***DIRETRIZES PARA REENGENHARIA
DE SOFTWARE COM CARACTERÍSTICAS
DE SOFTWARE LEGADO***

Marcos Antonio Quinaia

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Rosely Sanches

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo - ICMC-USP, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências - Área de Ciências de Computação e Matemática Computacional.

USP - São Carlos

Junho de 1998

Este trabalho é dedicado à Sueli, minha esposa
e ao Bruno César, meu filho. Meus amados.

Agradecimentos

A Deus por ser tudo para mim.

À Prof^a. Dr^a. **Rosely Sanches** por ser mais que orientadora, por sua compreensão, dedicação, paciência, carinho, apoio e amizade. Pelos valiosos ensinamentos, sugestões, dicas, conselhos e profissionalismo dispensados.

A todos os **professores** do ICMC-USP que contribuíram com seus ensinamentos, tanto nas disciplinas, como nos esclarecimentos de dúvidas e em sugestões.

À minha querida esposa **Sueli**, por compartilhar tudo comigo com muito amor, carinho e dedicação.

À **Renata Ceneviva**, pelo auxílio prestado no desenvolvimento do trabalho.

A todos os **funcionários** do ICMC-USP por serem sempre prestativos e dedicados.

A todos os **colegas**, pela amizade conquistada e ajuda em vários momentos.

A meus pais, minha irmã, **sogros e cunhados**, pelo apoio que deram quando da minha partida para a pós-graduação.

Índice

Dedicatória	ii
Agradecimentos	iii
Índice	iv
Lista de Figuras	vi
Lista de Quadros	viii
Resumo	ix
Abstract	ix
Capítulo 1 Introdução	1
1.1 - Motivação para Reengenharia	1
1.2 - Motivação Para Transformar Sistemas Orientados a Função Para S. Orientados a Objeto	4
1.3 - Objetivo	5
1.4 - Organização do Trabalho	6
Capítulo 2 Reengenharia de Software	7
2.1 - Considerações Iniciais	7
2.2 - Definições de Reengenharia	7
2.3 - Engenharia Reversa	11
2.3.1 - Definições de Engenharia Reversa	14
2.3.2 - Visualização de Software	15
2.3.3 - Categorias de Engenharia Reversa	17
2.4 - Processo de Reengenharia	19
2.5 - Categorias de Reengenharia de Software	22
2.6 - Planejamento para Reengenharia	24
2.7 - Ferramentas de Auxílio à Reengenharia	26
2.8 - Considerações Finais	27
Capítulo 3 Engenharia Reversa do Sistema SAPES	28
3.1. Considerações Iniciais	28
3.2. O Sistema SAPES	28
3.3. O Método FUSION-RE/I	29
3.4. Recuperação de visões Funcionais do SAPES	30
3.4.1. Passo 1 - Obter Informações Sobre o SAPES	30
3.4.2. Passo 2 - Recuperação dos Modelos de Análise	31
3.4.2.1 - Elaboração do Modelo de Interface	32
Modelo de Ciclo de Vida do SAPES	33
Modelo de Operações do SAPES	36
3.4.2.2 - Elaboração do Modelo de Objetos	40
Modelo de Objetos dos Temas	43
3.5. Considerações Finais	46
Capítulo 4 Engenharia Progressiva do Sistema SAPES	47
4.1. Considerações Iniciais	47
4.2. Análise Crítica aos Modelos de Objetos Produzidos pela Engenharia Reversa	47
4.3. Reconstrução do Modelo de Objetos do SAPES	49
4.4. Reconstrução do SAPES Orientado a Objeto	49
4.4.1. O Método Fusion e a Ferramenta FusionCASE	50
4.4.2. Elaboração do Modelo de Interface	51
Modelo de Ciclo de Vida	52
Modelo de Operações	52
4.4.3. Elaboração dos Modelos de Projeto do Sistema SAPES	53
Grafos de Interação de Objetos	54
Grafos de Visibilidade	54
Descrições das Classes	55
Dicionário de Dados	56
4.4.4. Implementação do Sistema SAPES	56

Exemplo de Classes do SAPES Implementadas em Delphi:	57
4.5. Considerações Finais	59
Capítulo 5 Diretrizes Para a Reengenharia de Software	60
5.1. Considerações Iniciais	60
5.2 Diretrizes Para o Processo de Engenharia Reversa	61
5.2.1. Diretrizes Para o Passo 1 do FUSION-RE/I – <i>Obter Informações Sobre o Sistema</i>	61
5.2.2. Diretrizes Para o Passo 2 do FUSION-RE/I – <i>Recuperar Modelos de Análise do Sistema</i>	61
Diretrizes Para Elaboração do Modelo de Ciclo de Vida do Sistema	62
Diretrizes Para Elaboração do Modelo de Operações do Sistema	62
Diretrizes Para Elaboração do Modelo de Objetos do Sistema	64
5.3 Diretrizes Para o Processo de Engenharia Progressiva	66
5.3.1. Diretrizes para a Análise Crítica e Reconstrução dos Modelos de Objetos Produzidos pela Engenharia Reversa	67
5.3.2. Diretrizes para a Reconstrução do Modelo de Interface	67
5.3.3. Diretrizes para a Elaboração dos Modelos de Projeto	69
5.4. Diretrizes para a Implementação do Sistema	70
5.5. Considerações Finais	70
Capítulo 6 Conclusões	71
6.1. Conclusões e Contribuições	71
6.2. Trabalhos Futuros	73
Bibliografia	74
Referências	74
Complementar	77
Apêndice A Modelo de Ciclo de Vida do SAPES Procedimental	80
Apêndice B Modelo de Operações do SAPES Procedimental	86
Apêndice C Modelos do SAPES Produzidos Com Apoio da Ferramenta FusionCASE	92
1 - MODELOS DE ANÁLISE	92
1.1 - Diagrama de Contexto do Sistema	92
1.2 - Modelo de Objetos	93
1.3 - Modelo de Ciclo de Vida	94
1.4 - Modelo de Operações do Sistema	94
2 - MODELOS DE PROJETO	104
2.1 - Grafos de Interação de Objetos	104
2.2 - Grafos de Visibilidade	107
2.3 - Descrição de Classes	108

Lista de Figuras

Fig. 2.1 - Reengenharia de Software.....	10
Fig. 2.2 - Relacionamentos no Ciclo de Desenvolvimento de Software.....	10
Fig. 2.3 - Ciclo de Vida Genérico.....	12
Fig. 2.4 - Nível e Grau de Abstração no Ciclo de Vida de Software	13
Fig. 2.5 - Engenharias Progressiva e Reversa no Ciclo de Vida de Software	13
Fig. 2.6 - Visualizações de Software no Ciclo de Desenvolvimento.....	16
Fig. 2.7 - Visões das Categorias de Engenharia Reversa.....	19
Fig. 2.8 - O Processo de Reengenharia de Dados	23
Fig. 2.9 - Matriz de Decisão Sobre o Destino de Software Legado	25
Fig. 2.10 - Abordagens de Reengenharia.....	25
Fig. 3.1 - Método de Engenharia Reversa FUSION-RE/.....	30
Fig. 3.2 - Tela Correspondente ao Menu Principal.....	32
Fig. 3.3 (a) - Tela Correspondente ao Menu Principal.....	33
Fig. 3.3 (b) - Tela Correspondente à Opção 1 do Menu Principal.....	33
Fig. 3.3 (c) - Tela Correspondente à Operação “Insere Novo Registro” da Fig. 3.3 (b)	33
Fig. 3.4 - Interface do Sistema SAPES e Expressão Principal do Modelo Ciclo de Vida Derivada	34
Fig. 3.5 - Expressão Principal e 2º Nível do Mod. Ciclo de Vida para a Opção Manut. B. Dados.....	34
Fig. 3.6 - Interface do SAPES e Modelo de Ciclo de Vida com Operações e Eventos	35
Fig. 3.7 - Arquivo BIBGERAL.DBF Aberto Com a Ferramenta Browser	38
Fig. 3.8 - Interface da Operação INSERE e o Respectivo Modelo de Operações.....	39
Fig. 3.9 - Modelo de Objetos Para o Tema Base de Dados	44
Fig. 3.10 - Modelo de Objetos Para o Tema Bibliografia.....	45
Fig. 3.11 - Modelo de Objetos Para o Tema Referência Bibliográfica.....	45
Fig. 3.12 - Modelo de Objetos Para o Tema Ficha Técnica	46
Fig. 4.1 - Modelo de Objetos do Sistema SAPES Novo.....	49
Fig. 4.2 - Visão Geral do Método Fusion.....	50
Fig. 4.3 - Menu de Entrada da Ferramenta FusionCASE.....	51
Fig. 4.4 - Menu Principal da FusionCASE	51
Fig. 4.5 - Edição do Modelo de Ciclo de Vida	52
Fig. 4.6 - Edição do Modelo da Operação Consultar Título.....	53
Fig. 4.7 - Edição do Grafo de Interação de Objetos para a Operação Consultar Título.....	54
Fig. 4.8 - Edição do Grafo de Visibilidade Para a Classe Autor	55
Fig. 4.9 - Edição da Descrição da Classe Título.....	55
Fig. 4.10 - Edição do Dicionário para Dados Para Classes do SAPES.....	56
Fig. 4.11 - Edição do Dicionário de Dados para Operações do SAPES.....	56
Fig. 4.12 - Interface Principal, com Menu “pulldown” Para Arquivos	58
Fig. 4.13 - Interface Principal, com Menu “pulldown” Para Arquivos e Submenu Imprimir	58
Fig. 4.14 - Interface Para Manutenção de Autores	59
Fig. 4.15 - Interface Para Manutenção de Títulos	59
Fig. B1 - Esquema Para Operação Insere.....	86
Fig. B2 - Esquema Para Operação Elimina.....	87
Fig. B3 - Esquema Para Operação Altera	87
Fig. B4 - Esquema Para Operação Cria_B_Dados	87
Fig. B5 - Esquema Para Operação Consulta	87
Fig. B6 - Esquema Para Operação Formação_Biblio.....	88
Fig. B7 - Esquema Para Operação Zerar-Arquivos	88
Fig. B8 - Esquema Para Operação Geração-Ref_Bib.....	88
Fig. B9 - Esquema Para Operação Imp_B_Dados.....	89
Fig. B10 - Esquema Para Operação Imp_Biblio.....	89
Fig. B11 - Esquema Para Operação Imp_Ref_Inex.....	89
Fig. B12 - Esquema Para Operação Imp_Ref_Bib	90
Fig. B13 - Esquema Para Operação Criar_Ficha.....	90
Fig. B14 - Esquema Para Operação Imprimir_Ficha.....	90
Fig. B15 - Esquema Para Operação Alt_Ref_Bib.....	91

Fig. B16 - Esquema Para Operação Alt_Biblio.....	91
Fig. B17 - Esquema Para Operação Ins_Ref_Bib.....	91

Lista de Quadros

Quadro 2.1 - Escopo das informações utilizadas por cada ferramenta de reengenharia, e as respectivas visões e outras saídas produzidas	27
Quadro 3.1 - Informações Existentes Sobre o Sistema SAPES	31
Quadro 3.2 - Operações e aspectos do domínio do problema do SAPES	41
Quadro 3.3 - Operações e temas do SAPES	42
Quadro 5.1 - Operações e Aspectos do Domínio do Sistema	65
Quadro 5.2 - Operações e Temas Identificados e Confirmados	65

Resumo

Este trabalho apresenta um conjunto de diretrizes que apóiam o processo de reengenharia de um sistema procedimental (escrito na linguagem Clipper) para um sistema orientado a objeto (escrito na linguagem Delphi). As diretrizes foram baseadas na experiência adquirida com a realização da reengenharia no sistema SAPES (um sistema que apóia o uso de um banco de dados bibliográfico pessoal na escrita de documentos). As diretrizes envolvem o método FUSION-RE/I, no passo de engenharia reversa, e a ferramenta FusionCASE, no passo de reconstrução.

Abstract

This work presents a set of guidelines that support the reengineering process of a procedural system (implemented in the Clipper language) into an object-oriented system (implemented in the Delphi language). The guidelines are based on the experience acquired with the reengineering of the SAPES system (a system to support the use of a personal bibliographic database in task of writing documents). The guidelines involve the FUSION-RE/I method, in the reverse engineering step, and the FusionCASE tool, in the reconstruction step.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 - Motivação para Reengenharia

Todos os sistemas têm um tempo de vida limitado e cada alteração efetuada no mesmo pode degenerar a sua estrutura, fazendo com que as manutenções se tomem cada vez mais difíceis e dispendiosas. Isso ocorre principalmente em *software legado* [Jacobson & Lindström, 1991].

Software legado pode ser informalmente definido como aquele que executa tarefas úteis para a organização, mas que foi desenvolvido utilizando-se técnicas atualmente consideradas obsoletas [Ward & Bennett, 1995]. A quantidade de código em sistemas legados é imensa. Em 1990, estimava-se [Ulrich, 1993] que existia 120 bilhões de linhas de código fonte de sistemas desse tipo. A maioria deles escrito em COBOL ou FORTRAN, linguagens com facilidades limitadas de estruturação de programas e estruturas de dados. A migração e / ou alteração desse tipo de software gera desafios técnicos (por exemplo: verificar efeitos colaterais de uma alteração) e não-técnicos (por exemplo: estimar o custo de alteração) a todos os envolvidos com

manutenção de software.

Existe um grande dilema na decisão sobre o futuro de software legado. Ao mesmo tempo em que ele traz incorporado o acúmulo de anos de experiência e refinamento, traz também todos os vícios e defeitos vigentes na época de seu desenvolvimento, mesmo que naquela época, o que hoje é chamado de vício e defeito fosse a melhor indicação para o desenvolvimento de software [Bennett, 1995]. Por exemplo, o *tamanho do programa*, que devido a limitação imposta pelo custo do hardware, tinha que ser reduzido. Atualmente, com o barateamento dos componentes de hardware, o fator tamanho de programa já não é crucial. Houve ainda a época em que se prezava a *eficiência*, em detrimento da clareza e estruturação do programa. Adicione-se a isso as sucessivas manutenções e conseqüentes degenerações sofridas pelo software. Sabe-se hoje que todos esses fatores estão diretamente relacionados com a dificuldade de entendimento de qualquer software legado.

Muitos programas legados são críticos para os negócios das organizações que os possuem. Eles têm embutidos informações dos negócios e procedimentos, que podem não estar documentados. O risco de remover e reescrever tais programas é grande, pois muita informação teria que ser redescoberta por tentativa e erro. Consequentemente, as organizações, de um modo geral, não “aposentam” seus sistemas legados, preferindo mantê-los em operação, com adaptações às novas necessidades. As dificuldades devem ser enfrentadas, pois qualquer software que não evoluir continuamente (portanto passar por manutenções) tornar-se-á menos útil no mundo real [Lehman, 1980].

Segundo Bennett [1991], os maiores problemas em manter software legado são:

- Desestruturação e dificuldade de entendimento do código, muitas vezes porque o software foi desenvolvido antes da introdução dos métodos de programação estruturada.
- Programadores que não participaram do desenvolvimento de um produto de software sentem dificuldade em entender e mapear a funcionalidade para o código fonte.
- Documentação desatualizada, não auxiliando em nada a equipe de manutenção.
- Dificuldade de prever as conseqüências de efeitos colaterais.
- Dificuldade de administrar múltiplas alterações concorrentes.

A complexidade e tamanho dos programas legados têm influência direta no custo

de manutenção dos mesmos [Ramamoorthy & Tsai, 1996]. Pesquisas revelam que mais de 50% do custo de um produto de software está relacionado com as atividades de manutenção, havendo casos deste percentual chegar até a 85% [Layzell *et al.*, 1995].

Em alguns negócios, estima-se que 80% de todos os gastos com software é consumido pelas manutenções e evoluções dos sistemas [Yourdon, 1990]. O número de sistemas que precisam ser modificados está aumentando gradualmente. Existe uma grande fila de espera para pedidos de manutenção. Isto significa que, algumas vezes, é impossível para as organizações investir em novos sistemas para melhorar a eficiência organizacional.

Uma pesquisa realizada em 100 grandes empresas norte americanas mostrou que, anualmente, estas empresas mantêm 35 milhões de linhas de código e, somente em atividades de manutenção, adicionam 3,5 milhões de linhas novas. Com isso deduziu-se que a quantidade de linhas de código de software dobra a cada 7 anos somente nessas 100 companhias. Estima-se ainda que o mercado de manutenção de software movimenta anualmente 30 bilhões de dólares [Mackenzie & Henshaw, 1994 apud Melymuka, 1991] e que somente no Reino Unido são gastos anualmente 1 bilhão de Libras em manutenção [Bennett, 1991].

O problema de manutenção de sistemas legados é complexo porque, geralmente, esses sistemas não são simples programas, desenvolvidos e mantidos. Muitos deles são compostos de diferentes programas que, de alguma forma, compartilham dados. Também ocorre que estes programas foram desenvolvidos por diferentes pessoas ao longo dos anos, os quais não estão mais na organização. Muitas vezes eles usam um sistema de administração de bases de dados que pode estar obsoleto, ou dependem de arquivos armazenados separadamente. No caso de arquivos separados, cada um tem seu próprio formato e freqüentemente as mesmas informações são duplicadas e representadas em diferentes formas e em diferentes arquivos. Esta duplicação usualmente acontece porque as informações são fortemente integradas com as estruturas de dados dos programas.

Com o objetivo de minimizar os problemas gerados por manutenções difíceis e algumas vezes degenerativas da estrutura do sistema, muitas organizações estão optando por refazer seus sistemas. A idéia básica dessa reconstrução ou *reengenharia* é que as informações de projeto e especificação sejam extraídas do código fonte, reformuladas e reconstruídas, resultando em um software mais fácil de ser mantido [Bennett, 1991].

Reengenharia de software consiste na reimplementação de um sistema em uma forma mais fácil de ser mantido. Com isso, o sistema pode ser redocumentado ou reestruturado, os programas podem ser traduzidos para uma linguagem de programação mais moderna e implementados em uma plataforma distribuída, bem como seus dados podem ser migrados para uma base de dados diferente. A reengenharia de software objetiva fazer sistemas flexíveis, fáceis de modificar, frente as constantes mudanças das necessidades dos usuários.

O campo da reengenharia está crescendo rapidamente em resposta à necessidade crítica que existe na indústria de software por tecnologia que suporte a manutenção de sistemas legados e o desenvolvimento evolutivo de novos sistemas. Existe uma firme e crescente demanda para migrar programas legados de mainframes monoprocessados, para estações de computadores, multiprocessadas, distribuídas e ligadas em rede, visando acompanhar os avanços das técnicas de programação tais como: interfaces gráficas para o usuário, comunicação interprogramas, desenvolvimento orientado a objeto, reusabilidade, etc. [Rugaber, 1996; Sneed, 1995]. Também o desenvolvimento de novos projetos de software deverão se deparar, cada vez mais, com processos de reengenharia, visto que desenvolvimentos de software, que não envolvam códigos antigos, são raros na prática atual [Coleman *et al.*, 1994].

1.2 - Motivação Para Transformar Sistemas Orientados a Função Para Sistemas Orientados a Objeto

Atualmente a nova fase de transição que a comunidade de informática está enfrentando para migrar software das plataformas centralizadas (*mainframes*) para ambientes de processamento distribuído em arquitetura cliente/servidor, mostra a importância da reengenharia e implica, muitas vezes, mover de uma arquitetura orientada a ação (paradigma procedimental) para uma arquitetura orientada a objeto (paradigma de orientação a objeto). [Sneed, 1992; Mittra, 1995].

Para Newcomb [1995], a programação orientada a objeto tem muitas vantagens sobre programação procedimental: possibilita construir sistemas altamente flexíveis, adaptáveis e extensíveis; possui uma coleção rica de mecanismos composicionais para formação de classes, instanciação de objetos, propriedades de herança, polimorfismo e ocultamento de informações, que estão presentes em linguagens de programação orientadas a objeto, as quais provêm apoio para criar sistemas que exibem um alto grau

de reuso e facilidade de manutenção.

Gall e Klosch [1995], citam vários motivos para migração do paradigma procedimental para o paradigma de orientação a objeto:

- Em programas procedimentais é muito difícil prever efeitos colaterais, pois freqüentemente os relacionamentos não são visíveis.
- Manutenções sucessivas requerem um conhecimento detalhado dos componentes do sistema, como foram criados e modificados e seus inter-relacionamentos;
- A reusabilidade de software também é seriamente afetada pela estrutura própria dos programas procedimentais;
- A orientação a objeto oferece algumas características úteis, tais como meios de abstração bem definidos, conceito de encapsulamento e comportamentos que efetivamente apóiam o processo de manutenção de software;
- A identificação de objetos nos programas procedimentais, exibindo explicitamente suas dependências, ajuda a entender o projeto do sistema, evita a degradação do projeto original durante as manutenções e facilita o processo de reuso.

1.3 - Objetivo

A reengenharia ou reconstrução de um sistema é indicada quando o software possui alta utilidade, porém é de difícil manutenção. A reengenharia envolve primeiramente um processo de engenharia reversa para a recuperação de informações importantes sobre o sistema e, posteriormente, a reconstrução do mesmo (engenharia progressiva), utilizando-se métodos que proporcionam maior qualidade ao sistema. Atualmente, os métodos orientados a objeto mostram ser a melhor perspectiva, tanto para o desenvolvimento quanto para a manutenção de software.

O objetivo deste trabalho é propor um conjunto de diretrizes para o processo de reengenharia que transforme um sistema legado para um sistema orientado a objeto. Aliado a essa tendência, no processo de reconstrução, utiliza-se também a programação para ambiente Windows, o que permite que os sistemas possuam interface de melhor usabilidade e, portanto maior facilidade de alteração.

O conjunto de diretrizes para reengenharia, foi desenvolvido a partir da experiência de reconstrução (reengenharia) do sistema SAPES – Sistema de Apoio a

Pesquisa. Apesar de não ser muito antigo (foi desenvolvido a cerca de 10 anos), esse sistema possui diversas características de sistemas legados: foi escrito em Clipper, possui cerca de 5000 linhas de código e uma documentação que não condiz com os programas que estão implementados. Por outro lado é um software que traz embutidos valores que não podem ser desprezados.

Na etapa de engenharia reversa foi utilizado o método FUSION-RE/I (desenvolvido pelo grupo de Engenharia de Software do ICMC), que possibilita a transformação de sistemas procedimentais em sistemas orientados a objeto. Na etapa de engenharia progressiva, a ferramenta FusionCASE foi utilizada para apoiar o desenvolvimento de software orientado a objeto. Os programas foram implementados utilizando a linguagem Delphi, pela facilidade de implementação e elaboração de janelas que essa linguagem proporciona.

1.4 - Organização do Trabalho

Este trabalho está organizado em 6 capítulos. Neste capítulo foi exposto a motivação e os objetivos que se pretende atingir com o trabalho.

O capítulo 2 compreende a revisão bibliográfica e nele são apresentadas as principais características, os conceitos e definições de reengenharia, engenharia reversa e engenharia progressiva, aplicados ao software.

No capítulo 3 é descrita a aplicação do método de engenharia reversa FUSION-RE/I no sistema SAPES.

A fase de engenharia progressiva do sistema SAPES, efetuada a partir dos modelos obtidos no capítulo 3, é apresentada no capítulo 4.

No capítulo 5 são descritas as diretrizes do processo de reengenharia de software orientado a função, para software orientado a objeto.

No capítulo 6, as conclusões sobre o presente trabalho e as propostas de trabalhos futuros são apresentados.

CAPÍTULO 2

REENGENHARIA DE SOFTWARE

2.1 - Considerações Iniciais

A reengenharia de software envolve basicamente duas etapas: engenharia reversa e engenharia progressiva. Para melhor compreensão dos conceitos e propósitos da reengenharia, faz-se necessário o entendimento dos conceitos de engenharia reversa, categorias de reengenharia, o seu processo, definições e aplicações.

2.2 - Definições de Reengenharia

O tema reengenharia está relacionado com a reconstrução de algo do mundo real, e independentemente da aplicação da reengenharia, o seu principal propósito é a busca por melhorias que permitam produzir algo de qualidade melhor ou pelo menos de qualidade comparável ao produto inicial.

