PUC RIO - DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA
Monografias em Ciência da Computação
Editor: Carlos J. P. Lucena

Junho, 98

SAME — Protótipo de um *S*istema para *A*poio à *M*odelagem da *E*ssência Baseado no Reúso em Larga Escala

Heitor Augustus Xavier Costa
Bruno Maffeo
Maria Luiza d'Almeida Sanchez

Departamento de Informática

SUMÁRIO

1. Introdução 1

2. Ambiente de Desenvolvimento 3

3. *SAME* 4

3.1 Visão Geral 5

3.2 Características Básicas da Implementação do Protótipo 6

3.2.1 Implementação no MS-Word 6

3.2.2 Implementação no MS-Access 10

3.2.3 Tabelas da Base de Dados 12

3.2.4 Implementação da Comunicação dos Dados entre MS-Word e MS-Access 12

3.3 Dicionário de Dados 13

3.4 Experimentação 13

4. Conclusão 15

SAME — Protótipo de um *S*istema para *A*poio à *M*odelagem da *E*ssência Baseado no Reúso em Larga Escala

Heitor Augustus Xavier Costa
DEX/UFLA
e-mail: heitor@esal.ufla.br
Bruno Maffeo
DI/PUC - Rio
e-mail: maffeo@inf.puc-rio.br
Maria Luiza d'Almeida Sanchez
CAA/UFF
e-mail: mluiza@caa.uff.br

PUC-Rio.Inf.MCC27/98 Junho, 1998

Abstract:

This work describes a prototype intended to be an instrument for the elicitation of the desired functionality for a Conceptual Modeling Environment to support the creation of the **Essence Model** for an information system. The prototype is user friendly and was developped following a large scale reuse strategy, based on commercially available application software. This strategy was intended to provide an experimental test for this kind of reuse which, suitably adapted, can be the basis for a generic method for rapid prototyping of information systems.

Keywords:

Software Development Environment, CASE Tool, Requirement Analysis, Conceptual Modeling, Essential Modeling, Reuse, Rapid Prototyping.

Resumo:

Este trabalho descreve um protótipo de Ambiente de Modelagem Conceitual para dar suporte à construção do **Modelo da Essência** de um sistema de informação. Esse protótipo, projetado e construído com base no reúso de software em larga escala, caracteriza-se por uma interface com o usuário familiar e por um aprendizado rápido, devendo constituir um instrumento de análise para elicitar as funcionalidades desejadas para um ambiente automatizado definitivo. A forma específica de reúso escolhida, baseada em aplicativos comerciais de ampla disseminação, permitiu testar a viabilidade de empregar uma estratégia de desenvolvimento baseada no reúso de software comercial em larga escala como fundamento para um método genérico de prototipação rápida de sistemas de informação.

Palavras Chaves:

Ambiente de Desenvolvimento de Software, Ferramenta CASE, Especificação de Requisitos, Modelagem Conceitual, Modelo da Essência, Reúso, Prototipação Rápida.

1. Introdução

De um ponto de vista técnico, os erros incorridos na fase correspondente à especificação de requisitos têm sido contabilizados como os principais responsáveis pelas falhas graves observadas em sistemas baseados em computadores. Verifica-se, ainda, que o custo para remover esses erros é muito maior do que para remover erros introduzidos na fase correspondente à codificação dos programas. Por outro lado, constata-se que a definição completa e exata do problema a ser resolvido pelo sistema constitui a tarefa crítica mais importante e difícil de ser realizada satisfatoriamente durante o processo de desenvolvimento [Aho92, Rumbaugh94].

Por proporcionar um entendimento preciso desse problema, bem como por gerar uma solução abstrata contendo a especificação completa e rigorosa dos requisitos invariantes em relação a quaisquer alternativas de implementação, a modelagem conceitual de um sistema de informação deve ser considerada etapa fundamental do processo de desenvolvimento. Quando instanciado a partir de um *framework* (arcabouço) bem concebido, esse tipo de modelo permite que o enunciado do problema seja validado pelo cliente/usuário cujas necessidades e expectativas devem ser atendidas pelo sistema. A solução abstrata contida nesse modelo constitui um fundamento sólido para as etapas de modelagem menos abstratas — etapas de design e de codificação —, as quais devem incorporar os aspectos relacionados à implementação e visar à eficiência e à adaptabilidade do sistema construído.

Não obstante sua inequívoca importância, a etapa de modelagem conceitual vem sendo negligenciada em benefício da geração "mais rápida" de código. Para "justificar" essa negligência, ouve-se comumente que, além da dificuldade inerente ao raciocínio mais abstrato que a etapa requer, associa-se a essa modelagem uma documentação maciça e difícil de gerar e manter consistente, que "atrasa" o desenvolvimento do sistema e "dificulta" sua manutenção.

O objetivo do trabalho descrito neste documento foi duplo. Por um lado, construir um protótipo, de uso familiar e fácil aprendizado, para um ambiente automatizado de modelagem conceitual específico, visando apoiar a construção e a manutenção dos modelos gerados. Por outro lado, pautar essa construção por uma estratégia de reúso de software em larga escala, visando acelerar o desenvolvimento do protótipo, sem entretanto limitar excessivamente sua capacidade de forncecer apoio significativo a todas as atividades básicas da modelagem conceitual escolhida. O protótipo em si deveria constituir um instrumento que permitisse identificar, através de seu uso e avaliação continuados, as funcionalidades desejadas para o ambiente automatizado a ser construído posteriormente, com base nas conclusões geradas pela análise do uso do protótipo. Para a construção desse ambiente "definitivo" pretende-se utilizar as abordagens mais convencionais da Engenharia de Software. Adicionalmente, a estratégia escolhida para o desenvolvimento do protótipo deveria constituir um teste experimental para a forma específica de reúso de software em larga escala empregada, a qual, com algumas adaptações, pode fundamentar um método genérico de prototipação rápida de sistemas de informação.

As ferramentas conceituais e as técnicas de modelagem apoiadas pelo protótipo são aquelas definidas no *framework* que permite gerar o **Modelo da Essência** (**ME**) de um sistema. Primeiramente propostas por [McMenamim84], essas ferramentas e técnicas foram posteriormente complementadas por diferentes autores [Ward85, Maffeo92].

A aplicação dessas ferramentas e técnicas foi testada e refinada em diversos experimentos controlados [Azevedo91, Band91, Clemente92, Barbosa95 e Sanchez96] incluindo sistemas de tempo-real para controle de processos, cujos resultados confirmam a hipótese de que as especificações resultantes obedecem a critérios de completeza, precisão e não ambigüidade.

Com essa especificidade e limitando-se a dar suporte à modelagem conceitual de sistemas de informação convencionais (excluindo portanto o suporte a sistemas de tempo-real), o ambiente descrito neste documento constitui um protótipo de um ***S***istema de ***A***poio à ***M***odelagem da ***E***ssência

— ***SAME*** —, cujas características permitem classificá-lo como um ambiente baseado em sistema de gerência de dados [Costa97].

As ferramentas conceituais e as técnicas de modelagem empregadas na elaboração do **ME** dão origem a uma representação primordialmente gráfica, com sintaxe e semântica bem definidas, complementada por representações textuais destinadas ao necessário detalhamento da parte gráfica. A estrutura conceitual desse modelo, refletida na estrutura do documento gerado com o apoio do ***SAME***, compõe-se dos instrumentos de modelagem associados à segmentação inicial do **ME** em **Modelo do Contexto** (**MCtx**) e **Modelo do Comportamento** (**MCpm**) [Maffeo92].

O **MCtx** tem por finalidade representar, de maneira completa e precisa, o enunciado do problema a ser resolvido pelo sistema. A estrutura do **MCtx** engloba os seguintes instrumentos de modelagem: **Definição do Sistema** (Descrição Sumária, Descrição de Objetivos e Descrição da Operação), **Lista de Eventos Externos**, **Esquema Transacional** e **Esquema Semântico** (incluindo e excluindo o sistema).

O **MCpm** tem por finalidade representar de maneira completa, concisa e rigorosa os requisitos essenciais do sistema, isto é, os elementos funcionais ativos e passivos que produzem os resultados esperados pelo ambiente externo, usuário do sistema. Essa representação é invariante em relação a qualquer forma de uso da tecnologia a ser utilizada na implementação. A estrutura do **MCpm** engloba os seguintes instrumentos de modelagem: **Esquema das Atividades Essenciais**, **Organização Hierárquica das Atividades**, **Esquema da Memória Essencial**, **Organização Hierárquica da Memória Essencial** e **Listas de Pré/Pós-Condições**.

