadas técnicas por centro de custo existente no cadastro)	Nr da chamada técnica, nr da visita, data de solicitação, equipamento, nr do patrimônio, defeito, departamento, nr do funcionário, valor da mão de obra e valor das peças trocadas	

QUADRO 6.5 – QUADRO CONSENSUAL ESPECÍFICO DO SISTEMA SCHT (CONT.)

Operações	Itens de Entrada	Itens de Saída	Pré-Condições
Relação dos Atendimentos nas Unidades	<u>Período</u>	Unidade, nr de chamadas técnica, nr de visitas, nr de visitas solucionadas, nr de visitas pendentes, total do tempo de locomoção por unidade, total do tempo de atendimento por unidade, total do tempo de reparo por unidade e somatória do tempo de atendimento e de reparo por unidade	
Impressão da Estrutura de Orçamento		Documento com campos a serem preenchidos: nr da chamada técnica, nr da visita, unidade, departamento, usuário, equipamento, data de chamada, defeito, peças e componentes a serem trocados, valor das peças e componentes, valor do tempo de reparo, valor das visitas, valor do orçamento, nome do usuário, centro de custo, data, assinatura	
Autorização do Orçamento	<u>Nr da chamada técnica</u> , <u>nr da visita</u> , <u>nome do usuário</u> , <u>valor do orçamento</u> e <u>data da autorização</u>	Documento que inclui: nome do usuário, centro de custo, unidade, departamento, equipamento, nr do patrimônio, data da chamada	

QUADRO 6.5 – QUADRO CONSENSUAL ESPECÍFICO DO SISTEMA SCHT (CONT.)

Operações	Itens de Entrada	Itens de Saída	Pré-Condições
Relação do Tempo Gasto por Nível Técnico por Unidade	<u>Período</u>	Unidade, nível técnico, nr de visitas, tempo de locomoção, tempo de reparo, tempo de laboratório, tempo de atendimento, somatória do tempo gasto (por unidade); somatória de visitas, somatória do tempo de locomoção, somatória do tempo de reparo, somatória do tempo de laboratório, somatória do tempo de atendimento e somatória dos totais de tempo gasto	
Relação de Horas Trabalhadas pelos Técnicos	<u>Período, dias úteis no período</u>	Dias úteis no período, horas faturadas no período, horas isentas no período, horas de deslocamento no campus de São Carlos, horas de deslocamento para Pirassununga, horas de deslocamento para Araraquara e horas ociosas	
Relatório CCI Parcial (para Impressoras e para Microcomputadores em separado)	<u>Período e valor da hora</u>	Centro de custo atendido, nr de atendimentos completos, tempo total de atendimento em minutos e em horas, nr de chamadas em aberto, valor total de peças trocadas, valor total de mão de obra, total geral e custo médio. (por centro de custo atendido)	

QUADRO 6.5 – QUADRO CONSENSUAL ESPECÍFICO DO SISTEMA SCHAT (CONT.)

Operações	Itens de Entrada	Itens de Saída	Pré-Condições
Relatório CCI Total (considerando tanto impressoras quanto microcomputadores)	<u>Período e valor da hora</u>	Centro de custo atendido, nr de atendimentos completos, tempo total de atendimento em minutos e em horas, nr de chamadas em aberto, valor total de peças trocadas, valor total de mão de obra, total geral e custo médio.	
Backup	<u>drive</u>	Os dados da base de dados são copiados para o disquete	

A Figura 6.2 mostra o *Diagrama de Seqüência de Operações* do Sistema de Chamadas Técnicas. Nesse diagrama o hexágono representa um conector (necessário quando o número de operações em um mesmo nível é muito grande); para referenciar cada conector utilizam-se as siglas iniciais da operação.

FIGURA 6.2 – DIAGRAMA DE SEQÜÊNCIA DE OPERAÇÕES DO SISTEMA SCHAT

FIGURA 6.2 – DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA DE OPERAÇÕES DO SISTEMA SHT (CONT.)

CICLO RASTREAMENTO DE PROCESSO – Avaliação do Conhecimento: nessa fase o conhecimento adquirido foi verificado pelo *engenheiro de conhecimento* quanto à correteza sintática e semântica do *Quadro Consensual Específico do Sistema Analisado* (QCESA) e do *Diagrama de Seqüência de Operações* (DSO). Foi também validado por meio da utilização do sistema pelo *engenheiro de conhecimento* que averiguou se o QCESA e o DSO estavam realmente consistentes. Devido à simplicidade do sistema, com somente um *ciclo rastreamento de processo* foi possível adquirir o conhecimento necessário. As dúvidas em relação ao *Quadro Consensual* e o *Quadro Consensual Específico do Sistema Analisado* foram anotadas para serem questionadas na próxima sessão de *aquisição de conhecimento*.

6.2.4 –Ciclo Entrevista Estruturada do Processo IPAIA Instanciado para o Domínio de Engenharia Reversa

Nesse ciclo o conhecimento foi obtido do mesmo usuário participante da sessão anterior com o intuito de obter conhecimento mais detalhado a respeito das operações do sistema, principalmente, da seqüência das operações e dos itens de entrada e saída de cada operação, a fim de esclarecer as dúvidas em relação ao conhecimento já adquirido.

CICLO ENTREVISTA ESTRUTURADA – Preparação da Sessão de Entrevista Estruturada: nessa fase o usuário participante da sessão de *rastreamento de processo* foi o selecionado para ser entrevistado, o *engenheiro de conhecimento* fez o papel de entrevistador e anotador, e foi elaborado um *plano* (Quadro 6.6) para conduzir a sessão de *entrevista estruturada*.

CICLO ENTREVISTA ESTRUTURADA – Aquisição de Conhecimento: nessa fase o *plano* elaborado anteriormente foi colocado em prática a fim de conhecer mais detalhes sobre as operações do sistema como seqüências de operações, itens de entrada e saída, seqüência dos itens de entrada e saída em cada operação e, também, para esclarecer as dúvidas existentes relacionadas ao conhecimento já adquirido.

CICLO ENTREVISTA ESTRUTURADA – Implementação do Conhecimento: não foi necessário complementar o *Quadro Consensual Específico do Sistema Analisado* (Quadro 6.4); na realidade, esse ciclo foi útil para confirmar o conhecimento já adquirido.

CICLO ENTREVISTA ESTRUTURADA – Avaliação do Conhecimento: nessa fase o conhecimento representado deveria ser verificado tanto no *Quadro Consensual Específico do Sistema Analisado* quanto no *Diagrama de Seqüência de Operações*. Como não houve necessidade de complementar o quadro, não foi necessário realizar a avaliação do conhecimento existente nesse quadro durante esse ciclo.

QUADRO 6.6 – PLANO PARA A SESSÃO DE ENTREVISTA ESTRUTURADA - SHT

PLANO PARA A SESSÃO DE ENTREVISTA ESTRUTURADA

1 Introdução: o objetivo deste plano é orientar o *engenheiro de conhecimento* na condução da sessão de *entrevista estruturada*.

2 Gerenciamento:

Engenheiro de Conhecimento: Andrea Padovan Jubileu

Meta da Sessão: questionar sobre a sequência das operações, sobre a sequência dos itens de entrada e saída de cada operação e sobre outros detalhes das funcionalidades do sistema, a fim de eliminar as dúvidas existentes.

Local da Sessão	Data da Sessão	Horário da Sessão	Tempo Total	Entrevistado/Fonte de Conhecimento
Secretaria do CISC	08/07/1999	15:15 hs	45 minutos	Josemari Bettoni Golveia Silva

3 Tarefas:

3.1 Iniciação: O motivo pelo qual essa sessão de *entrevista estruturada* será realizada é focado na obtenção de informações do Sistema de Chamadas Técnicas a fim de esclarecer as dúvidas em relação ao conhecimento, já obtido, e obter informações mais detalhadas das funções do sistema.

3.2 Das questões a seguir deseja-se saber a razão de, aparentemente, alguns itens não existirem no sistema. As possíveis razões podem ser: (1) devido ao esquecimento de alguma funcionalidade ou (2) devido ao fato da funcionalidade estar embutida em alguma função maior ou ainda (3) devido ao fato do sistema não estar completo?

Questões:

- Não há uma operação para ser realizada a baixa de chamadas técnicas?
- Não há cadastro de técnicos, de funcionários (usuários), de peças, de equipamentos, de empresas (centro de custo - contrato) e de unidades da USP? Como isso é controlado na inserção de chamadas técnicas?

3.3 As questões a seguir serão feitas a efeito de confirmar e/ou completar o conhecimento já existente a respeito das operações do sistema de chamadas técnicas:

- Quais são as operações disponíveis no sistema de chamadas técnicas? E qual é a sequência de execução dessas operações?
- Quais são os itens de entrada de cada uma das operações apontadas anteriormente, e quais são os respectivos itens de saída (possíveis respostas do sistema aos itens de entrada)?
- Quais são os campos chaves de cada operação?
- Qual a sequência de ocorrência dos itens de entrada e saída em cada operação?
- Serão questionadas outras dúvidas particulares, caso necessário.

4 Cronograma:

Tarefas	5 minutos	10 minutos	15 minutos	20 minutos	25 minutos	30 minutos	35 minutos	40 minutos	45 minutos
3.1									
3.2									
3.3									

5 Recursos: o local selecionado para a entrevista deve ser isolado de quaisquer outras pessoas que não façam parte da sessão, para que não haja interferência na lógica de seu raciocínio. Se você sentir mais firmeza em suas respostas utilizando o sistema, faça-o dessa forma. Sendo assim, é importante ter todo o equipamento disponível.

6.3 – Segundo Estudo de Caso – MGASET (Módulo de Geração de Seqüências de Teste)

Com o objetivo de avaliar o Processo de Aquisição de Conhecimento IPAIA, instanciado para o domínio de *engenharia reversa*, utilizou-se como estudo de caso a ferramenta MGASET, sobre a qual foram aplicadas as fases do processo IPAIA. Como resultado desse estudo de caso foram obtidos os diagramas que farão parte da *base de conhecimento* para auxiliar a primeira fase do método de *engenharia reversa* FUSION-REI, e os *modelos de ciclo de vida* e de *operação* Fusion, elaborados a partir das diretrizes desenvolvidas.

6.3.1 – Fase 1 – Início do Processo de Aquisição de Conhecimento

A ferramenta MGASET situa-se no contexto de especificação e validação de sistemas baseadas na técnica Máquina de Estados Finito (MEF). O patrocinador é o Prof. Dr. José Carlos Maldonado. A visão geral do domínio de conhecimento foi obtida a partir de documentações existentes - relatórios técnicos (Nakazato, 1994a; Nakazato, 1994b; Nakazato, 1994c) e de alguns comentários de usuários. Essa visão geral é resultado da definição de termos chaves contidos nesse domínio (Tabela 6.2), seus relacionamentos (Figura 6.3) e principais funções (Quadro 6.7).