Sage [1995], indica diversas categorias de melhorias relacionadas à reengenharia,

entre elas: melhorias de sistemas administrativos, melhorias de processos e melhorias de produtos.

A *reengenharia de processos administrativos* é direcionada para alterações potenciais em todos os negócios ou processos organizacionais. Esta definição de reengenharia de processos administrativos é a mesma dada por Hammer e Champy [1993]: "reengenharia é o repensar fundamental e o reprojeto radical dos processos de uma organização, para realizar uma dramática melhoria em termos de performance, custo, qualidade e serviços".

A *reengenharia de processos produtivos* consiste de modificações em qualquer ciclo de processos padrão, que esteja em uso em uma dada organização, para melhor acomodar as tecnologias novas e emergentes ou requisitos dos clientes para um produto ou sistema. Indiretamente, melhoria nos processos de produção resulta em aumento de eficácia do produto pelo mesmo custo, ou na redução do custo pela mesma eficácia, ou ambos.

A *reengenharia de sistemas de software ou produtos* é o exame, estudo, captura e modificação de mecanismos internos ou funcionalidade de um sistema existente ou produto, visando reconstituí-lo em uma nova forma e com novas características, freqüentemente para tomar vantagem das novas e emergentes tecnologias, mas sem grandes alterações na funcionalidade e propósito inerentes do sistema.

Quando se efetua a reengenharia de processos administrativos provavelmente será necessário efetuar reengenharia de software, visto que existe uma dependência implícita entre os processos administrativos e o software [Sommerville, 1995].

Neste trabalho, é dado enfoque à reengenharia de sistemas de software a qual também é definida por outros autores:

- Para Chikofsky e Cross [1990], IEEE CS-TCSE [1997] e GT-REG [1998], a reengenharia, conhecida também como renovação ou reconstrução, é o exame e alteração de um sistema de software, para reconstituí-lo em uma nova forma, e a subsequente implementação dessa nova forma. Um processo de reengenharia geralmente inclui alguma forma de engenharia reversa, seguida por uma forma de engenharia progressiva ou reestruturação.
- Para Warden [1992], a reengenharia tem como principal objetivo melhorar um sistema de alguma maneira; através de alterações significantes que proporcionem melhoria, porém, sem alterar suas funções. A extração

automática da descrição de uma aplicação e sua implementação em outra linguagem não é considerada, segundo o autor, reengenharia e sim tradução de código. Do mesmo modo que Chikofsky, Warden considera que a reengenharia pode ser dividida em duas fases principais: a Engenharia Reversa e a Engenharia Progressiva; e cada uma destas fases pode ser dividida em uma série de atividades.

- O padrão IEEE P1219/D14 [apud Sage, 1995], para manutenção de software define a reengenharia como um subconjunto da engenharia de software, composta por engenharia reversa e engenharia progressiva.
- Premerlani e Blaha [1994] citam que o objetivo da reengenharia é reutilizar automaticamente os esforços de desenvolvimento passados, objetivando reduzir custos de manutenção e melhoria na flexibilidade do software.
- Segundo Pressman [1995], a reengenharia, também chamada de *recuperação* ou *renovação*, recupera informações de projeto de um software existente e usa essas informações para alterar ou reconstituir o sistema, preservando as funções existentes, ao mesmo tempo em que adiciona novas funções ao software, num esforço para melhorar sua qualidade global.
- Para Sommerville [1995], a reengenharia de software é descrita como a reorganização e modificação de sistemas de software existentes, parcial ou totalmente, para torná-los mais manuteníveis.

Dessas definições percebe-se que existe clara distinção entre o desenvolvimento de um novo software e reengenharia de software. A distinção está relacionada ao ponto de partida de cada um dos processos. O desenvolvimento de um novo software (definido como *engenharia progressiva* por Chikofsky e Cross [1990]) inicia-se com uma especificação escrita do software que será construído, enquanto que a reengenharia inicia-se tomando como base um sistema já desenvolvido.

Das definições nota-se também que existe distinção entre os objetivos da reengenharia e os da engenharia reversa. O objetivo da engenharia reversa é derivar o projeto ou especificação de um sistema, partindo-se de seu código fonte [Sommerville, 1995]. O objetivo da reengenharia é produzir um sistema novo e mais manutenível e a engenharia reversa é usada como parte do processo de reengenharia, para o entendimento do sistema a ser reconstruído. Estas distinções estão ilustradas na figura 2.1.

FIG. 2.1 - REENGENHARIA DE SOFTWARE

Outros conceitos relacionados à reengenharia são: redocumentação, reestruturação, recuperação de projeto e engenharia reversa (figura 2.2) [Chikofsky & Cross, 1990].

FIG. 2.2 - RELACIONAMENTOS NO CICLO DE DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE [CHIKOFSKY & CROSS, 1990]

- *Redocumentação.* Como uma subárea da engenharia reversa, a redocumentação é a criação ou revisão de uma representação semanticamente equivalente, dentro do mesmo nível relativo de abstração, sendo que as formas resultantes de representação são consideradas como visões alternativas, utilizadas para uma melhor compreensão humana do sistema analisado.
- *Recuperação de projeto.* É uma subárea da engenharia reversa na qual o conhecimento do domínio da aplicação, informações externas, e dedução são adicionadas às observações referentes ao programa, para se extrair abstrações significativas de mais alto nível, além daquelas obtidas através da observação direta do sistema.
- *Reestruturação.* É a transformação de uma forma de representação, para outra no mesmo nível de abstração relativo, preservando o comportamento externo do sistema (funcionalidade e semântica). Geralmente usada como uma forma de manutenção preventiva, a reestruturação aplica-se em sistemas que tenham sido desenvolvidos de forma desestruturada, resultando em uma representação que preserve as características do sistema, porém de forma mais bem estruturada.

2.3 - Engenharia Reversa

O ciclo de vida de software refere-se às etapas (ou estágios) da existência do software. Existem diversos modelos de ciclo de vida: o modelo em cascata [Royce, 1970], o evolutivo, a quarta geração e o espiral [Boehm, 1988], entre outros.

Independentemente do modelo de ciclo de vida adotado, o processo de desenvolvimento de software começa pela especificação dos *requisitos*, passa pelo *projeto* e termina em *implementação* do software (figura 2.3).

No desenvolvimento de software, quando se parte dos requisitos, para a implementação, tem-se um aumento do nível de detalhes e, portanto uma diminuição na abstração.

FIG. 2.3 - CICLO DE VIDA GENÉRICO

Abstração é definida como a habilidade de se ignorar os aspectos de assuntos não relevantes para o propósito em questão, tornando possível uma concentração maior nos assuntos principais [Oxford, 1986]. Dois conceitos relacionam abstração com as atividades do ciclo de vida:

Nível de abstração: quanto mais próximo o projeto estiver do nível de implementação em máquina, menor será o nível de abstração do projeto. Por outro lado, quanto mais próximo o projeto estiver da fase de especificação dos requisitos do sistema, maior será o nível de abstração do mesmo. Geralmente no desenvolvimento de software, parte-se de informações em alto nível de abstração, e à medida que o projeto for caminhando através das etapas do ciclo de vida, o nível de abstração vai diminuindo [Chikofsky & Cross, 1990].

Grau de abstração: dentro de uma mesma etapa (ou fase) do ciclo de vida, se as informações forem pouco detalhadas, diz-se que é alto o grau de abstração, já se as informações forem muito detalhadas, diz-se que é baixo o grau de abstração [Chikofsky & Cross, 1990].

Resumindo, o grau de abstração é interno a cada fase do ciclo de vida, e o nível de abstração acontece entre as fases do ciclo de vida (figura 2.4).

FIG. 2.4 - NÍVEL E GRAU DE ABSTRAÇÃO NO CICLO DE VIDA DE SOFTWARE [COSTA, 1997]

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*. Já o processo inverso à engenharia progressiva, caracterizado pelas atividades retroativas do ciclo de vida, que partem de um baixo nível de abstração para um alto nível de abstração, é conhecido como *engenharia reversa* (figura 2.5) [Chikofsky & Cross, 1990].

FIG. 2.5 - ENGENHARIAS PROGRESSIVA E REVERSA NO CICLO DE VIDA DE SOFTWARE [COSTA, 1997]

2.3.1 - Definições de Engenharia Reversa

O termo engenharia reversa originou-se na engenharia de hardware, onde o mesmo é considerado como o processo de desenvolvimento de especificações para um sistema de hardware complexo, através de exame minucioso de exemplares do sistema de hardware em estudo [Rekoff, 1985].

O conceito de Engenharia Reversa de Software é similar. Porém, tradicionalmente o objetivo da engenharia reversa de hardware é duplicar o sistema, enquanto o objetivo da engenharia de software freqüentemente é obter um entendimento do sistema em um nível de abstração mais alto.

Para Pressman, a engenharia reversa de software é um processo de recuperação de projeto, consistindo em analisar um programa, na tentativa de criar uma representação do mesmo, em um nível de abstração mais alto que o código-fonte [Pressman, 1995].

Para Gannod e Cheng, [1996], engenharia reversa de um programa é o processo de construir uma abstração de alto nível objetivando facilitar o entendimento de um sistema legado ou geriátrico.

Segundo Benedusi, pode-se definir engenharia reversa como uma coleção de teorias, metodologias, e técnicas capazes de suportar a extração e abstração de informações de um software existente, produzindo documentos consistentes, quer seja a partir somente do código fonte, ou através da adição de conhecimento e experiência que não podem ser automaticamente reconstruídos a partir do código [Benedusi *et al.*, 1992 apud Ramamoorthy *et al.*, 1986; Chikofsky & Cross, 1990].

Para Samuelson, engenharia reversa é geralmente entendida como a ação de criar um conjunto de especificações funcionais para um sistema, por alguém que não foi o projetista original, baseado na análise de um sistema existente e suas partes componentes [Samuelson, 1990 apud Rekoff, 1985].

Segundo Waters e Chikofsky, o processo de análise de um sistema para identificar os componentes de um software e seus inter-relacionamentos, e para criar uma representação do software em outra forma, provavelmente num nível mais alto de abstração que o código fonte, é engenharia reversa [Waters & Chikofsky, 1994].

Stephen chama de engenharia reversa, entender, analisar, e abstrair o sistema para uma nova forma, num alto nível de abstração [Stephen & Lynn, 1995].

A partir da engenharia reversa e com base nos diferentes níveis e graus de abstração o software pode ser visualizado de diferentes maneiras.

2.3.2 - Visualização de Software

As visões que se obtêm do software podem ser classificadas em 4 *categorias*: visão em nível-implementacional, visão em nível-estrutural, visão em nível-funcional, visão em nível-de-domínio [Harandi & Ning, 1990].

Visão em nível-implementacional. Abstrai características da linguagem de programação e características específicas da implementação. Exemplos de visões em nível implementacional são informações a respeito da sintaxe e da semântica da linguagem e informações da implementação.

Visão em nível-estrutural. Abstrai detalhes da linguagem de programação 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], o projeto procedimental expresso através de uma linguagem de projeto de programação [Caine & Gordon, 1975; Harband, 1990], o projeto arquitetural expresso através de gráficos de estruturas [Cross, 1990], ou através de uma linguagem de interconexão modular, como NuMIL [Choi & Scacchi, 1990].

Visão em nível-funcional. Abstrai a função de um componente, isto é, o que o componente faz. Essa visão relaciona partes do programa às suas funções procurando revelar as relações lógicas entre elas (diferentemente das relações sintáticas ou das estruturais). Exemplos de visões em nível funcional podem ser descrições da função do sistema expressos de maneira formal, usando linguagens tais como VDM [Jones, 1990], Z e Z^{++} [Spivey, 1988; Bennet, 1991]; diagramas de fluxo de dados, que apresentam os processos e o fluxo de dados entre eles [DeMarco & Sarson, 1979]; diagramas de fluxo de controle [Hatley & Pirbhai, 1987], que apresentam os processos e o fluxo de controle entre eles 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 a ser desenvolvido.

Na realidade poucas representações são restritas somente a uma fase do ciclo de vida ou consideradas como pertencentes a uma categoria de visualização. Uma linguagem de projeto de programa [Caine & Gordon, 1975] pode ser usada para representar as funções na fase de requisitos ou o projeto procedimental na fase de projeto. Um diagrama de fluxo de dados [DeMarco & Sarson, 1979], pode ser usado para descrever o que o sistema faz ou como o processo interage. Assim, se uma representação extraída é uma representação de requisitos ou uma representação de projeto depende principalmente do contexto em que a representação será usada.

É relevante ressaltar que uma forma de representação extraída do código pode diferir de uma representação similar que foi desenvolvida no processo de engenharia progressiva. A forma extraída irá refletir a idiossincrasia da representação do código muito mais do que a representação original, que reflete a compreensão do problema pelo analista ou projetista.

A figura 2.6 mostra a correspondência entre as categorias de visualização do software e as diferentes atividades do ciclo de desenvolvimento de software.

FIG. 2.6 -VISUALIZAÇÕES DE SOFTWARE NO CICLO DE DESENVOLVIMENTO [COSTA, 1997]

Muitas vezes é necessário acrescentar às informações contidas no código outras informações provenientes de conhecimentos e experiências humanas, para se obter

"visões" diferenciadas do software. Conforme o escopo das informações usadas que resultarão em um nível de entendimento obtido do sistema, pode-se formular uma categorização dos métodos de engenharia reversa.

2.3.3 - Categorias de Engenharia Reversa

De acordo com o nível de entendimento obtido do sistema e o escopo das informações usadas, duas categorias de engenharia reversa são definidas: *visualização de código* [Oman, 1990] e *entendimento de programa* [Chikofsky & Cross, 1990].

Visualização de código: Também denominada *redocumentação*. É a criação ou revisão de representações semanticamente equivalentes num mesmo nível de abstração [Chikofsky & Cross, 1990]. O processo de visualização de código cria as representações a partir de informações obtidas apenas da análise do código fonte, embora a apresentação dessas informações possa se diversificar. As formas das representações são consideradas visões alternativas, cujo objetivo é melhorar a compreensibilidade do sistema global.

A forma mais simples e mais antiga de engenharia reversa é a visualização de código. A intenção é recuperar a documentação que já existiu, ou que deveria ter existido, sobre o sistema. A ênfase, de fato, é a criação de visões adicionais, especialmente visões gráficas, que não foram criadas durante o processo original de engenharia progressiva.

A visualização de código não transcende a visão em *nível-estrutural* e não atribui significados ao sistema analisado. Recuperações mais ambiciosas tais como a função, os propósitos ou a essência do sistema exigem um nível de entendimento maior e são definidas como *entendimento de programa*.

Entendimento de programa: Nesta categoria de engenharia reversa, também denominada *recuperação de projeto*, o conhecimento do domínio das informações externas e as deduções são adicionadas às observações feitas sobre o sistema através do exame do mesmo, de modo a obter informações com nível mais alto de abstração [Chikofsky & Cross, 1990].

Segundo Biggerstaff [1989], *entendimento de programa* recria abstrações do

projeto a partir de uma combinação de código, documentação existente do projeto (se disponível), experiências pessoais, e conhecimentos gerais sobre o problema e o domínio de aplicação. Sintetizando, entendimento de programa deve produzir todas as informações necessárias para se entender completamente *o que, como, e por que* o sistema faz.

Até o momento pesquisas [Ramamoorthy & Tsai, 1996], revelam que os métodos de engenharia reversa não recuperam de modo automático todas as visões do software. Isto acontece basicamente porque a fase de implementação - caracterizada principalmente por programas fonte e descrição de arquivos - não contém todas as informações essenciais para o processo de engenharia reversa, as quais são providas pela fase de análise, sendo necessária a intervenção humana para extrair boas representações de projetos de software, principalmente em níveis mais altos de abstração [Tangorra & Chiarolla, 1995]. Segundo Pressman [1995], as ferramentas baseadas em engenharia reversa estão ainda “engatinhando” e as pesquisas nesta área de entendimento de código são muito importantes e muitas outras ainda acontecerão.

Entendimento de programa distingue-se de visualização de código porque objetiva *entender* o sistema, em vez de simplesmente fornecer visões alternativas para *auxiliar* o usuário a entender o sistema. Esse entendimento vai além do conhecimento em *nível implementacional e estrutural*, buscando obter o conhecimento em *nível-funcional* e até mesmo em *nível-de-domínio* (ambiente de operação do sistema).

Um completo entendimento de programa busca reconstruir não somente a função do sistema, mas também o processo pelo qual o sistema foi desenvolvido. Rugaber *et al.* [1990] enfatizam a importância da recuperação de decisões de projeto tomadas durante o desenvolvimento original para uma completa estrutura de entendimento.

Entendimento de programa é a forma mais crítica de engenharia reversa porque tenta aproximar-se do raciocínio humano na busca do entendimento.

A figura 2.7 apresenta a amplitude de alcance das categorias de engenharia reversa, relacionadas com o escopo das informações utilizadas (código fonte ou base de conhecimento) e o nível de visualização pretendida (implementacional, estrutural, funcional e de domínio).

FIG. 2.7 - VISÕES DAS CATEGORIAS DE ENGENHARIA REVERSA

2.4 - Processo de Reengenharia

O processo de reengenharia de software é constituído de duas fases distintas, a primeira “desmonta” o software objeto de reconstrução, para seu entendimento e a segunda o constrói novamente, em uma nova forma desejada, a partir do produto da primeira fase juntamente com os ajustes que se fizerem necessários.

O processo de Reengenharia pode ser traduzido como [Jacobson & Lindström 1991]:

$$\text{Reengenharia} = \text{Engenharia Reversa} + \Delta + \text{Engenharia Progressiva}$$

Onde Δ pode ser de dois tipos:

1. *Alterações de funcionalidade* (Alteram o objetivo principal do sistema): Ocorrem devido a mudanças nos negócios, ou necessidade do usuário.
2. *Alterações de implementação* (Alteram a forma de implementação do sistema): ocorrem devido a alterações no ambiente de operação do software e ou linguagem de implementação (protocolos, sistema operacional, portabilidade, linguagens, etc.).

Existem alguns pontos que devem ser considerados para um processo de reengenharia [Warden, 1992]:

- Reengenharia deve ser executada somente se existir um argumento aceitável de custo/benefício.

- Reengenharia implica melhoria através de reprojeto.
- Reengenharia deve remover projetos ruins, mas reconhecer e manter projetos bons e simples, mesmo se ele for desestruturado.
- Engenharia Reversa é dirigida por tipos de problemas, os quais necessitam ser identificados.
- Problemas são identificados e expressos como violações às técnicas de projeto estruturado e regras de programação, ou outras que o usuário pode definir.
- Ferramentas devem ser adequadas aos processos de reengenharia, e não os processos adequados às ferramentas.

Jacobson e Lindström [1991] declaram que para executar um processo de reengenharia de um sistema é necessário:

1. *Engenharia reversa*: Identificar como os componentes do sistema se relacionam uns aos outros e então criar uma descrição mais abstrata do sistema. Um exemplo de identificação de relacionamentos entre componentes pode ser a identificação de dependências entre os arquivos e as funções, entre as funções e as descrições da base de dados, etc.. Um exemplo da criação de uma descrição mais abstrata do sistema pode ser um diagrama de fluxo de dados para as funções e o modelo entidade-relacionamento para as descrições da base de dados. Com esse primeiro passo obtém-se um modelo abstrato o qual mostra a funcionalidade do sistema (propósito para o qual o sistema foi construído) e um número de mapeamentos entre os diferentes níveis de abstração. Os mapeamentos compreendem as decisões de projeto que ocorrem quando se transforma uma representação abstrata em uma representação concreta.
2. *Decidir sobre alterações na funcionalidade*: as alterações de funcionalidade são as alterações nos requisitos que o usuário determina que sejam implementadas no sistema. Esse passo é executado utilizando-se as abstrações de mais alto nível, obtidas no passo anterior. Sem o modelo abstrato é necessário decidir questões de alto nível, utilizando-se comandos de baixo nível, por exemplo, um comando de alto nível tal como "Altere a associação entre as entidades X e Y" deveria ser traduzido para um outro de baixo nível tal como "Adicione uma tabela que contenha as referências entre X e Y".
3. *Reprojetar o sistema*: reprojeta-se o sistema partindo-se das abstrações de alto nível, obtidas nos passos anteriores, para uma representação mais concreta, ou

seja, executa-se a engenharia progressiva reimplementando o sistema. Neste processo, deve-se levar em consideração as alterações de técnicas de implementação. Se apenas parte do sistema for alterado, deve-se considerar questões sobre a integração/comunicação entre as partes velhas e novas do sistema.

Gall e Klosch [1995], relatam um processo para encontrar objetos em programas procedimentais. Esse processo de identificação de objetos é baseado nas informações derivadas do código fonte, integradas com conhecimento específico do sistema e do domínio da aplicação, os quais resultam em representações das semânticas das aplicações em objetos. A identificação de objetos inicia-se com a geração de documentos de projeto de baixo nível, como diagramas estruturados, e diagramas de fluxo de dados, sendo estes a base para o processo de identificação dos objetos.

Sneed e Nyáry [1995], relatam uma abordagem para extrair automaticamente documentação de projeto orientada a objeto a partir de programas escritos em COBOL para mainframe; mapas ou painéis para comunicação com o usuário; bases de dados armazenados e cartões de controle de execução do programa.

Yeh *et al.* [1995], abordam a recuperação de representações arquiteturais de software, partindo do código fonte. A experiência inclui desenvolvimento, implementação e teste de uma abordagem interativa para recuperação de tipos abstratos de dados (TADs) e instâncias de objetos extraídos de programas escritos em linguagens convencionais como C.

Newcomb e Kotik [1995], descrevem uma ferramenta de reengenharia para transformar automaticamente um sistema procedimental em sistema orientado a objeto sem alteração de funcionalidade. O processo de transformação em forma orientada a objeto localiza dados e procedimentos redundantes, duplicados e similares e abstrai-os em classes e métodos.

Lewis e McConnell [1996], descrevem um processo geral de reengenharia de software usado em experimentos com software de míssil. O experimento envolve reimplementação partindo-se de monoprocessamento, para multiprocessamento escalável e distribuído. O processo tem os seguintes passos: 1) configuração da engenharia reversa e reengenharia; 2) tradução para ADA95; 3) validação e correção; 4) reestruturação; 5) transformação arquitetural e ligação do novo código e 6) reimplementação para processadores distribuídos.

2.5 - Categorias de Reengenharia de Software

Jacobson e Lindström [1991], categorizam a reengenharia segundo alguns cenários, onde ocorre a transformação de sistemas orientados à função para sistemas orientados a objeto:

a) *Reengenharia completa da técnica de implementação, sem alteração de funcionalidade*: este cenário raramente ocorre em um grande sistema, porque demanda uma mudança radical de paradigma, devido às alterações efetuadas em todo o sistema. Os principais passos do processo de reengenharia para este cenário são:

- Preparar um modelo de análise, com base no sistema a ser reconstruído;
- Mapear cada objeto de análise para a implementação do sistema velho;
- Reprojetar o sistema usando uma técnica orientada a objeto para desenvolvimento de sistemas de software.

b) *Reengenharia parcial sem alteração de funcionalidade*: Neste cenário o sistema antigo é alterado parcialmente. O objetivo é fazer a aplicação orientada a objeto "acreditar" que o sistema inteiro consiste de objetos. Este cenário requer alguns passos discriminados a seguir:

- Identificar as partes do sistema que serão reimplementadas usando técnica orientada a objeto;
- Preparar um modelo de análise da parte a ser remodelada e seu ambiente;
- Mapear cada objeto da implementação antiga do sistema;
- Iterar os passos anteriores até a interface entre as partes velhas e novas do sistema ser aceitável;
- Executar em paralelo:
 - ◊ Projetar o novo subsistema e sua interface com o resto do sistema antigo;
 - ◊ Modificar o antigo sistema e adicionar uma interface para o novo subsistema.
- Integrar e testar as partes novas e antigas do sistema.

c) *Reengenharia com alteração de funcionalidade*: Este cenário é um processo normal de engenharia progressiva, onde se adiciona as novas funcionalidades que se quer no sistema e o implementa usando-se uma técnica orientada a objeto. Os principais passos deste cenário são:

- Alterar o modelo de análise de acordo com os novos requisitos para o sistema.
- Reprojetar o sistema.