Participando desses dois modelos, **MCtx** e **MCpm**, há um **Dicionário de Dados** (**DD**) que consiste em um registro das informações relevantes para a definição do **problema**, referentes ao ambiente externo e a sua interface com o sistema, e para a especificação de uma **solução abstrata**, referentes aos elementos funcionais passivos pertencentes à visão conceitual do sistema.

A estratégia empregada na construção do ***SAME***, baseada no reúso de software em larga escala, buscou refletir a própria estrutura básica das atividades executadas na construção de um **ME**: geração de textos e figuras estreitamente associados à dicionarização de elementos de modelagem contidos nesses textos e figuras. Assim sendo, de uma perspectiva estritamente operacional, a estrutura do protótipo deveria incluir, basicamente, duas ferramentas de software:

- um editor de textos poderoso que permitisse:
  - gerar gráficos imersos em texto;
  - particionar um documento longo — documento mestre correspondendo ao **ME** completo — em termos de componentes com estrutura específica — subdocumentos com *templates* específicos correspondendo aos diferentes instrumentos de modelagem que compõem um **ME** —;
- um sistema gerenciador de banco de dados (SGBD) que facilitasse o processo de criação e manutenção do **DD**, que dá suporte conceitual ao **ME**, e permitisse o cadastramento de outros elementos de modelagem que também possuem presença redundante no **ME**.

A intenção de reúso de software em larga escala, somada às características operacionais desejadas e aos critérios de familiaridade de uso e facilidade de aprendizado, sugeriu o emprego de software comercial e a escolha recaiu no MS-Word, editor de textos, e no MS-Access, sistema gerenciador de bancos de dados. O nível de integração desses aplicativos, aliado à facilidade de programação associada ao SGBD, deveria permitir o uso cooperativo pretendido dessas duas ferramentas de software. Essa escolha teria a virtude adicional do baixo custo tendo em vista que esses aplicativos, por serem de propósito amplo, possuem grande base instalada e podem ser executados em hardware pouco dispendioso.

A seção 2 deste trabalho descreve o ambiente de desenvolvimento empregado e especifica os recursos utilizados, a seção 3 introduz as características principais da implementação do ***SAME*** e a seção 4 apresenta as conclusões.

2. Ambiente de Desenvolvimento

Conforme os requisitos estabelecidos na seção precedente, o ***SAME*** baseia-se em dois aplicativos do conjunto Microsoft Office Professional (versão para Windws95), executando na plataforma definida pelo Windows 95 instalado em microcomputadores do tipo PC:

- ♦ o editor de textos MS-Word (versão 7.0), utilizado para a geração dos textos e figuras contidos no documento mestre correspondente ao **ME** completo;
- ♦ o sistema gerenciador de banco de dados MS-Access (versão 7.0), utilizado para a criação e a manutenção da base de dados destinada a armazenar a maior parte dos elementos de modelagem redundantes do **ME** passíveis de algum tipo de modificação.

A interface de comunicação (transmissão dos dados) entre esses aplicativos exige um processamento intermediário (ver Figura 1). Para realizar esse processamento foi necessário gerar código, utilizando as linguagens de programação, Word Basic e Access Basic, associadas a esses aplicativos.

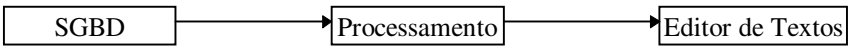

Figura 1 - Visão Geral da Estrutura do *SAME*

O reúso em larga escala que caracteriza a arquitetura de software acima definida não dispensa um esforço razoável de programação visando ampliar a integração entre os aplicativos e dar suporte às funcionalidades específicas do protótipo, além de gerar a própria estrutura e interface de usuário do ***SAME***. Essa geração de código (1500 LDC em Access Basic e 600 LDC de código não replicado em Word Basic; incluindo reúso, 3400 LDC em Word Basic) corresponde a algumas macros definidas mais adiante.

Para tornar mais simples a exposição, serão definidos agora alguns termos usados na apresentação do presente trabalho, relativos aos recursos utilizados pelo ***SAME***:

- * **Arquivo *Template***: corresponde a instrumentos de modelagem específicos e possui estrutura pré-definida (especificando o que deve ser escrito e em que ordem) para a construção dos componentes de um **ME**. Esse tipo de arquivo, gerado através do MS-Word e possuindo extensão .dot, foi ajustado para o protótipo, refletindo as características dos diferentes instrumentos de modelagem, no que diz respeito às barras de ferramentas — definidas a seguir — e aos menus encontrados nesse aplicativo;
- * ***Bookmark***: facilidade oferecida pelo MS-Word, permite inserir texto contido no comando que define o *bookmark*. No caso específico do ***SAME***, referências para *bookmarks*, incluídas no arquivo de trabalho do modelador — denominado Arquivo Subdocumento e definido a seguir — são utilizadas para recuperar, de outro arquivo — denominado Arquivo *Bookmark*, também definido a seguir —, descritores (nomes de instâncias) de elementos de modelagem que podem ocorrer em várias partes de um ou mais Arquivos Subdocumentos. Esta é a forma básica de controle de redundância oferecida pelo ***SAME***;
- * **Arquivo *Bookmark***: contendo *bookmarks,* está baseado em Arquivo *Template*. As referências a esses *bookmarks* são inseridas pelo ***SAME*** ao longo dos Arquivos Subdocumentos, obedecendo à intenção do modelador e facilitando sua tarefa de modelagem, sobretudo no caso de alterações — qualquer alteração em elemento de modelagem redundante é feita centralmente apenas na base de dados, gerenciada pelo MS-Access, onde o elemento encontra-se cadastrado —. Cada descritor referenciado no Arquivo Subdocumento está definido no corpo de um comando contido em Arquivo *Bookmark*, expresso em Word Basic;

* **Arquivo Mestre**: gerado pelo MS-Word, possui extensão .doc e apontadores para outros arquivos com extensão .doc também gerados por esse aplicativo. Seu conteúdo incorpora o conteúdo dos arquivos apontados;
* **Arquivo Subdocumento**: baseado em Arquivo *Template*, inclui o ambiente de edição para os instrumentos de modelagem alocados ao Arquivo Subdocumento em questão. Um Arquivo Subdocumento é do tipo Arquivo Mestre, que inclui como sub-arquivo um Arquivo *Bookmark* baseado no mesmo Arquivo *Template* (ver Figura 2). Essa restrição evita um eventual conflito de padrões entre os dois tipos de arquivo. Dessa forma, habilitam-se as referências cruzadas, a partir do Arquivo Subdocumento, aos textos definidos nos comandos contidos no Arquivo *Bookmark* a ele associado. Sem esse recurso, tornam-se inválidas as referências cruzadas inseridas pelo modelador, através do ***SAME***, no Arquivo Subdocumento;

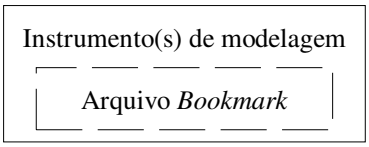

Figura 2 - Composição do Arquivo Subdocumento

* **Arquivo Texto**: gerado a partir do MS-Word, do tipo ASCII, possui extensão .txt e contém informações armazenadas na base de dados. Seu emprego teve como objetivo agilizar o processo de inserção, nos Arquivos Subdocumentos, das referências cruzadas a *bookmarks*;
* **Barra de Ferramentas**: barra de botões usados para invocar algumas das tarefas mais utilizadas pelo modelador;
* **Macro**: porção decódigo referente a uma seqüência executável de ações, identificada por um nome e armazenada em Arquivo *Template*. Uma macro pode ser associada a uma tecla, a uma seqüência de teclas, a um botão de barra da ferramentas ou a um item de menu;
* **Macro "auto-executável"**: tipo de macro que possui nome característico e, para ser acionada, não precisa estar associada a um botão, a uma tecla, a uma seqüência de teclas ou a um item de menu. Sua execução está vinculada à ocorrência de um evento. O ***SAME*** utiliza várias macros desse tipo, em especial a macro AUTOOPEN, executada toda vez que a abertura de um arquivo com extensão .doc ou .dot é invocada, como é o caso de eventos associados à abertura de Arquivo Subdocumento;
* **Caixa de diálogo**: janela que permite complementar um comando escolhido. Exibe opções disponíveis para seleção e/ou permite digitar o complemento do comando.

3. *SAME*

A Figura 3 ilustra o funcionamento interno do ***SAME***, evidenciando que o **ME** é composto por diversos instrumentos de modelagem e que o protótipo mapeia automaticamente (ver Apêndice A) um ou mais desses instrumentos em Arquivos *Templates*, estes somando 9 (nove) no total.

