

CONTEÚDO/CONTENTS**Artigos/Articles**

- MODELANDO DADOS: DE REGISTROS A HIPERMÍDIA (E ALÉM?) 7
 DATA MODELING: FROM RECORDS TO HYPERMIDIA (AND BEYOND?)
CARLOS M. TOBAR TOLEDO
- ADMINISTRANDO A TRANSFORMAÇÃO TECNOLÓGICA EM INSTITUIÇÃO UNIVERSITÁRIA
 O CASO DA FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS DA PUCCAMP 23
 MANAGING THE TECHNOLOGICAL CHANGE: THE MEDICAL SCIENCE FACULTY AT PUCCAMP EXAMPLE
JARBAS LOPES CARDOSO JÚNIOR
- COMPUTAÇÃO, LINGUAGEM E CIÊNCIA DA COGNIÇÃO 36
 COMPUTING, LANGUAGE, AND COGNITIVE SCIENCE
JOÃO LUÍS GARCIA ROSA
- SISTEMAS DE IDENTIFICAÇÃO ELETRÔNICA 45
 ELECTRONIC IDENTIFICATION SYSTEMS
FÁBIO PENA FIRME CURTO, RENATA CARLA MAROCO E FRANK HERMAN BEHRENS
- UM SERVIÇO DE MOBILIDADE PARA AGENTES BASEADOS EM PLATAFORMAS CORBA 58
 A MOBILITY SERVICE FOR AGENTS BASED ON CORBA PLATFORMS
O. FALSARELLA, C. MENDEZ, I. FONTES, P. S. SILVA, W. LOYOLLA E M. MENDES

Revista do Instituto de Informática da PUCAMP. -

Volume 1, n. 1 (1992) - . Campinas:

Semestral

1. Informática-Periódico

CDD 001.61

CDU 681.3

Revista do Instituto de Informática da PUCAMP

Publicação Semestral

Editor-Executivo: Dr. Frank Herman Behrens

Conselho Editorial:

Profª Angela de M. Engelbrecht - Presidente
Prof. José Oscar Fontanini de Carvalho - Vice-Presidente
Dr. Arthur J. Catto (FCTI)
Drª Beatriz M. Daltrini (UNICAMP)
Prof. Brasílio Socalschi (PUCAMP)
Dr. Carlos Mammana (FCTI/UNICAMP)
Prof. Carlos Miguel Tobar Toledo (PUCAMP)
Dr. Edmundo R. M. Madeira (UNICAMP)
Dr. Eduardo O. C. Chaves (UNICAMP/PUCAMP)
Dr. Êttore Bresciani Filho (PUCAMP)
Dr. Euripedes Guilherme de O. Nóbrega (PUCAMP)
Dr. Geraldo Nonato Telles (UNICAMP/PUCAMP)
Drª Geraldina Porto Witter (PUCAMP)
Dr. Hilton S. Pinto (UNICAMP)
Prof. Jarbas Lopes Cardoso Júnior
Dr. José Carlos Maldonado (USP)
Dr. José M. da Mata (UFMG)
Dr. Júlio S. Aude (UFRJ)
Dr. Luiz Fernando Soares (PUCRJ)
Dr. Manuel J. Mendes (UNICAMP/PUCAMP)
Dr. Marcio Luiz de Andrade Netto (UNICAMP)
Prof. Marcus Vinicius Maltempi (PUCAMP)
Dr. Mario Jino (UNICAMP)
Dr. Mario L. Cortes (TELEBRAS/UNICAMP)
Dr. Maurício Magalhães (UNICAMP)
Dr. Nelson J. Parada (UNICAMP/PUCAMP)
Dr. Rogério de Almeida Barra (PUCAMP)
Dr. Saul G. D'Ávila (UNICAMP)
Drª Vera Silvia M. Beraquet (PUCAMP)
Dr. Waldomiro P. D. C. Layolla (PUCAMP)
Dr. Wanderley L. de Souza (UFPb)

Conselho Consultivo

Dr. Frank Herman Behrens
Prof. Ricardo Pannain
Prof. Carlos Miguel Tobar Toledo
Profª M. Cristina L. F. M. Aranha

Secretária Executiva

Marilda dos Reis Gomes

Capa

Máscara de circuito integrado cedida pela FCTI - Fundação Centro Tecnológico para Informática.

Correspondência:

A/C:
Instituto de Informática - PUCAMP
C. P. 317 - Campus I - Rod. D. Pedro I - Km 136 - CEP: 13020-904 - Campinas - SP - FAX: (019) 754-7094
E-mail: informat@zeus.puccamp.br

A "Revista do Instituto de Informática" tem uma tiragem de 2000 exemplares. É distribuída gratuitamente às Universidades, Centros de Pesquisa, Órgãos Governamentais e Empresas que nos solicitam.