A categorização de reengenharia, segundo Sommerville [1995] está relacionada à

profundidade (grau) com que será feita a reengenharia do software:

a) *Conversão de programas fonte*: É a mais simples das formas de reengenharia, onde o código fonte escrito em uma linguagem de programação é traduzido para código fonte em outra linguagem. A linguagem destino pode ser uma versão mais nova da mesma linguagem, ou uma linguagem completamente diferente. Este tipo de reengenharia pode ser útil quando, por exemplo, houver alteração da plataforma de hardware, falta de experiência do pessoal de manutenção na linguagem, ou alterações nos padrões da organização.

b) *Reestruturação de programas*: aplicável quando a estrutura do sistema está corrompida, dificultando o seu entendimento, como por exemplo: existência de funções ou procedimentos nunca chamados ou duplicados, existência de desvios *gotos*, existência de estruturas condicionais complexas, etc. Esta categoria se subdivide em:

- Reestruturação automática de programas
- Reestruturação automática de programa com alterações manuais
- Reestruturação de programas e dados.

c) *Reengenharia de dados*: Envolve a análise e reorganização de estruturas de dados em um programa. A reengenharia de dados pode também envolver, além da reorganização das estruturas de dados, a conversão dos valores dos dados. Para o processo de reengenharia de dados é necessária a criação de programas especiais para proceder a conversão dos dados. A reengenharia de dados é geralmente executada quando se procede a transformação de um software para utilizar um sistema de administração de bases de dados, ou migrar de uma base de dados para outra. A fig. 2.8 mostra o processo de reengenharia de dados, incluindo a conversão de dados.

FIG.2.8 - O PROCESSO DE REENGENHARIA DE DADOS [SOMMERVILLE, 1995]

2.6 - Planejamento para Reengenharia

O planejamento para a reengenharia configura uma atividade que busca estabelecer os passos para o sucesso de um empreendimento de reengenharia.

Em vista da complexidade encontrada em se gerenciar um processo de reengenharia, dado o fato de que é difícil migrar ou atualizar programas e dados, Sneed [1995] apresenta um processo de planejamento de projetos de reengenharia em cinco passos:

1. *Justificativa do projeto.* Proceder um minucioso estudo sobre os sistemas da organização: seu processo de manutenção e sua importância, visando justificar o empreendimento do processo de reengenharia. Esta justificativa deve projetar retorno do investimento em reengenharia, enfatizando o aumento da qualidade do software, a melhoria no processo de manutenção e o conseqüente aumento do valor do software para a organização.
2. *Análise do portfólio.* Estabelecer critérios para a escolha das aplicações que são candidatas a reengenharia de acordo com sua qualidade técnica e valor para a organização. Essa análise pode ser feita utilizando-se a figura 2.9 para a determinação das aplicações de software candidatas a reengenharia.
3. *Estimativa de custo.* Estimar o custo de um projeto de reengenharia, pela identificação avaliação-ponderação de todos os componentes de software a serem reconstruídos. Estes componentes podem incluir: reengenharia do software, teste e reengenharia de dados.
4. *Análise de custo-benefício.* Com base nos custos estimados no passo anterior, proceder uma comparação do custo de fazer reengenharia com o custo esperado de manutenção. Se os custos de reengenharia forem altos, deve-se procurar outras alternativas como compra de software pronto, ou redesevolvimento.
5. *Contrato externo.* Existem basicamente dois tipos de contratos que podem ser usados em processos de reengenharia: contrato por tempo e material e contrato por resultados. Os contratos visam alcançar um nível máximo de distribuição de projetos para evitar gargalos.

Para a tomada de decisão sobre reengenharia de software é importante fazer-se uma análise de custo-benefício. A matriz da figura 2.9 [Jacobson & Lindström, 1991] mostra como analisar a viabilidade entre substituir, manter, melhorar ou efetuar a reengenharia de um sistema de software legado.

FIG. 2.9 - MATRIZ DE DECISÃO SOBRE O DESTINO DE SOFTWARE LEGADO

Pode-se visualizar na figura 2.9 que sistemas fáceis de alterar, porém com pouca utilidade para a empresa, devem ser mantidos sob manutenção. Os difíceis de alterar e com menos utilidade, são indicados a serem descartados ou substituídos por outros. Por outro lado, os sistemas que tiverem um bom índice de alterabilidade, e forem de grande utilidade, devem continuar evoluindo. Somente os que forem de baixa alterabilidade e de alta utilidade para a empresa devem ser reconstruídos.

Os custos de um processo de reengenharia têm uma relação direta com a categoria (tipo) de reengenharia. A profundidade e extensão com que for executada a reengenharia, definirão os seus custos. Outros fatores que terão influência sobre os custos de reengenharia são: a qualidade do software a ser reconstruído; as ferramentas de suporte disponíveis para auxiliar a reengenharia; a extensão da conversão dos dados requerida; a disponibilidade de pessoal qualificado para reengenharia.

A figura 2.10 [Sommerville, 1995], mostra as categorias de reengenharia de software e a relação do seu custo com a profundidade com que é executada.

FIG. 2.10 - ABORDAGENS DE REENGENHARIA [SOMMERVILLE, 1995]

Se, em uma análise de custo/benefício, os custos de reengenharia de um sistema de software forem considerados maiores que o redesenvolvimento de sistemas usando técnicas modernas de engenharia de software; então essa alternativa à reengenharia deve ser considerada. No entanto, a reengenharia tem duas vantagens chaves sobre o redesenvolvimento de sistemas [Sommerville, 1995]:

- Risco reduzido - Quando um software é essencial para uma determinada empresa, seu redesenvolvimento é uma atividade de risco, se comparada com a reengenharia do mesmo.
- Custo Reduzido - O custo de reengenharia é significativamente menor que o custo de desenvolvimento, talvez da ordem de quatro vezes ou menos.

No âmbito comercial, existe uma variedade de motivos para a aplicação de reengenharia [Warden, 1992]:

- Necessidade de aumentar a vida econômica de um sistema;
- Necessidade de aumentar significativamente a manutenibilidade de um sistema, o qual está se tomando rapidamente não manutenível.
- Necessidade de remover problemas complexos para permitir expansão ou integração para alguns sistemas específicos.

2.7 - Ferramentas de Auxílio à Reengenharia

Existem ferramentas com a finalidade de auxiliar a execução da reengenharia. A maioria das ferramentas são utilizadas na etapa de engenharia reversa do sistema a ser reconstruído.

Segundo Pressman [1995], as ferramentas baseadas em engenharia reversa estão ainda “engatinhando”, ficando claro que as pesquisas na área de entendimento de código são muito importantes e muitas outras pesquisas ainda acontecerão.

Ferramentas devem ser adequadas aos processos de reengenharia, e não os processos adequados às ferramentas. As ferramentas de suporte disponíveis para auxiliar a reengenharia têm influência sobre os custos de reengenharia.

Existem muitas ferramentas de reengenharia com aplicabilidade em sistemas de software. O quadro 2.1 apresenta várias dessas ferramentas, mostrando o escopo das informações que cada uma utiliza (código fonte, base de conhecimento), bem como as saídas que cada ferramenta produz (visões produzidas e outras saídas).

Quadro 2.1 - Escopo das informações utilizadas por cada ferramenta de reengenharia, e as respectivas visões e outras saídas produzidas

Ferramenta	Escopo das informações utilizadas		Visões produzidas				Outras Saídas produzidas	Referência
	Código	Base de conhecimento a partir de	Implementacional	Estrutural	Funcional	Domínio		
Art	C		✓	✓				[Tonella et al., 1996]
Decode	Cobol		✓	✓			Base de conhecimento sobre o sistema;	[Chin & Quilici, 1996]
Desire	C	Documentação, Biblioteca de componentes padrões de software, Informações Informais	✓	✓	✓			[Biggerstaff, 1989]
Docket	Cobol e C	Documentação, Interação com usuário	✓	✓	✓	✓	Base de conhecimento sobre o sistema;	[Layzell et al., 1995]
Macr	C	Repositório com conhecimentos do domínio de aplicação e Implementação; Experiência do programador	✓	✓	✓			[Bennett, 1991]
Mandrake	Assembly		✓	✓				[Morris & Filman, 1996]
Newcomb	Cobol		✓	✓	✓			
Pat	C++		✓	✓			Padrões de código (clichês);	[Kramer & Precheit, 1996]
Re ²	Genérico		✓	✓				[Canfora et al., 1994]
Redo	Cobol e Fortran	Biblioteca de componentes padrões de software	✓	✓	✓			[Bennett, 1991]
Reform	Assembly	Base de conhecimento; Biblioteca de transformações						[Bennett, 1991]
Rigi	Cobol, C		✓	✓	✓			[Wong et al., 1995]
Sneed	Cobol	Base de conhecimento do programador	✓	✓	✓		Classes e métodos (COBOL-OO);	[Sneed, 1996]

2.8 - Considerações Finais

Apresentou-se neste capítulo, definições sobre o processo de reengenharia de software, suas divisões, propósitos e conceitos relacionados.

CAPÍTULO 3

ENGENHARIA REVERSA DO SISTEMA SAPES

3.1. Considerações Iniciais

Nesse capítulo, apresentam-se as etapas do processo de engenharia reversa efetuado no sistema SAPES. Nesse processo foi utilizado o método de engenharia reversa FUSION-RE/I [Costa, 1997].

3.2. O Sistema SAPES

Há alguns anos atrás (1987), foi projetado e desenvolvido pelos alunos de graduação do curso de bacharelado em ciência de computação do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da USP, um sistema denominado SAPES (Sistema de Apoio à Pesquisa), cujo objetivo é apoiar as atividades de pesquisa realizadas por docentes e pesquisadores. O sistema tem por objetivo auxiliar a organização e manipulação de informações bibliográficas quando da elaboração de materiais científicos como relatórios técnicos, artigos, notas didáticas, etc, tornando-a mais efetiva

e eficiente.

Esse sistema envolve a manutenção de uma base de dados com informações bibliográficas possibilitando o gerenciamento e controle dos dados como: inserção, eliminação, consultas e manutenção de informações bibliográficas, assim como a emissão de relatórios adequados ao apoio às atividades de pesquisa. Esses relatórios podem consistir de publicações por autor, assunto, ano, entre outras combinações possíveis, ou outros relatórios pertinentes como a impressão de uma ou de um conjunto de fichas técnicas.

O sistema SAPES, escrito na linguagem Clipper, tem aproximadamente 5 mil linhas de código. Não é um sistema muito antigo, porém possui diversas características típicas de sistemas legados: foi desenvolvido há 10 anos, sua documentação não condiz com os programas que estão implementados e existem erros de implementação. Entretanto é um software cujo valor não pode ser desprezado (para sua especificação diversas reuniões foram realizadas, criando-se uma especificação de requisitos que atende prontamente as necessidades da comunidade de pesquisadores). Assim sendo, o SAPES constitui um excelente sistema para ser reconstruído, ou seja, ser submetido a um processo de reengenharia.

3.3. O Método *FUSION-RE/I*

O método de engenharia reversa, denominado FUSION-RE/I (FUSION - Reverse Engineering/Interface), cujos passos estão resumidos na figura 3.1 foi desenvolvido para auxiliar a atividade de manutenção de software. Ele é baseado nos conceitos e idéias do método FUSION-RE [Penteado, 1996] de engenharia reversa orientado a objeto.

O método FUSION-RE/I fornece mecanismos para abstrair Visões Funcionais (Modelos de Análise de Sistemas de acordo com o Método Fusion) e Visões Estruturais (Quadro de Operações-Procedimentos de Implementação) a partir de aspectos operacionais e de dados disponíveis via interface usuário-computador.

Neste trabalho, o método FUSION-RE/I é utilizado para realizar engenharia reversa do sistema SAPES. As visões por ele geradas na primeira etapa (visões mais abstratas), são as que serão utilizadas no processo de reengenharia. A seguir é descrito como essa primeira etapa foi aplicada sobre o sistema SAPES.

FIG. 3.1 - MÉTODO DE ENGENHARIA REVERSA FUSION-RE/I

3.4. Recuperação de visões Funcionais do SAPES

A primeira etapa do método FUSION-RE/I é constituída de 2 passos. No primeiro passo são recuperadas as informações existentes sobre o sistema. No segundo passo, é feita a abstração dos modelos de análise: *modelo de ciclo de vida*, *modelo de operações* e *modelo de objetos*. Estes modelos darão a visão da funcionalidade do sistema.

3.4.1. Passo 1 - Obter Informações Sobre o SAPES

As Informações existentes sobre o sistema são obtidas através da coleta de documentação e contatos com os idealizadores/projetistas do sistema.

A documentação textual existente sobre o sistema é importante para auxiliar a recuperação de visões funcionais, no entanto, no caso do SAPES a documentação, por ser encontrada em diversas versões, não pôde ser considerada.

Os idealizadores, usuários, projetistas e desenvolvedores do sistema fornecem informações complementares que são fundamentais para completar os modelos que representam as visões funcionais, e também podem auxiliar na validação dos modelos elaborados no decorrer do processo de engenharia reversa do sistema. No caso do SAPES, não foi encontrado ninguém que tenha participado de sua implementação, porém, foram contatadas duas pessoas que participaram do projeto do sistema e as informações fornecidas dizem respeito ao projeto do sistema.

As informações obtidas sobre o desenvolvimento do sistema envolvem o projeto arquitetural, identificando os aspectos de modularização do sistema, a utilização e distribuição dos fontes e dos dados em arquivos, a linguagem de implementação, como também o ambiente onde o sistema é executado. O quadro 3.1 apresenta o conjunto de informações obtidas no passo 1 da primeira etapa do método FUSION-RE/I.

Quadro 3.1 - Informações Existentes Sobre o Sistema SAPES

INFORMAÇÕES DE ANÁLISE, PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO DO SAPES				
Arquitetura:	Modular, orientada a função, distribuída em arquivos fontes.			
Ambiente:	Sistema operacional DOS.			
Linguagem de Implementação:	O sistema compõem-se de 27 programas fontes desenvolvidos em Clipper, totalizando 5092 LOC's.			
Arquivos de programas fontes do sistema, em ordem alfabética:	Alt.prg	Cria.prg	lbliog.prg	Relato.prg
	Altbib.prg	Elimina.prg	lcpad.prg	Sapes.prg
	Altera.prg	Gerar.prg	Indexar.prg	Tela.prg
	Altref.prg	Help1.prg	Insere.prg	Tratamen.prg
	Bibg.prg	Help2.prg	lrefbib.prg	Tripla.prg
	Bliog.prg	Help3.prg	Padrao.prg	Zerar.prg
	Consulta.prg	lbib.prg	Passos.prg	
Arquivos de dados do sistema:	Batr.dbf	Forr.dbf	Outr.dbf	Tipo.dbf
	Bibgeral.dbf	Inex.dbf	Padrao.dbf	Tporario.dbf
	Bibliog.dbf	Natr.dbf	Refbib.dbf	Ultimo.dbf

3.4.2. Passo 2 - Recuperação dos Modelos de Análise

Após a obtenção das informações existentes sobre o sistema SAPES, o próximo passo é a recuperação do modelo de análise do sistema. Para representar as visões obtidas na recuperação, o método FUSION-RE/I utiliza os modelos da fase de análise

do método de desenvolvimento de software orientado a objeto Fusion [Coleman *et al.*, 1994]: *modelo de objetos* e *modelo de interface* (composto por: *modelo de ciclo de vida* e *modelo de operações*).

O método de engenharia reversa FUSION-RE/I faz uma inversão na ordem de construção dos modelos proposta pelo método Fusion, elaborando primeiramente o *modelo de interface* e posteriormente o *modelo de objetos*. Essa inversão é feita porque o método FUSION-RE/I utiliza a interface do sistema como ponto de início do processo de engenharia reversa.

3.4.2.1 - ELABORAÇÃO DO MODELO DE INTERFACE

Interface é o meio que serve para a comunicação entre o ambiente e o computador [Preece, 1994]. O modelo de interface é obtido através da análise de todas as interfaces que o sistema tem com o ambiente, observando o conjunto de operações e eventos de saída gerados.

No caso do sistema SAPES, a interface com o ambiente é composta pelas telas de interação ser humano computador e os relatórios produzidos. Como as informações apresentadas nos relatórios do sistema, são as mesmas apresentadas nas telas de consultas, o modelo de interface é elaborado através da análise dessas telas. As telas do SAPES são totalmente compostas de menus simples, com as opções sendo escolhidas através de números que as representam (exemplo: figura 3.2). O sistema possui grande quantidade de telas (aproximadamente cem telas) de menus para as opções de entrada e saída. Todas as telas são monocromáticas.

<p>SAPES - SOFTWARE DE AUXILIO 'A PESQUISA - MENU PRINCIPAL</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. MANUTENCAO DA BASE DE DADOS 2. FORMACAO ARQUIVO BIBLIOGRAFIA 3. GERAR REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 4. GERACAO RELATORIOS 5. ALTERACAO BIBLIOGRAFIA/REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 6. ABANDONAR SAPES <p>ESCOLHA UMA OPCAO < 1 - 6 >: █</p>
<p>MENSAGENS</p> <p>INFORME <?> PARA PEDIR AJUDA</p>

FIG. 3.2 – TELA CORRESPONDENTE AO MENU PRINCIPAL

No método Fusion, o modelo de interfaces modela o comportamento do sistema em termos de eventos e mudanças de estado por eles causados. O Modelo de

Interfaces utiliza dois modelos para capturar aspectos diferentes do comportamento de um sistema: o *Modelo de Ciclo de Vida*, que caracteriza as seqüências permissíveis de operações e eventos do sistema, e o *Modelo de Operações*, que caracteriza o efeito de cada operação individual do sistema em termos da mudança de estado por ela causada e os eventos de saída por ela enviados [Coleman *et al.*, 1994].

Através da análise das telas do sistema SAPES, e do comportamento das operações executadas, elaborou-se os dois modelos que compõem o modelo de interface Fusion: o *modelo de operações* e o *modelo de ciclo de vida*.

• MODELO DE CICLO DE VIDA DO SAPES

O objetivo desse modelo é fornecer uma visão global do comportamento do sistema, mostrando como o sistema se comunica com seu ambiente, desde o momento da sua inicialização até o seu término, identificando as seqüências de interações permitidas com o ambiente, através de expressões regulares [Coleman *et al.*, 1994].

O passo 1 do método FUSION-RE/I permitiu um conhecimento inicial do domínio da atividade inerente ao sistema; o conhecimento mais profundo foi possível após a instalação do sistema e diversas utilizações do mesmo.

Do mesmo modo que no trabalho de Costa [Costa, 1997], também neste trabalho adotou-se uma nomenclatura para se referenciar as informações da interface do sistema (figura 3.3).

FIG. 3.3 (A) – TELA CORRESPONDENTE AO MENU PRINCIPAL

FIG. 3.3 (B) – TELA CORRESPONDENTE À OPÇÃO 1 DO MENU PRINCIPAL

FIG. 3.3 (C) – TELA CORRESPONDENTE À OPERAÇÃO
“INSERIR NOVO REGISTRO” DA FIG. 3.3 (B)

Foram feitos testes variados, fornecendo-se informações corretas e incorretas, na tentativa de verificar o comportamento do sistema, em cada uma das opções de menu. A partir do uso do sistema foi possível definir as seqüências de operações permitidas e os eventos aceitos (de entrada) e produzidos (de saída) pelo sistema, elaborando-se então o Modelo de Ciclo de Vida para o SAPES.

A expressão principal do modelo de ciclo de vida do sistema SAPES foi formada a partir das seqüências permitidas das opções do menu principal do sistema. A figura 3.4 apresenta o menu principal de opções e a respectiva expressão ciclo de vida elaborada.

FIG. 3.4 - INTERFACE DO SISTEMA SAPES E A EXPRESSÃO PRINCIPAL DO MODELO DE CICLO DE VIDA DERIVADA

Dando continuidade a elaboração do modelo de ciclo de vida, num nível mais baixo, para cada opção da interface foram identificadas as respectivas operações e então, elaborada a expressão ciclo de vida de segundo nível referente as seqüências permitidas dessas operações. A figura 3.5 apresenta a interface da opção 1 (manutenção da base de dados) do menu principal, e o modelo de ciclo de vida elaborado com as expressões principal e de segundo nível para a opção Manutenção da Base de Dados.

FIG. 3.5 - EXPRESSÃO PRINCIPAL E DE SEGUNDO NÍVEL DO MODELO DE CICLO DE VIDA PARA A OPÇÃO MANUTENÇÃO DA BASE DE DADOS

Continuando a elaboração do modelo de ciclo de vida, num nível ainda mais baixo, para cada operação identificada na expressão ciclo de vida de segundo nível, foram identificados os elementos da operação (eventos de entrada) e as possíveis respostas do sistema (eventos de saída) a esses elementos. A partir disso, para cada operação foi elaborada a expressão ciclo de vida referente as seqüências permitidas dos elementos e respectivos eventos de saída.

A figura 3.6 apresenta a interface da operação 1 (insere novo registro), da opção 1 (manutenção da base de dados) do menu principal, e o modelo de ciclo de vida elaborado com as expressões principal e de segundo nível para a opção Manutenção da Base de Dados, e de terceiro nível para a operação Insere Novo Registro.

FIG. 3.6 - INTERFACE DO SAPES E MODELO DE CICLO DE VIDA COM OPERAÇÕES E EVENTOS

No Apêndice A é apresentado o Modelo completo de Ciclo de Vida do SAPES.

• **MODELO DE OPERAÇÕES DO SAPES**

O objetivo do modelo de operações, do método Fusion, é especificar, através de um gabarito textual, o comportamento das operações do sistema, identificadas no modelo de ciclo de vida, definindo seus efeitos em termos de *mudanças de estado* e *eventos gerados* [Coleman *et al.*, 1994].

O gabarito textual do modelo de operações é constituído dos itens: *Descrição*, *Lê*, *Altera*, *Envia*, *Assume*, e *Resulta*, os quais especificam detalhadamente a operação.

Através de uma análise criteriosa da execução de cada operação, considerando-se não apenas os eventos visíveis na tela, mas também os eventos não visíveis via interface, que são ativados pelas operações do sistema, tais como arquivos modificados e arquivos temporários criados, as informações dos itens do gabarito do modelo de operações são identificadas.

O modelo de ciclo de vida elaborado no passo anterior e todas as informações obtidas no passo 1 (entrevistas com os usuários e características implementacionais do sistema, programas fontes) são utilizadas na elaboração do modelo de operações.

As expressões do modelo de ciclo de vida possibilitam identificar as operações do sistema e as seqüências permitidas para as mesmas. Essas operações são executadas e através da observação do comportamento do sistema completa-se os campos do gabarito textual do modelo de operações.

A familiaridade com o sistema foi enriquecida também com o conhecimento das funcionalidades requeridas do sistema, identificadas através das entrevistas com os usuários.

As informações dos itens *Descrição* e *Lê* são obtidas a partir da observação da interface, identificando-se o conteúdo referente a cada elemento acessado pela operação (eventos de entrada).

As informações dos itens *Altera* e *Envia* são obtidas a partir da observação da interface, da observação da execução da operação, identificando-se o valor referente a cada elemento acessado e modificado pela operação. Através da observação dos arquivos de trabalho do sistema (identificados no passo 1 do método) é possível identificar se determinada operação cria ou modifica arquivos.

As informações do item *Assume*, são obtidas a partir da observação da interface, da observação dos valores antes e após a execução das operações, do conhecimento

adquirido da funcionalidade do sistema, identificando-se as pré-condições que a operação necessita para ser executada.

As informações do item *Resulta*, foram obtidas a partir da observação da interface, da observação da execução da operação e do conhecimento da funcionalidade do sistema, identificando-se o relacionamento entre o estado inicial do sistema, antes da operação ser ativada, e o estado final, após a execução da operação.