Os Arquivos *Templates* são utilizados para fornecer um padrão (modelo) para dois conjuntos de arquivos: Arquivos Subdocumentos e Arquivos *Bookmarks*. Considerando-se a elaboração do **ME**, cada Arquivo *Template* fornece o padrão para um único Arquivo Subdocumento e um único Arquivo *Bookmark*. Isto é, o Arquivo Subdocumento e o seu Arquivo *Bookmark* associado possuem o mesmo padrão. É nos Arquivos Subdocumentos que o modelador efetivamente construirá o **ME** apoiado por outro conjunto de arquivos — Arquivos Textos (ver Figura 4), somando 11 (onze) no total — cujo conteúdo é automaticamente derivado das informações contidas na base de dados gerenciada pelo MS-Access. O conteúdo de cada um desses Arquivos Textos é constituído por:

- instâncias de um mesmo elemento de modelagem, ou seja, existe um Arquivo Texto somente para instâncias de **Entidade Externa**, outro para instâncias de **Fluxo de Dados Discreto** e assim por diante; ou
- instâncias de **Descritor de Atividade**.

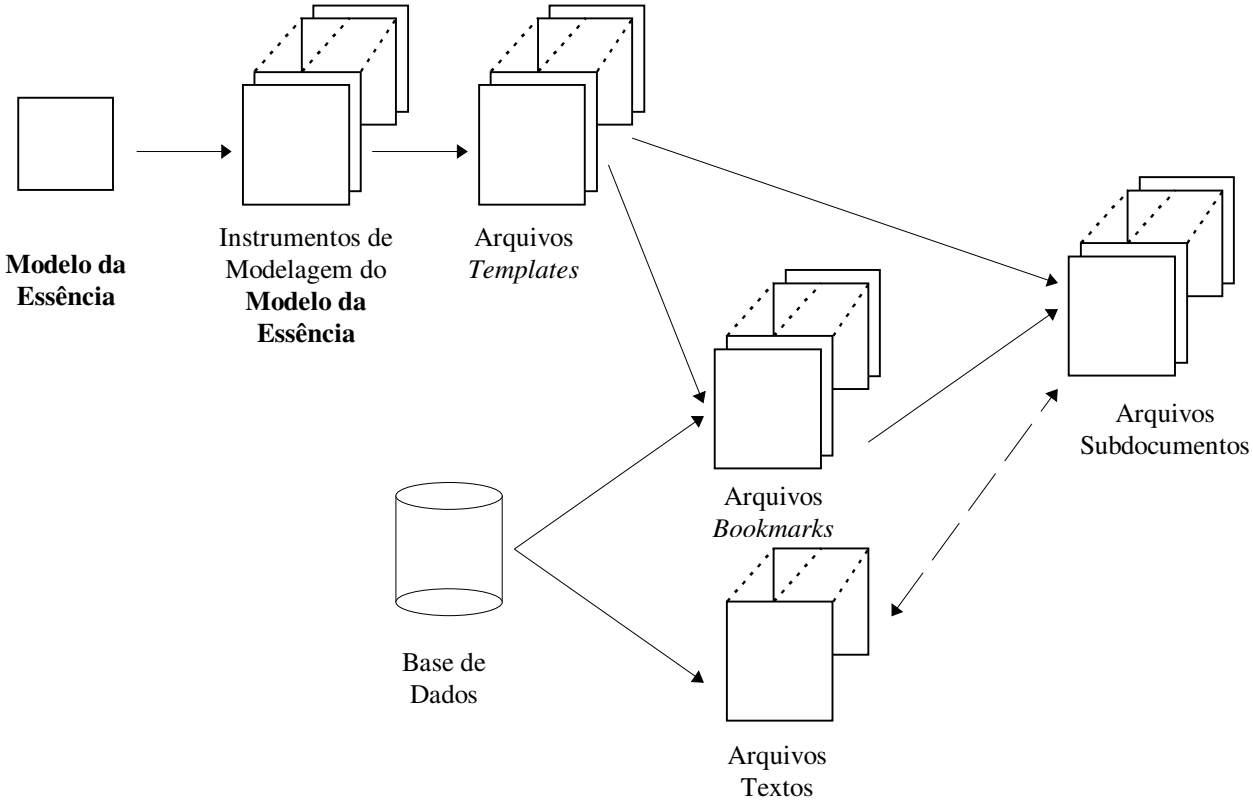

Figura 3 - Esquema de Funcionamento Interno do *SAME*

LEG01.TXT	-	Agrupamentos de Dados
LEG02.TXT	-	Depósitos Externos
LEG03.TXT	-	Depósitos Internos
LEG04.TXT	-	Elementos de Dado
LEG05.TXT	-	Entidades Externas
LEG06.TXT	-	Entidades do Esquema Semântico
LEG07.TXT	-	Fluxos de Dados Discretos
LEG08.TXT	-	Porções-Entidade de Relacionamentos do Esquema Semântico
LEG09.TXT	-	Relacionamentos do Esquema Semântico
LEG10.TXT	-	Sinais
LEG11.TXT	-	Descritores de Atividades

Figura 4 - Arquivos Textos e Seus Conteúdos

3.1 Visão Geral

A concepção e a implementação do ***SAME*** tiveram como objetivo principal a busca da otimização do processo de elaboração e manutenção do **ME**. Para isso, quatro pontos básicos foram abordados:

- gerenciamento da maior parte do conjunto de elementos redundantes presentes no **ME** passíveis de atualização — todos os dados submetidos ao processo de dicionarização, referenciados ao longo de todo o **ME**, e todos os **Descritores de Atividades**, referenciados na **Seção Esquemática** e na **Seção Detalhada** do **Modelo de Atividades** —. Esse gerenciamento foi

implementado a partir da definição de uma base de dados onde são cadastrados, única e centralmente, todos esses elementos;

- apoio à geração de gráficos através da inclusão de uma nova barra de ferramentas com botões associados aos elementos básicos das linguagens de representação gráfica — **Diagrama de Fluxo de Dados** e **Diagrama de Entidades e Relacionamentos**, usadas para construir as seções esquemáticas do **ME** —;
- apoio à geração de textos uniformes através da definição de modelos — *templates* — refletindo estrutura e formatação padronizadas para cada seção expressa em termos de linguagem natural;
- apoio teórico através de inclusão de um sistema de ajuda — *help on-line* — para elucidação de dúvidas e/ou consolidação do conhecimento relativo à estrutura de modelagem.

Dos pontos acima, o mais importante é, indiscutivelmente, o primeiro. Sem esse apoio automatizado, por exemplo, uma simples atualização no nome de uma instância de elemento de modelagem implica percorrer todo o documento retificando cada referência à instância modificada. Utilizando-se o ***SAME***, basta uma única atualização na base de dados e a alteração feita na instância, após um processamento intermediário, é refletida ao longo de todo o documento. O processo de manutenção estabelece-se da seguinte forma:

- usando o MS-Access através de interface criada especificamente para esse fim, o modelador pode realizar operações (inclusão, alteração e exclusão) envolvendo as informações contidas na base de dados;
- após terem sido efetivadas essas operações, o modelador aciona um comando do ***SAME*** visando à (re)criação dos Arquivos *Bookmarks* e dos Arquivos Textos e essa etapa constitui precondição para um (novo) acesso aos Arquivos Subdocumentos. Essa alternativa foi escolhida por questão de eficiência, pois seria inviável, em termos de consumo de tempo, realizar a (re)criação toda vez que a base de dados sofresse alteração. Por exemplo: para realizar dez atualizações na base de dados seria necessário realizar dez (re)criações dos arquivos, ao passo que a alternativa adotada permite realizar inúmeras atualizações e realizar uma única vez a (re)criação dos arquivos;
- o processo de (re)criação, durante o qual não há interação com o modelador, consiste em:
  - mudar o controle para o MS-Word;
  - acessar todas as entradas na base de dados;
  - (re)gerar os Arquivos Textos;
  - (re)gerar os Arquivos *Bookmarks*;
  - voltar o controle para o MS-Access.

Após qualquer atualização na base de dados, o modelador deverá comandar a (re)criação dos arquivos pois, sem esta, o ***SAME*** não permitirá que os Arquivos Subdocumentos sejam editados. Dessa forma, garante-se a integridade do **ME**.

3.2 Características Básicas da Implementação do Protótipo

Visando a um melhor entendimento das características funcionais do ***SAME***, convém descrever com maior detalhe alguns aspectos de implementação que ampliaram a integração entre os aplicativos utilizados bem como direcionaram seu uso para o apoio específico à modelagem conceitual de sistemas baseada no **ME**.