Composição e Impressão

Gráfica PUCAMP

ISSN 0104 - 4869



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS

INSTITUTO DE INFORMÁTICA

**REVISTA DO INSTITUTO DE INFORMÁTICA
DA PUCCAMP**

| | | | | | |
|----------------------------|----------|------|------|---------|---------------------|
| Rev. Inst. Inform. PUCCAMP | Campinas | V. 4 | n. 2 | p. 1-64 | julho/dezembro/1996 |
|----------------------------|----------|------|------|---------|---------------------|

EDITORIAL

Este número da Revista apresenta cinco artigos técnicos, relativos à produção científica de pesquisa dos professores e colaboradores do Instituto de Informática da Pontifícia Universidade Católica de Campinas - PUCAMP, levada a cabo no segundo semestre de 1996.

Como pode ser observado, esta edição compreende artigos em diversas áreas da Informática, cobrindo aspectos de modelagem de dados, aplicações a informática em ciências médicas, linguagem e ciência da cognição, identificação eletrônica e serviços de mobilidade para agentes.

Nosso objetivo continua sendo oferecer ao leitor artigos de qualidade com a profundidade adequada e que demonstrem à comunidade acadêmica a produção científica da nossa instituição.

Para as edições futuras, estamos organizando modificações estruturais nesta Revista, de forma a incluir novas seções, além da seção de Artigos, para permitir a divulgação de trabalhos de pesquisa discente, de graduação, pós-graduação, iniciação científica, comunicações técnicas em formato reduzido, estudos de casos, etc., com o objetivo de ampliar a participação docente e discente do Instituto.

Comunicamos, também, a mudança do Editor Executivo, que em substituição ao Prof. Ricardo Pannain, a partir desta edição passa a ser o Prof. Frank Behrens.

Finalmente, agradecemos a confiança e a colaboração de todos aqueles que estão participando, particularmente os membros do Conselho Editorial e do Conselho Consultivo, ou mesmo aqueles que já participaram da Revista em outra oportunidade.

Esperamos cada vez mais integrar a comunidade acadêmica de informática, interna e externa, neste nosso empreendimento.

Prof. Ricardo Pannain

Prof. Frank Behrens
Editor-Executivo

CONTEÚDO/CONTENTS

Artigos/Articles

| | |
|---|----|
| MODELANDO DADOS: DE REGISTROS A HIPERMÍDIA (E ALÉM?) | 7 |
| DATA MODELING: FROM RECORDS TO HYPERMIDIA (AND BEYOND?) | |
| <i>CARLOS M. TOBAR TOLEDO</i> | |
| ADMINISTRANDO A TRANSFORMAÇÃO TECNOLÓGICA EM INSTITUIÇÃO UNIVERSITÁRIA O CASO DA FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS DA PUCAMP | 23 |
| MANAGING THE TECHNOLOGICAL CHANGE: THE MEDICAL SCIENCE FACULTY AT PUCAMP EXAMPLE | |
| <i>JARBAS LOPES CARDOSO JÚNIOR</i> | |
| COMPUTAÇÃO, LINGUAGEM E CIÊNCIA DA COGNIÇÃO | 36 |
| COMPUTING, LANGUAGE, AND COGNITIVE SCIENCE | |
| <i>JOÃO LUÍS GARCIA ROSA</i> | |
| SISTEMAS DE IDENTIFICAÇÃO ELETRÔNICA | 45 |
| ELECTRONIC IDENTIFICATION SYSTEMS | |
| <i>FÁBIO PENA FIRME CURTO, RENATA CARLA MAROCO E FRANK HERMAN BEHRENS</i> | |
| UM SERVIÇO DE MOBILIDADE PARA AGENTES BASEADOS EM PLATAFORMAS CORBA | 58 |
| A MOBILITY SERVICE FOR AGENTS BASED ON CORBA PLATFORMS | |
| <i>O. FALSARELLA, C. MENDEZ, I. FONTES, P. S. SILVA, W. LOYOLLA E M. MENDES</i> | |

**MODELANDO DADOS:
DE REGISTROS A HIPERMÍDIA (E ALÉM?)
DATA MODELING:
FROM RECORDS TO HYPERMIDIA (AND BEYOND?)**

Carlos M. TOBAR Toledo
Inf. PUCAMP
DCA-FEEC UNICAMP

ABSTRACT

Data models have been traditionally used as data base design and implementation tools. More than this, in some cases, they have been used to specify and generate the structural and access description for the data stored in data bases. Considering the goal of presenting a broader set of situations where it is possible to use data models, together with the consideration of the evolution of user and application requirements regarding data storage and retrieval, in this paper they are presented: the subject of data modeling, data model definitions under different approaches, a historical description of data model evolution, and a data model hierarchy considering abstraction levels involved with mechanisms for persistent data storage and with their development process.