Para o preenchimento dos itens *Altera*, *Envia*, *Assume* e *Resulta*, do modelo de operações do sistema SAPES, utilizou-se uma ferramenta de visualização de arquivos de dados denominada *Browser*¹, a qual permite, com facilidade, obter uma visão do comportamento dos arquivos de dados (poderia ter sido utilizada outra ferramenta qualquer, cujo propósito fosse o mesmo). Essas ferramentas permitem a abertura de um arquivo de dados tal como uma planilha, possibilitando inclusive que se façam manipulações nos dados armazenados na base. Isso permitiu uma maior flexibilidade nas verificações que foram efetuadas nas operações. A seguir descreve-se o procedimento adotado na verificação do comportamento dos arquivos, quando da execução das operações.

PROCEDIMENTO:

1. 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. Este procedimento mostra o estado atual dos arquivos de dados:

```
C:\MAQ\SAPES\SAPES >DIR *.DBF/OD
```

```
Diretório de C:\MAQ\SAPES\SAPES
```

TIPO	DBF	67	03/09/97	11:35
INEX1	DBF	67	03/09/97	11:35
BIBGERAL	DBF	1.627	05/09/97	23:08
OUTR	DBF	4.343	05/09/97	23:08
ULTIMO	DBF	75	05/09/97	23:08
INEX	DBF	167	05/09/97	23:11
NATR	DBF	547	05/09/97	23:16
BATR	DBF	547	05/09/97	23:16
FORR	DBF	547	05/09/97	23:16
TPORARIO	DBF	547	05/09/97	23:16
PADRAO	DBF	1.089	06/09/97	9:07
BIBLIOG	DBF	818	06/09/97	10:13
REFBIB	DBF	133	06/09/97	10:20

```
13 arquivo(s)      10.574 bytes
42.508.288 bytes livres
```

1. Proceder a execução da operação do sistema SAPES que se quer analisar. Como

¹ BroPlus Versão 2.41 - Escrito por Peter Voltz - Copyright © SmartCode Programming 1989-1993

exemplo executamos uma operação de inserção de um novo item bibliográfico qualquer.

2. Executar o passo 1 novamente e comparar com o estado atual dos arquivos. Com isso pode-se visualizar os arquivos que foram modificados:

```
C:\MAQ\SAPES\SAPES >DIR *.DBF/OD
```

```
Diretório de C:\MAQ\SAPES\SAPES
TIPO          DBF           67 03/09/97  11:35
INEX1         DBF           67 03/09/97  11:35
INEX          DBF          167 05/09/97  23:11
NATR          DBF          547 05/09/97  23:16
BATR          DBF          547 05/09/97  23:16
FORR          DBF          547 05/09/97  23:16
TPORARIO      DBF          547 05/09/97  23:16
PADRAO        DBF         1.089 06/09/97   9:07
BIBLIOG        DBF          818 06/09/97  10:13
REFBIB        DBF          133 06/09/97  10:20
BIBGERAL      DBF         1.897 10/04/98  10:32
OUTR          DBF         5.308 10/04/98  10:32
ULTIMO        DBF           75 10/04/98  10:32
13 arquivo(s)      11.809 bytes
                    57.802.752 bytes livres
```

Comparando-se os arquivos descritos no passo 1, com os mesmos arquivos do passo 3, percebe-se, através da análise das datas e hora de atualização, que os arquivos BIBGERAL.DBF, OUTR.DBF e ULTIMO.DBF foram alterados. Percebe-se também que não houve a criação ou deleção de nenhum arquivo de dados (Os passos 1 e 3 contêm o mesmo número de arquivos).

3. Utilizar a ferramenta *Browser* para verificar os arquivos que foram alterados, identificados no passo anterior. A interface da figura 3.7 mostra o arquivo BIBGERAL.DBF aberto com a ferramenta Browser, descrita anteriormente. Pode-se confirmar então o efeito da operação de inserção, executado no passo 2.

AUTOR	NUMERO	FORMA	ANO
Edward Yourdon	1	[VOH 89]	1989
Derek Coleman et all	2	[COL 94]	1994
Roger S. Pressman	3	[PRE 95]	1995

FIG. 3.7 - ARQUIVO BIBGERAL.DBF ABERTO COM A FERRAMENTA BROWSER

Os passos descritos no procedimento acima foram executados várias vezes para as operações do SAPES, formando a base para o preenchimento dos gabaritos de cada operação do sistema.

A figura 3.8 apresenta a interface do sistema para a operação *INSERE*, da opção Manut-B_Dados, bem como o respectivo modelo de operações elaborado, seguindo os passos descritos acima.

FIG. 3.8 - INTERFACE DA OPERAÇÃO INSERE E O RESPECTIVO MODELO DE OPERAÇÕES

Durante a elaboração do modelo de operações, verificou-se a existência de alguns equívocos nas seqüências das operações estabelecidas durante a elaboração do modelo de ciclo de vida. Assim, durante a elaboração do modelo de operações, foram efetuadas alterações no modelo de ciclo de vida. Isto possibilitou um aperfeiçoamento dos modelos, através do cruzamento da verificação das operações, quando da execução das operações do sistema SAPES.

No apêndice B é apresentado o modelo completo das operações do SAPES.

3.4.2.2 - ELABORAÇÃO DO MODELO DE OBJETOS

O objetivo do modelo de objetos do método Fusion é representar os conceitos existentes no domínio do sistema e os relacionamentos entre eles, ou seja, representar a estrutura estática do sistema [Coleman *et al.*, 1994].

Como o modelo de objetos é semelhante ao modelo entidade-relacionamento - MER [Coleman *et al.*, 1994] e como sistemas escritos em Clipper geralmente trabalham com tabelas mapeadas a partir do MER, houve a tentativa de se construir o modelo de objetos do sistema SAPES, a partir do modelo entidade-relacionamento. Tentou-se extrair o modelo a partir da observação das tabelas de dados encontradas, porém, como existiam muitas tabelas duplicadas, as quais formavam um subconjunto de uma única tabela (*bibgeral.dbf*); essa tentativa foi frustrada. Ao se considerar apenas a tabela *bibgeral.dbf*, a modelagem também ficou comprometida por não ser esta tabela normalizada.

Sendo assim, para a elaboração do modelo de objetos aplicou-se o que é sugerido no método FUSION-RE/I. Primeiramente é indicado, para a elaboração do modelo de objetos, que se defina, primeiramente, *assuntos* com os quais a funcionalidade do sistema se relaciona. O objetivo da definição de assuntos é identificar 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*.

Uma maneira de se identificar os temas relacionados ao SAPES, foi através da criação de uma tabela (quadro 3.2) contendo todas as operações identificadas no modelo de ciclo de vida e especificadas no modelo de operações do SAPES, procurando-se associar essas operações aos diferentes aspectos do domínio do problema. Esses aspectos, possíveis candidatos a temas, podem ser identificados

primeiramente considerando-se os objetos envolvidos nas operações da expressão de primeiro nível do modelo de ciclo de vida (figura 3.4).

Quadro 3.2 - Operações e aspectos do domínio do problema do SAPES

Operações (descrição) \ Aspectos do domínio do problema	Base Dados	Bibliografia	Refer. Bibliog.	Relatórios
<ul style="list-style-type: none"> • Insere um novo item bibliográfico na B.Dados • Elimina um item bibliográfico existente na B.Dados • Altera um item bibliográfico existente na B.D. • Apaga todos os itens bibliográficos existentes na B. Dados • Consulta um item bibliográfico cadastrado na B. Dados 				
<ul style="list-style-type: none"> • Inclui item bibliográfico na Bibliografia • Apaga todos os itens bibliográficos da Bibliografia • Altera um item bibliográfico na Bibliografia 				
<ul style="list-style-type: none"> • Gera os arquivos de Referências Bibliográficas e Referências Inexistentes • Altera uma Referência Bibliográfica • Insere Referência Bibliográfica 				
<ul style="list-style-type: none"> • Imprime os itens bibliográficos existentes na B.Dados • Imprime os itens bibliográficos da Bibliografia • Imprime Referência Bibliográfica • Imprime Referência Inexistente • Cria Ficha Técnica para um item bibliográfico existente na B. Dados • Imprime a Ficha Técnica criada 				

Ao analisar-se os aspectos do domínio do problema juntamente com as operações verificou-se que os aspectos Base Dados, Bibliografia e Referência Bibliográfica poderiam constituir temas. Entretanto o aspecto do domínio do problema Relatório não deveria constituir um tema, pois todas as operações a ele associadas, exceto criação e impressão de ficha técnica, estavam relacionadas aos aspectos de domínio já identificados. Assim os temas definidos foram: Base Dados, Bibliografia, Referência Bibliográfica e Ficha Técnica. O quadro 3.3 mostra as operações do sistema, relacionadas com seus respectivos temas identificados.

Quadro 3.3 - Operações e temas do SAPES

Operações (descrição)	Temas	Base Dados	Biblio- grafia	Refer. Bibliog.	Ficha Técnica
<ul style="list-style-type: none">• Insere um novo item bibliográfico na B.Dados• Elimina um item bibliográfico existente na B.Dados• Altera um item bibliográfico existente na B.D.• Apaga todos os itens bibliográficos existentes na B. Dados• Consulta um item bibliográfico cadastrado na B. Dados• Imprime os itens bibliográficos existentes na B.Dados					
<ul style="list-style-type: none">• Inclui item bibliográfico na Bibliografia• Apaga todos os itens bibliográficos da Bibliografia• Altera um item bibliográfico na Bibliografia• Imprime os itens bibliográficos da Bibliografia					
<ul style="list-style-type: none">• Gera os arquivos de Referências Bibliográficas e Referências Inexistentes• Altera uma Referência Bibliográfica• Insere Referência Bibliográfica• Imprime Referência Bibliográfica• Imprime Referência Inexistente					
<ul style="list-style-type: none">• Cria Ficha Técnica para um item bibliográfico existente na B. Dados• Imprime a Ficha Técnica criada					

Definidos os temas, parte-se para a elaboração dos respectivos modelos de objetos.

Segundo o método FUSION-RE/I [Costa, 1997]:

- Para a elaboração do modelo de objetos, todas as operações referentes aos temas devem ser novamente analisadas, agora com outro ponto de vista, buscando-se identificar componentes que constituem o modelo de objetos (para isso é necessário identificar classes, relacionamentos entre classes, atributos de classes e de relacionamentos e possíveis agregações, especializações e generalizações [Coleman *et al.*, 1994]). A análise inicia-se em um alto nível de abstração, sendo que os detalhes são inseridos somente depois que a estrutura geral for considerada satisfatória.
- Define-se como classe, cada elemento de cada operação que possui identificação única e os arquivos criados pela execução de uma operação (conforme identificado no modelo de operações).
- Para a definição de relacionamentos, busca-se identificar em cada operação, elementos que sejam associações ou correspondências entre as classes

consideradas.

- Para a definição de atributos, de cada classe e de cada relacionamento, busca-se identificar em cada operação, elementos que sejam valores dessas classes ou valores desses relacionamentos.
- Para a definição de agregação, busca-se identificar uma estrutura de composição entre as classes identificadas.
- Para a definição de generalização, busca-se identificar entre as classes definidas, as classes (supertipos) que sejam formadas pela fatoração de propriedades comuns de várias classes (subtipos). Para a definição de especialização, busca-se identificar entre as classes subtipos, as classes que sejam uma versão mais especializada das classes supertipos.

Para complementar a definição dos componentes dos modelos de objetos, além da identificação dos elementos de cada operação, constantes no modelo de operações, deve-se buscar também identificar componentes advindos da abstração e do entendimento da funcionalidade de cada elemento e de cada operação.

• **MODELO DE OBJETOS DOS TEMAS**

Para a criação do modelo de objetos do tema *Base de Dados* (quadro 3.3) examinou-se o gabarito textual das operações (figuras B1 a B5 do Apêndice B) envolvidas com o tema.

Analisando-se os gabaritos foram identificados:

- Como *Classes*, os arquivos BIBGERAL.DBF, OUTR.DBF, ULTIMO.DBF, BATR.DBF, NATR.DBF e FORR.DBF. Foram considerados também como classe, o relatório produzido - REL_BASE_DADOS - e o USUÁRIO; este último participa como agente do ambiente do sistema.
- Visto que cada item bibliográfico, armazenado no arquivo BIBGERAL.DBF, contem um único resumo, armazenado no arquivo OUTR.DBF; O Relacionamento Contem liga as classes BIBGERAL e OUTR. Há o relacionamento Mantém que liga o USUÁRIO à BASE_DADOS. Outro relacionamento denominado Possui, liga a BASE_DADOS ao ULTIMO. BIBGERAL também recria as três classes: BATR, NATR e FORR, através do relacionamento Recria. BATR, NATR, FORR, juntamente com OUTR geram o

REL_BASE_DADOS, mostrado no relacionamento Geram.

- Os atributos de cada classe são os mesmos atributos (campos) dos respectivos arquivos. Tem-se então para as classes BIBGERAL, BATR, NATR e FORR os atributos: Padrão, Ano, Número, Autor, Área, Título, Assunto, Edição, Cidade, Estado, País, Tipo de publicação, Número de páginas, Range de páginas, Artigo e Editora; e para a classe OUTR, os atributos: Padrão, Número, Linha1, Linha2,...,Linha12.
- Como as classes BIBGERAL e OUTR compõem a base de dados, foi identificada como uma agregação, a qual denominou-se BASE_DADOS.

A figura 3.9 mostra o modelo de objetos elaborado para o tema Base de Dados. Para os demais temas, os modelos de objetos foram criados segundo as mesmas diretrizes, e esses modelos são mostrados nas figuras 3.10 a 3.12.

FIG. 3.9 - MODELO DE OBJETOS PARA O TEMA BASE DE DADOS

FIG. 3.10 - MODELO DE OBJETOS PARA O TEMA BIBLIOGRAFIA

FIG. 3.11 - MODELO DE OBJETOS PARA O TEMA REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

FIG. 3.12 - MODELO DE OBJETOS PARA O TEMA FICHA TÉCNICA

3.5. Considerações Finais

Apresentou-se neste capítulo a aplicação do método FUSION-RE/I de engenharia reversa efetuada no sistema SAPES, extraindo-se os modelos de ciclo de vida, de operações e de objetos, os quais serão utilizados na reconstrução do SAPES.

CAPÍTULO 4

ENGENHARIA PROGRESSIVA DO SISTEMA SAPES

4.1. Considerações Iniciais

Nesse capítulo, apresentam-se as etapas do processo de engenharia progressiva efetuado no sistema SAPES. O método Fusion [Coleman *et al.*, 1994] e a ferramenta FusionCASE¹ foram usados nessa etapa da reconstrução sistema SAPES.

4.2. Análise Crítica aos Modelos de Objetos Produzidos pela Engenharia Reversa

- **Críticas ao modelo de objetos do tema Base de Dados:**

A classe ULTIMO é desnecessária, por guardar unicamente o último registro de item bibliográfico inserido. Isto pode ser implementado como uma operação que varre a

¹ FusionCASE é uma ferramenta desenvolvida pela empresa SoftCASE Consulting Ltd. (www.softcase.com), especializada em ferramentas e desenvolvimento personalizado de soluções CASE para empresas.

base de dados e descobre, rapidamente, quem é o último registro, não necessitando de um arquivo para guardar essa informação. Além disso, o sistema de armazenagem é falho, pois quando se efetua deleções na base de dados, os "buracos" não são aproveitados, pois sempre é tomado o último registro armazenado.

As classes BATR, NATR E FORR são totalmente desnecessárias, visto que os objetivos de cada uma dessas classes é armazenar os dados da base de dados, temporariamente, respectivamente nas ordens de autor, número e forma padrão. Tais ordenações podem ser facilmente implementadas via comandos de linguagem que efetuam as ordenações de maneira mais rápida e sem duplicar os dados armazenados.

Cada item bibliográfico armazenado na classe BIBGERAL tem um correspondente resumo, armazenado na classe OUTR. Assim, essa classe é, na verdade, um atributo da classe BIBGERAL, e deveria ser implementado como tal, diminuindo e facilitando a implementação das operações do sistema.

- **Críticas ao modelo de objetos do tema Bibliografia:**

Do mesmo modo que o tema Base de Dados, o tema Bibliografia contém as classes BATR, NATR e FORR, totalmente desnecessárias, sendo que sua finalidade pode ser substituída por comandos da linguagem de implementação, para efetuar as ordenações necessárias e produzir os relatórios nas ordens desejadas.

A classe BIBLIOG é totalmente desnecessária porque é apenas um subconjunto da base de dados, e, portanto não necessita estar em classe diferente. Pode ser obtida com operações simples de seleção da base de dados.

- **Críticas ao modelo de objetos do tema Referência Bibliográfica:**

Assim como os temas Base de Dados e Bibliografia, o tema Referência Bibliográfica contém as classes BATR, NATR e FORR, totalmente desnecessárias, sendo que sua finalidade pode ser substituída por comandos da linguagem de implementação, para efetuar as ordenações necessárias e produzir os relatórios nas ordens desejadas.

A forma de identificação de cada registro, para ambas as classes REFBIB e INEX são as mesmas, ou seja, pela forma como foram referenciadas no documento de pesquisa (classe ENTRADA). A única diferença é que a classe INEX só contém a referência, e a classe REFBIB contém, além da referência, todos os atributos da classe BIBGERAL. Assim as duas classes poderiam ser resumidas em uma só, diferenciadas apenas pela utilização dos atributos da classe.

4.4.1. O Método Fusion e a Ferramenta FusionCASE

O método Fusion, desenvolvido por Coleman *et al.*, apresenta uma abordagem sistemática para o processo de desenvolvimento de software orientado a objeto, abrangendo as fases de análise, projeto e implementação. O método é constituído de um conjunto de notações definidas para a captura das decisões de análise e de projeto. A *fase de análise* gera um conjunto de modelos os quais fornecem uma descrição declarativa sobre o comportamento esperado do sistema. Os modelos de análise estabelecem restrições de alto nível, a partir das quais os modelos de projeto serão desenvolvidos. A *fase de projeto* gera um conjunto de modelos que representam o comportamento do sistema na forma de uma coleção de objetos que interagem entre si. A *fase de implementação* mostra como mapear os modelos do projeto em construções da linguagem de implementação.

A figura 4.2 mostra um mapa geral do método e apresenta as dependências entre os modelos produzidos.

FIG. 4.2 - VISÃO GERAL DO MÉTODO FUSION [COLEMAN *ET AL.*, 1994]

A ferramenta FusionCASE, versão 1.4, desenvolvida pela empresa SoftCASE Consulting Ltd., fornece suporte para todas as fases do método Fusion. Na *fase de análise*, possibilita a criação dos modelos: Modelos de Objetos, Modelo de Ciclo-de-Vida, Modelos de Operações-Análise e Diagrama de Contexto do Sistema. Na *fase de*

projeto, é possível criar, com a ferramenta, os modelos: Grafos de Interação de Objetos, Modelo de Operações-Projeto, Grafos de Visibilidade, Grafos de Herança e Descrição das Classes.

As figuras 4.3 e 4.4 mostram algumas telas de interação da ferramenta FusionCASE. O apêndice C mostra alguns modelos do SAPES produzidos com o apoio da ferramenta FusionCASE.

FIG. 4.3 - MENU DE ENTRADA DA FERRAMENTA FUSIONCASE

FIG. 4.4 - MENU PRINCIPAL DA FUSIONCASE

4.4.2. Elaboração do Modelo de Interface

O modelo de interface foi reconstruído, procurando-se mapear para as operações individuais, a funcionalidade declarada no documento de especificação de requisitos [Turine, 1996]. Após uma análise crítica aos modelos de ciclo de vida e do modelo de

operações do SAPES orientado a função (Apêndice A e B), obtidos pela engenharia reversa, procurou-se reconstruir o novo modelo de interface do sistema, retirando-se as discrepâncias contidas nos modelos obtido a partir do sistema orientado a função e ajustando-os para melhor refletirem a funcionalidade desejada do sistema novo. As alterações efetuadas no modelo de objetos, vistas na seção 4.3, também se refletiram em ajustes no modelo de interface do novo sistema SAPES.

MODELO DE CICLO DE VIDA

O modelo de ciclo de vida obtido no processo de engenharia reversa foi estruturado de acordo com as operações constantes da interface, como também para a estrutura de arquivos que existia no SAPES orientado a função. Por exemplo, a expressão ciclo de vida *Alteração-Biblio-Ref_Bib*, deixou de existir por não ser mais necessária a sua inclusão no sistema. O modelo de ciclo de vida atual é baseado na funcionalidade requerida para o sistema refletindo as seqüências possíveis para as operações do sistema. A figura 4.5 mostra o modelo de ciclo de vida.

FIG. 4.5 - EDIÇÃO DO MODELO DE CICLO DE VIDA

MODELO DE OPERAÇÕES

Da mesma forma que o modelo de ciclo de vida, o modelo de operações do novo SAPES reflete as operações que são necessárias para implementar a funcionalidade do sistema. As operações que deixaram de ser necessárias, ou aquelas que realmente

tiveram que ser incluídas, assim o foram, no novo modelo de operações do sistema. Cada operação do sistema orientado a função foram examinadas, por exemplo, a operação *Inserir* do SAPES orientado a função foi abandonada porque foi elaborada para inserir um item bibliográfico que continha autor, título, área e local de publicação juntos. No sistema novo, as classes são individualizadas, portanto as operações foram separadas. A figura 4.6 mostra o modelo de operações para a operação *Consultar Título*.

FIG. 4.6 - EDIÇÃO DO MODELO DA OPERAÇÃO CONSULTAR TÍTULO

4.4.3. Elaboração dos Modelos de Projeto do Sistema SAPES

A fase de projeto, segundo o método Fusion, gera modelos que mostram como as operações do sistema, definidas de forma abstratas no modelo de operações da fase de análise, serão implementadas através de interações entre os objetos, e como as classes, definidas no modelo de objetos também da fase de análise, farão referências uma a outra. Os modelos de projeto do método Fusion utilizados foram: *Grafos de Interação de Objetos*, *Grafos de Visibilidade* e as *Descrições das Classes*. O método Fusion apóia a utilização de dicionários de dados para guardar todos as classes, relacionamentos, atributos, métodos, etc. pertencentes ao sistema; esses dicionários serão utilizados constantemente para dirimir dúvidas sobre os termos utilizados.

• GRAFOS DE INTERAÇÃO DE OBJETOS

Os Grafos de Interação de Objetos fornecem uma representação visual para a estrutura dos algoritmos; são elaborados para cada operação definida para o sistema no modelo de operações da fase de análise. Cada grafo define a estrutura que viabiliza a troca de mensagens que ocorrem entre os objetos de um determinado grupo, quando realizam uma operação em particular, durante a execução do sistema, para que seja suportada a funcionalidade especificada no modelo de operações. A figura 4.7 mostra o grafo de interação de objetos para a operação *Consultar Título*.

FIG. 4.7 - EDIÇÃO DO GRAFO DE INTERAÇÃO DE OBJETOS PARA A OPERAÇÃO CONSULTAR TÍTULO

• GRAFOS DE VISIBILIDADE

A segunda fase do processo de projeto será decidir como as classes se visualizam. Os Grafos de Visibilidade elaborados para cada classe, definida no modelo de objetos da fase de análise, descrevem as estruturas de referências existentes entre as classes do sistema. São identificados, nessa fase, os objetos para os quais as instâncias das classes fazem referências e o tipo apropriado de referência para esses objetos. A figura 4.8 mostra o grafo de visibilidade para a classe *autor*.

FIG. 4.8 - EDIÇÃO DO GRAFO DE VISIBILIDADE PARA A CLASSE AUTOR

• DESCRIÇÕES DAS CLASSES

O passo seguinte aos grafos de visibilidade é a descrição das classes do sistema. Essa descrição é elaborada a partir de informações do modelo de objetos, dos grafos de interação de objetos, e dos grafos de visibilidade. São estabelecidos, para cada classe, os métodos, e os atributos. As descrição das classes fornecem os fundamentos para a implementação. A ferramenta FusionCASE fornece automaticamente, a partir dos modelos definidos anteriormente, a descrição de cada classe definida para o sistema. A figura 4.9 mostra a descrição da classe *Título*.

FIG. 4.9 - EDIÇÃO DA DESCRIÇÃO DA CLASSE TÍTULO

• DICIONÁRIO DE DADOS

O método Fusion orienta para a utilização de dicionário de dados (figura 4.2), como repositório único onde se encontra as definições para todos os itens descritos tanto na fase de análise como na fase de projeto, servindo esse dicionário como fonte para consulta em qualquer fase do processo. As figuras 4.10 e 4.11 mostram exemplos extraídos do dicionário de dados para *Classes* e *Operações*, utilizados no sistema SAPES.