TABELA 6.2 – LÉXICO DO DOMÍNIO DA APLICAÇÃO - MGASET

Termo	Definição	Sinônimos
Alcançabilidade do Estado Inicial	Propriedade da MEF que verifica se para cada estado existe um caminho entre ele e o estado inicial;	
Árvore de distinção	É uma <u>árvore sucessora</u> onde um nó no k-ésimo nível torna-se terminal quando: (1) o <u>grupo A</u> associado ao nó apresenta uma <u>incerteza múltipla</u> ; (2) o <u>grupo A</u> associado ao nó já ocorreu na <u>árvore de distinção</u> num nível anterior a K ou no próprio nível k; (3) o <u>grupo A</u> associado ao nó é um <u>grupo A simples</u> ;	
Árvore de sincronização	É uma <u>árvore sucessora</u> construída ignorando-se as saídas e associando cada nó no j-ésimo nível com a <u>incerteza</u> que corresponde aos estados finais que resultam da aplicação dos j-primeiros símbolos de entrada. Um nó no j-ésimo nível da árvore de sincronização torna-se terminal quando este nó já ocorreu anteriormente na árvore de sincronização num nível anterior;	
Árvore de Teste	É formada por todos os caminhos parciais de uma MEF. Um caminho parcial é uma seqüência de estados que começa no estado inicial e termina quando é atingido um estado terminal ou quando alcança-se um estado que já faz parte desse caminho;	

TABELA 6.2 – LÉXICO DO DOMÍNIO DA APLICAÇÃO - MGASET (CONT.)

Termo	Definição	Sinônimos
Árvore sucessora	É uma estrutura definida para uma <u>MEF</u> M e um <u>conjunto admissível</u> $A(M)$. Essa estrutura é composta de ramos arranjados em níveis sucessivos onde o primeiro nível é representado por zero, o segundo nível por um e assim por diante. Todo ramo de árvore sucessora, exceto o ramo inicial, representa um símbolo de entrada a_i , com $a_i \in X$, e cada ramo está associado com um nó, sendo este nó um <u>grupo</u> A ;	
a-seqüência	Objetivo: reconhecer todos os estados da <u>MEF</u> M e todos os próximos estados de M após a aplicação de X_d sobre cada um dos estados. A a-seqüência é gerada percorrendo-se o <u>Diagrama-X_d</u> , iniciando num estado origem. Cada estado alcançado pela a-seqüência é marcado e quando um estado S_i é alcançado e já foi marcado anteriormente, é incorporado à a-seqüência uma <u>T-seqüência</u> que leva M do estado S_i a um estado origem, até que todos do <u>Diagrama-X_d</u> tenham sido marcados.	
b-seqüência	Objetivo: verificar cada transição da Tabela de Transição. A b-seqüência é gerada tendo como ponto de partida o estado final de M após a aplicação da <u>a-seqüência</u> . Para a geração da b-seqüência é necessário que seja construído o <u>Diagrama-b</u> . A geração da b-seqüência é equivalente a determinar a cobertura mínima do <u>Diagrama-b</u> . Quando um grafo que representa o <u>Diagrama-b</u> não é fortemente conectado, a cobertura mínima do <u>Diagrama-b</u> é formada pelas coberturas mínimas de seus componentes. As coberturas mínimas são representadas por seqüências de estados e hífens que separam cada uma das coberturas mínimas de cada um dos componentes do <u>Diagrama-b</u> . Quando ocorre um hífen, é gerada uma <u>T-Seqüência</u> . O algoritmo utilizado para a geração da cobertura mínima do <u>Diagrama-b</u> é baseado no algoritmo de Fleury para a geração de cobertura mínima para grafos não direcionados Eulerianos.	
Classes de equivalência	Uma <u>MEF</u> M pode ser dividida em partições de estado que são <u>classes de equivalência</u> , dentro das quais têm-se os seguintes critérios: 1) todos os estados que se encontram na mesma partição devem ser <u>estados k-equivalentes</u> ; 2) Todos os estados que se encontram em partições diferentes devem ser <u>estados k-distinguíveis</u> . Essas partições são chamadas de partições de k-equivalência e denotadas por P_k , podendo ser representadas pelas <u>Tabelas P_k</u> , com $k \geq 1$;	
Conectividade Forte	<u>Propriedade da MEF</u> que verifica se para todo par de estados (S_i, s_j) da máquina M , existe uma seqüência de símbolos de entrada tal que essa seqüência leve a máquina do estado s_i para o estado s_j ;	

TABELA 6.2 – LÉXICO DO DOMÍNIO DA APLICAÇÃO - MGASET (CONT.)

Termo	Definição	Sinônimos
Conjunto admissível	É um conjunto de estados $\{s_1, s_2, \dots, s_m\}$ da MEF M, representado por $A(M)$, onde os estados são candidatos a estado inicial de M;	$A(M)$
Conjunto de Caracterização W	É um conjunto de <u>seqüências de identificação</u> $\{seq_1, seq_2, \dots, seq_d\}$ tal que os símbolos de saída observados após a aplicação dessas seqüências (numa ordem fixada) sobre cada um dos estados são diferentes. Este conjunto pode ser obtido através da geração de <u>Tabelas Pk</u> ;	
Conjunto P	É o conjunto que representa todos os caminhos parciais da <u>Árvore de Teste</u> do <u>critério W</u> .	
Conjunto Q	É o conjunto de seqüências de entrada que levam a <u>MEF M</u> do estado inicial para todos os outros estados e, por definição, tem-se que a seqüência nula, que leva M do estado inicial para o próprio estado inicial, também está incluída em Q.	
Conjunto R	Formado pelas seqüências que estão no <u>Conjunto P</u> e não se encontram no <u>conjunto Q</u> .	
Conjuntos W_i	Conjunto de Caracterização de cada estado S_i da <u>MEF M</u> ; dessa forma, estes conjuntos identificam unicamente cada estado de M e são subconjuntos do <u>Conjunto de Caracterização W</u> .	
Critério DS	<p>É um critério de geração de <u>seqüências de teste</u>. Objetivo inicial: solucionar o problema de teste de um circuito de chaveamento seqüencial, isto é, o problema de determinar se o circuito está ou não operando corretamente de acordo com uma dada <u>Tabela de Transição</u>.</p> <p>Para aplicação desse critério, as MEFs devem apresentar as seguintes <u>propriedades</u>: <u>Conectividade Forte</u>, <u>Minimalidade</u>, <u>Determinismo</u>, <u>Máquina de Mealy</u> e <u>Especificação Completa</u>; devem também apresentar as seguintes <u>seqüências básicas</u>: <u>Seqüência de Sincronização</u> e <u>Seqüência Distinguível</u>;</p> <p>Há um <u>Procedimento</u> que define o critério DS sobre uma MEF;</p>	
Critério UIO	<p>É um critério de geração de <u>seqüências de teste</u>. Principal motivação: checagem de conformidade de especificações de protocolos de comunicação de redes de computadores.</p> <p>Para aplicação desse critério, as MEFs devem apresentar as seguintes <u>propriedades</u>: <u>Conectividade Forte</u>, <u>Minimalidade</u>, <u>Determinismo</u>, <u>Máquina de Mealy</u>; <u>Especificação Completa</u> e <u>Estado Inicial Fixo</u>; devem também apresentar as seguintes <u>seqüências básicas</u>: <u>seqüências únicas de entrada/saída</u> para cada estado de M;</p> <p>Há um <u>Procedimento</u> que define o critério UIO sobre uma MEF;</p>	

TABELA 6.2 – LÉXICO DO DOMÍNIO DA APLICAÇÃO - MGASet (CONT.)

Termo	Definição	Sinónimos
Critério W	<p>É um critério de geração de <u>seqüências de teste</u> baseado na modelagem de projetos de sistema através de MEF. Esse critério tem as seguintes características: Somente a estrutura de controle do projeto é checada; Não existe a exigência de especificação executável;</p> <p>Para aplicação desse critério, as MEFs devem apresentar as seguintes <u>propriedades</u>: Minimalidade, Determinismo, Máquina de Mealy, Especificação Completa, <u>Estado Inicial Fixo</u> e <u>Alcançabilidade do Estado Inicial</u>; devem também apresentar o <u>Conjunto de Caracterização W</u>;</p> <p>Há um <u>Procedimento</u> que define o critério W sobre uma MEF;</p>	
Critério Wp	<p>É um critério de geração de <u>seqüências de teste</u>. Este critério tem como uma das principais motivações o fato de que métodos para o desenvolvimento de <u>seqüências de teste</u> têm recebido muita atenção em relação a testes de conformidade de protocolos de comunicação de redes de computadores;</p> <p>Para aplicação desse critério, as MEFs devem apresentar as seguintes <u>propriedades</u>: Minimalidade, <u>Determinismo</u>, Máquina de Mealy, <u>Especificação Completa</u> e <u>Estado Inicial Fixo</u>; <u>Alcançabilidade do Estado Inicial</u>; também devem apresentar o <u>Conjunto de Caracterização W</u>;</p> <p>Há um <u>Procedimento</u> que define o critério Wp sobre uma MEF;</p>	
Crítérios de geração de seqüências de teste	Oferecem a possibilidade de se executar atividades de teste e validação em sistemas modelados de acordo com alguma técnica de modelagem, de forma sistemática, através de procedimentos bem definidos para a geração dessas <u>seqüências de teste</u> , fazendo com que os produtos se apresentem de forma mais segura e com maior qualidade;	
Determinismo	<u>Propriedade</u> da MEF M que verifica se para cada entrada existe no máximo uma transição definida em cada estado de M;	
Diagrama-Xd	É estabelecido a partir da <u>Tabela Xd</u> .	
Especificação Completa	<u>Propriedade</u> da MEF que verifica se para cada estado existe uma transição para cada símbolo de entrada;	
Estado Inicial Fixo	Estado único ao qual a MEF se encontra no início da execução;	
Estados Equivalentes/ Distinguíveis	O estado s_i da MEF M1 e o estado s_j da MEF M2 são denominados <u>estados equivalentes</u> se $M1 s_i$ e $M2 s_j$ quando exercitados por qualquer seqüência de entrada, produzem saídas idênticas; caso contrário, são chamados <u>estados distinguíveis</u> . M1 e M2 podem representar a mesma máquina;	

TABELA 6.2 – LÉXICO DO DOMÍNIO DA APLICAÇÃO - MGASet (CONT.)