Keywords: Data Model, Data Modeling, Data Management, Information Systems

RESUMO

Modelos de Dados têm sido usados tradicionalmente como ferramentas para o projeto e implementação de bases de dados. Mais que isso, em alguns casos, têm sido usados para a especificação e geração da descrição estrutural e de acesso aos dados armazenados em bases de dados. Objetivando apresentar um leque mais abrangente de situações onde se pode utilizar modelos de dados e tomando como base a evolução dos requisitos de usuários e aplicações, em relação ao armazenamento e recuperação de dados, neste trabalho são abordados: o assunto foco da modelagem de dados, as definições para modelos de dados sob diferentes abordagens, uma descrição histórica da evolução dos modelos de dados e uma hierarquia de modelos de dados, considerando níveis de abstração envolvidos com os mecanismos para armazenamento persistente de dados e com o processo de seu desenvolvimento.

Palavras Chave: Modelo de Dados, Modelagem de Dados, Gerência de Dados, Sistemas de Informação.

1. INTRODUÇÃO

Um bom *modelo*, tal qual uma boa estória, é uma descrição de um mundo (ou, ao menos, de

uma porção selecionada e isolada deste mundo), que pode ser o real ou algum outro imaginário. É uma maquete, representação codificada de objetos, processos e seus inter-relacionamentos. É a

visão de um universo colocada dentro de uma xícara de café.

Modelos permitem a representação de processos, entidades ou eventos de forma *abstrata*¹, possibilitando o estudo e análise de partes de um problema ou situação, escondendo detalhes que podem não ser importantes para a maioria dos interessados. Modelos são usados em todas as áreas de conhecimento, principalmente naquelas preocupadas com a produção de bens, com o entendimento de fenômenos e com a previsão de tendências.

O real poder dos modelos reside na habilidade que seus usuários ganham para poder especular sobre as conseqüências de mudanças nas características dos elementos enfocados e modelados, tratando-os em conjunto como um sistema, com parâmetros de entrada e resultados.

Em particular, o interesse existente é com os ditos *modelos de dados*, cujo conceito, para [1], é tão genérico quanto qualquer conceito matemático que apresente os valores que objetos de dados podem assumir (parte estática) e as operações realizáveis sobre os dados (parte dinâmica). Em particular o interesse recai em prescrições, não necessariamente com base matemática, que são usadas no desenvolvimento de sistemas de informação, mais especificamente para a integração de dados e respectivas informações, tradicionalmente, contemplando sistemas que venham a ter bases de dados (BDs) ou arquivos, ou mesmo aqueles desenvolvidos a partir de uma abordagem orientada a objetos [16].

Devido à forte interdependência histórica entre modelos de dados e a arquitetura e estruturação de BDs, algumas vezes a palavra modelo é usada para significar descrição esquemática² ou física de uma BD. Essa mesma interdependência ocasiona uma dificuldade de se descrever, entender e utilizar modelos de dados sem necessariamente existir uma BD envolvida.

Assim, tanto quanto possível no que se segue, tenta-se desvencilhar modelos de dados de BDs, considerando que um modelo de dados corresponde a um mecanismo que permite especificar descrição e, em alguns casos, a interpretação de dados³. Adota-se, então, o termo *modelagem* para o resultado obtido na utilização de tal mecanismo, seja este resultado incorporado ou não a uma BD.

Inicialmente, após esta introdução, são apresentados conceitos envolvidos com o assunto foco da modelagem de dados, ao mesmo tempo em que se procura definir o que vem a ser um modelo de dados, em termos de componentes. Segue-se uma descrição da evolução dos modelos de dados, considerando-se o tipo de requisitos das aplicações a que se destinam, além da apresentação de uma hierarquia de modelos de dados, que permite visualizar o leque de situações onde se pode utilizar modelos de dados e a possibilidade de mapeamento entre modelos de diferentes níveis hierárquicos. Finalmente termina-se com algumas conclusões.

2. O ASSUNTO FOCO DA MODELAGEM DE DADOS

Em um mundo (real ou imaginário) existem objetos (entidades ou fenômenos) e fatos associados a objetos, além de processos e eventos, envolvendo fatos e objetos, sobre os quais deseja-se obter informação ou sobre os quais deseja-se passar informação, seja para uma ou várias pessoas, seja num determinado instante, seja repetidamente, em instantes imprevisíveis, e para isso tem-se a intenção de armazenar a informação⁴.