Class Name	Description
AREA	Área a que pertence um determinado título.
AUTOR	Autor de títulos.
AUTORIA	Tipo de autoria para um título.
BACKUP	Segurança da base de dados.
BASE_DADOS	Base geral do sistema.
CITACAO	Uma citação presente em um arquivo texto.
ITEM_BIBLIOGRAFICO	Agregação de todos os dados que compõem a base de dados.
LOCAL_PUBLICACAO	Local onde uma publicação foi feita.
PESQUISADOR	Usuário do sistema SAPES.

FIG. 4.10 - EDIÇÃO DO DICIONÁRIO PARA DADOS PARA CLASSES DO SAPES

Operation Name	Description
GeraCopia	Gera uma copia de segurança, da base de dados.
GerarRef	Gera as referencias bibliograficas existentes e inexistentes, a
IncArea	Inclui uma nova area.
IncAutor	-Insere um novo autor.-
IncLocPub	Inclui um novo local de publicacao.
IncSubArea	Inclui uma nova subarea para uma determinada area.
IncTipoAutoria	Inclui um novo tipo de autoria.
IncTipoLocPub	Inclui um novo tipo de local de publicacao.
IncTitulo	Dado um autor, inclui um novo título.

FIG. 4.11 - EDIÇÃO DO DICIONÁRIO DE DADOS PARA OPERAÇÕES DO SAPES

4.4.4. Implementação do Sistema SAPES

A fase de implementação foi executada, em uma linguagem de programação que suporta a orientação a objeto. No caso do SAPES, foi utilizada a linguagem Delphi,

versão 2.0. As descrições de classes, os grafos de interação de objetos e os dicionários de dados elaborados nas etapas de análise e projeto são agora utilizados para implementar o sistema. A seguir são descritas algumas classes, extraídas dos programas fontes em Delphi.

• **EXEMPLO DE CLASSES DO SAPES IMPLEMENTADAS EM DELPHI:**

classe TGeral: Classe comum a todas as classes.

campos:

Nome: string
Codigo: inteiro
vetor: vetor de inteiros

métodos:

Gera_vetor_codigos : procedimento que gera vetor de códigos
Insere_codigo: gera um novo código e insere novo código no

vetor

Apaga_codigo: procedimento que apaga um Codigo do vetor de

códigos

fim

classe TAutor: Descendente da classe Tgeral.

novos campos:

Sinonimo: string
Abreviado: string
Email: string

novos métodos:

Separanome: procedimento que separa as palavras do nome do

autor

GeraSinonimo: função que retorna o sinônimo para nome do autor

GeraAbreviado: função que retorna o nome abreviado do autor

fim

classe TTitulo : Descendente da classe Tgeral.

novos campos: Campos adicionais, diferentes da TGeral

Autor: string
Localpublic: string (Local de publicação)
Area: string
Subarea: string
Ano: inteiro
Numpaginas: inteiro (número de páginas)
Palavral: string (palavras-chave)
Palavra2: string
Palavra3: string
Autoria: string
Referencia: string (forma de referência)
Localfisica: string (localização física)
Info: string (informação)

novo método:

Gera_Referencia: função que retorna a forma de referência

fim

As figuras 4.12, 4.13, 4.14 e 4.15 descrevem algumas partes da interface do sistema SAPES novo.

FIG. 4.12 - INTERFACE PRINCIPAL, COM MENU "PULLDOWN" PARA ARQUIVOS

FIG. 4.13 - INTERFACE PRINCIPAL, COM MENU "PULLDOWN" PARA ARQUIVOS E SUBMENU IMPRIMIR

AUTORES

Nome do Autor

Brian Jepson

Charles B. Clifford

Chris Dollin

Chris H. Pappas

Derek Coleman

Fiona Hayes

Helena Gilchrist

James E. Hendrix

Melir Page-Jones

Patrick Arnold

Paul Jeremias

Código

11

Nome Abreviado

Jepson.B.

Sinônimo

Jepson

Inserir Alterar Excluir Sair

FIG. 4.14 - INTERFACE PARA MANUTENÇÃO DE AUTORES

TÍTULOS BIBLIOGRÁFICOS

Autor

Título

Local de Publicação

Ano

Sub-área

Ano de Publicação

Número de Páginas

Palavras-chave1

Palavras-chave2

Palavras-chave3

Tipo de Autoria

Forma de Referência

Localização Física

Informações Complementares

Inserir Alterar Excluir Imprimir Sair

FIG. 4.15 - INTERFACE PARA MANUTENÇÃO DE TÍTULOS

4.5. Considerações Finais

Este capítulo apresentou a etapa de engenharia progressiva efetuada em partes do sistema SAPES, através da utilização do método Fusion, apoiado pela ferramenta FusionCASE e implementado em Delphi.

CAPÍTULO 5

DIRETRIZES PARA A REENGENHARIA DE SOFTWARE

5.1. Considerações Iniciais

Reengenharia é o processo de exame e alteração de um software visando sua reconstrução em uma nova forma. A reengenharia envolve um processo de engenharia reversa e posteriormente um processo de engenharia progressiva. Primeiramente são apresentadas as diretrizes para o processo de engenharia reversa, e em seguida as diretrizes para o processo de engenharia progressiva. Para a compreensão e aplicação das diretrizes é necessário o conhecimento do método Fusion de desenvolvimento de sistemas orientado a objeto [Coleman *et al.*, 1994]; o conhecimento do método FUSION-RE/I de engenharia reversa de software [Costa, 1997]; o domínio da ferramenta FusionCASE, que apoiará a reconstrução; o conhecimento da linguagem Delphi; e noções da linguagem Clipper.

5.2 Diretrizes Para o Processo de Engenharia Reversa

As diretrizes foram elaboradas com base na experiência adquirida com a aplicação do método FUSION-RE/I de engenharia reversa sobre o sistema SAPES.

Como essas diretrizes são voltadas especificamente para o processo de engenharia reversa visando à reengenharia de sistemas de software, utiliza-se apenas a primeira etapa do método FUSION-RE/I (figura 3.1), na qual são recuperadas as informações existentes sobre o sistema e são abstraídos os modelos de análise (modelo de ciclo de vida, modelo de operações e modelo de objetos) que têm por objetivo mostrar a visão da funcionalidade do sistema.

Genericamente, o objetivo é direcionar essas diretrizes para o processo de engenharia reversa de qualquer sistema escrito em linguagem Clipper, o qual deseja-se reconstruir para a forma orientada a objeto.

5.2.1. Diretrizes Para o Passo 1 do FUSION-RE/I – *Obter Informações Sobre o Sistema*

O primeiro passo para a recuperação das visões funcionais é a obtenção de informações pertinentes ao sistema objeto do processo de engenharia reversa. Não existem recomendações específicas nesta fase, que sejam adicionais às já apresentadas por Costa [1997], pois se trata de uma fase subjetiva na qual quaisquer documentos textuais, pastas, software, programas fonte, ferramentas de software, manuais são obtidos. Contatos com os construtores/idealizadores do sistema, podem auxiliar a validar os modelos elaborados no decorrer do processo de engenharia reversa do sistema. Todas as informações coletadas devem ser catalogadas e arquivadas, formando um banco de dados sobre o sistema a ser reconstruído.

5.2.2. Diretrizes Para o Passo 2 do FUSION-RE/I – *Recuperar os Modelos de Análise do Sistema*

Após a obtenção das informações existentes sobre o sistema a ser reconstruído e montado o banco de dados, parte-se para a recuperação dos modelos de análise do sistema. Para representar as visões obtidas na recuperação, o método FUSION-RE/I utiliza os modelos da fase de análise do método Fusion, fazendo apenas uma inversão

na ordem da utilização dos modelos. A inversão se dá elaborando-se primeiramente o *modelo de interfaces*, e posteriormente o *modelo de objetos*.

O modelo de interfaces, segundo o método Fusion, utiliza dois modelos para capturar aspectos diferentes do comportamento de um sistema: o *modelo de ciclo de vida* e o *modelo de operações* [Coleman *et al.*, 1994].

- **DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DO MODELO DE CICLO DE VIDA DO SISTEMA**

O modelo de ciclo de vida mostra as seqüências permissíveis de operações e eventos do sistema fornecendo uma visão global do comportamento do sistema em relação a seu ambiente.

As diretrizes para a elaboração do modelo de ciclo de vida, por envolverem apenas o manuseio da interface do sistema, não diferem daquelas apresentadas no método FUSION-RE/I. A instalação do software, utilização e posterior análise de todas as operações e o efeito gerado por elas é fundamental para captar as seqüências permitidas das operações e a conseqüente construção do modelo de ciclo de vida. Deve-se executar tantas vezes quantas forem necessárias o sistema, para verificar o comportamento do mesmo, para se produzir a seqüência das operações no modelo de ciclo de vida. O modelo de ciclo de vida será utilizado na construção do modelo de operações.

- **DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DO MODELO DE OPERAÇÕES DO SISTEMA**

O modelo de operações define a semântica de cada operação do sistema, especificando, através de um gabarito textual, o comportamento de cada operação do sistema, identificada no modelo de ciclo de vida. [Coleman *et al.*, 1994].

O modelo de ciclo de vida elaborado no passo anterior e todas as informações obtidas no passo 1, contidas no banco de dados sobre o sistema, são utilizadas na elaboração do modelo de operações.

As operações identificadas no modelo de ciclo de vida devem ser executadas e através da observação do comportamento do sistema, deve-se completar os campos do gabarito textual do modelo de operações, constituído dos itens: *Descrição*, *Lê*, *Altera*, *Envia*, *Assume*, e *Resulta*, os quais especificam detalhadamente a operação.

As informações dos itens *Descrição* e *Lê* são obtidas a partir da observação da interface, onde é identificado o conteúdo referente a cada elemento solicitado pela operação (eventos de entrada).

As informações dos itens *Altera* e *Envia* são obtidas a partir da observação da interface, da observação da execução da operação, onde é identificado o valor referente a cada elemento acessado e alterado pela operação. Através da observação dos arquivos de trabalho do sistema (identificados no passo 1 do método) é possível identificar se determinada operação cria ou altera arquivos.

As informações do item *Assume*, são obtidas a partir da observação da interface, da observação dos valores antes e após a execução das operações, do conhecimento adquirido da funcionalidade do sistema, onde são identificadas as pré-condições necessárias para a execução da operação.

As informações do item *Resulta*, são obtidas a partir da observação da interface, da observação da execução da operação e do conhecimento da funcionalidade do sistema, onde será verificado o efeito da operação antes e após a execução da operação.

O preenchimento dos itens *Altera*, *Envia*, *Assume* e *Resulta*, do modelo de operações do sistema pode ser facilitado através da utilização de ferramentas de visualização de arquivos de dados (tipo Browser). Essas ferramentas permitem, com facilidade, obter visões do comportamento dos arquivos de dados, através da abertura dos mesmos como se fossem planilhas, possibilitando inclusive que se façam manipulações nos dados armazenados nesses arquivos. A utilização dessas ferramentas permitem maior flexibilidade e exatidão nas verificações do comportamento dos arquivos, antes e após a execução das operações. Através do comando do sistema operacional que mostra os arquivos do diretório por ordem de data (DIR/OD), pode-se verificar e guardar as datas da última alteração efetuada em cada arquivo de dados. Após a realização da operação que se está analisando para o preenchimento do gabarito textual, verifica-se novamente a data das alterações efetuadas em cada arquivo e comparando-se com as datas anteriores, identifica-se os arquivos de dados alterados. Essa informação indica quais arquivos devem ser visualizados para se verificar como foram alterados. A modificação no conteúdo dos arquivos pode ser notada utilizando-se uma ferramenta de manipulação de arquivos de dados. O procedimento acima fornece a base para o preenchimento dos gabaritos de cada operação do modelo de operações do sistema.

• DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DO MODELO DE OBJETOS DO SISTEMA

O objetivo do modelo de objetos do método Fusion é representar a estrutura estática do sistema, através de um diagrama gráfico que mostra as classes existentes no domínio do sistema e os relacionamentos entre elas [Coleman *et al.*, 1994].

Considerando-se que sistemas escritos em Clipper trabalham com bancos de dados baseados no modelo relacional, as tabelas do sistema devem refletir o modelo lógico do banco de dados. Assim, em princípio, o modelo de objetos pode ser criado através da análise dessas tabelas (atributos e conteúdo) identificando-se o modelo entidade-relacionamento que deu origem às mesmas e adicionando-se as demais classes e relacionamentos necessários para complementar o modelo de objetos do sistema. Se houver um documento descrevendo o projeto lógico (modelo entidade-relacionamento) do sistema, o mesmo pode ser usado para auxiliar a interpretação das tabelas; sendo, no entanto, importante que se confira se as tabelas realmente refletem esse modelo.

Durante a análise das tabelas, não sendo possível identificar o modelo lógico do banco de dados, ou porque o mesmo não existe, ou porque existem muitas tabelas temporárias, que não fazem parte do modelo lógico do banco de dados, e que confundem a interpretação semântica que se deseja obter das tabelas, deve-se elaborar o modelo de objetos do modo descrito a seguir.

O modelo de objetos é construído identificando-se, primeiramente, *assuntos* com os quais a funcionalidade do sistema se relaciona. Os assuntos identificam diferentes níveis de abstração da funcionalidade do sistema e os possíveis agrupamentos de operações de um mesmo assunto. Os assuntos são denominados *temas*, segundo a nomenclatura do método FUSION-RE [Penteado, 1996].

Para a identificação dos temas do sistema, sugere-se a utilização de um quadro (quadro 5.1), o qual deverá conter todas as operações identificadas no modelo de ciclo de vida e especificadas no modelo de operações do sistema, produzidos pela engenharia reversa. Deve-se procurar associar essas operações aos diferentes aspectos do domínio do sistema. Esses aspectos, possíveis candidatos a temas, podem ser identificados considerando-se a expressão principal do modelo de ciclo de vida.

Quadro 5.1 - Operações e Aspectos do Domínio do Sistema

Operações (descrição)	Aspectos do domínio do sistema	Aspecto X	Aspecto Y	Aspecto Z	
<ul style="list-style-type: none"> Operação X1 Operação X2 ... 					
<ul style="list-style-type: none"> Operação Y1 Operação Y2 ... 					
<ul style="list-style-type: none"> Operação Z1 Operação Z2 ... 					
<ul style="list-style-type: none"> Operação ?1 Operação ?2 ... 					

Os aspectos do domínio do problema, juntamente com as operações devem ser analisados para se confirmar ou rejeitar a transformação de um candidato a tema, para um tema propriamente dito. O quadro 5.2, semelhante ao quadro 5.1, deve ser montado para conter os temas finais e respectivas operações identificados.

Quadro 5.2 - Operações e Temas Identificados e Confirmados

Operações (descrição)	Tema	Tema X	Tema Y	Tema Z	
<ul style="list-style-type: none"> Operação X1 Operação X2 ... 					
<ul style="list-style-type: none"> Operação Y1 Operação Y2 ... 					
<ul style="list-style-type: none"> Operação Z1 Operação Z2 ... 					
<ul style="list-style-type: none"> Operação ?1 Operação ?2 ... 					

Definidos os temas, a etapa seguinte é a elaboração dos respectivos modelos de objetos. Para a elaboração do modelo de objetos, todas as operações referentes aos temas devem ser novamente analisadas, agora com outro ponto de vista, buscando-se identificar as classes, os relacionamentos, as agregações e as generalizações que constituirão o modelo de objetos [Coleman *et al.*, 1994]. A análise, para cada tema, inicia-se em um alto nível de abstração, sendo que os detalhes são inseridos somente depois que a estrutura geral for considerada satisfatória.

Segundo o método FUSION-RE/I [Costa, 1997]:

- Deve-se definir como *classe*, cada elemento de cada operação que possuir identificação única e os arquivos criados pela execução de uma operação (conforme identificado no modelo de operações).
- Para a definição de *relacionamentos*, deve-se identificar em cada operação, elementos que sejam *associações* ou *correspondências* entre as classes consideradas.
- Para a definição de *atributos*, de cada classe e de cada relacionamento, deve-se identificar em cada operação, elementos que sejam *valores* dessas classes ou *valores* desses relacionamentos.
- Para a definição de *agregação*, deve-se identificar uma estrutura de composição entre as classes identificadas.
- Para a definição de *generalização*, deve-se identificar, entre as classes definidas, aquelas que sejam *supertipos*, formadas pela fatoração de propriedades comuns de várias classes *subtipos*. Para a definição de *especialização*, deve-se identificar entre as classes *subtipos*, aquelas que sejam uma versão mais especializada das classes *supertipos*.

Terminada a elaboração dos modelos de análise do sistema, fica finalizada a etapa de engenharia reversa do processo de reengenharia do sistema. Esses modelos são o ponto de partida para a reconstrução do sistema na etapa de engenharia progressiva.

5.3 Diretrizes Para o Processo de Engenharia Progressiva

As diretrizes para o processo de engenharia progressiva também foram elaboradas com base na experiência adquirida com a reconstrução do sistema SAPES. Embora para a reconstrução do sistema SAPES, tenha sido utilizado a ferramenta FusionCASE, as diretrizes aqui apresentadas são genéricas e direcionadas para o processo de engenharia progressiva de qualquer sistema desenvolvido pelo método Fusion de desenvolvimento orientado a objeto. A ferramenta FusionCASE é citada em algumas diretrizes, porém as orientações podem ser seguidas sem a utilização da mesma.

Antes de se iniciar a etapa de engenharia progressiva, os modelos de análise produzidos pela engenharia reversa devem ser analisados e criticados, pois esses modelos serão o ponto de partida para a reconstrução do sistema na etapa de engenharia progressiva.

5.3.1. Diretrizes para a Análise Crítica e Reconstrução dos Modelos de Objetos Produzidos pela Engenharia Reversa

As diretrizes aqui apresentadas tentam apenas chamar atenção para pontos que devem ser analisados, visto que a análise crítica do modelo de objetos está fortemente relacionada a aspectos específicos da aplicação a qual o sistema se refere.

Partindo-se do princípio que os modelos de análise produzidos pela engenharia reversa e os requisitos exigidos do sistema são bem conhecidos, alguns pontos podem ser citados:

- Deve-se confrontar os modelos obtidos pela engenharia reversa com os requisitos desejáveis do sistema, podendo-se alterar a modelagem de modo a melhor refletir a funcionalidade e demais requisitos exigidos para o sistema.
- Deve-se verificar se a modelagem produzida não tem anomalias em função do estilo de programação empreendido na construção do sistema (por exemplo, tabelas temporárias de processamento).
- Deve-se rever todas as classes, bem como seus atributos e os relacionamentos gerados, procurando-se refazer os modelos de forma a melhor representar a estrutura estática do sistema.
- Classes, atributos e relacionamentos desnecessários devem ser eliminados, ou adequados aos requisitos do sistema (por exemplo: procurar classes que podem ser eliminadas, adicionando-se operações novas).

As alterações efetuadas nos modelos de objetos podem exigir que o modelo de interface seja refeito.

5.3.2. Diretrizes para a Reconstrução do Modelo de Interface

Os modelos de ciclo de vida e de operações (os quais compõem a interface do

sistema) produzidos na fase de engenharia reversa deverão ser refeitos objetivando-se uma melhor adequação aos requisitos do sistema e aos novos modelos de objetos.

O modelo de ciclo de vida, obtido no processo de engenharia reversa, está estruturado de acordo com as operações constantes na interface do sistema e também de acordo com a estrutura de arquivos existente para o sistema em processo de reengenharia (sistema antigo). O novo modelo de ciclo de vida deverá ser baseado na funcionalidade requerida para o sistema, refletindo as seqüências possíveis para as operações do sistema. Para tanto, deve-se refazer o modelo de ciclo de vida, obtido no processo de engenharia reversa, aproveitando-se as partes que estão em conformidade aos requisitos do sistema e retirando-se ou alterando-se aquelas partes que não estão.

A ferramenta FusionCASE pode proporcionar um rápido auxílio para a criação do novo modelo de ciclo de vida, uma vez que já tem embutida a sintaxe e semântica para a construção das expressões do ciclo de vida. As operações identificadas no modelo de ciclo de vida são armazenadas, automaticamente, em um dicionário de dados para posterior utilização. A ferramenta pode fornecer suporte para o gerenciamento e edição de um dicionário de dados para acondicionar todas as classes, relacionamentos, atributos, operações, métodos e demais componentes do sistema, tanto da fase de análise como da fase de projeto.

Como o modelo de ciclo de vida, o novo modelo de operações do sistema deverá refletir as operações que são necessárias para implementar a funcionalidade do sistema. Cada operação constante no modelo de operações, resultante do processo de engenharia reversa, deverá ser novamente examinada, procurando-se atualizá-las com as novas operações identificadas no modelo de ciclo de vida refeito. As operações que foram eliminadas na reconstrução do modelo de ciclo de vida não serão refeitas, porém, os itens do gabarito textual de cada operação deverá ser examinado de forma a ser atualizado (por exemplo: as classes que tiveram atributos alterados, incluídos, ou excluídos, deverão ser atualizadas).

A ferramenta FusionCASE, novamente pode ser útil por prover um ambiente em que os gabaritos de cada operação identificada e colocada no modelo de ciclo de vida estará automaticamente a disposição, para o preenchimento dos seus itens. O preenchimento dos gabaritos é também facilitado pelo suporte sintático e semântico que a ferramenta oferece para a elaboração do modelo de operações. Cada incremento em cada modelo produzido resulta em alterações que são automaticamente feitas pela ferramenta no dicionário de dados e em um arquivo próprio para utilização em etapas

futuras.

5.3.3. Diretrizes para a Elaboração dos Modelos de Projeto

A etapa de projeto do sistema segue o curso normal, como um processo tradicional de desenvolvimento de software baseado no método Fusion, partindo dos novos modelos de análise produzidos.

Na fase de projeto, são gerados modelos mais próximos da implementação (grafos de interação de objetos, grafos de visibilidade e descrição das classes), os quais representam os métodos necessários para a comunicação entre os objetos, perfazendo uma determinada operação do sistema.

Para cada operação do sistema, identificada no modelo de ciclo de vida e especificada no modelo de operações, deverá existir um *grafo de interação de objetos*, o qual fornece uma representação visual para a estrutura dos algoritmos necessários para a implementação da operação. Portanto, deve-se construir grafos de interação de objetos para cada operação que for necessária ao sistema.

A ferramenta FusionCASE possibilita a criação de um grafo de interação de objetos para cada operação, onde são identificadas as classes que participam da operação, bem como os métodos e seus parâmetros, que são ativados para cada operação.

Os *grafos de visibilidade* deverão ser elaborados para cada classe do sistema. Esses grafos descrevem as estruturas de referências existentes entre as classes do sistema. Deve-se identificar, nessa fase, os objetos para os quais as instâncias das classes fazem referências e o tipo apropriado de referência para esses objetos.

A ferramenta FusionCASE cria um grafo de visibilidade para cada classe do sistema. Esse grafo é criado a partir das informações constantes dos grafos de interação de objetos. Deve-se então, estabelecer o tipo de visibilidade, mutabilidade, dinâmica da ligação, etc., entre a classe do grafo e as demais classes do sistema.

As descrições das classes são conseqüências naturais de todas as fases até agora descritas. Essas descrições são elaboradas a partir de informações vindas do modelo de objetos, dos grafos de interação de objetos, e dos grafos de visibilidade. Cada classe recebe os métodos e atributos estabelecidos nas fases anteriores. A descrição da classe fornece os fundamentos para a implementação. A ferramenta

FusionCASE, a partir de informações provenientes dos diversos modelos introduzidos na ferramenta, pode gerar automaticamente a descrição de cada classe componente do sistema.

5.4. Diretrizes para a Implementação do Sistema

Na etapa de implementação é utilizada a linguagem Delphi, a qual suporta a orientação a objeto.

Tomando-se como base os modelos produzidos na fase de projeto, a implementação através da linguagem Delphi pode ser efetuada da seguinte maneira:

Das descrições de classes elaboradas, obtém-se o conjunto de classes dos objetos manipulados pelo sistema.