3.2.1 Implementação no MS-Word

Associada a cada um dos Arquivos *Templates* abrangendo instrumentos de modelagem que utilizam elementos gráficos, criou-se uma Barra de Ferramentas — denominada "Gráficos" — com vários botões que permitem a inserção imediata de figuras disponíveis no ambiente do ***SAME***. Os comandos representados por esses botões são executados através de macros codificadas em Word Basic e vinculadas ao ambiente operacional do editor de textos. Assim sendo, o acionamento de um

botão específico facilmente identificável permite incluir no arquivo de trabalho (Arquivo Subdocumento) uma figura que representa um **Fluxo de Dados Discreto** ou uma figura que representa um **Depósito de Dados Interno** ou uma figura que representa uma **Entidade Externa** e assim por diante. Essa inclusão é realizada utilizando-se o recurso de inserção de arquivos, onde cada figura incluída no arquivo de trabalho é, na verdade, o conteúdo de um arquivo, com extensão .doc, que contém a figura desejada.

Associado a cada botão da Barra de Ferramentas "Gráficos" (ver Figura 5) há um texto breve e objetivo que informa a função do botão. Esse texto pode ser visualizado na Barra de Status quando o cursor está posicionado sobre o botão desejado.

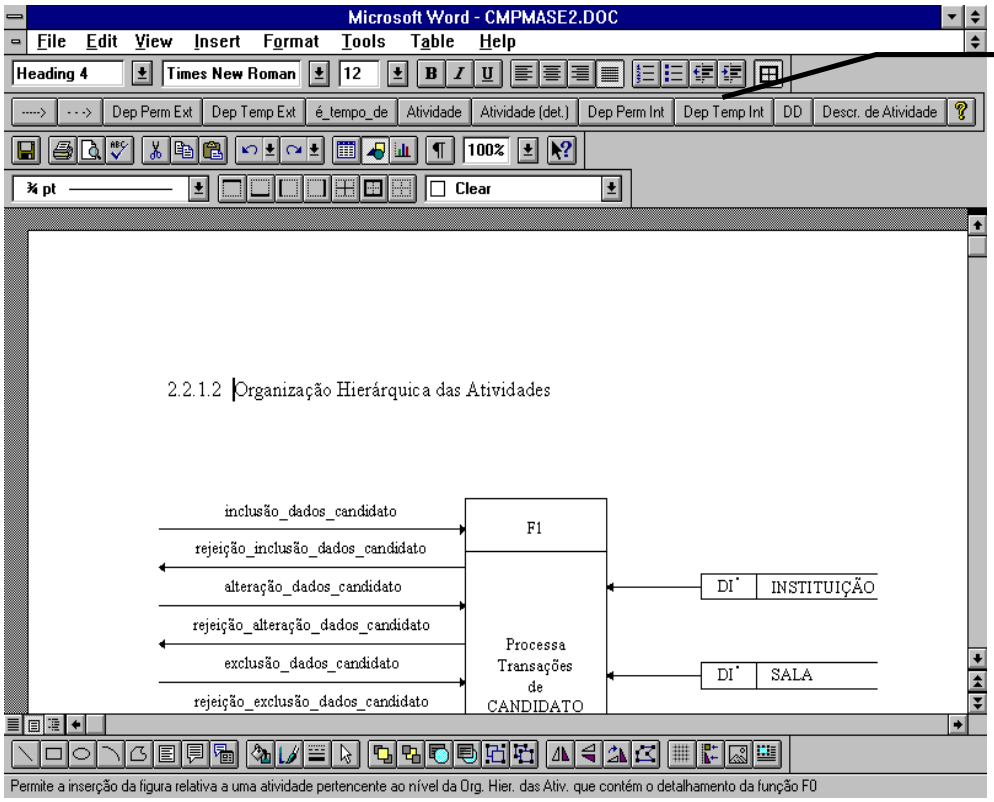

Figura 5 - Barra de Ferramentas "Gráficos"

Praticamente todos os instrumentos de modelagem que fazem parte do **ME** envolvem a inserção de dados gerenciados pelo MS-Access. Nos Arquivos *Templates* que contêm esses instrumentos de modelagem, a Barra de Ferramentas "Gráficos" inclui um ou dois botões (dependendo do instrumento de modelagem envolvido) que permite(m) a inserção rápida de informações contidas na base de dados.

Desses botões, um refere-se às instâncias dos elementos de modelagem contidos no **DD** e o outro refere-se às instâncias de **Descritor de Atividade** associadas à parte esquemática do **Modelo de Atividades** do **MCmp**.

O botão referente ao **DD** permite a inserção de uma instância de elemento de modelagem para o qual existe uma dicionarização, feita da seguinte forma: após o acionamento do botão pelo modelador, surge uma Caixa de Diálogo que permite escolher qual o elemento de modelagem a ser incluído — que pode ser do tipo **Agrupamento de Dados**, **Depósito Externo**, **Depósito Interno**, **Elemento de Dado**, **Entidade Externa**, **Entidade do Esquema Semântico**, **Fluxo de Dados Discreto**, **Porção do Esquema Semântico**, **Relação do Esquema Semântico** ou **Sinal** — (ver Figura 6).