Termo	Definição	Sinónimos
Estados k -equivalentes/ k -distinguíveis	Dois estados quaisquer da MEF M , s_i e s_j são chamados de estados k -equivalentes se quando exercitados por qualquer sequência de comprimento k , produz seqüências de saída idênticas, caso contrário são chamados estados k -distinguíveis;	
Grafos Direcionados	Grafos que representam o comportamento de MEFs, onde cada estado é representado por um vértice e cada transição é representada por uma aresta direcionada, onde cada aresta possui um rótulo x_i / z_i , com $f_z = z_i$ e o estado destino da aresta representando f_s ;	
Grupo A	É um conjunto de incertezas onde m é o número total de estados de todas as incertezas incluídas no grupo A para uma máquina M cujo conjunto admissível tem tamanho m ;	
Grupo A simples	Grupo A onde todas as incertezas são simples;	
Incerteza	Reflete as situações em que não se pode identificar em qual estado a MEF se encontrava, observando somente o símbolo de saída gerado. Uma incerteza I de uma MEF M em relação a um símbolo de entrada x_i -antecessores dos estados de I produzem os mesmos símbolos de saída quando estimulados por x_i ;	
Incerteza múltipla	Uma incerteza que contém dois ou mais estados idênticos;	
Incerteza simples	Uma incerteza que contém um único estado;	
K -ésimo sucessor	O estado s_i em que a MEF $M1$ se encontra, depois de ser aplicada uma sequência de entrada de comprimento k em $M1$, é chamado k -ésimo sucessor de s_i em relação a essa sequência de entrada;	
Máquina de Estados Finito	É uma classe de sistemas com um alfabeto de entrada $X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_p\}$, um alfabeto de saída $Z = \{z_1, z_2, z_3, \dots, z_q\}$, um conjunto de estados $S = \{s_1, s_2, s_3, \dots, s_n\}$ e um par de funções de caracterização f_z e f_s dados por: (i) $z_v = f_z(s_v, x_v)$ e (ii) $s_{v+1} = f_s(s_v, x_v)$ onde x_v , z_v e s_v são, respectivamente, o símbolo de entrada, o símbolo de saída e o estado da MEF M no instante t_v e s_{v+1} é o estado no instante t_v+1 ;	MEF
Máquina de Mealy	Propriedade da MEF que verifica se para cada transição existe uma saída associada;	
Minimalidade	Propriedade da MEF que verifica se não existe nenhum par de estados equivalentes nessa MEF;	
Passeio de todas as arestas	Representa a sequência de teste gerada pelo critério UIO.	TS

TABELA 6.2 – LÉXICO DO DOMÍNIO DA APLICAÇÃO - MGASET (CONT.)

Termo	Definição	Sinónimos
Passeios de aresta	<p>A geração dos passeios de aresta para cada aresta da MEF M é feita através das seguintes sub-sequências:</p> <p>$TE(aresta) =$</p> <p>$P((Head(aresta))@rótulo(aresta)@UIO(Tail(aresta)))$ onde:</p> <p>$TE(aresta)$ é o passeio da aresta</p> <p>$Head(aresta)$ é o estado origem da aresta</p> <p>$Tail(aresta)$ é o estado final da aresta</p> <p>Dessa forma, cada passeio de aresta verifica se cada aresta tem o estado origem, o estado destino e o rótulo corretos. A geração do passeio de todas as arestas é realizada da seguinte forma: $TS = \#ri/null@TE(aresta)$ onde $ri/null$ é uma operação que leva a MEF M para o estado inicial e não produz nenhum símbolo de saída e # é a concatenação de todas as sub-sequências $ri/null@TE(aresta)$, para toda aresta de M.</p>	
P-caminhos	São gerados para cada estado de M. Representa calcular os mais curtos caminhos do estado inicial até cada um desses estados. O algoritmo usado para a geração dos P-caminhos é o de Dijkstra.	
Procedimento do critério DS	Composto pelos seguintes passos: Geração da <u>Seqüência Distinguível</u> , Geração do <u>Diagrama-Xd</u> , Geração das <u>Seqüências de Sincronização</u> , Geração da <u>Seqüência Inicial</u> e Geração da <u>Seqüência de Checagem</u> ;	
Procedimento do critério UIO	Composto pelos seguintes passos: Geração da <u>Tabela de Rótulos</u> , Geração de <u>seqüências únicas de entrada/saída</u> para cada estado M, Geração dos <u>P-caminhos</u> para cada estado, Geração dos <u>passeios de aresta</u> para cada aresta de M, Geração do <u>passeio de todas as arestas</u> ;	
Procedimento do critério W	Composto pelos seguintes passos: Geração do <u>Conjunto de Caracterização W</u> , Geração da <u>Árvore de Teste</u> e Geração das <u>Seqüências de Teste</u> ;	
Procedimento do critério Wp	Composto pelos seguintes passos: Geração do <u>Conjunto de Caracterização W</u> , Geração dos <u>Conjuntos Wi</u> , Geração do <u>Conjunto Q</u> , <u>Conjunto P</u> e <u>Conjunto R</u> , Geração das <u>seqüências da Fase 1</u> , Geração das <u>seqüências da Fase 2</u> ;	
Propriedade	<u>Propriedade</u> que a MEF deve apresentar para poder ser submetida a determinados critérios de geração de <u>seqüências de teste</u> ;	
Seqüência de Checagem	Formada pela concatenação de duas outras: a <u>a-seqüência</u> e a <u>b-seqüência</u> .	

TABELA 6.2 – LÉXICO DO DOMÍNIO DA APLICAÇÃO - MGASET (CONT.)

Termo	Definição	Sinónimos
Seqüência de Diagnose	Uma <u>seqüência de diagnose</u> de dois estados s_i e s_j da MEF M é uma seqüência de símbolos de entrada que, quando aplicada em M no estado s_i e em M no estado s_j , produzem duas seqüências de símbolos de saída diferentes;	
Seqüência de Identificação	É uma seqüência de símbolos de entrada que tem como objetivo identificar, de maneira única, cada um dos estados da máquina M;	
Seqüência de Sincronização	<u>Seqüência básica</u> que gera uma seqüência de símbolos de entrada que leva a máquina M a um estado final especificado, independente da saída gerada ou do estado inicial. É descrita por um caminho na <u>árvore de sincronização</u> do nó inicial até um nó formado por um <u>grupo A simples</u> . De acordo com o algoritmo de geração da <u>árvore de sincronização</u> , pode-se estabelecer as seqüências mais curtas de sincronização de todos os estados da máquina M uma vez que a <u>árvore de sincronização</u> de uma máquina pode permitir a identificação de mais de uma seqüência de sincronização para alguns estados;	SS
Seqüência distinguível	<u>Seqüência básica</u> que gera uma <u>seqüência de identificação</u> que produz seqüências de saída diferentes para cada um dos estados da máquina M. Uma seqüência distinguível é descrita por um caminho da <u>árvore de distinção</u> e que tem como origem o nó inicial e como destino um nó formado por um <u>grupo A simples</u> .	DS
Seqüência Inicial	É a <u>seqüência de sincronização</u> do estado de partida. Deve-se, primeiramente, identificar no <u>Diagrama-Xd</u> quais os estados que não são destino de nenhuma aresta, os chamados estados origem. Entre os estados origem, o estado que apresentar a <u>seqüência de sincronização</u> mais curta será identificado como estado de partida.	
Seqüência Minimal de Diagnose	Uma <u>seqüência de diagnose</u> de dois estados s_i e s_j da MEF M que possui menor número de símbolos de entrada é chamada de <u>Seqüência Minimal de Diagnose</u> de s_i e s_j ;	
Seqüência Única de Entrada/Saída (UIO)	<u>Seqüência básica</u> que gera uma <u>seqüência de identificação</u> que relaciona um símbolo de entrada e um símbolo de saída, e que é única para cada um dos estados da máquina;	UIO

TABELA 6.2 – LÉXICO DO DOMÍNIO DA APLICAÇÃO - MGASET (CONT.)

Termo	Definição	Sinônimos
Seqüências básicas	Seqüências especiais de símbolos de entrada que são utilizadas no estabelecimento de <u>critérios de geração de seqüências de teste</u> baseados em <u>MEF</u> . As seqüências são soluções para o problema de identificação de estados, que consiste em: (1) identificar o estado inicial de uma MEF, isto é, o estado no qual a máquina se encontra quando é apresentada para as atividades de teste; (2) identificar o estado final de uma <u>MEF</u> , isto é, o estado no qual a máquina se encontra quando as atividades de teste são completadas. Essas soluções tornam possível fazer prognósticos a respeito do comportamento da máquina, que é descrita através de <u>tabelas de transição</u> ;	
Seqüências da Fase 1	Tem como objetivo verificar se todos os estados definidos pela especificação são identificáveis na implementação e ao mesmo tempo verificar se as transições que levam M do estado inicial para esses estados apresentam as saídas e o próximo estado corretos.	
Seqüências da Fase 2	Verifica todas as transições definidas pela <u>Tabela de Transição</u> , mas que não foram checadas na Fase 1 (seqüências da Fase 1).	
Seqüências de teste	Seqüências de símbolos de entrada e saída que servem para averiguar se os símbolos gerados são idênticos aos das saídas esperadas;	
Tabela de Rótulos	É gerada a partir da identificação de todos os rótulos apresentados por M e para cada rótulo é apresentada uma lista de transições onde cada elemento da lista, $O_i d_j$, representa o vértice origem O_i e o vértice destino d_j de cada aresta que possui este rótulo.	
Tabela de transição	Trata-se da estrutura básica a partir da qual todas as informações sobre a <u>MEF</u> são elaboradas. É a tabela de descrição da <u>MEF</u> através das funções de caracterização f_z e f_s , que representam os símbolos de saída e o próximo estado da <u>MEF</u> em relação aos símbolos de entrada.	

TABELA 6.2 – LÉXICO DO DOMÍNIO DA APLICAÇÃO - MGASET (CONT.)

Termo	Definição	Sinônimos
Tabela Pk	<p>Partição de <i>k-equivalência</i> (classes de equivalência). Uma <i>Tabela Pk</i> de uma MEF M é essencialmente a mesma que a subtabela S_{v+1} dessa máquina, com as seguintes modificações:</p> <p>(1) Se $\{s_{i1}, s_{i2}, \dots, s_{ir}\}$ é uma classe de Pk, as linhas $s_{i1}, s_{i2}, \dots, s_{ir}$ são colocados juntas em <i>grupos</i>, sendo cada grupo separado por uma "faixa". A ordem dos grupos é arbitrária. Linhas que pertencem ao mesmo grupo e, logo, pertencem à mesma classe de equivalência são chamadas <i>linhas associadas</i> e linhas que pertencem a diferentes grupos são chamadas de <i>linhas disjuntas</i>;</p> <p>(2) Uma coluna Σ é adicionada, com <i>rótulos</i> que são atribuídos a cada grupo de linhas da Tabela Pk. Os rótulos são arbitrários e podem ser escolhidos de maneira independente em cada Tabela Pk;</p> <p>(3) A todo estado gerado pela função f_s, na Tabela Pk, é justaposto o rótulo que foi atribuído ao grupo ao qual esse estado pertence. Assim, se a linha s_i pertence ao grupo rotulado por "a", então, a toda ocorrência do estado s_i nessa Tabela Pk é justaposto o rótulo "a";</p>	
Tabela Xd	Apresenta para todo estado S_i de M, a seqüência de saída gerada e o estado destino após a aplicação de Xd no estado S_i .	
T-Seqüência	Leva uma MEF M do à esquerda do hífen para o estado à direita do hífen. A T-seqüência também é incorporada à <u>b</u> -seqüência.	
Xd	A mais curta <u>seqüência distinguível</u> .	