Dos grafos de interação de objetos, obtém-se os passos para a elaboração dos algoritmos. Os dicionários de dados deverão ser consultados para agilizar o processo de implementação.

Para a elaboração da nova interface do sistema, utiliza-se o modelo de ciclo de vida como guia para a criação do menu.

As classes geradas pela ferramenta FusionCASE são traduzidas quase diretamente para classes utilizadas na linguagem Delphi. A linguagem Delphi tem classes prontas para a manipulação de janelas, então a tarefa maior é mapear as classes geradas pela ferramenta FusionCASE para classes Delphi, complementando-as com aquelas classes de manipulação de janelas.

5.5. Considerações Finais

Este capítulo apresentou as diretrizes necessárias para um processo de reengenharia de software orientado a função, escrito em linguagem Clipper, para um software orientado a objeto, escrito em linguagem Delphi. Essas diretrizes foram elaboradas com base na experiência adquirida com o processo de reengenharia efetuado sobre o sistema SAPES, utilizando-se o método FUSION-RE/I (na etapa de engenharia reversa), o método Fusion e a ferramenta FusionCASE (na etapa de engenharia progressiva).

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES

6.1. Conclusões e Contribuições

Sistemas legados têm sido causa de freqüentes discussões devido a dois fatores conflitantes: a importância desses sistemas para as organizações e a difícil manutenção dos mesmos. Um recurso que pode ser utilizado para amenizar os problemas relacionados à manutenção de software legado é a *reengenharia*, através da qual pode-se aproveitar as boas características do sistema, embutindo-lhes outras que permitirão manter a funcionalidade, melhorando tanto as características que influenciam a facilidade de manutenção, quanto outras características de qualidade.

Este trabalho apresenta diretrizes para auxiliar o processo de reengenharia. Nessas diretrizes são consideradas as técnicas orientadas a objeto, pois essas mostram ser a melhor perspectiva para o desenvolvimento e manutenção de software e também é considerado o desenvolvimento de sistemas para ambiente Windows, visto ser essa outra tendência verificada atualmente para facilitar o uso e, portanto a manutenção de sistemas.

As diretrizes deste trabalho guiam o processo de reengenharia de sistemas orientados a função, escritos em Clipper, para sistemas orientados a objeto, escritos em Delphi. Essas diretrizes foram obtidas através da execução da reengenharia do sistema SAPES, o qual, apesar de não ser muito antigo, possui diversas características típicas de sistemas legados.

A reengenharia do sistema SAPES consistiu de duas etapas. Na primeira etapa, utilizou-se o método FUSION-RE/I, de engenharia reversa, para a produção dos modelos de análise necessários para a reconstrução do sistema. Com essa experiência verificou-se a aplicabilidade do método FUSION-RE/I em um processo de reengenharia de sistemas, diferentemente de seu propósito inicial que era de produzir informações para auxiliar a etapa de manutenção de software.

Para o caso especial, de sistemas escritos em Clipper, percebeu-se, durante a engenharia reversa, que o modelo de objetos poderia ter sido obtido diferentemente do proposto pelo método FUSION-RE/I. O modelo de objetos poderia ser criado através da análise das tabelas Clipper (atributos e conteúdo), identificando-se o modelo entidade-relacionamento que deu origem às mesmas e adicionando-se as demais classes e relacionamentos necessários para complementar o modelo de objetos do sistema. Se existir um documento descrevendo o projeto lógico (modelo entidade-relacionamento) do sistema, o mesmo pode ser usado para auxiliar a interpretação das tabelas Clipper.

Outro fato percebido é o de que, possivelmente, não apenas sistemas escritos em Clipper, mas todos os sistemas que são desenvolvidos em linguagem que crie uma base de dados com tabelas relacionais, podem ser reconstruídos, aplicando-se as mesmas diretrizes.

Numa segunda etapa do processo de reengenharia do sistema SAPES, efetuou-se a análise crítica dos modelos criados na primeira etapa e utilizando-se a ferramenta FusionCASE, reconstruiu-se esses modelos. Após a reconstrução dos modelos de análise, construiu-se os modelos de projeto, e posteriormente, partiu-se para a implementação do sistema, utilizando-se a linguagem Delphi. Nessa etapa, verificou-se que a ferramenta FusionCASE pode auxiliar as fases de análise e projeto, criando subsídios para a verificação do processo de reconstrução. Por exemplo, a ferramenta FusionCASE, possibilitou, através de suas opções de checagem, a identificação de elementos “perdidos”, que foram criados, mas que não foram utilizados ou referenciados na reconstrução.

As diretrizes apresentadas neste trabalho podem também ser direcionadas ao processo de reengenharia que não utiliza a ferramenta FusionCASE em sua etapa de reconstrução, porém, o resultado pode ser mais demorado e passível de conter erros, os quais a ferramenta FusionCASE pode ajudar a eliminar.

6.2. Trabalhos Futuros

Como desdobramento deste trabalho, as diretrizes aqui mencionadas poderiam ser reaplicadas em outros sistemas escritos em Clipper, reconstruindo-os em Delphi. Desse modo, o que aqui é colocado como diretrizes, poderia ser transformado em um método de reengenharia, específico para essa categoria de sistemas.

Outro trabalho seria a aplicação das diretrizes em sistemas escritos em outras linguagens, os quais deseja-se reconstruir sob o paradigma de orientação a objeto. Assim, poderia se verificar a aplicabilidade das diretrizes em outras categorias de sistemas.

Um outro campo a ser explorado é o de elaboração de diretrizes para a reengenharia de dados, aplicando-se regras de normalização às tabelas do sistema, de modo a tornar mais fácil a identificação do projeto lógico do banco de dados, a partir do qual o modelo de objetos pode ser desenvolvido. Essas diretrizes poderiam também conter orientações de como transferir os dados para as tabelas normalizadas.

A técnica de aquisição de conhecimento implícito denominada *data mining*, que permite a extração de conhecimento em base de dados, pode auxiliar a busca de padrões nos dados do banco de dados e facilitar a criação do modelo lógico do mesmo. Outro trabalho a ser desenvolvido poderia ser a aplicação da técnica *data mining* no processo de reengenharia.

Outras ferramentas CASE, as quais pudessem apoiar e agilizar o processo de reengenharia de software poderiam ser estudadas, levando a diretrizes de como e quando utilizá-las.

BIBLIOGRAFIA

Referências

- BENEDUSI, P.; CIMITILE, A.; CARLINI, U. *Reverse Engineering Processes, Design Document Production, and Structure Charts*. Journal Systems and Software, v.19, pp.225-45, 1992.
- BENNETT, K. H. *Automated Support of Software Maintenance*. Information and Software Technology, v.33, n.1, pp.74-85, 1991.
- BENNETT, K. H. *Legacy Systems: coping with success*. IEEE Software, v.12, n.1, pp.19-23, 1995.
- BIGGERSTAFF, T. J. *Design Recovery for Maintenance and Reuse*. IEEE Computer, v.22, n.7, pp.36-49, 1989.
- BOEHM, B. W. *A Spiral Model of Software Development and Enhancement*. Computer, v.21, n.5, pp.61-72, maio, 1988.
- CAINE, S.; GORDON, K. *PDL - A Tool for Software Design*. In: *Proc. National Computer Conference*. AFIPS Press, pp.271-276, 1975.
- CANFORA, G.; CIMITILE, A.; MUNRO, M. *RE²: Reverse-engineering and Reuse Re-engineering*. Journal of Software Maintenance: Research and Practice, v.6, n.2, pp.53-72, 1994.
- CHIKOFFSKY, E. J. e CROSS II, J. H. *Reverse Engineering and Design Recovery: A Taxonomy*. IEEE Software, v.7, n.1, pp.13-17, 1990.

- CHIN, D. N.; QUILICI, A. *DECODE: A Co-operative Program Understanding Environment*. Journal of Software Maintenance: Research and Practice, v.8, n.1, pp.3-33, 1996.
- CHOI, S. C.; SCACCHI, W. *Extrating and Restructuring the Design of Large Systems*. IEEE Software, v.7, n.1, pp.66-71, 1990.
- CLEVELAND, L. *A Program Understanding Support Environment*. IBM Systems Journal, v.28, n.2, pp.324-344, 1989.
- COLEMAN, D. *et al.* *Object-Oriented Development: THE FUSION METHOD*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1994.
- COSTA, R. M. *Aplicação do Método de Engenharia Reversa FUSION-RE/I na Recuperação da Funcionalidade da Ferramenta de Teste PROTEUM*. ICMSC-USP, São Carlos, 1997. Dissertação (mestrado).
- CROSS, J. H. *Grasp/Ada Uses Control Structure*. IEEE Software, v.7, n.3, pp.62, 1990.
- DeMARCO, T.; SARSON, C. *Structured Analysis and Systems Specification*. Prentice-Hall, 1979.
- GALL, H. e KLOSCH, R. Finding Objects in Procedural Programs: *An alternative Approach*. In: Proceedings of Second Working Conference on Reverse Engineering, Monterey, EUA, pp.208-216, july, 1995.
- GANNOD, G. C.; CHENG, B. H. C. *Using Informal and Formal Techniques for the Reverse Engineering of C Programs*. In: Proceedings of Third Working Conference on Reverse Engineering, Monterey-CA, pp.249-258, nov, 1996.
- GT-REG (Georgia Tech's - Reverse Engineering Group). *Glossary of Reengineering Terms*. Georgia, <http://www.cc.gatech.edu/reverse/glossary.html>, 1998.
- HAMMER, M.; CHAMPY, J. *Reengenharia Revolucionando a Empresa*. Editora Campus, Rio de Janeiro, 1993.
- HARANDI, M. T.; NING, J. Q. *Knowledge-Based Program Analysis*. IEEE Software, v.7, n.1, pp.74-81, 1990.
- HARBAND, J. *Seela Aids Maintenance with Code-Block Focus*. IEEE Software, v.7, n.3, pp.61, 1990.
- HATLEY, D. J.; PIRBHAI, I. A. *Strategies for Real Time Systems Specifications*. Dorset House, 1987.
- IEEE CS-TCSE (IEEE Computer Society - Technical Council on Software Engineering). *Reengineering & Reverse Engineering Terminology*. Washington, <http://www.tcse.org/revengr/taxonomy.html>, 1997.
- JACOBSON, I.; LINDSTRÖM, F. *Re-engineering of old systems to an object-oriented architecture*. SIGPLAN Notices, v.26, n.11, pp.340-350, nov., 1991.
- JONES, C. B. *Systematic Software Development Using VDM*. 2.ed., Prentice-Hall, 1990.
- KRÄMER, C.; PRECHELT, L. In: Proceedings of Third Working Conference on Reverse Engineering, Monterey-CA, pp.208-215, nov, 1996.
- LAYZELL, P. J.; FREEMAN, M. J.; BENEDUSI, P. *Improving Reverse-engineering through the Use of Multiple Knowledge Sources*. Journal of Software Maintenance: Research and Practice, v.7, n.4, pp.279-299, 1995.
- LEHMAN, M. M. *Programs, Life-Cycles, and the Laws of program Evolution*. Proc. IEEE pp.1060-1076, 1980.

- LEWIS, B. e McCONNELL, D. J. *Reengineering Real-Time Embedded Software onto a Parallel Processing Platform*. In: Proceedings of Third Conference on Reverse Engineering, Monterey, EUA, pp.11-19, nov., 1996.
- MACKENZIE, C. L.; HENSHAW, J. *Understanding the Legacy*. Software Engineering Quality Consultants, Ontario, april, 1994. /TR-74.137/
- MITTRA, Sitansu S. *A Road Map for Migrating Legacy Systems to Client/Server*. Journal of Software Maintenance: Research and Practice, v.8, n.2, pp.117-130, 1995.
- MORRIS, P.; FILMAN, R. *Mandrake: A Tool for Reverse-Engineering IBM Assembly Code*. In: Proceedings of Third Working Conference on Reverse Engineering, Monterey-CA, pp.57-66, nov, 1996.
- NEWCOMB, P. e KOTIK G. *Reengineering Procedural Into Object-Oriented Systems*. In: Proceedings of Second Conference on Reverse Engineering, Toronto, Canada, pp.237-249, jul., 1995.
- OMAN, P.W. *Maintenance Tools*. IEEE Software, v.7, n.3, pp.59-65, 1990.
- OXFORD. *Dictionary of Computing*. Oxford University Press, 1986.
- PENTEADO, R. A. D. *Um Método para Engenharia Reversa Orientada a Objetos*. IFSC-USP, São Carlos, 1996. Tese (Doutorado)
- PREECE, J. et al. *Human-Computer Interaction*. Wokingham, Addison-Wesley, 1994.
- PREMERLANI, W. J. e BLAHA, M. R. *An Approach for Reverse Engineering of Relational Databases*. Communications of the ACM, v.37, n.5, pp.42-49, 1994.
- PRESSMAN, R. S. *Engenharia de Software*, Makron Books, 1995.
- RAMAMOORTHY, C. V.; TSAI, W. *Advances in Software Engineering*. IEEE Computer v.29, n.10, pp.47-58, 1996.
- REKOFF Jr., M. G. *On Reverse Engineering*. IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics, v.15, n.2, março/abril, 1985.
- ROSS, R. G. *Entity Modeling: Techniques and Application*. Data Research Group, 1988.
- ROYCE, W. W. *Managing the Development of Large Software Systems: Concepts and Techniques*. in Proc. WESCON, pp.1-9, 1970.
- RUGABER, S. e WILLS, L. M. *Creating a Research Infrastructure for Reengineering*. In: Proceedings of Third Working Conference on Reverse Engineering, Monterey-CA, pp.98-102, nov, 1996.
- RUGABER, S. et al.. *recognizing Design Decision in Programs*. IEEE Software, v.7, n.1, pp.46-54, 1990.
- SAGE, A.P. *Systems Engineering and Systems Management for Reengineering*. Journal Systems and Software, v.30, n.1, pp.03-25, 1995.
- SAMUELSON, P. *Reverse-Engineering Someone Else's Software: Is It Legal?* IEEE Software, v.1, n.1, pp.90-96, 1990.
- SNEED, H. M. *Migration of Procedurally Oriented COBOL Programs in an Object-Oriented Architecture*. In: Proceedings of Conference on Software Maintenance, Orlando, EUA, pp.105-116,nov., 1992.
- SNEED, H. M. *Object-Oriented COBOL Recycling*. In: Proceedings of Third Working Conference on Reverse Engineering, Monterey-CA, pp.169-178, nov, 1996.

- SNEED, H. M. e Nyáry, E. *Extracting Object-Oriented Specification from Procedurally Oriented Programs*. In: Proceedings of Second Conference on Reverse Engineering, Toronto, Canada, pp.217-226, jul., 1995.
- SNEED, H. M. *Planning the Reengineering of Legacy Systems*. *IEEE Software*, v.12, n.1, pp.24-34, 1995.
- SOMMERVILLE, I. *Software Engineering (International Computer Science Series)*. 5ª Edição. Addison-Wesley Pub Co. 1995.
- SPIVEY, J. M. *Understanding Z: A Specification Language and its Formal Semantics*. Cambridge University Press, 1988.
- STEPHEN, R. M.; LYNN, M. M. *Software Migration and Reengineering: A Pilot Project in Reengineering*. *Journal Systems and Software*, v.30, n.1, pp.137-50, 1995.
- TANGORRA, F.; CHIAROLLA, D. *A methodology for reverse engineering hierarchical databases*. *Information and Software Technology*, v.37, n.4, pp.225-231, nov., 1995.
- TONELLA, P. et al. *Augmenting Pattern-Based Architectural Recovery with Flow Analysis: Mosaic - A Case Study*. In: Proceedings of Third Working Conference on Reverse Engineering, Monterey-CA, pp.198-208, nov, 1996.
- TURINE, M. A. S. *Especificação de Requisitos: Uma Introdução*. Relatório Técnico do ICMSC n° 39. ICMSC-USP. 1996.
- ULRICH, W. M. *Re-engineering: Defining an integrated migration framework*, in *Software Reengineering* (R. S. Arnold, ed.), IEEE Computer Society Press, Los Altos, California, pp. 108-118, 1993.
- WARD, M. P.; BENNETT, K. H. *Formal Methods for Legacy Systems*. *Journal of Software Maintenance: Research and Practice*, v.7, n.3, pp.203-219, 1995.
- WARDEN, R. *Re-engineering - A Practical Methodology With Commercial Applications*. in *Applied Information Technology 12 (Software Reuse and Reverse Engineering in Practice)*. (P. A. V. Hall, ed.) - Chapman@Hall. 1992.
- WATERS, R. C.; CHIKOFKY, E. J. *Reverse Engineering: Progress Along Many Dimensions*. *Communications of the ACM*. v.37, n.5, pp.23-24, 1994.
- WONG, K. et al. *Structural Redocumentation: A Case Study*. *IEEE Software*, v.12, n.1, pp.46-54, 1995.
- YEH, A. S.; HARRIS, D. R. e REUBENSTEIN, H. B. *Recovering Abstract Data Types and Object Instances from a Conventional Procedural Language*. In: Proceedings of Second Conference on Reverse Engineering, Toronto, Canada, pp.227-236, jul., 1995.
- YOURDON, E. *Análise Estruturada Moderna*. Editora Campus, Rio de Janeiro, 1990.

Complementar

- ALBRECHT, A. J. *Measuring Application Development Productivity*. In: Proc. IBM Application Development Symposium. Monterey, C. A., pp.83-92, 1979.
- BENDIFALLAH, S.; SCACCHI, W. *Understanding software Maintenance Work*. *IEEE Transaction on Software Engineering*, v.13, n.3, pp.311-23, 1987

- BOLDYREFF, C. *Reuse, Software Concepts, Descriptive Methods and the Practitioner Project*. ACM Sigsoft Software Engineering Notes, v.14, n.2, pp.25-31, abril, 1989.
- BURD, E.; MUNRO, M.; WEZEMAN C. *Extracting Reusable Modules from Legacy Code: Considering the Issues of Module Granularity*. In: Proceedings of Third Working Conference on Reverse Engineering, Monterey-CA, pp.189-196, nov, 1996.
- CORBI, T.A. Program Understanding: Challeng for the 1990s. *IBM Systems Journal*. v.28, n.2, 1989
- CURTIS, B. *et al.* Measuring the Psychological Complexity of Software Maintenance Tasks with the Halsted and McCabe Metrics. *IEEE Conference on Software Engineering*, v.5, n.2, pp.96-104, 1979
- DEKLEVA, S. Delphi Study of Software Maintenance Problems. In: *Proc. of 8th International Conference on Software Maintenance*, 1992
- EDELSTEIN, D.V. Standard for Software Maintenance - Report on the IEEE STD 1219-1993, *Software Engineering Notes*, v.18, n.8, pp. 94-5, 1994
- FORTE, G. Tools Fair: Out of the lab, onto the shelf - Reverse Engineering and Maintenance. *IEEE Software*, V.9, N.3, pp.76, 1992
- GALLAGER, K.B.; LYLE, J.R. Using Program Slicing in Software Maintenance. *IEEE Transactions on Software Engineering*, v.17, n.8, pp.751-61, 1991
- HALL, P. A. V. *Overview of reverse engineering and reuse research*. Information and Software Technology, v.34, n.4, pp.239-249, abril, 1992.
- HOLZNER, Steven. *Programando em Visual C++*. Berkeley, 1995.
- [HTTP://www.microsoft.com/visualc/](http://www.microsoft.com/visualc/)
- LIENTZ, B.P.; SWANSON, E.B. Problems in Application Software Maintenance. *Communications of ACM*, v.24, n.11, pp.31-7, 1981
- LIU, C.C. A Look at Software Maintenance. *Datamation*, nov., pp.51-5, 1976
- LIVADAS, P. E.; JOHNSON, T. *A New Approach to Finding Objects in Programs*, Journal of Software Maintenance: Research and Practice, v.6, n.5, pp.249-260, 1994.
- MALAN, R.; LETSINGER, R e COLEMAN, D. *Object-Oriented Development at Work - Fusion In the Real World*. Prentice Hall. 1996.
- MAMONE, S. The IEEE Standard for Software Maintenance. *Software Engineering Notes*, v.19, n.1, 1994
- MAYER, R. C. *Visual Basic X Delphi: duelo de gigantes?*. Byte Brasil, pp.114, 1997.
- McCABE, T. Jr.. *Battle-Map, ACT Show Code Structura, Complexit*. IEEE Software, v.7, n.3, pp.62, 1990.
- MISAKA, A. P. S. *Modelagem Pelo Método Fusion de um Sistema de Agendamento de Reuniões*. Relatórios Técnicos - ICMSC-USP. 1996.
- MOORE, M. M. *Rule-Based Detection for Reverse Engineering User Interfaces*. In: Proceedings of Third Working Conference on Reverse Engineering, Monterey-CA, pp.42-48, nov, 1996.
- OGANDO, R. M. *et al.* *An object Finder for Program Structure Understanding in Software Maintenance*. Journal of Software Maintenance: Research and Practice, v.6, n.5, pp.261-283, 1994.

- OSBORNE, W.M.; CHIKOFISKY, E.J. Fitting Pieces to the Maintenance Puzzle. *IEEE Software*, v.7, n.1, pp.10-1, 1990
- PENTEADO, R. A. D.; GERMANO, F. S. R.; MASIERO, P. C. *An Overall Process Based on Fusion to Reverse Engineer Legacy Code*. In: Proceedings of Third Working Conference on Reverse Engineering, Monterey, EUA, pp.170-188, nov, 1996.
- PENTEADO, R. A. D.; GERMANO, F. S. R.; MASIERO, P. C. *Engenharia Reversa Orientada a Objetos do Ambiente StatSim: método utilizado e resultados obtidos*. In: IX Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software, Recife, pp.345-360, 1995.
- PENTEADO, R. A. D.; GERMANO, F. S. R.; MASIERO, P. C. *Melhoria da Manutenibilidade de Software Legado com Base em Engenharia Reversa*. In: Anais da Conferência Internacional de Tecnologia de Software: Qualidade de Software, Curitiba-PR, pp.155-169, jun, 1996.
- ROBSON, D. J. *et al. Approaches to Program Comprehension*. The Journal of Systems and Software, v.14, n.2, pp.79-84, 1991.
- SANCHES, R., *A Influência do Software e de seu Processo de Manutenção no Esforço de Manutenção*. Universidade de São Paulo, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, São Paulo, 1993. Tese (Doutorado)
- SCHACH, S.R. *The Economic Impact of Reuse on Maintenance*. Journal of Software Maintenance: Research and Practice. v.6, n.4, pp.185-96, 1994.
- SCHNEIDEWIND, N.F., The State of Software Maintenance. *IEEE Transaction on Software Engineering*, v.13, n.3, pp. 303-10, 1987.
- SILVA, C. R. e SANTOS P. C. F. *Delphi X Visual Basic*. Byte Brasil, pp.24-28, 1997.
- SNEED, H. M.; NYARY, E. *Downsizing Large Application Programs*. Journal of Software Maintenance: Research and Practice, v.6, n.5, pp.235-247, 1994.
- SOMMERVILLE, I.; SAWYER, P. *Requirements Engineering : A Good Practice Guide*. John Wiley & Sons. 1997.
- STAPLETON, L. *Reverse Engineering Puzzles Out The Past*. Open Computing, v.11, n.3, pp.77-82, 1994.
- YANG, H. *The Supporting Environment for A Reverse Engineering System - The Maintainer's Assistant*. In: Proc. IEEE Conference on Software Maintenance, Sorrento, Italy, pp.13-22, nov., 1991.
- YAU, S.S.; CHANG, P.S. Design Stability Measures for Software Maintenance. *IEEE Transaction on Software Engineering*, v.11, n.9, pp.849-56, 1985.
- YOUNGER E. J.; WARD, M. P. *Inverse-Engineering a Simple Real-Time Program*. Journal of Software Maintenance: Research and Practice, v.6, n.4, pp.197-234, 1994.