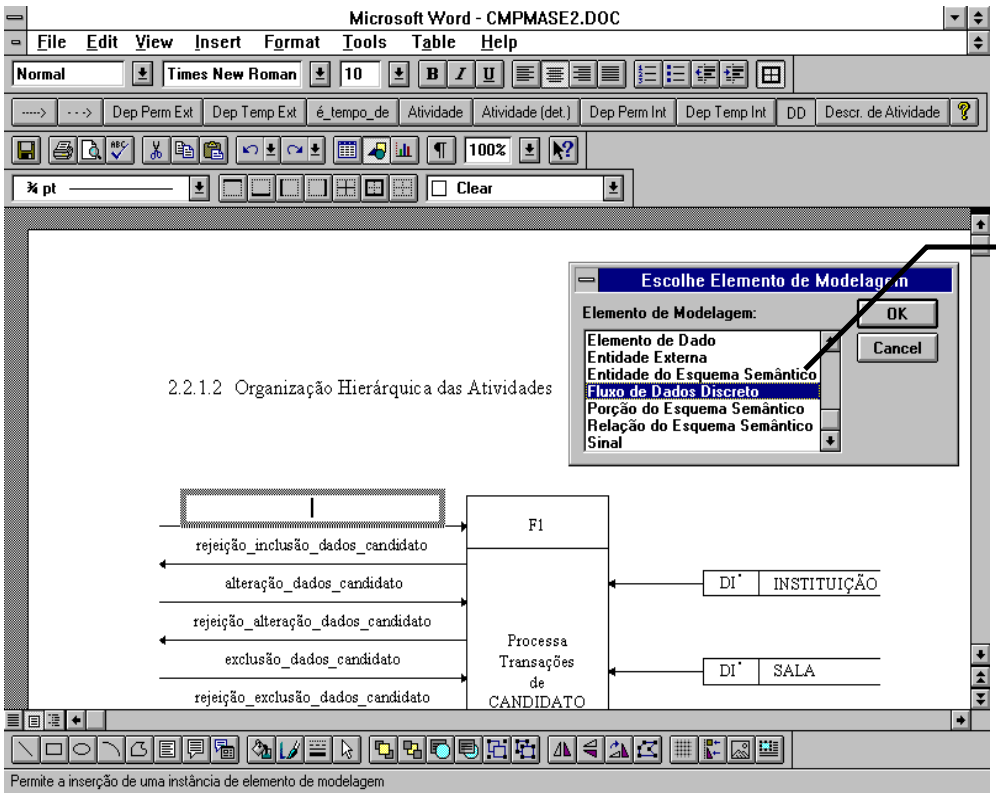

Figura 6 - Escolha de Elemento de Modelagem Dicionarizado

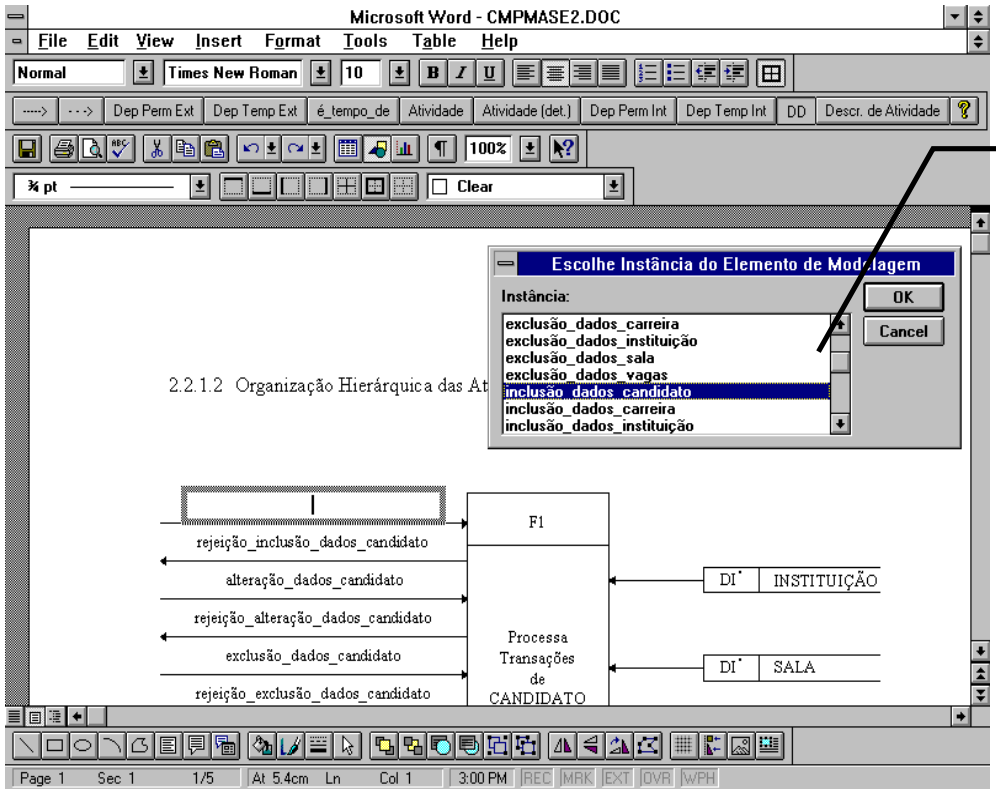

Figura 7 - Escolha da Instância do Elemento de Modelagem Dicionarizado

Após a escolha do tipo de elemento de modelagem, uma nova Caixa de Diálogo (ver Figura 7) permite ao modelador escolher uma instância específica desse elemento.

O botão referente ao **Descritor de Atividade** permite a inserção de uma instância desse tipo de elemento de modelagem, feita da seguinte forma: após acionamento do botão pelo modelador, uma Caixa de Diálogo permite escolher uma instância específica de **Descritor de Atividade** a ser incluída (ver Figura 8).

As Caixas de Diálogo apresentadas no ***SAME*** para a inserção das informações presentes na base de dados foram concebidas de modo a manter os padrões e as características das interfaces usuário-máquina existentes no ambiente Microsoft Windows. Seu conteúdo é proveniente dos Arquivos Textos, gerados com o único intuito de tornar mais eficiente o acesso às cópias das instâncias contidas na base de dados gerenciada pelo MS-Access. Um outro método de acesso, bem menos eficiente, seria buscar diretamente as instâncias nessa base de dados.

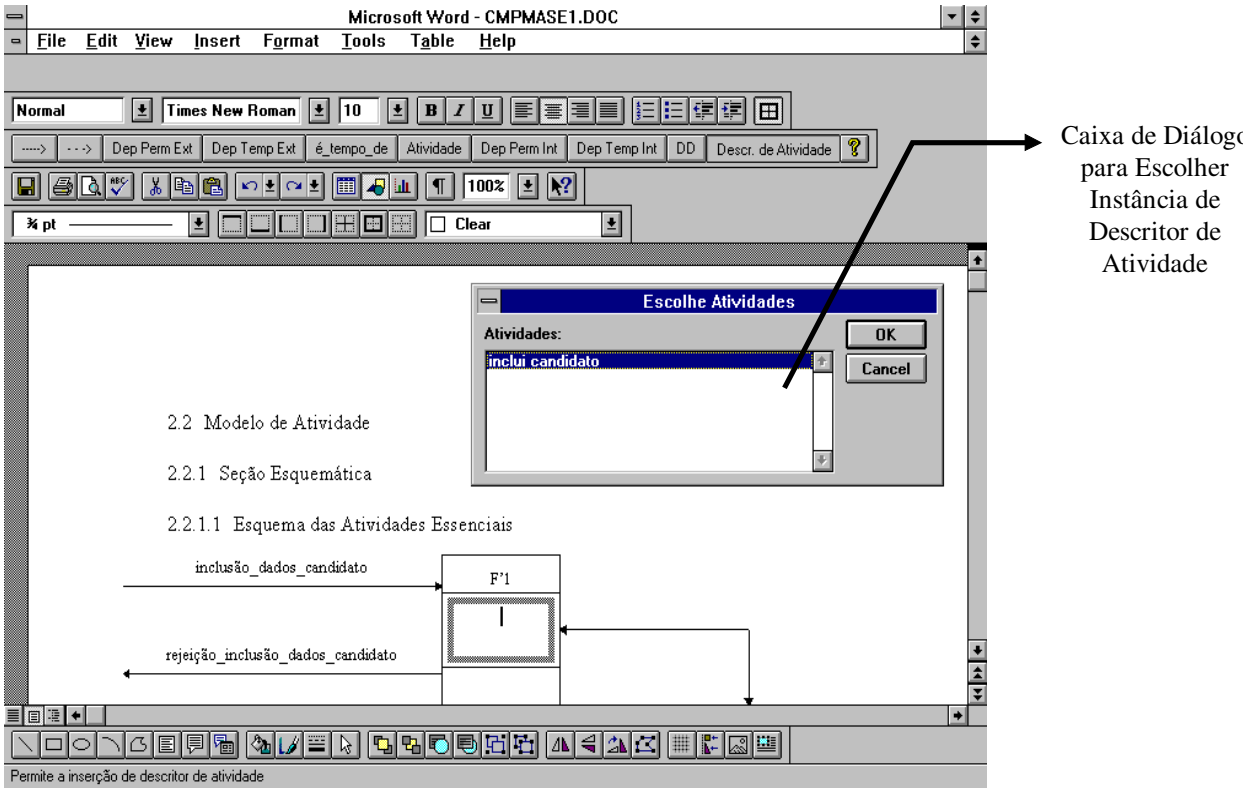

Figura 8 - Escolha da Instância de Descritor de Atividade

Efetuada a escolha, a instância desejada será inserida no Arquivo Subdocumento que está sendo editado pelo modelador. O ***SAME*** realiza essa operação buscando a referência associada a essa instância no Arquivo *Bookmark* vinculado a esse Arquivo Subdocumento. A busca da referência é feita de forma transparente, sem necessidade de qualquer interação entre o modelador e o sistema.

Um Arquivo *Bookmark* é constituído por linhas de código iguais a:

{*SET bookmark* "texto" *MERGEFORMAT}

onde *SET* é o comando para inserção do texto associado ao *bookmark*, que designará uma instância de **Descritor de Atividade** ou de elemento de modelagem dicionarizado. Nos dois casos, trata-se de um nome (da entrada no **DD**, quando corresponder a elemento de modelagem dicionarizado), composto pelo prefixo do elemento de modelagem (AD, DE, DI, ED, EE, ESS, FDD, PES, RES, S, ATIV), seguido de um caractere *sublinhado* ("_") e de um identificador único referenciando o "texto" a ser inserido, no caso um dado contido na base de dados gerenciada pelo MS-Access. A Figura 9 apresenta trecho de um desses arquivos.

```
{SET FDD_2"exclusão_dados_instituição" \* MERGEFORMAT}
{SET S_33"exclusão dos dados da instituição" \* MERGEFORMAT}
{SET ESS_233"exclusão dos dados da instituição" \* MERGEFORMAT}
{SET AD_236"dados_carreira" \* MERGEFORMAT}
                                        :
                                        :
```

Figura 9 - Trecho de um Arquivo Bookmark

Presente em todos os Arquivos *Templates*, há um botão vinculado ao sistema de ajuda, que apóia o modelador durante a elaboração/manutenção de cada Arquivo Subdocumento. O sistema de ajuda contém informações de cunho teórico, que visam à sedimentação de conhecimento relativo ao processo de modelagem e/ou à elucidação das dúvidas pertinentes à construção de cada um dos instrumentos de modelagem que compõem o **ME**.

Para não provocar qualquer tipo de aversão e facilitar o trabalho do modelador, o sistema de ajuda foi projetado e construído com a preocupação de manter os padrões e as características dos sistemas de ajuda existentes globalmente no ambiente Microsoft Windows (ver Figura 10).Para ter acesso a esse sistema, o modelador deve acionar o botão da Barra de Ferramentas "Gráficos" cujo ícone é representado por um ponto de interrogação (?).