A Figura 6.3 mostra o *Diagrama do Domínio da Aplicação* da ferramenta MGASET.

FIGURA 6.3 – DIAGRAMA DO DOMÍNIO DA APLICAÇÃO -MGASET

Obs: Para aplicação de cada critério é necessário que a MEF tenha certas propriedades;

FIGURA 6.3 – DIAGRAMA DO DOMÍNIO DA APLICAÇÃO -MGASET (CONT.)

FIGURA 6.3 – DIAGRAMA DO DOMÍNIO DA APLICAÇÃO - MGASET (CONT.)

FIGURA 6.3 – DIAGRAMA DO DOMÍNIO DA APLICAÇÃO -MGASET (CONT.)

FIGURA 6.3 – DIAGRAMA DO DOMÍNIO DA APLICAÇÃO - MGASET (CONT.)

FIGURA 6.3 -- DIAGRAMA DO DOMÍNIO DA APLICAÇÃO - MGASET (CONT.)

O Quadro 6.7 mostra a descrição das principais funções do domínio referente ao contexto de especificação e validação de sistemas baseadas na técnica máquina de estados finito.

QUADRO 6.7 - QUADRO DE DESCRIÇÃO DAS PRINCIPAIS FUNÇÕES - MGASET

Função	Objetivo
Editar o Grafo da MEF ou a Tabela de Transição	Entrar com o grafo ou a tabela de transição que representa a especificação da MEF.
Abrir o Grafo da MEF ou Tabela de Transição	Utilizar um grafo ou uma tabela de transição já existente.
Verificar propriedades	Verificar se a MEF tem certas propriedades: Minimalidade, Especificação Completa, Determinismo, Alcançabilidade do Estado Inicial, Conectividade Forte e Máquina de Mealy dependendo do critério selecionado.
Gerar Sequências Básicas	Gerar as seqüências básicas (Seqüência de Sincronização, Seqüência Distinguível, Seqüência Única de Entrada/Saída e Conjunto de Caracterização) de acordo com o critério selecionado.
Gerar Sequências de Teste	Gerar as seqüências de teste de acordo com o critério W, DS, UIO ou Wp.
Executar as Sequências de Teste	Executar as seqüências de teste geradas por cada um dos critérios: W, DS, UIO e Wp.

Foram selecionados dois membros para participarem das sessões de *aquisição de conhecimento*. Esses membros fizeram tanto o papel de *especialista do domínio* quanto o de usuário do sistema. Um relato inicial foi realizado comentando-se sobre *aquisição de conhecimento*, sua importância para a organização e os principais conceitos relacionados.

6.3.2 – Ciclo Brainstorming do Processo IPAIA Instanciado para o Domínio de Engenharia Reversa

Nesse ciclo foi obtido conhecimento de âmbito geral sobre o domínio da ferramenta, a partir de dois *especialistas do domínio*, incluindo as principais funcionalidades que uma ferramenta inserida no contexto de geração de seqüências de teste em máquinas de estado finito deveria ter.

CICLO BRAINSTORMING – Preparação da Sessão de *Brainstorming*: nessa fase foram selecionados os dois membros da equipe de *aquisição de conhecimento* para participarem da

QUADRO 6.8 – PLANO PARA A SESSÃO DE BRAINSTORMING - MGASET

5 Recursos: cada participante terá papel e caneta para anotações, caso seja necessário.

CICLO BRAINSTORMING – Aquisição de Conhecimento: nessa fase o plano elaborado anteriormente foi colocado em prática. O *engenheiro de conhecimento* fez o papel de moderador na sessão quando foi aplicado o *brainstorming desestruturado*, de modo que quando um estivesse se pronunciando e outro se lembrasse de algo para complementar, existisse ponderação e bom senso para dar a palavra a outro.

CICLO BRAINSTORMING – Implementação do Conhecimento: nessa fase foram transcritas as anotações feitas pelo *engenheiro de conhecimento*. O *Léxico do Domínio da Aplicação*, o *Diagrama do Domínio da Aplicação* e o *Quadro de Descrições das Principais Funções* foram complementados e confirmados. Foi elaborado um *Quadro Consensual* composto pelas operações que a ferramenta deveria ter e pelos respectivos itens de entrada e de saída dessas operações, além de comentários a respeito das operações, itens de entrada e de saída que não estão implementados na ferramenta, mas foram previstos para uma futura versão da mesma (Quadro 6.9).

QUADRO 6.9 – QUADRO CONSENSUAL - MGASET

Operações	Itens de Entrada	Itens de Saída
Editar MEF	Grafo direcionado ou Tabela de Transição Diretório onde será gravado o grafo ou tabela e nome do arquivo	msg "Deseja salvar?"
Abrir MEF	Diretório e nome do arquivo que contém o grafo ou tabela	
Selecionar critério para gerar as seqüências de teste	Critério (DS, UIO, W, Wp) {está implementado somente o critério W – objetivo dessa versão da MGASET, mas foram previstas possibilidades para implementação futura dos critérios DS, UIO e Wp}	Propriedades que aquela MEF possui Propriedades que a MEF deveria atender, mas não atende Seqüências básicas que são geradas Seqüências básicas que a ferramenta deveria gerar para a MEF, mas não gera Seqüências de teste geradas se, dependendo do critério, atendidas certas propriedades e geradas certas seqüências básicas
Executar seqüências de teste	MEF que atende a certas propriedades e possui certas seqüências básicas referentes ao critério selecionado	Saídas obtidas quando executadas as seqüências básicas
Alterar a MEF	Grafo direcionado ou Tabela de Transição	msg "Confirma alteração?"

CICLO BRAINSTORMING – Avaliação do Conhecimento: nessa fase o conhecimento adquirido foi validado junto aos *especialistas do domínio* participantes da sessão de *brainstorming*. Para isso, foi realizada uma inspeção onde foi averiguada tanto a consistência quanto a completitude do conhecimento conceitual do domínio adquirido. Depois de realizada a inspeção notou-se que não haveria necessidade de ser realizado outro *ciclo brainstorming*; desse modo, o seguinte ciclo (*ciclo rastreamento de processo*) foi realizado visando a obtenção do conhecimento específico da ferramenta MGASET.

6.3.3 –Ciclo Rastreamento de Processo do Processo IPAIA Instanciado para o Domínio de Engenharia Reversa

Nesse ciclo o conhecimento foi obtido de um usuário do sistema por meio da observação, por parte do *engenheiro do conhecimento*, dos procedimentos tomados pelo usuário ao utilizar a ferramenta MGASET.

CICLO RASTREAMENTO DE PROCESSO – Preparação da Sessão de Rastreamento de Processo: nessa fase foi selecionado um usuário do sistema para dele adquirir conhecimento, e foi elaborado um plano (Quadro 6.10) para conduzir a sessão de *rastreamento de processo*, o qual foi entregue ao usuário com dois dias de antecedência.

CICLO RASTREAMENTO DE PROCESSO – Aquisição do Conhecimento: nessa fase o plano elaborado anteriormente foi colocado em prática para se adquirir conhecimento específico referente às operações do sistema, seus respectivos itens de entrada e de saída, a sequência de execução das operações e a sequência dos itens de cada operação. O papel do *engenheiro de conhecimento*, nessa fase, foi o de somente observar o usuário que “pensou alto” enquanto utilizava o sistema.

CICLO RASTREAMENTO DE PROCESSO – Implementação do Conhecimento: nessa fase o que foi registrado durante a sessão foi transcrito no *Quadro Consensual Específico do Sistema Analisado* (Quadro 6.11) e no *Diagrama de Seqüência de Operações* (Figura 6.4).

QUADRO 6.10 – PLANO PARA A SESSÃO DE RASTREAMENTO DE PROCESSO - MGASET**PLANO PARA AS SESSÕES DE RASTREAMENTO DE PROCESSO**

1 Introdução: o objetivo deste plano é orientar o Engenheiro de Conhecimento a conduzir a sessão de rastreamento de processo (técnica utilizada para adquirir informações ao observar o desenvolvimento de determinada tarefa por alguém).

2 Gerenciamento:

Engenheiro de Conhecimento: Andrea Padovan Jubileu

Meta da Sessão: obter conhecimento a respeito das funcionalidades da ferramenta, dos itens de entrada e saída de cada operação, da sequência das operações e da sequência dos itens de cada operação, observando-o ao utilizar a ferramenta MGASET, em um caso hipotético ou real.

Local da Sessão	Data da Sessão	Horário da Sessão	Tempo Total	Usuário/Fonte de Conhecimento
Laboratório de Engenharia de Software	12/11/1999	08:30 hs	1 hora	Adenildo da Silva Simão

3 Tarefas:

3.1 Iniciação: durante essa sessão você será observado enquanto utiliza a ferramenta MGASET, por isso, utilize-a imaginando que um novo usuário que nada conhece sobre a ferramenta o está observando;

3.2 Durante a utilização da ferramenta, em um caso hipotético ou real, você deve "pensar alto", ou seja, relatar verbalmente todos os passos tomados - não esquecendo que um novo usuário da ferramenta o está observando - procure falar pausadamente a respeito de cada passo tomado;

3.3 Todos os passos do procedimento que você executar ao utilizar a ferramenta serão observados e registrados. Serão observados:

- As operações efetuadas e a descrição informal de cada uma delas;
- As pré-condições para que cada operação possa ser executada;
- Os itens de entrada para a execução de cada operação, identificando entre esses itens de entrada quais são os campos-chaves (parâmetros da operação, aqueles os quais outros campos dependem);
- Os itens de saída decorrentes da execução de cada operação;
- A sequência de ocorrência das operações;
- A sequência de ocorrência dos itens de entrada e saída em cada operação;
- As opções dos menus do sistema;

4 Cronograma:

Tarefas	10 minutos	20 minutos	30 minutos	40 minutos	50 minutos	60 minutos
3.1 e 3.2						
3.3						

5 Recursos: no laboratório de Engenharia de Software deve haver uma estação disponível com a ferramenta instalada e com todos os periféricos necessários para a simulação de um caso hipotético ou real.