APÊNDICE A

MODELO DE CICLO DE VIDA DO SAPES

PROCEDIMENTAL

Expressão Geral do ciclo de vida: (Menu Principal do SAPES)

lifecycle SAPES: ((Manut-B_Dados | Formação-Biblio | Geração-Ref_Bib | Geração-Relatórios |
Alteração-Biblio-Ref_Bib)* | Sair_SAPES)

Manut-B_Dados = (Cria-B_Dados | Insere | Elimina | Consulta | Altera | Volta_Menu_Princ)*

Formação-Biblio = (Padrão | Passo-Autor | Passo-Ano | Ano-Autor-Assunto | Ano-Assunto-Autor |
Assunto-Autor-Ano | Zerar-Arquivos | Volta_Menu_Princ)*

Geração-Ref_Bib = (Opc_Padrão | Opc_Número | Volta_Menu_Princ)

Geração-Relatórios = (Imp_B_Dados | Imp_Biblio | Imp_Ref_Bib | Imp_Ref_Inex | Ficha | Volta_Menu_Princ)*

Alteração-Biblio-Ref_Bib = (Alt_Ref_Bib | Alt_Biblio | Ins_Ref_Bib | Volta_Menu_Princ)*

SAPES - SOFTWARE DE AUXILIO 'A PESQUISA - MENU BIBLICAL	
1.	INSERE NOVO REGISTRO
2.	ELIMINA REGISTRO
3.	ALTERA REGISTRO
4.	MENU CONSULTA
5.	CRIAR BASE DE DADOS
6.	RETORNAR
ESCOLHA UMA OPCAO < 1 - 6 >: █

Expressão para: Manut-B_Dados (Opção 1: Manutenção da Base de Dados)

Manut-B_Dados = (Cria-B_Dados | (Insere | Elimina | Consulta | Altera | Volta_Menu_Princ)*

Cria-B_Dados = #Mens_Apagar_B_Dados . (Confirma_Cria-B_Dados . [#B_Dados_Vazia] | Cancela_Cria-B_Dados) . Volta_Menu_Manut-B_Dados

Insere = (Opc_Padrão | Opc_Número | Volta_Menu_Manut-B_Dados)*

S A P E S - SOFTWARE DE AUXILIO 'A PESQUISA INTRODUCAO DE UM NOVO ELEMENTO NA BASE DE DADOS	
PADRAO : [XXXXXXXXXX]	ANO : [XXXXXX] NUMERO : [XXXXXX]
AUTOR : [XX]	
AREA : [XX]	
TITULO : [XX]	
ASSUNTO : [XX]	EDICAO : [XX]
CIDADE : [XX]	ESTADO : [XX] PAIS : [XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX]
TIPO DE PUBLICACAO : [XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX]	NUMERO DE PAGINAS : [XX]
RANGE DE PAGINAS : [XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX]	ARTIGO : [XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX]
EDITORIA : [XX]

Opc_Padrão = Padrão . (#Mens_Padrão_Existente | Padrão . Ano . Número . Autor . Área . Subárea . Título . Edição . Assunto . Cidade . Estado . País . Tipo_Publicação . Número_Páginas . Range_Páginas . Artigo . Editora . ((Ins_Resumo) | Volta_Menu_Insere | Volta_Menu_Manut-B_Dados))

Opc_Número = Número . (#Mens_Número_Existente | Padrão . Ano . Número . Autor . Área . Subárea . Título . Edição . Assunto . Cidade . Estado . País . Tipo_Publicação . Número_Páginas . Range_Páginas . Artigo . Editora . ((Ins_Resumo) | Volta_Menu_Insere | Volta_Menu_Manut-B_Dados))

Elimina = (Opc_Padrão | Opc_Número | Volta_Menu_Manut-B_Dados)*

Opc_Padrão = Padrão . (#Mens_Item_Inex | (#Mostra_Item . (#Resumo . (Opc_Eliminar | Volta_Menu_Elimina) | Opc_Eliminar | Volta_Menu_Elimina | Volta_Menu_Manut-B_Dados)))

Opc_Número = Número . (#Mens_Item_Inex | (#Mostra_Item . (#Resumo . (Opc_Eliminar | Volta_Menu_Elimina) | Opc_Eliminar | Volta_Menu_Elimina | Volta_Menu_Manut-B_Dados)))

Altera = (Opc_Padrão | Opc_Número | Volta_Menu_Manut-B_Dados)*

Opc_Padrão = Padrão . (#Mens_Item_Inex | (#Mostra_Item . Altera_Item . ((#Resumo . Altera_Resumo) | Voltar_Menu_Altera | Volta_Menu_Manut-B_Dados)))

Opc_Número = Número . (#Mens_Item_Inex | (#Mostra_Item . Altera_Item . ((#Resumo . Altera_Resumo) | Voltar_Menu_Altera | Volta_Menu_Manut-B_Dados)))

Consulta = (Opc_Padrão | Opc_Autor | Opc_Ano | Opc_Assunto | Opc_Área | Opc_Título | Opc_Número | Volta_Menu_Manut-B_Dados)*

Opc_Padrão = (Padrão . (#Mens_Elem_Inex | #Mostra_Item . (Volta_Opc_Padrão | #Resumo | Volta_Menu_Consulta))* | Opc_Mostrar_Padrões | Voltar_Menu_Consulta)

Opc_Autor = (Autor . (#Mens_Elem_Inex | #Mostra_Item . (Volta_Opc_Autor | #Resumo | Volta_Menu_Consulta))* | Opc_Mostrar_Autores | Voltar_Menu_Consulta)

Opc_Ano = (Ano . (#Mens_Elem_Inex | #Mostra_Item . (Volta_Opc_Ano | #Resumo | Volta_Menu_Consulta))* | Opc_Mostrar_Anos | Voltar_Menu_Consulta)

Opc_Assunto = (Assunto . (#Mens_Elem_Inex | #Mostra_Item . (Volta_Opc_Assunto | #Resumo | Volta_Menu_Consulta))* | Opc_Mostrar_Assuntos | Voltar_Menu_Consulta)

Opc_Área = (Área . (#Mens_Elem_Inex | #Mostra_Item . (Volta_Opc_Área | #Resumo | Volta_Menu_Consulta))* | Opc_Mostrar_Áreas | Voltar_Menu_Consulta)

Opc_Título = (Título . (#Mens_Elem_Inex | #Mostra_Item . (Volta_Opc_Título | #Resumo | Volta_Menu_Consulta))* | Opc_Mostrar_Títulos | Voltar_Menu_Consulta)

Opc_Número = (Número . (#Mens_Elem_Inex | #Mostra_Item . (Volta_Opc_Número | #Resumo | Volta_Menu_Consulta))* | Opc_Mostrar_Números | Voltar_Menu_Consulta)

SAPES - SOFTWARE DE AUXILIO `A PESQUISA - MENU ARQUIVO BIBLIOGRAFIA	
1. FORMACAO POR FORMA PADRAO	5. ANO / ASSUNTO / AUTOR
2. FORMACAO PASSO - AUTOR	6. ASSUNTO / AUTOR / ANO
3. FORMACAO PASSO - ANO	7. ZERAR ARQUIVOS
4. ANO / AUTOR / ASSUNTO	8. RETORNAR
ESCOLHA UMA OPCAO (1 - 8) █

Expressão para: Formação-Biblio (Opção 2: Formação Arquivo Bibliografia)

Formação-Biblio = (Padrão | Passo-Autor | Passo-Ano | Ano-Autor-Assunto | Ano-Assunto-Autor |
Assunto-Autor-Ano | Zerar-Arquivos | Volta_Menu_Princ)*

Padrão = (#Mens_B_Dados_Vazia | ((Opc_Padrão | Opc_Número) .

(#Mens_Inex | #Mens_Item_Incl | #Mostra_Elem . (Confirma_Formação | Cancela_Formação))))*

Passo-Autor = (#Mostra_Item_Autor . [#Resumo] . ([Acresc_Na_Biblio] . (Opc_Prosegue_Autor |
Opc_Avança_Autor))* | Voltar_Menu_Formação)

Passo-Ano = (#Mostra_Item_Ano . [#Resumo] . ([Acresc_Na_Biblio] . (Opc_Prosegue_Ano |
Opc_Avança_Ano))* | Voltar_Menu_Formação)

Ano-Autor-Assunto = #Mens_Ano_Autor . (Ano-Autor-Assunto | Ano-Autor)

Ano-Assunto-Autor = #Mens_Ano_Assunto . (Ano-Assunto-Autor | Ano-Assunto)

Assunto-Autor-Ano = #Mens_Assunto_Autor . (Assunto-Autor-Ano | Assunto-Autor)

Zerar-Arquivos = #Mens_Apagar_Arq . (Confirma_Zerar | Cancela_Zerar)

SOFTWARE DE AUXILIO `A PESQUISA - SAPES CRIACAO DAS REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS ATRAVES DO TETO
1. FORMA DE REFERENCIA PADRAO: LAUT ANeI
2. FORMA DE REFERENCIA NUMERO: NUM
3. RETORNAR
DIGITE SUA OPCAO :

Expressão para: Geração-Ref_Bib (Opção 3: Gerar Referências Bibliográficas)

Geração-Ref_Bib = (Opc_Padrão | Opc_Número | Volta_Menu_Princ)

Opc_Padrão = #Mens_Ref_Criada | #Mens_Ref_Inex

Opc_Número = #Mens_Ref_Criada | #Mens_Ref_Inex

SAPES - SOFTWARE DE AUXILIO `A PESQUISA - MENU RELATORIO	
1.	IMPRIME BASE DE DADOS
2.	IMPRIME ARQUIVO BIBLIOGRAFIA
3.	IMPRIME REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS
4.	IMPRIME REFERENCIAS INEXISTENTES
5.	CRIAR E IMPRIMIR PADRAO / FICHA
6.	RETORNAR
ESCOLHA UMA OPCAO < 1 - 6 >: █

Expressão para: Geração-Relatórios (Opção 4: Geração Relatórios)

Geração-Relatórios = (Imp_B_Dados | Imp_Biblio | Imp_Ref_Bib | Imp_Ref_Inex | Ficha | Volta_Menu_Princ)*

Imp_B_Dados = (#Mens_ABNT . ((Opc_Autor . [Margens] . #Rel_Autor) | (Opc_Número . [Margens] . #Rel_Número) | (Opc_Padrão . [Margens] . #Rel_Padrão))* | Voltar_Menu_Relatórios)

Imp_Biblio = (#Mens_ABNT . ((Opc_Autor . [Margens] . #Rel_Autor) | (Opc_Número . [Margens] . #Rel_Número) | (Opc_Padrão . [Margens] . #Rel_Padrão))* | Voltar_Menu_Relatórios)

Imp_Ref_Bib = (#Mens_ABNT . (Opc_Autor . [Margens] . #Rel_Autor | Opc_Número . [Margens] . #Rel_Número | Opc_Padrão . [Margens] . #Rel_Padrão)* | Voltar_Menu_Relatórios)

Imp_Ref_Inex = #Rel_Ref_Inex

Ficha = (Criar_Ficha* | Imprimir_Ficha* | Voltar_Menu_Relatórios)

Criar_Ficha = (Padrão | Número) . (#Mens_Op_Bem_Sucedida | #Mens_Elem_Inex)*

Imprimir_Ficha = (#Imprimir-Ficha | #Mens_Ficha_Inex)*

ALTERAÇÃO DE REGISTROS EM REFERÊNCIAS OU BIBLIOGRAFIA SAPES - SOFTWARE DE AUXÍLIO À PESQUISA
1. ALTERAR REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 2. ALTERAR BIBLIOGRAFIA 3. INSERIR ELEMENTO EM REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 4. RETORNAR QUAL É A OPÇÃO DESEJADA ? █

Expressão para: Alteração-Biblio-Ref_Bib (Opção 5: Alteração Bibliografia / Referências Bibliográficas)

Alteração-Biblio-Ref_Bib = (Alt_Ref_Bib | Alt_Biblio | Ins_Ref_Bib | Volta_Menu_Princ)*

Alt_Ref_Bib = ((Padrão | Número) . (#Mens_Item_Inex | [Padrão . Número]) | Voltar_Alt_Bib | #Mens_Arq_Ref_Bib_Vazio)

Alt_Biblio = ((Padrão | Número) . (#Mens_Item_Inex | [Padrão . Número]) | Voltar_Alt_Bib | #Mens_Arq_Biblio_Vazio)

Ins_Ref_Bib = (((Padrão | Número) . [#Mens_Item_Inex]) | Voltar_Alt_Bib)

APÊNDICE B

MODELO DE OPERAÇÕES DO SAPHES

PROCEDIMENTAL

Operação:	Inserir
Descrição:	Inserir um novo item bibliográfico na base de dados
Lê:	supplied padrão, ano, número, Autor, Área, Título, Assunto, Edição, Cidade, Estado, País, Tipo de publicação, Número de páginas, Range de páginas, Artigo, Editora. supplied Linha1, Linha2,...,Linha12
Altera:	new registro contendo o item bibliográfico no arquivo BIBGERAL.DBF (Contém todos os campos identificados em Lê, exceto o Resumo); new registro contendo o resumo referente ao item bibliográfico inserido no arquivo OUTR.DBF; Altera o único registro do arquivo ULTIMO.DBF, o qual contém o último número usado em um item bibliográfico que foi inserido
Envia:	agente externo: {Mens_Item_Existente}
Assume:	Que item bibliográfico não existe
Resulta:	Um novo item bibliográfico é inserido O contador de último número usado é incrementado de um

FIG. B1 - ESQUEMA PARA OPERAÇÃO INSERIR

Operação:	Elimina
Descrição:	Elimina um item bibliográfico existente na base de dados
Lê:	supplied Padrão, Número
Altera:	Deleta um registro contendo o item bibliográfico no arquivo BIBGERAL.DBF; Deleta o registro do arquivo OUTR.DBF, que contém o resumo referente ao item bibliográfico deletado do arquivo BIBGERAL.DBF
Envia:	agente externo: {Mens_Item_Inex}
Assume:	Que o item bibliográfico existe para ser deletado
Resulta:	Um item bibliográfico é Eliminado

FIG. B2 - ESQUEMA PARA OPERAÇÃO ELIMINA

Operação:	Altera
Descrição:	Altera um item bibliográfico existente na base de dados
Lê:	supplied Padrão, Número
Altera:	Altera os campos de um registro contendo o item bibliográfico no arquivo BIBGERAL.DBF; Altera os campos de um registro do arquivo OUTR.DBF, que contém o resumo referente ao item bibliográfico alterado no arquivo BIBGERAL.DBF
Envia:	agente externo: {Mens_Item_Inex}
Assume:	Que o item bibliográfico existe para ser alterado
Resulta:	Um item bibliográfico é Alterado

FIG. B3 - ESQUEMA PARA OPERAÇÃO ALTERA

Operação:	Cria_B_Dados
Descrição:	Apaga todos os itens bibliográficos existentes na base de dados
Lê:	supplied Confirma_Cria_B_Dados, Cancela_Cria_B_Dados
Altera:	Apaga os registros dos arquivos BIBGERAL.DBF e OUTR.DBF
Envia:	agente externo: {B_Dados_Vazia}
Assume:	Que os Arquivos BIBGERAL.DBF e OUTR.DBF contenham registros
Resulta:	Arquivos que compõem a base de dados (BIBGERAL.DBF e OUTR.DBF) são criados novamente

FIG. B4 - ESQUEMA PARA OPERAÇÃO CRIA_B_DADOS

Operação:	Consulta
Descrição:	Consulta um item bibliográfico cadastrado na base de dados
Lê:	supplied Padrão, Autor, Ano, Assunto, Área, Título, Número; Item bibliográfico na base de dados do arquivo BIBGERAL.DBF Resumo contido em OUTR.DBF, referente ao item bibliográfico alterado no arquivo BIBGERAL.DBF
Altera:	
Envia:	agente externo: {Mens_Item_Inex}
Assume:	Que o item bibliográfico exista para ser consultado
Resulta:	O item bibliográfico é consultado

FIG. B5 - ESQUEMA PARA OPERAÇÃO CONSULTA

Operação:	Formação_Biblio
Descrição:	Inclui item bibliográfico na Bibliografia
Lê:	supplied Padrão, Autor, Ano, Ano-Autor-Assunto, Ano-Assunto-Autor, Assunto-Autor-Ano, Confirma_Zerar, Cancela_Zerar; Item bibliográfico na base de dados do arquivo BIBGERAL.DBF
Altera:	new registro no arquivo BIBLIOG.DBF
Envia:	agente externo: {Mens_Inex}; agente externo: {Mens_Item_Incl}; agente externo: {Mens_B_Dados_Vazia}
Assume:	Que a base de dados BIBGERAL.DBF não esteja vazia e que o item esteja cadastrado; Que o item ainda não tenha sido incluído no arquivo de bibliografia BIBLIOG.DBF
Resulta:	Inclui um item bibliográfico no arquivo de bibliografias

FIG. B6 - ESQUEMA PARA OPERAÇÃO FORMAÇÃO_BIBLIO

Operação:	Zerar-Arquivos
Descrição:	Apaga (Zera) todos os itens bibliográficos da Bibliografia
Lê:	supplied Confirma_Zerar, Cancela_Zerar
Altera:	Apaga todos os registros do arquivo BIBLIOG.DBF
Envia:	agente externo: {Mens_Apagar_Arq}
Assume:	Que exista bibliografias incluídas no arquivo de bibliografias
Resulta:	O arquivo de bibliografias BIBLIOG.DBF é zerado

FIG. B7 - ESQUEMA PARA OPERAÇÃO ZERAR-ARQUIVOS

Operação:	Geração-Ref_Bib
Descrição:	Geração do arquivo de referências bibliográficas REFBIB.DBF e do arquivo de referências inexistentes INEX.DBF
Lê:	supplied Opc_Padrão, Opc_Número; Referências no arquivo texto ENTRADA.TXT; Base de dados no arquivo BIBGERAL.DBF
Altera:	new Registros em REFBIB.DBF contendo as referências encontradas no texto e existentes na base de dados; new Registros em INEX.DBF contendo as referências encontradas no texto, porém inexistentes na base de dados
Envia:	agente externo: {Mens_Ref_Criada}; agente externo: {Mens_Ref_Inex}
Assume:	Que os itens referenciados no texto ENTRADA.DAT estejam cadastrados na base de dados
Resulta:	O arquivo de referências bibliográficas REFBIB.DBF é atualizado com as bibliografias lidas no arquivo texto e encontradas na base de dados; O arquivo de referências bibliográficas INEX.DBF é atualizado com as bibliografias lidas no arquivo texto e não encontradas na base de dados

FIG. B8 - ESQUEMA PARA OPERAÇÃO GERAÇÃO-REF_BIB

Operação:	Imp_B_Dados
Descrição:	Imprime os itens bibliográficos existentes na base de dados ordenada por autor ou por número, ou por padrão
Lê:	supplied Opc_Autor, Opc_Número, Opc_Padrão; Base de dados no arquivo BIBGERAL.DBF
Altera:	new recria os arquivos BATR.DBF, NATR.DBF; FORR.DBF, os quais passarão a conter o conteúdo de BIBGERAL, ordenados respectivamente por Autor, Número e Forma.
Envia:	agente externo: {Mens_ABNT}; agente externo: {Rel_Autor}; agente externo: {Rel_Número}; agente externo: {Rel_Padrão}
Assume:	Assume que existam registros na base de dados
Resulta:	Relatório da base de dados ordenada, na tela ou impressora

FIG. B9 - ESQUEMA PARA OPERAÇÃO IMP_B_DADOS

Operação:	Imp_Biblio
Descrição:	Imprime os itens bibliográficos do arquivo de bibliografias ordenado por autor, número ou por padrão
Lê:	supplied Opc_Autor, Opc_Número, Opc_Padrão; Bibliografias no arquivo BIBLIOG.DBF
Altera:	new recria os arquivos BATR.DBF, NATR.DBF; FORR.DBF, os quais passarão a conter o conteúdo de BIBLIOG, ordenados respectivamente por Autor, Número e Forma.
Envia:	agente externo: {Mens_ABNT}; agente externo: {Rel_Autor}; agente externo: {Rel_Número}; agente externo: {Rel_Padrão}
Assume:	Assume que existam registros no arquivo de bibliografias
Resulta:	Relatório das bibliografias ordenado, na tela ou impressora

FIG. B10 - ESQUEMA PARA OPERAÇÃO IMP_BIBLIO

Operação:	Imp_Ref_Inex
Descrição:	Imprime o arquivo de referências inexistentes
Lê:	referências inexistentes do arquivo INEX.DBF
Altera:	
Envia:	agente externo: {Rel_Ref_Inex}
Assume:	Que as referências inexistentes existam e tenham sido geradas
Resulta:	Relatório de referências inexistentes geradas

FIG. B11 - ESQUEMA PARA OPERAÇÃO IMP_REF_INEX

Operação:	Imp_Ref_Bib
Descrição:	Imprime o arquivo de referências bibliográficas ordenado por autor, número ou por padrão
Lê:	supplied Opc_Autor, Opc_Número, Opc_Padrão; Referências bibliográficas no arquivo REFBIB.DBF
Altera:	new recria os arquivos BATR.DBF, NATR.DBF, FORR.DBF, TPORARIO.DBF new recria os arquivos BATR.DBF, NATR.DBF; FORR.DBF, os quais passarão a conter o conteúdo de BIBLIOG, ordenados respectivamente por Autor, Número e Forma.
Envia:	agente externo: {Mens_ABNT}; agente externo: {Rel_Autor}; agente externo: {Rel_Número}; agente externo: {Rel_Padrão}
Assume:	Assume que existam registros no arquivo de referências bibliográficas
Resulta:	Relatório das referências bibliográficas ordenado, na tela ou impressora

FIG. B12 - ESQUEMA PARA OPERAÇÃO IMP_REF_BIB

Operação:	Criar_Ficha
Descrição:	Cria a ficha técnica para um item bibliográfico existente na B.Dados
Lê:	supplied Padrão, Número; Item bibliográfico na base de dados do arquivo BIBGERAL.DBF
Altera:	new recria o arquivo PADRAO.DBF contendo o item bibliográfico
Envia:	agente externo: {Mens_Op_Bem_Sucedida}; agente externo: {Mens_Elem_Inex}
Assume:	Que o item bibliográfico existe para a ficha ser criada
Resulta:	Uma ficha técnica é criada

FIG. B13 - ESQUEMA PARA OPERAÇÃO CRIAR_FICHA

Operação:	Imprimir_Ficha
Descrição:	Imprime a ficha técnica criada para um item bibliográfico
Lê:	Ficha técnica no arquivo PADRAO.DBF
Altera:	
Envia:	agente externo: {Ficha_Impressa}; agente externo: {Mens_Ficha_Inex}
Assume:	Que a ficha tenha sido criada
Resulta:	Uma ficha técnica é impressa

FIG. B14 - ESQUEMA PARA OPERAÇÃO IMPRIMIR_FICHA

Operação:	Alt_Ref_Bib
Descrição:	Altera uma referência bibliográfica criada
Lê:	supplied Padrão, Número
Altera:	Referência bibliográfica no arquivo REFBIB.DBF
Envia:	agente externo: {Mens_Item_Inex}; agente externo: {Mens_Arq_Ref_Bib_Vazio}
Assume:	Que a referência bibliográfica exista
Resulta:	Referência bibliográfica alterada

FIG. B15 - ESQUEMA PARA OPERAÇÃO ALT_REF_BIB

Operação:	Alt_Biblio
Descrição:	Altera uma bibliografia criada
Lê:	supplied Padrão, Número
Altera:	Bibliografia no arquivo BIBLIOG.DBF
Envia:	agente externo: {Mens_Item_Inex}; agente externo: {Mens_Arq_Biblio_Vazio}
Assume:	Que a bibliografia exista
Resulta:	Bibliografia alterada

FIG. B16 - ESQUEMA PARA OPERAÇÃO ALT_BIBLIO

Operação:	Ins_Ref_Bib
Descrição:	Insere um item bibliográfico existente na base de dados, diretamente no arquivo de referências bibliográficas
Lê:	supplied Padrão, Número; Item bibliográfico na base de dados do arquivo BIBGERAL.DBF
Altera:	new registro contendo o item bibliográfico no arquivo REFBIB.DBF
Envia:	agente externo: {Mens_Item_Inex}
Assume:	Que o item bibliográfico exista na base de dados para ser inserido no arquivo de referências bibliográficas
Resulta:	Item bibliográfico inserido no arquivo de referências bibliográficas