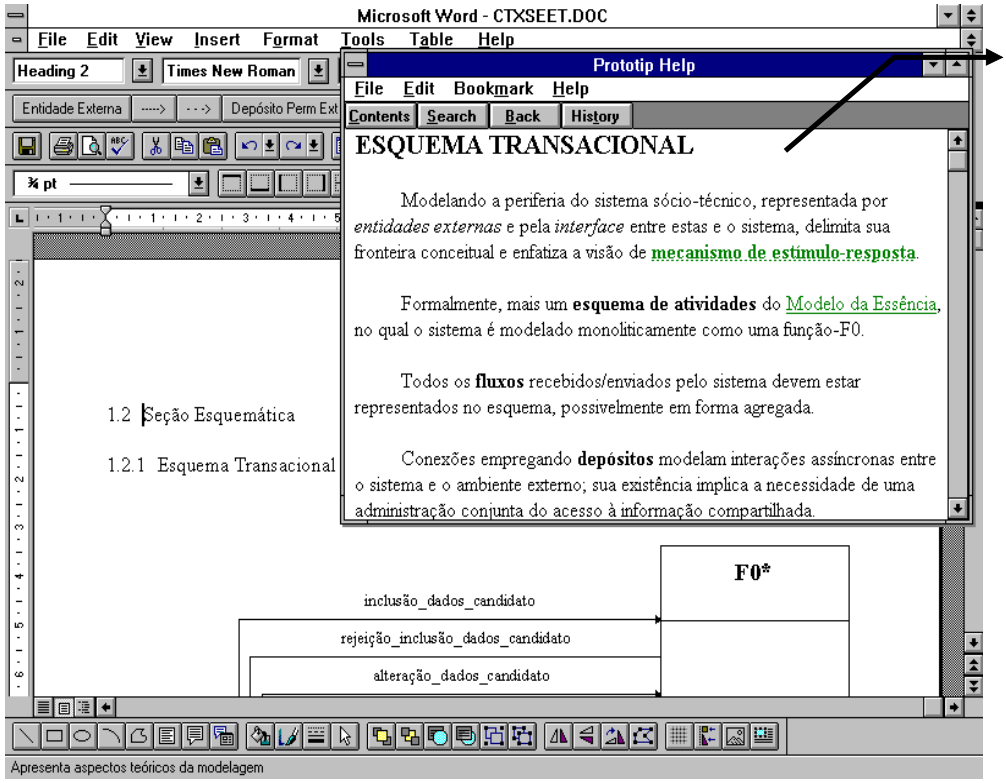

Figura 10 - Sistema de Ajuda (*Help On-Line*) do *SAME*

3.2.2 Implementação no MS-Access

É através do MS-Access que o modelador tem o primeiro contato com o ***SAME***, ou seja, é a partir desse SGBD que o ***SAME*** começa a executar. Assim sendo, esse aplicativo, além de realizar o gerenciamento das informações contidas na base de dados, é responsável pela integração com o MS-Word (o MS-Access realiza "chamadas", mudando o controle para o editor de textos). A tela inicial do ***SAME*** é apresentada na Figura 11.

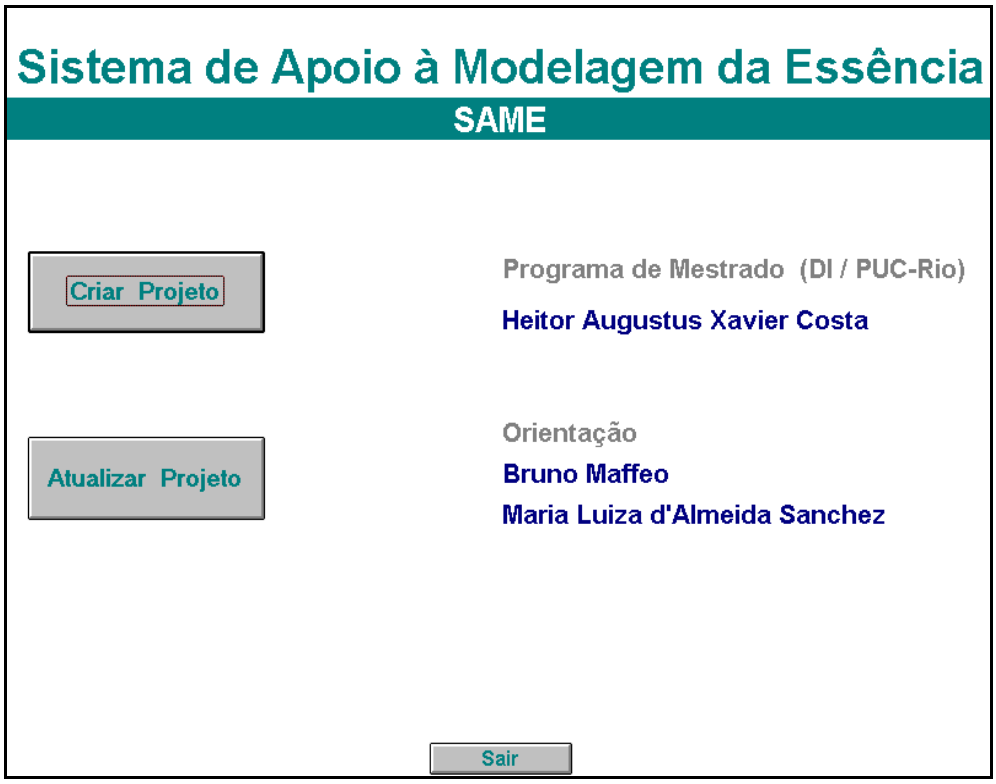

Figura 11 - Tela Inicial do *SAME*

O ***SAME*** pode apoiar a fase de modelagem conceitual relativa a vários projetos simultâneos. Isto é feito da seguinte forma: para cada projeto cadastrado no ***SAME***, está associado um único subdiretório que contém todos os arquivos e informações necessários para a elaboração do **ME** correspondente. Cada novo projeto exige a criação de um novo subdiretório, efetivada automaticamente pelo ***SAME***.

É a partir do MS-Access que são realizadas as seguintes tarefas, de forma automatizada e sem intervenção do usuário:

- troca de controle para o MS-Word para a edição dos Arquivos Subdocumentos
  O ***SAME*** realiza a mudança de controle do MS-Access para o MS-Word quando é escolhido um dado submodelo e abre para edição o Arquivo Subdocumentos correspondente;
- impressão de cada Arquivo Subdocumento
  O ***SAME*** permite a impressão individualizada de cada Arquivo Subdocumento dando ao modelador a possibilidade de, rapidamente, verificar o modelo e realizar possíveis retificações. Entretanto, essa impressão não é provida da formatação de textos para cabeçalho/rodapé e paginação. O procedimento requer a mudança de controle para o MS-Word, que abre o Arquivo Subdocumento correspondente. A Macro AUTOOPEN, associada ao Arquivo Subdocumento, direciona-o para a impressora;
- impressão da documentação final do **ME**
  O ***SAME*** permite a impressão final **ME**, com toda a formatação necessária para uma apresentação formal, isto é, inclui os textos de cabeçalho/rodapé e paginação. O procedimento requer a mudança de controle para o MS-Word, que abre, um por um, os Arquivos Subdocumentos com uma ordem pré-estabelecida. A Macro AUTOOPEN, associada a cada Arquivo Subdocumento, direciona-o para a impressora controlando a seqüência de paginação e os textos de rodapé/cabeçalho;
- manutenção e impressão das instâncias de **Descritor de Atividade**

O ***SAME*** permite a realização das operações de inclusão, alteração, exclusão e impressão relativas às instâncias de **Descritor de Atividade**;

- manutenção e impressão das instâncias de elementos de modelagem
  O ***SAME*** permite a realização das operações de inclusão, alteração, exclusão e impressão relativas às instâncias de elementos de modelagem;
- atualização dos Arquivos *Templates* e dos Arquivos Textos
  O ***SAME*** permite a (re)criação de todos os Arquivos *Templates* e Arquivos Textos visando possibilitar ao modelador o acesso para edição aos Arquivos Subdocumentos.