QUADRO 6.11 – QUADRO CONSENSUAL ESPECÍFICO DO SISTEMA - MGASET

Operações	Itens de Entrada	Itens de Saída	Pré-Condições
<p>Abrir MEF</p> <p>(Abre um arquivo que contém uma MEF representada por uma Tabela de Transição)</p>	<p><u>Diretório, nome arquivo (.mef), 1, 2</u></p>	<p>1. Msg "Arquivo não existe" (opcional)</p> <p>2. Nome do arquivo na barra de status, Tabelas Pk da MEF</p>	<p>Que a MEF exista</p>
<p>Editar MEF</p> <p>(Possibilita a edição de uma MEF através de uma tabela de transição)</p>	<p><u>Nº de símbolos de entrada, nº de estados</u></p> <p>{esta opção não funciona corretamente, sendo assim, para entrar com a MEF deve-se criar um arquivo com apenas uma linha onde constará nº de estados, nº de entradas, nº de saídas, e os próximos estados, nessa ordem}</p>		
<p>Verificar as propriedades</p> <p>(Verifica se a MEF tem certas propriedades que podem ser selecionadas pelo usuário)</p>	<p><u>Propriedades</u> (Minimalidade, Especificação Completa, Determinismo, Alcançabilidade do estado inicial, Conectividade forte e Máquina de Mealy)</p> <p>{{(1)as propriedades Alcançabilidade do estado inicial e Conectividade Forte não estão implementadas corretamente; (2) não há como entrar com uma MEF que não seja determinística e que não seja de Mealy – o formato de dados não permite}}</p>	<p>Propriedades que a MEF possui</p>	<p>Que exista uma MEF</p> <p>{não há tratamento. Se tentar verificar propriedades sem ter selecionado uma MEF a ferramenta será abortada}</p>
<p>Gerar as seqüências básicas</p> <p>(Gera as seqüências básicas selecionadas pelo usuário)</p>	<p><u>Seqüências básicas</u> (Seqüência de Sincronização, Seqüência Distinguível, Seqüência Única de Entrada e Saída e Conjunto de Caracterização)</p> <p>{a Seqüência Única de Entrada e Saída não está implementada; a Seqüência de Sincronização e a Seqüência Distinguível não estão implementadas corretamente}</p>	<p>Seqüências básicas que a ferramenta gera a partir da MEF</p>	<p>Que exista uma MEF</p> <p>{não há tratamento. Se tentar gerar as seqüências básicas sem ter selecionado uma MEF a ferramenta será abortada}</p>

QUADRO 6.11 – QUADRO CONSENSUAL ESPECÍFICO DO SISTEMA - MGASet (CONT.)

Operações	Itens de Entrada	Itens de Saída	Pré-Condições
Gerar seqüências de teste (Gera as seqüências de teste do critério selecionado)	<u>Critério</u> {critérios DS, UIO, W, Wp, mas só está implementado o critério W}	Seqüências de teste	Que exista uma MEF que atenda a certas propriedades e possua certas seqüências básicas, dependendo do critério selecionado
Executar Seqüências de Teste (Executa as seqüências de teste fornecendo as saídas que a MEF fornece)	<u>Critério</u> {critérios DS, UIO, W, Wp, mas não está implementado nenhum critério}	Saídas obtidas quando executadas as seqüências básicas	Que exista uma MEF que atenda a certas propriedades e possua certas seqüências básicas, dependendo do critério selecionado

A Figura 6.4 mostra a seqüência de operações permitidas na ferramenta MGASet.

FIGURA 6.4 – DIAGRAMA DE SEQÜÊNCIA DE OPERAÇÕES - MGASet

CICLO RASTREAMENTO DE PROCESSO – Avaliação do Conhecimento: nessa fase o conhecimento adquirido foi verificado, pelo *engenheiro de conhecimento*, quanto à corretude sintática e semântica do *Quadro Consensual Específico do Sistema Analisado* (QCESA) e do *Diagrama de Seqüência de Operações* (DSO). Foi também validado por meio da utilização do sistema pelo *engenheiro de conhecimento* que averiguou se o QCESA e o DSO estavam realmente consistentes. Devido à simplicidade do sistema, com somente um *ciclo rastreamento de processo* foi possível adquirir o conhecimento necessário. As dúvidas em relação ao *Quadro Consensual* e o *Quadro Consensual Específico do Sistema Analisado* foram anotadas para serem questionadas na próxima sessão de *aquisição de conhecimento*.

6.3.4 – Ciclo Entrevista Estruturada do Processo IPAIA Instanciado para o Domínio de Engenharia Reversa

Nesse ciclo o conhecimento foi obtido do mesmo usuário que participou da sessão anterior com o intuito obter conhecimento mais detalhado a respeito das operações da ferramenta MGASET, principalmente, da seqüência das operações e dos itens de entrada e saída de cada operação, a fim de esclarecer as dúvidas em relação ao conhecimento já adquirido.

CICLO ENTREVISTA ESTRUTURADA – Preparação da Sessão de Entrevista Estruturada: nessa fase o usuário participante da sessão de *rastreamento de processo* foi o selecionado para ser entrevistado, o *engenheiro de conhecimento* fez o papel de entrevistador e anotador, e foi elaborado um *plano* (Quadro 6.12) para auxiliar na condução da sessão de *entrevista estruturada*.

CICLO ENTREVISTA ESTRUTURADA – Aquisição de Conhecimento: nessa fase o *plano* elaborado anteriormente foi colocado em prática a fim de conhecer mais detalhes sobre as operações do sistema como seqüências de operações, itens de entrada e saída, seqüência dos itens de entrada e saída em cada operação e, também, para esclarecer as dúvidas existentes relacionadas ao conhecimento já adquirido.

CICLO ENTREVISTA ESTRUTURADA – Implementação do Conhecimento: com as dúvidas esclarecidas, o conhecimento obtido foi complementado no *Quadro Consensual Específico do Sistema Analisado* (Quadro 6.11).

QUADRO 6.12 – PLANO PARA A SESSÃO DE ENTREVISTA ESTRUTURADA - MGASET

PLANO PARA A SESSÃO DE ENTREVISTA ESTRUTURADA

1 Introdução: o objetivo deste plano é orientar o *engenheiro de conhecimento* na condução da sessão de *entrevista estruturada*;

2 Gerenciamento:

Engenheiro de Conhecimento: Andrea Padovan Jubileu

Meta da Sessão: questionar sobre a sequência das operações, sobre a sequência dos itens de entrada e saída de cada operação e sobre outros detalhes das funcionalidades do sistema, a fim de eliminar as dúvidas existentes.

Local da Sessão	Data da Sessão	Horário da Sessão	Tempo Total	Entrevistado/Fonte de Conhecimento
Laboratório de Eng. de Software	15/11/1999	09:00 hs	30 minutos	Adenildo da Silva Simão

3 Tarefas:

3.1 Iniciação: O motivo pelo qual essa sessão de *entrevista estruturada* será realizada é focado na obtenção de informações da ferramenta MGASET, a fim de esclarecer as dúvidas em relação ao conhecimento, já obtido, e obter informações mais detalhadas das funções da ferramenta.

3.2 Das questões a seguir deseja-se saber a razão de, aparentemente, alguns itens não existirem no sistema. As possíveis razões podem ser: (1) devido ao esquecimento de alguma funcionalidade ou (2) devido ao fato da funcionalidade estar embutida em alguma função maior ou ainda (3) devido ao fato do sistema não estar completo?

Questões:

- Para gerar sequências de teste, a partir de determinado critério, é necessário que a MEF gere certas sequências básicas e possua certas propriedades. Por que estão disponíveis as opções "verificar propriedades" e "gerar sequências básicas", ambas com alternativa de múltipla escolha, no menu da ferramenta? A verificação de propriedades para gerar certas sequências básicas não deve ocorrer automaticamente ao ser selecionado um critério para gerar as sequências de teste da máquina?
- Não há como alterar uma MEF já editada, se necessário?

3.3 As questões a seguir serão feitas a efeito de confirmar e/ou completar o conhecimento já existente a respeito das operações do sistema de chamadas técnicas.

- Quais são as operações disponíveis na ferramenta MGASET? E qual é a sequência de execução dessas operações?
- Quais são os itens de entrada de cada uma das operações apontadas anteriormente, e quais são os respectivos itens de saída (possíveis respostas do sistema aos itens de entrada)?
- Quais são os campos chaves de cada operação?
- Qual a sequência de ocorrência dos itens de entrada e saída em cada operação?
- Serão questionadas outras dúvidas particulares, caso necessário.

4 Cronograma:

Tarefas	10 minutos	20 minutos	30 minutos
3.1
3.2
3.3

5 Recursos: o local selecionado para a entrevista deve ser isolado de quaisquer outras pessoas que não façam parte da sessão, para que não haja interferência na lógica de seu raciocínio. Se você sentir mais firmeza em suas respostas utilizando o sistema, faça-o dessa forma. Sendo assim, é importante ter todo o equipamento disponível.

CICLO ENTREVISTA ESTRUTURADA – Avaliação do Conhecimento: nessa fase o conhecimento representado foi verificado tanto no *Quadro Consensual Específico do Sistema Analisado* quanto no *Diagrama de Seqüência de Operações* pelo *engenheiro de conhecimento*.

CHECKPOINT: Como o objetivo do estudo de caso era o de aplicar tanto o Processo de Aquisição de Conhecimento *IPAIA*, instanciado para o domínio de *engenharia reversa*, quanto as diretrizes, não foi questionado, nesse ponto, a elaboração ou não dos *modelos funcionais* Fusion.

6.3.5 – Modelo de Ciclo de Vida da Ferramenta MGASET

A partir do Diagrama de Seqüência de Operações, obtido depois de realizadas as sessões de Aquisição de Conhecimento, elabora-se os níveis do modelo de ciclo de vida até ser atingido o nível anterior ao nível de detalhamento das operações (Figura 6.5).

FIGURA 6.5 – TRANSIÇÃO DO DIAGRAMA DE OPERAÇÕES PARA O MODELO DE CICLO DE VIDA (MGASET)

O complemento do modelo de ciclo de vida é obtido a partir do *Quadro Consensual Específico do Sistema Analisado* (Quadro 6.11). A seguir, será mostrada a expressão do ciclo de vida de cada operação pertencente ao *Quadro Consensual Específico do Sistema Analisado* (Figura 6.6, 6.7, 6.8, 6.9, 6.10 e 6.11).