FIG. B17 - ESQUEMA PARA OPERAÇÃO INS_REF_BIB

APÊNDICE C

MODELOS DO SAPEs PRODUZIDOS COM APOIO DA FERRAMENTA FUSIONCASE

1 - MODELOS DE ANÁLISE

1.1 - Diagrama de Contexto do Sistema

1.2 - Modelo de Objetos

1.3 - Modelo de Ciclo de Vida

```

lifecycle SAPES-NOVO : ( Cadastros | Referencias | FichaTecnica | Backup | Help ) *

Cadastros = ( CadAutor | CadTitulo | CadArea | CadSubArea | CadLocPub | CadTipoLocPub |
              CadTipoAutoria ) *

CadAutor = ( ( IncAutor | ExcAutor | ConsAutor | AltAutor )
            . ( PESQUISADOR : # MensErro | PESQUISADOR : # MensConfirmacao ) ) *

CadTitulo = ( ( IncTitulo | ExcTitulo | ConsTitulo | AltTitulo )
            . ( PESQUISADOR : # MensErro | PESQUISADOR : # MensConfirmacao ) ) *

CadArea = ( ( IncArea | ExcArea | ConsArea | AltArea )
            . ( PESQUISADOR : # MensErro | PESQUISADOR : # MensConfirmacao ) ) *

CadSubArea = ( ( IncSubArea | ExcSubArea | ConsSubArea | AltSubArea )
            . ( PESQUISADOR : # MensErro | PESQUISADOR : # MensConfirmacao ) ) *

CadLocPub = ( ( IncLocPub | ExcLocPub | ConsLocPub | AltLocPub )
            . ( PESQUISADOR : # MensErro | PESQUISADOR : # MensConfirmacao ) ) *

CadTipoLocPub = ( ( IncTipoLocPub | ExcTipoLocPub | ConsTipoLocPub | AltTipoLocPub )
            . ( PESQUISADOR : # MensErro | PESQUISADOR : # MensConfirmacao ) ) *

CadTipoAutoria = ( ( IncTipoAutoria | ExcTipoAutoria | ConsTipoAutoria | AltTipoAutoria )
            . ( PESQUISADOR : # MensErro | PESQUISADOR : # MensConfirmacao ) ) *

Referencias = ( GerarRef . ( PESQUISADOR : # MensConfirmacao | PESQUISADOR : # MensErro ) ) *

FichaTecnica = ( ( Cria/ImprimeFichaT )
            . ( PESQUISADOR : # MensConfirmacao | PESQUISADOR : # MensErro ) ) *

Backup = ( GeraCopia . ( PESQUISADOR : # MensErro | PESQUISADOR : # MensConfirmacao ) ) *

Help = ( ConsultaHelp . ( PESQUISADOR : # MensErro | PESQUISADOR : # MensConfirmacao ) ) *

```

1.4 - Modelo de Operações do Sistema

Alterar Área

<p>Operation : AltArea</p> <p>Supplied : aAREA : AREA</p> <p>Description : " Altera a denominacao de uma area. "</p> <p>Reads : aAREA : AREA</p> <p>Changes : area : AREA</p> <p>Sends : PESQUISADOR { MensConfirmacao , MensErro }</p> <p>Assumes : " Que a area exista para ser alterada. "</p> <p>Result : " a denominacao de uma area eh alterada. "</p>
--

Alterar Autor

Operation : AltAutor
 Supplied : n : NomeAutor ,
 nAbrev : NomeAbrevAutor ,
 Sinonimo : SinonAutor ,
 mail : Email

Description : " Altera os dados referentes a um autor. "

Reads : col nautor : AUTOR ,
 n : NomeAutor ,
 nAbrev : NomeAbrevAutor ,
 Sinonimo : SinonAutor ,
 mail : Email

Changes : autor : AUTOR

Sends : PESQUISADOR { MensConfirmacao , MensErro }

Assumes : " Que o autor exista para ser alterado. "

Result : " Os dados de um autor sao alterados. "

Alterar Local de Publicação

Operation : AltLocPub
 Supplied : nl : LocPub ,
 tl : TipoLocPub ,
 s : SinonLocPub ,
 fcl : FormaCitarLocPub

Description : " Altera um local de publicacao "

Reads : nl : LocPub ,
 tl : TipoLocPub ,
 s : SinonLocPub ,
 fcl : FormaCitarLocPub

Changes : locPub : LOCAL_PUBLICACAO

Sends : PESQUISADOR { MensConfirmacao , MensErro }

Assumes : " Que o local de publicacao exista para poder ser alterado. "

Result : " Um local de publicacao eh alterado. "

Alterar Sub-Área

Operation : AltSubArea
 Supplied : a : Area ,
 sa : SubArea

Description : " Altera uma subarea, para uma dada area. "

Reads : a : Area ,
 sa : SubArea

Changes : subArea : SUB_AREA

Sends : PESQUISADOR { MensConfirmacao , MensErro }

Assumes : " Que exista a subarea a ser alterada para uma dada area. "

Result : " Uma subarea eh alterada para uma dada area. "

Alterar Tipo de Autoria

Operation : AltTipoAutoria

Supplied : ta : TipoAutoria

Description : " Altera um tipo de autoria. "

Reads : ta : TipoAutoria

Changes : tipoAut : AUTORIA

Sends : PESQUISADOR { MensConfirmacao , MensErro }

Assumes : " Que exista o tipo de autoria a ser alterado. "

Result : " Um tipo de autoria eh alterado. "

Alterar Título

Operation : AltTitulo

Supplied : n : NomeAutor ,

tit : Titulo ,

locPub : LocPub ,

area : Area ,

subArea : SubArea ,

anoPub : AnoPub ,

numPag : NumPag ,

palCh1 : PalChave ,

palCh2 : PalChave ,

palCh3 : PalChave ,

tipoAut : TipoAutoria ,

formaRef : FormaReferencia ,

locFis : LocFisica ,

infCompl : InformComplem

Description : " Altera os dados de um titulo, para um determinado autor. "

Reads : n : NomeAutor ,

tit : Titulo ,

locPub : LocPub ,

area : Area ,

subArea : SubArea ,

anoPub : AnoPub ,

numPag : NumPag ,

palCh1 : PalChave ,

palCh2 : PalChave ,

palCh3 : PalChave ,

tipoAut : TipoAutoria ,

formaRef : FormaReferencia ,

locFis : LocFisica ,

infCompl : InformComplem

Changes : titulo : TITULO

Sends : PESQUISADOR { MensConfirmacao , MensErro }

Assumes : " Que o titulo exista para o dado autor. "

Result : " Os dados de um titulo de um dado autor sao alterados. "

Alterar Tipo de Local de Publicação

Operation : AltTipoLocPub
 Supplied : tlp : TipoLocPub

Description : " Altera um tipo de local de publicacao. "

Reads : tlp : TipoLocPub
 Changes : tipoLocPub : TIPO_LOC_PUB
 Sends : PESQUISADOR { MensConfirmacao , MensErro }
 Assumes : " Que exista o tipo de local de publicacao para ser alterado. "
 Result : " Um tipo de local de publicacao eh alterado. "

Consultar Área

Operation : ConsArea
 Supplied : a : Area

Description : " Consulta uma dada area. "

Reads : a : Area

Sends : PESQUISADOR { MensConfirmacao , MensErro }
 Assumes : " Que exista o objeto area na classe AREA, para consulta. "
 Result : " Um objeto area eh consultado. "

Consultar Autor

Operation : ConsAutor
 Supplied : n : NomeAutor

Description : " Consulta um autor. "

Reads : n : NomeAutor

Sends : PESQUISADOR { MensConfirmacao , MensErro }
 Assumes : " Que o objeto autor exista para a classe autor. "
 Result : " Um autor eh consultado. "

Consultar Local de Publicação

Operation : ConsLocPub
 Supplied : nl : LocPub

Description : " Consulta um local de publicacao. "

Reads : nl : LocPub

Sends : PESQUISADOR { MensConfirmacao , MensErro }
 Assumes : " Que o local de publicacao exista. "
 Result : " Um local de publicacao eh consultado. "

Consultar Sub-Área

Operation : ConsSubArea
 Supplied : a : Area ,
 sa : SubArea

Description : " Consulta uma subarea para uma dada area. "

Reads : a : Area ,
 sa : SubArea

Sends : PESQUISADOR { MensConfirmacao , MensErro }

Assumes : " Que a subarea exista para a dada area. "

Result : " Uma subarea eh consultada para uma dada area. "

Consultar Tipo de Autoria

Operation : ConsTipoAutoria
 Supplied : ta : TipoAutoria

Description : " Consulta um tipo de autoria. "

Reads : ta : TipoAutoria

Sends : PESQUISADOR { MensConfirmacao , MensErro }

Assumes : " Que exista o tipo de autoria. "

Result : " Um tipo de autoria eh consultado. "

Consultar Tipo de Local de Publicação

Operation : ConsTipoLocPub
 Supplied : tlp : TipoLocPub

Description : " Consulta um tipo de local de publicacao. "

Reads : tlp : TipoLocPub

Sends : PESQUISADOR { MensConfirmacao , MensErro }

Assumes : " Que exista um tipo de local de publicacao para ser consultado.
 "

Result : " Um tipo de local de publicacao eh consultado. "

Consultar Título

Operation : ConsTitulo
 Supplied : n : NomeAutor ,
 tit : Titulo

Description : " Consulta um titulo para um dado autor. "

Reads : n : NomeAutor ,
 tit : Titulo

Sends : PESQUISADOR { MensConfirmacao , MensErro }

Assumes : " Que o titulo exista para um dado autor. "

Result : " Consulta um titulo para um dado autor. "

Criar/Imprimir Ficha Técnica

Operation : CriaImprimeFichaT .
 Supplied : autor : NomeAutor ,
 tit : Titulo

Description : " Cria e imprime uma ficha tecnica a partir de um autor e titulo. "

Reads : autor : NomeAutor ,
 tit : Titulo

Changes : fichaTecnica : REL_FICHA_TECNICA

Sends : PESQUISADOR { MensConfirmacao , MensErro }

Assumes : " Que existam o autor e o titulo. "

Result : " Uma ficha tecnica eh criada e impressa. "

Excluir Área

Operation : ExcArea
 Supplied : a : Area

Description : " Exclui uma area existente. "

Reads : a : Area

Changes : area : AREA

Sends : PESQUISADOR { MensConfirmacao , MensErro }

Assumes : " Que exista o objeto area na classe AREA, para ser excluido. "

Result : " Um objeto area eh excluido da classe AREA. "

Excluir Autor

Operation : ExcAutor
 Supplied : n : NomeAutor

Description : " Exclui um autor existente. "

Reads : n : NomeAutor

Changes : autor : AUTOR

Sends : PESQUISADOR { MensErro , MensConfirmacao }

Assumes : " Que o objeto autor exista na classe Autor. "

Result : " Um objeto autor eh deletado da classe Autor. "

Excluir Local de Publicação

Operation : ExcLocPub
 Supplied : nl : LocPub

Description : " Exclui um dado local de publicacao. "

Reads : nl : LocPub

Changes : locPub : LOCAL_PUBLICACAO

Sends : PESQUISADOR { MensConfirmacao , MensErro }

Assumes : " Que o local de publicacao exista para ser excluido. "

Result : " Um local de publicacao eh excluido. "

Excluir Sub-Área

Operation : ExcSubArea

Supplied : a : Area ,
sa : SubArea

Description : " Exclui uma subarea para uma dada area. "

Reads : a : Area ,
sa : SubArea

Changes : subArea : SUB_AREA

Sends : PESQUISADOR { MensConfirmacao , MensErro }

Assumes : " Que exista a subarea a ser excluida para uma dada area. "

Result : " Uma subarea eh excluida para uma dada area. "

Excluir Tipo de Autoria

Operation : ExcTipoAutoria

Supplied : ta : TipoAutoria

Description : " Exclui um tipo de autoria existente. "

Reads : ta : TipoAutoria

Changes : tipoAut : AUTORIA

Sends : PESQUISADOR { MensConfirmacao , MensErro }

Assumes : " Que exista o tipo de autoria a ser excluido. "

Result : " Um tipo de autoria eh excluido. "

Excluir Tipo de Local de Publicação

Operation : ExcTipoLocPub

Supplied : tlp : TipoLocPub

Description : " Exclui um tipo de local de publicacao. "

Reads : tlp : TipoLocPub

Changes : tipoLocPub : TIPO_LOC_PUB

Sends : PESQUISADOR { MensConfirmacao , MensErro }

Assumes : " Que exista o tipo de local de publicacao para ser excluido. "

Result : " Um tipo de local de publicacao eh excluido. "

Excluir Título

Operation : ExcTitulo

Supplied : n : NomeAutor ,
tit : Titulo

Description : " Dado um autor, exclui um titulo. "

Reads : n : NomeAutor ,
tit : Titulo

Changes : titulo : TITULO

Sends : PESQUISADOR { MensConfirmacao , MensErro }

Assumes : " Que o titulo exista para um determinado autor. "

Result : " Um titulo eh excluido para um determinado autor. "

Gerar Cópia

Operation : GeraCopia

Supplied : nomeArq : NomeArqBack

Description : " Gera uma copia de seguranca, da base de dados. "

Reads : nomeArq : NomeArqBack

Changes : new backup : BACKUP

Sends : PESQUISADOR { MensConfirmacao , MensErro }

Assumes : " Que exista a base de dados. "

Result : " Uma copia de seguranca eh gerada. "

Gerar Referências

Operation : GerarRef

Supplied : arqTexto : NomeArqTexto ,

arqRefExiste : NomeArqRefExiste ,

arqRefInexiste : NomeArqRefInexiste

Description : " Gera as referencias bibliograficas existentes e inexistentes, a partir da base de dados e do arquivo texto. "

Reads : arqTexto : NomeArqTexto ,

arqRefExiste : NomeArqRefExiste ,

arqRefInexiste : NomeArqRefInexiste

Changes : : REF_BIBLIOGRAFICA ,

: REF_INEXISTENTE

Sends : PESQUISADOR { MensConfirmacao , MensErro }

Assumes : " Que o arquivo de texto, contendo as citacoes exista. "

Result : " Sao gerados dois arquivos, um contendo as referencias existentes , outro contendo as referencias inexistentes. "

Incluir Área

Operation : IncArea

Supplied : a : Area

Description : " Inclui uma nova area. "

Reads : a : Area

Changes : new area : AREA

Sends : PESQUISADOR { MensConfirmacao , MensErro }

Assumes : " Que esse objeto area da classe AREA nao exista. "

Result : " Um novo objeto area da eh incluido na classe AREA. "

Incluir Autor

```

Operation : IncAutor
Supplied : n : NomeAutor ,
           nAbrev : NomeAbrevAutor ,
           Sinonimo : SinonAutor ,
           mail : Email

Description : " -Insere um novo autor.- "

Reads : n : NomeAutor ,
        nAbrev : NomeAbrevAutor ,
        Sinonimo : SinonAutor ,
        mail : Email
Changes : new autor : AUTOR
Sends : PESQUISADOR { MensConfirmacao , MensErro }
Assumes : " Que este objeto autor da Classe Autor nao exista. "
Result : " Um novo objeto autor eh incluido na classe Autor. "
    
```

Incluir Local de Publicação

```

Operation : IncLocPub
Supplied : nl : LocPub ,
           tl : TipoLocPub ,
           s : sinonLocPub ,
           fcl : FormaCitarLocPub

Description : " Inclui um novo local de publicacao. "

Reads : nl : LocPub ,
        tl : TipoLocPub ,
        s : sinonLocPub ,
        fcl : FormaCitarLocPub
Changes : new locPub : LOCAL_PUBLICACAO
Sends : PESQUISADOR { MensConfirmacao , MensErro }
Assumes : " Que o local de publicacao nao exista. "
Result : " Um novo local de publicacao eb inserido. "
    
```

Incluir Sub-Área

```

Operation : IncSubArea
Supplied : a : Area ,
           sa : SubArea

Description : " Inclui uma nova subarea para uma determinada area. "

Reads : a : Area ,
        sa : SubArea
Changes : new subArea : SUB_AREA
Sends : PESQUISADOR { MensConfirmacao , MensErro }
Assumes : " Que a subarea nao exista para a dada area. "
Result : " Uma nova subarea eb incluida, para uma dada area. "
    
```

Incluir Tipo de Autoria

Operation : IncTipoAutoria
 Supplied : ta : TipoAutoria

Description : " Inclui um novo tipo de autoria. "

Reads : ta : TipoAutoria
 Changes : new tipoAut : AUTORIA
 Sends : PESQUISADOR { MensConfirmacao , MensErro }
 Assumes : " Que o tipo de autoria nao tenha sido incluido. "
 Result : " Um novo tipo de autoria eh incluido. "

Incluir Tipo de Local de Publicação

Operation : IncTipoLocPub
 Supplied : tlp : TipoLocPub

Description : " Inclui um novo tipo de local de publicacao. "

Reads : tlp : TipoLocPub
 Changes : new tipoLocPub : TIPO_LOC_PUB
 Sends : PESQUISADOR { MensConfirmacao , MensErro }
 Assumes : " Que nao existe esse tipo de local de publicacao. "
 Result : " Um novo tipo de local de publicacao eh inserido. "

Incluir Título

Operation : IncTitulo
 Supplied : n : NomeAutor ,
 tit : Titulo ,
 locPub : LocPub ,
 area : Area ,
 anoPub : AnoPub ,
 numPag : NumPag ,
 palCh1 : PalChave ,
 palCh2 : PalChave ,
 palCh3 : PalChave ,
 tipoAut : TipoAutoria ,
 formaRef : FormaReferencia ,
 infCompl : InformComplem

Description : " Dado um autor, inclui um novo titulo. "

Reads : n : NomeAutor ,
 tit : Titulo ,
 locPub : LocPub ,
 area : Area ,
 anoPub : AnoPub ,
 numPag : NumPag ,
 palCh1 : PalChave ,
 tipoAut : TipoAutoria ,
 formaRef : FormaReferencia ,
 infCompl : InformComplem
 Changes : new titulo : TITULO
 Sends : PESQUISADOR { MensConfirmacao , MensErro }
 Assumes : " Que o titulo nao exista para um determinado autor selecionado. "
 Result : " Um titulo eh inserido para um determinado autor selecionado. "

2 - MODELOS DE PROJETO

2.1 - Grafos de Interação de Objetos

Alterar Autor

Alterar Título

Consultar Autor

Consultar Título

Criar/Imprimir Ficha Técnica

Excluir Autor

Excluir Título

Gerar Cópia

Gerar Referências

Incluir Autor

Incluir Título

2.2 - Grafos de Visibilidade

2.3 - Descrição de Classes

```

class AUTOR isa
attribute variable Codigo :
attribute variable Nome :
attribute variable NomeAbreviado :
attribute variable FormaReferencia :
attribute variable E-mail :
attribute variable Sinonimo :
method IncluirAutor ( na : NomeAutor ,
                     nAbrev : NomeAbrevAutor ,
                     sinonimo : SinonAutor ,
                     mail : Email )
method IncTitulo ( n : NomeAutor ,
                  tit : Titulo ,
                  locPub : LocPub ,
                  area : Area ,
                  subArea : SubArea ,
                  anoPub : AnoPub ,
                  numPag : NumPag ,
                  palCh1 : PalChave ,
                  palCh2 : PalChave ,
                  palCh3 : PalChave ,
                  tipoAut : TipoAutoria ,
                  formaRef : FormaReferencia ,
                  locFis : LocFisica ,
                  infCompl : InformComplem )
method AltAutor ( n : NomeAutor ,
                 nAbrev : NomeAbrevAutor ,
                 Sinonimo : SinonAutor ,
                 mail : Email )
method AlterarAutor ( na : NomeAutor ,
                     nAbrev : NomeAbrevAutor ,
                     sinonimo : SinonAutor ,

```

```

        mail : Email )
method ConsAutor ( n : NomeAutor )
method ExcAutor ( n : NomeAutor )
method TemAutor ( na : NomeAutor )
attribute variable tTITULO : exclusive unbound col TITULO
method CriarAutor ( na : NomeAutor )
method ExcluirAutor ( na : NomeAutor )
method ConsultarAutor ( na : NomeAutor )
attribute variable mONITOR : exclusive unbound MONITOR
attribute variable tTITULO : shared bound col TITULO
attribute variable titulo : shared bound TITULO
endclass_

```

```

class BACKUP isa
method CriarBackup ( narq : NomeArqBack )
method EfetuaBackup ( narq : NomeArqBack )
endclass_

```

```

class BASE_DADOS isa
method CriaImprimeFichaT ( autor : NomeAutor , tit : Titulo )
method GerarRef ( arqTexto : NomeArqTexto ,
                 arqRefExiste : NomeArqRefExiste ,
                 arqRefInexiste : NomeArqRefInexiste )
method EnviarCitacao ( cit : FormaReferencia )
method GeraCopia ( nomeArq : NomeArqBack )
attribute variable iTEM_BIBLIOGRAFICO : shared bound col ITEM_BIBLIOGRAFICO
attribute variable pUBLICACAO : shared bound col PUBLICACAO
attribute variable mONITOR : shared unbound MONITOR
endclass_

```

```

class MONITOR isa
method EnviarMsg ( mens : char )
endclass_

```

```

class REF_BIBLIOGRAFICA isa
method GeraRef ( na : NomeAutor , tit : Titulo )
method CriaRef ( nArqRef : NomeArqRefExiste )
endclass_

```

```

class REF_INEXISTENTE isa
method GeraRefInex ( formaRef : FormaReferencia )
method CriaRefInex ( nArqRefInex : NomeArqRefInexiste )
endclass_

```

```
class REL_FICHA_TECNICA isa
  method ImprimeFT ( na : NomeAutor , tit : Titulo )
  method CriaFT ( na : NomeAutor , tit : Titulo )
endclass_
```

```
class TITULO isa
  attribute variable Codigo :
  attribute variable Nome :
  attribute variable Area :
  attribute variable SubArea :
  attribute variable PalChave1 :
  attribute variable PalChave2 :
  attribute variable PalChave3 :
  method IncluirTitulo ( na : NomeAutor ,
                        tit : Titulo ,
                        locPub : LocPub ,
                        area : Area ,
                        subArea : SubArea ,
                        anoPub : AnoPub ,
                        numPag : NumPag ,
                        palCh1 : PalChave ,
                        palCh2 : PalChave ,
                        palCh3 : PalChave ,
                        tipoAut : TipoAutoria ,
                        formaRef : FormaReferencia ,
                        locFis : LocFisica ,
                        infCompl : InformComplem )
  method AltTitulo ( n : NomeAutor ,
                    tit : Titulo ,
                    locPub : LocPub ,
                    area : Area ,
                    subArea : SubArea ,
                    anoPub : AnoPub ,
                    numPag : NumPag ,
                    palCh1 : PalChave ,
                    palCh2 : PalChave ,
                    palCh3 : PalChave ,
                    tipoAut : TipoAutoria ,
                    formaRef : FormaReferencia ,
                    locFis : LocFisica ,
                    infCompl : InformComplem )
  method AlterarTitulo ( na : NomeAutor ,
                        tit : Titulo ,
                        locPub : LocPub ,
                        area : Area ,
                        subArea : SubArea ,
                        anoPub : AnoPub ,
                        numPag : NumPag ,
                        palCh2 : PalChave ,
                        palCh3 : PalChave ,
                        tipoAut : TipoAutoria ,
                        formaRef : FormaReferencia ,
                        locFis : LocFisica ,
                        infCompl : InformComplem )
  method ConsTitulo ( n : NomeAutor , tit : Titulo )
  method TemTitulo ( na : NomeAutor )
```

```
method ExcTitulo ( n : NomeAutor , tit : Titulo )
method IncTipoAutoria ( ta : TipoAutoria )
method MostraTit ( n : NomeAutor , tit : Titulo )
attribute variable tITULO : shared bound col TITULO
method CriarTitulo ( tit : Titulo )
method ExcluirTitulo ( na : NomeAutor , tit : Titulo )
attribute variable titulo : shared bound TITULO
attribute variable mONITOR : exclusive unbound MONITOR
endclass_
```