3.2.3 Tabelas da Base de Dados

As tabelas correspondentes ao modelo relacional da base de dados do ***SAME*** podem ser categorizadas de duas maneiras, quanto à sua funcionalidade:

- aquelas que auxiliam o controle de acesso aos documentos que compõem o **ME** e o controle do próprio ***SAME*** (tabelas da Figura 12);
- aquelas que constituem o alicerce do apoio à modelagem conceitual, visando à construção do **DD** e ao armazenamento de instâncias de **Descritor de Atividade** (são estas as tabelas, contidas na Figura 13, que permitirão o controle centralizado da redundância de referências a elementos de modelagem contidas no **ME**).

caminho	(id, caminho_projeto, caminho_protótipo, caminho_word)
controle	(id, quant_tipo, quanto_total, número_projeto, nome_projeto, listar, cabeçalho_esquerdo, cabeçalho_direito, rodapé_esquerdo, listar_geral, novo)
modelos	(id_modelo, modelo)
natureza_dos_dados	(id, tipo, descrição)
projetos	(id, projeto, quant_tipo, quant_total, mudou)
submodelo	(id_modelo, id_submodelo, submodelo)
templates	(id_modelo, id_submodelo, id_template, nome_arq_dot, nome_consulta, nome_arq_doc)

Figura 12 - Tabelas de Controle

composição	(id, id_dono, início, id_dado, fim, operação, lim_sup, lim_inf)
informações	(id, identificador, nome, definição, tipo, uso, proj_dono, campo, crítica)

Figura 13 - Tabelas de Apoio

3.2.4 Implementação da Comunicação dos Dados entre MS-Word e MS-Access

A transmissão de dados do MS-Access para o MS-Word, por envolver procedimentos realizados muitas vezes pelo ***SAME***, requereu especial atenção.

Não sendo possível realizar essa operação de forma direta, foi necessário desenvolver código a ser acionado a partir do MS-Access, que transfere o controle para MS-Word e abre o arquivo

LEGENDA.DOT. Associada a este arquivo, uma Macro — AUTOOPEN — é executada automaticamente no momento da abertura e realiza as seguintes operações:

- (re)criação dos Arquivos *Bookmarks*;
- (re)criação dos Arquivos Textos;
- (re)criação do Arquivo CONTROLE.TXT: nesse arquivo é armazenado o número de páginas de cada Arquivo *Bookmark*. Essa informação é necessária à impressão de cada Arquivo Subdocumento e do **ME** do projeto, pois é a partir dela que se pode saber antecipadamente quantas páginas deverão ser impressas e, com isso, controlar o processo de impressão.

3.3 Dicionário de Dados

Os processos de elaboração e de impressão do **DD** foram automatizados com o auxílio do ***SAME***, a partir das estruturas de armazenamento definidas na base de dados. Ambos tornaram-se bem mais eficientes do que seriam caso fosse empregada uma versão manual baseada em Arquivo Subdocumento.

A partir dessas estruturas, o **DD** é gerado, através do MS-Access, na ordem alfabética dos tipos de elemento de modelagem e, para cada tipo, na ordem alfabética do nome das instâncias. Esse formato pode ser analisado em [Costa96]. Os tipos de elemento de modelagem presentes no **DD** elaborado pelo ***SAME*** são:

- **Agrupamento de Dados**;
- **Depósito Externo**;
- **Depósito Interno**;
- **Elemento de Dado**;
- **Entidade Externa**;
- **Entidade do Esquema Semântico**;
- **Fluxo de Dados Discreto**;
- **Porção-Entidade de Relacionamento do Esquema Semântico**;
- **Relacionamento do Esquema Semântico**;
- **Sinal**.

A cada tipo de elemento de modelagem listado acima está associada uma estrutura de dicionarização:

- para dicionarizar os **Agrupamentos de Dados**, os **Depósitos Externos**, os **Depósitos Internos**, as **Entidades do Esquema Semântico**, os **Fluxos de Dados Discretos**, as **Porções do Esquema Semântico** e as **Relações do Esquema Semântico** é preciso especificar: Nome, Definição e Composição;
- para dicionarizar os **Elementos de Dado** é preciso especificar: Nome, Definição e Tipo (Domínio, Unidade, Precisão e Formato);
- para representar as **Entidades Externas** e os **Sinais** é preciso especificar: Nome e Definição.

3.4 Experimentação

Foi possível concluir, através de um experimento específico, que a utilização do ***SAME*** em um ambiente de desenvolvimento proporciona uma desejável uniformidade de documentação e facilita bastante a manutenção da consistência entre a modelagem conceitual gerada para cada sistema e a realidade corrente de sua implementação necessariamente evolutiva. As decisões de evolução a serem tomadas ao longo do ciclo de vida de um sistema de informação são plenamente apoiadas pelo ***SAME***, direta ou indiretamente, pois:

- durante a evolução incremental do sistema, sempre que for exigida uma atualização de funcionalidade — por acréscimo, eliminação ou modificação — que impacte o **ME** corrente, a atualização da modelagem conceitual, elaborada com o apoio do ***SAME***, é fundamental para o

entendimento, a localização e o planejamento global das alterações a serem realizadas nos modelos que incorporam os aspectos de implementação;
- no caso de uma evolução radical do sistema, desde que preservado o domínio do problema, a modelagem conceitual existente serve como base para o entendimento do novo escopo e a geração de um novo **ME** pode ser conseguida, com o apoio do ***SAME***, através de amplo reúso de partes do modelo conceitual existente, sobretudo do **Mctx**.

Foi também possível verificar um apoio efetivo em três aspectos específicos da elaboração de um **ME**:
- atualização automática de diferentes partes do modelo;
- construção do **DD**;
- elaboração das porções gráficas.

A adoção de múltiplas perspectivas de modelagem, que é uma característica básica do **ME**, implica redundância, embora mínima e bem controlada, e grande volume da documentação. Sem apoio automatizado, a elaboração do **ME** pode tornar-se exaustiva e demorada. Por exemplo: as mesmas instâncias de descritor de **Fluxo de Dados Discreto** estão presentes em diversas partes do **ME**:
- no **Modelo do Contexto**:
  - **Descrição da Operação**;
  - **Lista de Eventos Externos**;
  - **Esquema Transacional**.
- no **Modelo do Comportamento**:
  - **Esquema das Atividades Essenciais**;
  - **Organização Hierárquica das Atividades**;
  - **Lista de Pré/Pós-Condições**.

Assim sendo, devido a essa presença redundante em praticamente todo o **ME**, a atualização manual das ocorrências — por exemplo, de uma instância do descritor de um **Fluxo de Dado Discreto —** é um processo que exige do modelador paciência, tempo e muita atenção para não acarretar inconsistências e/ou ambigüidades, pois:
- na inclusão, o modelador deverá conhecer precisamente o nome e o formato corretos para evitar erros de consistência;
- na alteração, o modelador deverá percorrer toda uma longa documentação retificando o nome da instância desejada, sem cometer erros;
- na exclusão, da mesma forma que na alteração, o modelador deverá percorrer todo o documento excluindo o nome pertinente, tomando o cuidado para não excluir indevidamente algum outro nome.

Com a utilização do ***SAME***, a atualização é feita central e automaticamente de modo eficiente e, principalmente, eficaz. Seguindo o exemplo sugerido acima, as atualizações de ocorrências do descritor de um **Fluxo de Dados Discreto** são realizadas de modo bastante simples:
- na inclusão, o modelador, já tendo cadastrado todas as informações referentes à instância na base de dados, ao precisar inseri-la em uma posição do modelo, não necessita lembrar-se precisamente de seu nome. No ***SAME***, há um recurso disponível (o botão "DD" contido na Barra de Ferramentas "Gráficos") que permite ao modelador pesquisar qualquer elemento de modelagem (no exemplo considerado, **Fluxo de Dados Discreto**) e, em seguida, todas as suas instâncias (no exemplo considerado, descritores de **Fluxos de Dado Discretos**) contidas na base de dados;

- na alteração, o modelador não precisa mais percorrer todo o modelo para realizar as alterações uma a uma, pois basta ir à base de dados e alterar uma única vez o nome desejado. A alteração se propagará automaticamente ao longo de todo o documento;
- na exclusão, o modelador realiza, em operação única efetuada diretamente na base de dados, a eliminação de uma instância de elemento de modelagem. Nesse caso, contudo, as referências no modelo continuam existindo e onde estava o nome surge a mensagem: "**Error! Reference source not found.**" ou "**Erro! A origem da referência não foi encontrada.**". Considerando que a exclusão de instância de um elemento de modelagem implica excluir também alguma funcionalidade, a emissão dessa mensagem permite ao modelador localizar visualmente cada ocorrência de exclusão, avaliar localmente a nova situação (o modelo sem a funcionalidade) e, mais completa e conscientemente, eliminar, além das referências diretas, outras partes do modelo eventual e localmente afetadas.