Operações	Itens de Entrada	Itens de Saída	Pré-Condições
Abrir_MEF (Abre um arquivo que contém uma MEF representada por uma Tabela de Transição)	Diretório, nome_arquivo (.mef), 1, 2	1. Msg "Arquivo não existe" (opcional) 2. Nome do arquivo na barra de status, Tabelas Pk da MEF	Que a MEF exista

Abrir_MEF = diretório . nome_arquivo . [#msg_arquivo_não_existe] . nome_arquivo_barra_status . Tabelas_Pk

FIGURA 6.6 – TRANSIÇÃO DO QUADRO CONSENSUAL ESPECÍFICO DO SISTEMA ANALISADO PARA A EXPRESSÃO DE CICLO DE VIDA CORRESPONDENTE À OPERAÇÃO ABRIR

Operações	Itens de Entrada	Itens de Saída	Pré-Condições
Editar_MEF (Possibilita a edição de uma MEF através de uma tabela de transição)	Nº de símbolos de entrada, nº de estados { esta opção não funciona corretamente, sendo assim, para entrar com a MEF deve-se criar um arquivo com apenas uma linha onde constará nº de estados, nº de entradas, nº de saídas, as saídas e os próximos estados, nessa ordem }

Editar_MEF = nº_símbolos_entrada . nº_estados

FIGURA 6.7 – TRANSIÇÃO DO QUADRO CONSENSUAL ESPECÍFICO DO SISTEMA ANALISADO PARA A EXPRESSÃO DE CICLO DE VIDA CORRESPONDENTE À OPERAÇÃO EDITAR

Operações	Itens de Entrada	Itens de Saída	Pré-Condições
Verificar as propriedades (Verifica se a MEF tem certas propriedades que podem ser selecionadas pelo usuário)	Propriedades (Minimalidade, Especificação Completa, Determinismo, Alcançabilidade do estado inicial, Conectividade forte e Máquina de Mealy) {(1)as propriedades Alcançabilidade do estado inicial e Conectividade Forte não estão implementadas corretamente; (2) não há como entrar com uma MEF que não seja determinística e que não seja de Mealy – o formato de dados não permite}	Propriedades que a MEF possui	Que exista uma MEF { não há tratamento. Se tentar verificar propriedades sem ter selecionado uma MEF a ferramenta será abortada }

Verificar_Propriedades = [Minimalidade] . [Especificação_Completa] . [Determinismo] .
[Alcançabilidade_Estado_inicial] . [Conectividade_forte] . [Máquina_Mealy] .
#propriedades_MEF_possui

FIGURA 6.8 – TRANSIÇÃO DO QUADRO CONSENSUAL ESPECÍFICO DO SISTEMA ANALISADO PARA A EXPRESSÃO DE CICLO DE VIDA CORRESPONDENTE À OPERAÇÃO VERIFICAR AS PROPRIEDADES

Operações	Itens de Entrada	Itens de Saída	Pré-Condições
Gerar as seqüências básicas (Gera as seqüências básicas selecionadas pelo usuário)	Seqüências básicas (Seqüência de Sincronização, Seqüência Distinguível, Seqüência Única de Entrada e Saída e Conjunto de Caracterização) { a Seqüência Única de Entrada e Saída não está implementada; a Seqüência de Sincronização e a Seqüência Distinguível não estão implementadas corretamente }	Seqüências básicas que a MEF gera	Que exista uma MEF { não há tratamento. Se tentar gerar as seqüências básicas sem ter selecionado uma MEF a ferramenta será abortada }

Gerar_seqüências_básicas = [Seqüência_Sincronização] . [Seqüência_Distinguível] .
[Seqüência_Única_Entrada_Saída] . [Conjunto_Caracterização] .
#seqüências_básicas_MEF_gera

FIGURA 6.9 – TRANSIÇÃO DO QUADRO CONSENSUAL ESPECÍFICO DO SISTEMA ANALISADO PARA A EXPRESSÃO DE CICLO DE VIDA CORRESPONDENTE À OPERAÇÃO GERAR SEQÜÊNCIAS BÁSICAS

<u>Operações</u>	<u>Itens de Entrada</u>	<u>Itens de Saída</u>	<u>Pré-Condições</u>
Gerar seqüências de teste (Gera as seqüências de teste do critério selecionado)	<u>Critério</u> {critérios DS, UIO, W, Wp, mas só está implementado o critério W}	Seqüências de teste	Que exista uma MEF que atenda a certas propriedades e possua certas seqüências básicas, dependendo do critério selecionado

Gerar_seqüências_teste = critério . #seqüências_teste_geradas

FIGURA 6.10 – TRANSIÇÃO DO QUADRO CONSENSUAL ESPECÍFICO DO SISTEMA ANALISADO PARA A EXPRESSÃO DE CICLO DE VIDA CORRESPONDENTE À OPERAÇÃO GERAR SEQÜÊNCIAS DE TESTE

<u>Operações</u>	<u>Itens de Entrada</u>	<u>Itens de Saída</u>	<u>Pré-Condições</u>
Executar Seqüências de Teste (Executa as seqüências de teste fornecendo as saídas que a MEF fornece)	<u>Critério</u> {critérios DS, UIO, W, Wp, mas não está implementado nenhum critério}	Saídas obtidas quando executadas as seqüências básicas	Que exista uma MEF que atenda a certas propriedades e possua certas seqüências básicas, dependendo do critério selecionado

Executar_seqüências_teste = critério . #saídas_obtidas

FIGURA 6.11 – TRANSIÇÃO DO QUADRO CONSENSUAL ESPECÍFICO DO SISTEMA ANALISADO PARA A EXPRESSÃO DE CICLO DE VIDA CORRESPONDENTE À OPERAÇÃO EXECUTAR SEQÜÊNCIAS DE TESTE

6.3.6 – Modelo de Operações da Ferramenta MGASET

A partir do *Quadro Consensual Específico do Sistema Analisado* (Quadro 6.11), obtido depois de realizadas as sessões de *aquisição de conhecimento*, são elaborados os esquemas do modelo de operações (Quadro 6.13, 6.14, 6.15, 6.16, 6.17, 6.18) mostrados a seguir.

QUADRO 6.13 – ESQUEMA DA OPERAÇÃO ABRIR MEF

Operação	Abrir_MEF
Descrição	Abre um arquivo que contém uma MEF representada por uma Tabela de Transição
Lê	supplied diretório; supplied nome_arquivo
Altera	
Envia	agente externo: {msg_arquivo_não_existe}, agente externo: {nome_arquivo_barra_status}, agente externo: {Tabelas_Pk}
Assume	Que a MEF exista
Resultado	Se a operação_Abrir_MEF é confirmada então o nome_arquivo aparece na barra de status da ferramenta e Tabelas Pk da MEF são mostradas

QUADRO 6.14 – ESQUEMA DA OPERAÇÃO EDITAR MEF

Operação	Editar_MEF
Descrição	Possibilita a edição de uma MEF através de uma tabela de transição
Lê	supplied nº_símbolos_entrada; supplied nº_estados
Altera	new arquivo.mef
Envia	
Assume	
Resultado	{não funciona}

QUADRO 6.15 – ESQUEMA DA OPERAÇÃO VERIFICAR PROPRIEDADES

Operação	Verificar_propriedades
Descrição	Verifica se a MEF tem certas propriedades que podem ser seleccionadas pelo usuário
Lê	supplied propriedades (minimalidade; especificação_completa; determinismo; alcançabilidade_estado_inicial; conectividade_forte; máquina_mealy)
Altera	
Envia	agente externo: {propriedades_MEF_possui}
Assume	Que exista uma MEF
Resultado	Verifica se a MEF possui as propriedades seleccionadas

QUADRO 6.16 – ESQUEMA DA OPERAÇÃO GERAR SEQÜÊNCIAS BÁSICAS

Operação	Gerar seqüências básicas
Descrição	Gera as seqüências básicas selecionadas pelo usuário
Lê	supplied seqüências básicas (seqüência_sincronização; seqüência_distinguível; seqüência_única_entrada_saída; conjunto_caracterização)
Altera	
Envia	agente externo: {seqüências_básicas_MEF_gera}
Assume	Que exista uma MEF
Resultado	São geradas as seqüências básicas selecionadas se a MEF possuir propriedades para tal.

QUADRO 6.17 – ESQUEMA DA OPERAÇÃO GERAR SEQÜÊNCIAS DE TESTE

Operação	Gerar seqüências teste
Descrição	Gera as seqüências de teste do critério selecionado
Lê	supplied critério (DS ou UIO ou W ou Wp)
Altera	
Envia	agente externo: {seqüências_teste_geradas}
Assume	Que exista uma MEF que atenda a certas propriedades e gere certas seqüências básicas, dependendo do critério selecionado
Resultado	São geradas as seqüências de teste segundo o critério selecionado

QUADRO 6.18 – ESQUEMA DA OPERAÇÃO EXECUTAR SEQÜÊNCIAS DE TESTE

Operação	Executar seqüências teste
Descrição	Executa as seqüências de teste fornecendo as saídas que a MEF fornece
Lê	supplied critério (DS ou UIO ou W ou Wp)
Altera	
Envia	agente externo: {saídas_obtidas}
Assume	Que exista uma MEF que atenda a certas propriedades e gere certas seqüências básicas, dependendo do critério selecionado
Resultado	São geradas as saídas da MEF se executadas as seqüências de teste

6.4 – Considerações Finais

Neste capítulo foram apresentados dois estudos de caso do Processo de Aquisição de Conhecimento IPAIA, instanciado para o domínio de *engenharia reversa*.

O estudo de caso referente ao Sistema de Chamadas Técnicas foi útil a efeito de melhorar algumas atividades do processo, como a inserção de um patrocinador e a inserção de uma palestra Inicial que coloca todos os possíveis participantes da sessão cientes dos termos técnicos utilizados e da importância de sua participação nas sessões de *aquisição de conhecimento*.

Já com o estudo de caso referente à ferramenta MGASET foi observado que tanto o processo quanto as diretrizes elaboradas podem ser cada vez mais úteis, conforme aumente a complexidade do sistema submetido à engenharia reversa.

No capítulo a seguir são apresentadas as conclusões deste trabalho, bem como futuros desenvolvimentos que podem advir do mesmo.

CAPÍTULO 7 – CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

7.1 – Conclusões

O método de *engenharia reversa FUSION-RE/I* foi desenvolvido por Costa (1997) com o intuito de auxiliar a atividade de manutenção de software. Nesse método são recuperadas tanto *visões funcionais* quanto *visões estruturais* do sistema - método Fusion (Coleman *et al.*, 1994). As *visões funcionais* são recuperadas a partir de aspectos operacionais e dados disponíveis via interface; as *visões estruturais* são recuperadas a partir do código fonte e das *visões funcionais* obtidas.

O primeiro passo desse método – *obter informações sobre o sistema* – é muito importante, pois o processo de *engenharia reversa* depende, totalmente, de informações existentes sobre o sistema. Esse passo, no entanto não está formalmente descrito e sendo assim, neste trabalho foi desenvolvido um *processo* para a criação de uma *base de conhecimento* e *diretrizes* de utilização dessa base para elaboração dos modelos funcionais Fusion.

O processo elaborado para adquirir conhecimento a ser armazenado na base foi o *IPAIA*, instanciado para o domínio de *engenharia reversa*. Em se tratando de uma instância, foram definidos três tipos de ciclos de conhecimento: *ciclo brainstorming*, *ciclo rastreamento de processo* e *ciclo entrevista estruturada* os quais se repetem até que os conhecimentos relacionados à interface e ao ambiente do sistema estejam representados na *base de conhecimento*.

Na *base de conhecimento* são armazenadas estruturas de representação do conhecimento relacionadas ao ambiente e à interface. Essas estruturas compreendem o *Léxico do Domínio da Aplicação*, o *Diagrama do Domínio da Aplicação*, o *Quadro de Descrição das Principais Funções*, o *Quadro Consensual*, o *Quadro Consensual Específico do Sistema Analisado* e o *Diagrama de Seqüência de Operações*.

As diretrizes desenvolvidas orientam como utilizar o conhecimento armazenado na base para elaborar as *visões funcionais* do sistema.

O procedimento desenvolvido neste trabalho foi aplicado em dois estudos de caso. Esses estudos de caso mostraram que, tanto o Processo de Aquisição de Conhecimento *IPAIA*, instanciado para o domínio de *engenharia reversa*, quanto as diretrizes elaboradas podem ser úteis para o método *FUSION-RE/I*, pois formalizam um procedimento, até então, não sistematizado. O primeiro estudo de caso (Sistema de Chamadas Técnicas) foi útil, pois notou-se a importância da inclusão de um patrocinador no *processo*, além de uma palestra inicial que conscientiza os possíveis participantes da sessão sobre os termos técnicos utilizados e sobre a sua participação nas sessões de *aquisição de conhecimento*. Já a partir do estudo de caso da ferramenta MGASET, verificou-se que a utilização do procedimento formalizado (*processo* e *diretrizes*) pode ser cada vez mais útil conforme aumente a complexidade do sistema submetido à *engenharia reversa*.

Outra contribuição deste trabalho é que o conhecimento armazenado na base pode não apenas ser utilizado para a *engenharia reversa*, através da aplicação das diretrizes, mas também para a reconstrução de um novo sistema, visto que o *Quadro Consensual* existente na *base de conhecimento* pode ser aproveitado na elaboração do documento de requisitos.

Deve-se observar que um dos objetivos inicialmente proposto neste trabalho não pode ser realizado. Em princípio, as estruturas de conhecimento contidas na base seriam utilizadas para a construção do *modelo de ciclo de vida*, do *modelo de operações* e também do *modelo de objetos*. No entanto, como citado no capítulo 5, verificou-se que a utilização de informações obtidas apenas da interface e do ambiente produziram um *modelo de objetos* idealizado e não o realmente implementado. Assim, procurou-se obter o *modelo de objetos* a partir do modelo lógico da base de dados do sistema. Para isso, foi utilizada uma técnica de *aquisição de conhecimento* implícito denominada *data mining*.

Data Mining é considerada a parte central de um processo de Extração de Conhecimento em Bases de Dados (*Knowledge Discovery in Databases – KDD*). Envolve a aplicação de algoritmos de aprendizado de máquina para encontrar padrões nos dados analisados (Capítulo 3).

MineSet (Silicon, 1999) é uma ferramenta baseada na técnica *data mining* e através dessa pode-se descobrir relacionamentos entre os elementos de dados, até então desconhecidos pelo usuário. A MineSet é composta por várias ferramentas, entre elas a *Rules Visualizer* que fornece dados importantes por intermédio da construção, verificação e representação gráfica de modelos de padrões em grandes bases de dados. Esses padrões são

expressos via associação de regras as quais indicam a frequência de itens ocorrerem juntos na base de dados.

Procurou-se, então, utilizar a ferramenta MineSet com o propósito de obter diretrizes a respeito dos relacionamentos entre os atributos de uma base de dados, a partir de análises obtidas através da visualização das regras de associação com a ferramenta *Rules Visualizer*, que pudessem direcionar um *modelo de objetos* de uma base de dados.

No teste realizado foi utilizada uma pequena base de dados de um sistema exemplo - o *Northwind* do *Microsoft Access*. A ferramenta MineSet aceita tanto arquivos textos quanto base de dados como Informix, Sybase e Oracle. Mas, para trabalhar com as bases de dados, é necessária a conexão com os respectivos servidores. No caso, devido à falta de conexão com o servidor, as tabelas do sistema exemplo foram agrupadas em um arquivo texto para poder ser realizado o teste. No entanto, verificou-se que a malha de dados produzida é demasiadamente grande (anexo A) e apesar da ferramenta *Rules Visualizer* oferecer opções de filtros para visualizar as regras, notou-se a necessidade de uma ferramenta de análise que oferecesse resultados mais claros para se encontrar relações entre os atributos. Mesmo assim, percebeu-se que existem alguns obstáculos para obter o projeto lógico a partir, somente, dos dados existentes na base (Navathe & Elmasri, 1989). Por exemplo:

1. As tabelas podem não estar normalizadas existindo “erros” na representação física dos dados como valores redundantes nas tuplas e valores nulos;
2. A semântica representa como se pode interpretar os valores dos atributos relacionados aos outros atributos. O valor semântico dos atributos é relativo; não se consegue enxergá-lo a partir das instâncias, mas sim do esquema (especificação). Por exemplo, não há diferença na representação de dados multivalorados e de relacionamentos 1:N;

Portanto, a tentativa de utilizar a ferramenta *Rules Visualizer* para obter indícios a serem utilizados na elaboração do *modelo de objetos* não produziu os resultados esperados.

Ainda, durante o estudo das possíveis estruturas de representação do conhecimento na *base de conhecimento*, também foi questionada a utilização do *diagrama abstrato detalhado* (DAD) – diagrama pertencente ao método *ERACE* (Caldas, 1998).

ERACE é um método que propõe a elicitación e modelagem de requisitos por intermédio de cenários. Cada DAD é composto por uma sequência de estados e um conjunto de transições. Os diagramas visam a identificação com detalhes das várias operações realizadas durante o desenrolar de uma cena. Uma cena é composta por estados que representam ações realizadas pelo sistema e um conjunto de transições (eventos) que representam estímulos, interações e mensagens em nível de interface.

No entanto, a utilização dos DADs como estrutura de representação de conhecimento para ser utilizado no processo de *engenharia reversa* não se mostrou interessante, pois o nível de *abstração* desses diagramas é mais alto do que o necessário. Para representar o conhecimento a ser utilizado na *engenharia reversa* do sistema utilizando DADs, cada estado deveria referir-se a cada atributo lido tornando o diagrama demasiadamente grande e de difícil

interpretação. Essa tentativa foi realizada com o Sistema de Chamadas Técnicas (um dos estudos de caso existente no capítulo 6) e é apresentada no anexo B.

7.2 – Trabalhos Futuros

As possíveis linhas de pesquisa que podem dar continuidade a este trabalho são:

- Outros estudos de casos a serem realizados para aprimorar as diretrizes elaboradas e verificar a eficiência da utilização do Processo de Aquisição de Conhecimento *IPAIA*, instanciado para o domínio de *engenharia reversa*;
- Adicionar ao Processo de *aquisição de conhecimento IPAIA*, instanciado para o domínio de *engenharia reversa*, uma forma de adquirir e representar o conhecimento referente ao código fonte, para elaborar as *visões estruturais* do sistema;
- Criar diretrizes para serem utilizadas na transição das estruturas de representação do conhecimento, referente ao código fonte, para os *quadros de procedimentos, de índice e das operações/procedimentos de implementação*;
- Aprofundar o estudo da utilização da técnica de *data mining* para a confirmação ou não de seu uso na elaboração do *modelo de objetos* a partir da base de dados;
- Elaborar uma ferramenta que automatize, na medida do possível, o uso da *base de conhecimento* na elaboração tanto das *visões funcionais* quanto das *visões estruturais* do sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (Andert, 1999) ANDERT, Ed. P. Jr. *Expert System Software Verification, Validation and Test*. Published in: ASQC Proceedings of the Second International Conference on Software Quality, 1992, in: http://www.consys.com/publications/w_test.html, [acessado em 10/03/1999].
- (Benedusi et al., 1992) BENEDUSI, P.; CIMITILE, A.; CARLINI, U. *Reverse Engineering Processes, Design Document Production, and Structure Charts*. Journal of Systems and Software, v. 19, p. 225-45, 1992.
- (Bennet, 1991) BENNET, K. H. *Automated Support of Software Maintenance*. Information and Software Technology, v. 33, n. 1, p. 74-85, 1991.
- (Bennet, 1995) BENNET, K. H. *Legacy Systems*. IEEE Software, v. 12, n. 1, p. 19-23, 1995.
- (Biggerstaff, 1989) BIGGERSTAFF, T. J. *Design Recovery for Maintenance and Reuse*. IEEE Computer, v. 22, n. 7, p. 36-49, 1989.

- (Biggerstaff et al., 1994) BIGGERSTAFF, T. J. et al. *Program Understanding and the Concept Assignment Problem*. Communications of the ACM, v. 37, n. 5, p. 72-82, may, 1994.
- (Bouchard, 1999) BOUCHARD, T. J. "Whatever Happened to Brainstorming?" In *Guide to Creative Action*, 1977, http://www.rla.unc.edu/lessons/brain_rules.htm, [acessado em 19/05/1999].
- (Caine & Gordon, 1975) CAINE, S; GORDON K. *PDL – A Tool for Software Design*. In: Proc. National Computer Conference. AFIPS Press, p. 271-276, 1975.
- (Caldas, 1998) CALDAS, J. Jr. *Uma Ferramenta Baseada em Cenários para Elicitação e Modelagem de Requisitos*. Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências Matemáticas de São Carlos - USP, como parte de requisitos para obtenção do título de Mestre, abril de 1998.
- (Chikofsky & Cross II, 1990) CHIKOFSKY, E.J.; CROSS II, J.H. *Reverse Engineering and Design Recovery: A Taxonomy*. IEEE Software, v. 7, n. 1, p. 13-17, 1990.
- (Choi & Scacchi, 1990) CHOI, S.C.; SCACCHI, W. *Extracting and Reestructuring the Design of Systems*. IEEE Software, v.7, n.1, p.66-71, 1990.
- (Cleveland, 1989) CLEVELAND, L. *A Program Understanding Support Environment*. IBM Systems Journal, v. 28, n. 2, p.324-344, 1989.
- (Coleman et al., 1994) COLEMAN, D. et al. *Object-Oriented Development – The FUSION Method*. Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice Hall, 1994.
- (Cooke, 1994) COOKE, N. J. *Varieties of knowledge elicitation techniques*. International Journal of Human-Computer Studies, v. 41, n. 6, p. 801-849, 1994.
- (Costa, 1997) COSTA, R.M; *FUSION-RE/I - Um Método de Engenharia Reversa para Auxiliar a Manutenção de Software*. Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências Matemáticas de São Carlos - USP, como parte de requisitos para obtenção do título de Mestre, maio de 1997.
- (Cross II 1990) CROSS II, J.H. *Grasp/Ada Uses Control Structure*. IEEE Software, v. 7, n. 3, p. 62, 1990.