A construção do **DD** exige uma estruturação que organize todas as instâncias de elemento de modelagem em ordem alfabética de nome. Para um conjunto pequeno de entradas, isso é realizável manualmente sem grandes problemas, mas para conjuntos grandes, o que é mais comum, a operação manual torna-se muito trabalhosa. O ***SAME*** automatiza esse ordenamento e o modelador pode realizar as operações básicas (inclusão, alteração e exclusão) na base de dados sem se preocupar com a organização final do **DD**. Comandado pelo modelador, o ***SAME*** realizará internamente a ordenação e efetuará a impressão do **DD**. A organização alfabética do **DD** impresso abrangerá, além dos nomes dos elementos de modelagem, também os nomes de suas instâncias.

Os aspectos descritos acima, associados à atualização automática do **ME** e à construção do **DD**, abrangem também as instâncias de **Descritor de Atividade**.

Como o **ME** resulta de uma técnica de modelagem fortemente apoiada por elementos gráficos, o modelador despende muito tempo (re)construindo figuras. No experimento realizado, verificou-se o apoio significativo proporcionado pelo ***SAME*** a esse tipo de tarefa, ao agilizar a elaboração/manutenção das seções esquemáticas do **ME**, sem perda de flexibilidade. Além dos aspectos associados à atualização automátca dos elementos textuais presentes nessas seções, a própria geração dos desenhos é bastante facilitada pelo acionamento dos botões, para inclusão de formas gráficas específicas, disponíveis na barra de ferramentas "Gráficos" do ***SAME***.

4. Conclusão

Através da construção e experimentação de um protótipo de ambiente de modelagem da essência de sistemas de informação, denominado ***SAME***, a pesquisa na qual este trabalho se baseia procurou abordar pragmaticamente a questão de incentivar a especificação dos requisitos conceituais de um sistema a ser implementado. Esse incentivo viria através de tornar mais fácil a elaboração/manutenção do **Modelo da Essência**, considerado peça fundamental da especificação rigorosa de sistemas de informação.

O uso experimental do ***SAME*** permitiu verificar preliminarmente o impacto significativo, em termos de aumento de produtividade/qualidade, sobre o trabalho de modelagem. Pretende-se que um uso mais intensivo e extensivo desse protótipo, por parte de múltiplos usuários, permita identificar outros requisitos funcionais a serem incorporados a uma ferramenta **CASE** "definitiva" com os mesmos propósitos, bem como avaliar sugestões relativas a aspectos operacionais do ambiente de modelagem proposto.

Outro objetivo alcançado foi testar e avaliar a estratégia de desenvolvimento adotada para a construção do ***SAME***, baseada no reúso em larga escala de aplicativos comerciais amplamente difundidos, MS-Word e MS-Access. Verificou-se que o esforço de programação adicional, visando aumentar a integração entre esses dois aplicativos e gerar funcionalidades específicas para o

protótipo, foi bastante limitado e efetivou-se de modo simples através do uso das linguagens de programação associadas aos próprios aplicativos. Isso permitiu o desenvolvimento rápido de um software, o ***SAME***, com razoável grau de complexidade e amplo espectro de funcionalidades: edição de textos e gráficos com farta disponibilidade de formatação, criação de bases de dados relacionais de fácil acesso para consulta/edição, geração controlada de relatórios padronizados e ajuda *on-line*. Tudo isso, tornado disponível através de uma interface usuário-máquina já bastante familiar e de fácil aprendizado.

Também, a avaliação da estratégia empregada no desenvolvimento do ***SAME***, permitiu concluir que essa abordagem, considerada totalmente válida para um protótipo, não deve ser empregada, conforme já era obviamente antecipado, no desenvolvimento de uma ferramenta **CASE** "definitiva". O reúso global e integrado de aplicativos de propósito amplo em suas respectivas áreas de especialização — edição de textos (MS-Word) e gerenciamento de bancos de dados (MS-Access) — introduz ineficiências que, apesar de amplamente aceitáveis em um protótipo, devem ser evitadas em uma ferramenta **CASE**.

Ao perseguir esse segundo objetivo, verificou-se que essa mesma estratégia de desenvolvimento, baseada no reúso em larga escala desse tipo de aplicativo comercial, pode fundamentar um método de desenvolvimento a ser empregado vantajosamente na prototipação rápida de sistemas de informação convencionais, visando otimizar o processo de elicitação/validação dos requisitos conceituais para esses sistemas. A especificação e experimentação de um método desse tipo constitui tema corrente de pesquisa.

Referências Bibliográficas

[Aho92] Aho, Alfred V. e Ullman Jeffrey D.; Foundations of Computer Science, Computer Science Press, 1992, pg 20

[Azevedo91] Azevedo, J. B. G. de O.; Modelagem dos Aspectos Sócio-Técnicos de um Sistema de Transporte Terrestre: um Estudo de Caso, Dissertação de Mestrado, DI, PUC-Rio, RJ, 1991.

[Band91] Band, S.; Modelagem de Aspectos Sócio-Técnicos Associados a um Centro de Informações: Estudo de Caso, Dissertação de Mestrado, DI, PUC-Rio, RJ, 1991.

[Barbosa95] Barbosa, E.; Modelagem de Sistemas de Tempo-Real. Estudo de Caso de um Sistema de Controle de Engarrafamento de Compostos Químicos, Dissertação de Mestrado, DI, PUC-Rio, RJ, 1995.

[Clemente92] Clemente, K.; Modelagem de Sistemas Sócio-Técnicos, Estudo de Caso de um Piloto Automático para Automóveis, Dissertação de Mestrado, DEE, PUC-Rio, RJ, 1992.

[Costa96] Costa, H. A. X.; Sistema de Apoio a Concursos Vestibular — CONVEST —, Projeto Final de Programação, DI, PUC-Rio, RJ, 1996.

[Costa97] Costa, H. A. X.; Modelagem Conceitual de Sistemas — Protótipo de Ambiente Baseado em Aplicativos Comerciais —, Dissertação de Mestrado, DI, PUC-Rio, RJ, 1997.

[Maffeo92] Maffeo, B.; Engenharia de Software e Especificação de Sistemas, Editora Campus, 1992.

[McMenamim84] McMenamim, S. M.; Essential Systems Analisys, Yourdon Press, 1984.

[Rumbaugh94] Rumbaugh, J.; Journal of Object Oriented Programming, september 1994

[Sanchez96] Sanchez, M. L. A.; Um Método de Design de Sistemas de Tempo Real Fundamentado por Experimentação, Tese de Doutorado, DI, PUC-Rio, RJ, 1996.

[Yourdon88] Yourdon E.; Modern Structured Analysis, Yourdon Press, 1988.

[Ward85] Ward P. T. e Mellor S. J.; Structured Development for Real-Time Systems, Yourdon Press, 1985.

Apêndice A - *Templates*

O **Modelo da Essência** é composto por várias seções, cada uma engloba um ou mais instrumentos de modelagem específicos. Na construção do ***SAME***, cada uma dessas seções foi associada a um Arquivo *Template*, conforme a tabela apresentada a seguir:

Template	Seção Contemplada
CTXSD.DOT	Modelo do Contexto (Seção Detalhada — Definição do Sistema): Descrição Sumária, Descrição dos Objetivos (Nível Estratégico, Nível Tático e Nível Operacional) e Descrição da Operação (Restrições e Eventos Externos associados a cada operação); Modelo do Contexto (Seção Detalhada — Lista de Eventos Externos).
CTXSEET.DOT	Modelo do Contexto (Seção Esquemática — Esquema Transacional).
CTXSEESI.DOT	Modelo do Contexto (Esquema Semântico incluindo o sistema).
CTXSEESE.DOT	Modelo do Contexto (Esquema Semântico excluindo o sistema).
CMPMISE.DOT	Modelo do Comportamento (Modelo da Informação — Seção Esquemática — Esquema da Memória Essencial).
CMPMISD.DOT	Modelo do Comportamento (Modelo da Informação — Seção Detalhada).
CMPMASE1.DOT	Modelo do Comportamento (Modelo de Atividade — Seção Esquemática — Esquema das Atividades Essenciais).
CMPMASE2.DOT	Modelo do Comportamento (Modelo de Atividade — Seção Esquemática — Organização Hierárquica das Atividades).
CMPMASD.DOT	Modelo do Comportamento (Modelo de Atividade — Seção Detalhada — Seção de Definições Globais); Modelo do Comportamento (Modelo de Atividade — Seção Detalhada — Descrição das Atividades Primitivas).