- (DeMarco & Sarson, 1979) DeMARCO, T. SARSON, C. *Structured Analysis and Systems Specification*. Prentice-Hall, 1979.
- (Fayyad *et al.*, 1996) FAYYAD, U. M. *et al. Advanced in Knowledge and Data Mining*. AAAI/MIT Press, 1996.
- (Giarratano, 1994) GIARRATANO, Riley. *Expert System – Principles and Programming*. PWS Publishing Company, 1994.
- (Gootinalake & Khebbal, 1995) GOONATILAKE, S. KHEBBAL, S. *Intelligent Hybrid Systems: Issues, Classifications and Future Directions (Chapter 1)*. Intelligent Hybrid Systems, Edited by S. Goonatilake and S. Khebbal, John Wiley & Sons Ltd, 1995.
- (Gremba & Myers, 1998) GREMBA, J.; MYERS, C. *The IDEAL Process Model: A Practical Guide for Improvement*, in: <http://www.sei.cmu.edu/activities/ideal/ideal.bridge.html>, [acessado em 25/08/1998].
- (Harandi & Ning, 1990) HARANDI, M.T.; NING, J.Q. *Knowledge-Based Program Analysis*. IEEE Software, v. 7, n. 1, p. 74-81, 1990.
- (Herbane, 1997) HERBANE, C. Knowledge Acquisition: *Techniques in and barriers to Knowledge Acquisition*, <http://osiris.sund.ac.uk/~cs0che/chweb/paper2.html>, [acessado em 20/11/1997].
- (Johnson, 1990) JOHNSON, W.L. *Understanding and Debugging Novice Programs*. Artificial Intelligent, v. 42, n. 1, p. 51-97, 1990.
- (Jonathan *et al.*, 1993) JONATHAN, B.; BREUER, P.; LANO, K. *A Compendium of Formal Techniques for Software Maintenance*. Software Engineering Journal, v. 8, n. 5, p. 253-262, 1993.
- (Jubileu *et al.*, 1998) JUBILEU, A. P.; PUGLIESI, J. B.; REZENDE, S. O.; SANCHES, R. *Proposta de um Processo para a Aquisição de Conhecimento Explícito*. Relatórios Técnicos – Instituto de Ciências Matemáticas de São Carlos, nº 77, agosto de 1998.
- (Khabaza, 1989) KHABAZA, I. *Maintenance, Validation, and Documentation of software Systems: 'REDO'-ESPRIT P2487*. In CASE '89: Proc. of the Third International Workshop on Computer-Aided Software Engineering, British Computer Society, p. 221-222, 1989.
- (Kci, 1999) KCI – Kanten Communications International. *The Basic Rules of Brainstorming*, <http://www.kanten.com/RBWV/bsrules.html>, [acessado em 19/05/1999].

- (Kidd, 1987) KIDD, A.L. *Knowledge Acquisition for Expert Systems*. Plenum Press – New York and London, 1987.
- (Leite, 1997) LEITE, J. C. S. P. *Tutorial: Utilizando Cenários para o Desenvolvimento de Sistema Orientado a Objetos*. In: XI SBES – Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software, Fortaleza/CE, 14 outubro 1997.
- (Letovsky, 1987) LETOVSKY, S. *Cognitive Processes in Program Comprehension*. The Journal of Systems and Software, v. 7, p. 325-339, 1987.
- (Littman et al., 1987) LITTMAN, D.C. et al. *Mental Models and Software Maintenance*. The Journal of Systems and Software, vol 7, p. 341-355, 1987.
- (Mayrhauser, 1995) MAYRHAUSER, A.V. *Program Comprehension During Software Maintenance and Evolution*. IEEE Computer, v. 28, n. 8, p. 44-55, august, 1995.
- (Mayrhauser, 1996) MAYRHAUSER, A.V. *Identification of Dynamic Comprehension Processes During Large Scale Maintenance*. IEEE Transactions on Software Engineering, v. 22, n. 6, p. 424-437, june, 1996.
- (McGraw & Briggs, 1989) MCGRAW, K.L.; BRIGGS, K.H. *Knowledge Acquisition - Principles and Guidelines*. Prentice-Hall, 1989.
- (Nakazato, 1994a) NAKAZATO, K.; MALDONADO, J. C.; FABBRI, S. C. P. F.; MASIERO, P. C. *Aspectos teóricos e de implementação de critérios de geração de seqüências de teste baseados em máquinas de estado finito*. Relatórios Técnicos – Instituto de Ciências Matemáticas de São Carlos (USP), nº 25, outubro 1994.
- (Nakazato, 1994b) NAKAZATO, K.; MALDONADO, J. C.; FABBRI, S. C. P. F.; MASIERO, P. C. *Propriedades de máquinas de estado finito relevantes para critérios de geração de seqüências de teste*. Relatórios Técnicos – Instituto de Ciências Matemáticas de São Carlos (USP), nº 27, outubro 1994.
- (Nakazato, 1994c) NAKAZATO, K.; MALDONADO, J. C.; FABBRI, S. C. P. F.; MASIERO, P. C. *Seqüências básicas de máquinas de estado finito: aspectos teóricos e de implementação*. Relatórios Técnicos – Instituto de Ciências Matemáticas de São Carlos (USP), nº 28, outubro 1994.

- (Nakazato, 1995) NAKAZATO, K. K. *Módulo de Geração de Seqüências de Teste baseada em Máquinas de Estado Finito*. Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências Matemáticas de São Carlos – USP, como parte de requisitos para obtenção do título de Mestre, 1995.
- (Navathe & Elmasri, 1989) NAVATHE, S. B.; ELMASRI, R. *Fundamentals od Database Systems*. Benjamim/Cummings Publishing Company, Inc, 1989.
- (Oman et al., 1990) OMAN, P.W.; et al. *The Book Paradigm for Improved Maintenance*. IEEE Software, v. 7, n. 1, p. 39-45, january, 1990.
- (Osborne, 1999) OSBORNE. *Generic Brainstorming Rules*, Henley Management College, <http://www.henleymc.ac.uk/rcsearch/creat01.htm>, [acessado em 19/05/1999].
- (Ourston, 1989) OURSTON, D. *Program Recognition*. IEEE Expert, v. 4, n. 4, p. 36-49, 1989.
- (Oxford, 1986) *Dictionary of Computing Oxford University Press, 1986.*
- (Penteado, 1996) PENTEADO, R. D. *Um método para Engenharia Reversa Orientada a Objetos*. Tese de Doutorado, Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1996.
- (Penteado et al., 1996) PENTEADO, R. D.; GERMANO, F.; MASIERO, P. C. *Melhoria da Manutenibilidade de Software Legado com Base em Engenharia Reversa*. In: VII CITS – Conferência Internacional de Tecnologia de Software: Qualidade de Software, Curitiba-PR, p. 155-169, junho, 1996.
- (Pressman, 1995) PRESSMAN, R.S. *Engenharia de Software*. Tradução José Carlos Barbosa dos Santos; revisão técnica José Carlos Maldonado, Paulo Cesar Masiero, Rosely Sanches - São Paulo: Makron Books, 1995.
- (Quinaia, 1998) QUINAIA, M. A. *Diretrizes para Reengenharia de Software com características de software legado*. Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências Matemáticas de São Carlos – USP, como parte de requisitos para obtenção do título de Mestre, junho de 1998.
- (Rekoff, 1985) REKOFF, M.G. *On Reverse Engineering*. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, v. 15, n. 2, 1985.
- (Rezende & Pugliesi, 1998) REZENDE, S. O; PUGLIESI, J. B. *Aquisição de Conhecimento Explícito ou Manual*. Notas do ICMSC, n. 37, março, 1998.

- (Rich & Knigth, 1993) RICH, E; KNIGHT, K. *Inteligência Artificial*. Makron Books, 2ª ed.; 1993.
- (Robson et al., 1991) ROBSON, D. J.; BENNETT, K. H.; CORNELIUS, B. J.; MUNRO, M. *Approaches to Program Comprehension*. The Journal of Systems and Software, v. 14, n. 2, p 79-84, february, 1991.
- (Ross, 1988) ROSS, R.G. *Entity Modeling: Techniques and Application*. Data Research Group, 1988.
- (Sage, 1995) SAGE, A. P. *Systems Engineering and Systems Management for Reengineering*. Journal Systems and Software, v. 30, nº 1, p 137-50, 1995.
- (Scott et al., 1991) SCOTT, A. C.; CLAYTON, J. E.; GIBSON, E. L. *A Practical Guide to Knowledge Acquisition*. Addison-Wesley, 1991.
- (Seviora, 1987) SEVIORE, R. *Knowledge-Based Program Debugging Systems*. IEEE Software, v.4, n. 3, p. 20-32, 1987.
- (Silicon, 1999) SILICON GRAPHICS. *MineSet – User's Guide*, in: <http://www.sgi.com/software/mineset/>, [acessado em 20/01/1999].
- (Spivey, 1988) SPIVEY, J.M. *Understanding Z: A Specification Language and its Formal Semantics*. Cambridge University Press, 1988.
- (Stephen & Lynn, 1995) STEPHEN, R. M.; LYNN, M. M. *Software Migration and Reengineering: A Pilot Project in Reengineering*. Journal Systems and Software, v. 30, nº 1, p 137-50, 1995.
- (Turine & Masiero) TURINE, M. A. S; MASIERO, P. C. *Especificação de Requisitos: uma introdução*. Relatórios Técnicos – Instituto de Ciências Matemáticas de São Carlos – USP, nº 39, 1996.
- (Tuthill, 1990) TUTHILL, G. S. *Knowledge Engineering: Concepts and Practices for Knowledge-Based System*. TAB – Books Inc., 1990.
- (Waters & Chikofsky, 1994) WATERS, R. C.; CHIKOFFSKY, E. J. *Reverse Engineering: Progress Along Many Dimensions*. Communications of the ACM, v. 37, n. 5, p. 23-4, 1994.
- (Wilson, 1999) WILSON, Michael. *Knowledge Acquisition: The current position*. Science and Engineering Research Council. Rutherford Appleton Laboratory, in: <http://www.dci.clrc.ac.uk/ActivityPublications/92/>, [acessado em 14/01/1999].
- (Wong et al., 1995) WONG, K. et al. *Structural Redocumentation: A Case Study*. IEEE Software, v. 12, n. 1, p. 46-54, 1995.

- (Yägiz, 1999) YÄGİZ, Ömer. *Certificate Program in Advanced Management Studies. Brainstorming – A Planning and Problem Solving Technique*. Department of Management METU, <http://www.man.metu.edu.tr/~yagiz/sertifika/slides/brainsto/sld001.htm>, [acessado em 19/05/1999].

ANEXO A

**Malha de Dados Resultante do Exemplo *Northwind* -
Ferramenta *Rules Visualizer***

selection

Rotx Roty

Dolly

Disk Height: expected confidence

Disk Color: confidence 0.00 100.0

Bar Height: support

Bar Color: lift 1.00 20.00 39.00 77.00

ANEXO B

**DAD da Operação “Inserção de Chamadas Técnicas” e
DAD da Operação “Alteração/Exclusão de Chamadas
Técnicas”**