Pessoas, de forma natural, armazenam informações em suas memórias e, quando as recuperam, o fazem através de associações, sendo que a apresen-

(1) Abstração é a maneira pela qual, mentalmente, tratamos uma informação para que possa ser registrada, armazenada e recuperada a partir de uma estrutura, em diferentes níveis de detalhe e diferentes perspectivas [19]. A finalidade de uma abstração é permitir que o usuário se concentre nos detalhes relevantes, ignorando os irrelevantes (em que o significado de relevante depende do usuário e da aplicação em questão) [17].

(2) A conceituação do termo esquema é realizada no item 4, adiante.

(3) Definições para os termos descrição e interpretação de dados são apresentadas no item 2, em seguida.

(4) Conforme é visto no item 2.1, em seguida, não se consegue armazenar informação propriamente em meios sintéticos, assim, considera-se a intenção de seu armazenamento. No contexto deste trabalho, considera-se que essa intenção é dirigida pela posterior passagem da informação, independentemente do número de pessoas alvo e da quantidade de vezes que isso possa ocorrer.

tação (reprodução) é realizada, na maioria das vezes, através da utilização de linguagem natural, em termos de objetos, propriedades de objetos, relacionamentos, comportamento, restrições e instante de ocorrência. No lugar da linguagem natural pode ser considerado um outro sistema de símbolos, utilizado para a troca simbólica de informações, tal como a escrita, a pintura, o desenho entre outros.

Historicamente, quando intenciona-se armazenar informação em meios sintéticos⁵, a título de reprodução posterior, necessita-se captar, capturar e registrar aspectos da parte do mundo que interessa, denominado *domínio de interesse*, geralmente através da representação das percepções, utilizando-se de um sistema de símbolos, que também possa ser usado para posterior reprodução.

As representações de percepções, por sua vez, podem ser mais ou menos ricas de significado⁶, em relação ao mundo focado. Primeiro porque o processo de percepção é complexo, devido à quantidade de detalhes, perspectivas e contextos possíveis de existir a cada instante e, portanto, necessita ocorrer através da realização de uma síntese do que realmente pode ser e é percebido, e, segundo, porque o tipo de meio, que se usa para se representar e registrar os elementos de informação de interesse, pode não ser o mais adequado para essa representação e registro⁷ e, ainda, porque pode oferecer pouca ou nenhuma possibilidade de se incorporar significado.

Atualmente é possível a captura, o armazenamento de registro e a reprodução de imagens (estáticas ou temporalmente contínuas), sons e, até, sensações sensoriais, em meios sintéticos, sem a necessária interferência de pessoas para a representação dos objetos de interesse. Isto significa ser possível o armazenamento do registro de cópia quase fiel dos elementos de interesse. Quase fiel porque vários elementos do domínio de interesse não são

capturados, havendo, na grande maioria dos casos, a necessidade de contextualização do que foi capturado e, assim, recai-se na situação anterior da percepção e representação. O resultado do processo de registrar, de agora em diante, compreende tanto a representação quanto a cópia "quase fiel" no domínio de interesse.

Mesmo assim, apesar da quase fidelidade, os elementos de interesse capturados podem ser reproduzidos e percebidos repetidamente, por diferentes pessoas, gerando informação sem intermediações e com distorções minimizadas⁸.

Ao processo de registrar informações podem ser somados os seguintes complicadores: um mesmo elemento de informação pode necessitar ser descrito a partir de diferentes perspectivas ou, mesmo, ser capturado de diferentes maneiras⁹, que necessitam permanecer consistentes; além disso, pode ser necessária a descrição de elementos que evoluem no tempo¹⁰, com a consistência entre as versões de sua descrição necessitando, também, ser mantida.

2.1. Informação e dado

Utiliza-se a seguinte definição para informação: é o incremento de conhecimento que pode ser inferido a partir da percepção de (parte de) um mundo. Resultados de um processo de registrar elementos de informação em meios sintéticos, a título de posterior recuperação e apresentação de informação, são denominados dados.

O dado, sujeito da modelagem de dados, corresponde, então, primeiro ao registro de um elemento de informação, que, eventualmente, por ter sido percebido e representado, se torna discreto, devido à abstração usada na sua representação; e, segundo, aos descritores¹¹ que permitem a sua manipulação.

(⁵) Meios sintéticos são aqueles diferentes e externos à memória humana, como o papel, a fotografia, etc.

(⁶) A conceituação para significado é realizada no item 2.1, em seguida.

(⁷) O termo registro é usado no sentido de ato de registrar e não deve ser confundido com o conceito de estrutura de dados (originário do primeiro). Exemplo de meio inadequado para registro é a escrita para se registrar um ruído ou uma sinfonia para se registrar um pagamento efetuado.

(⁸) Distorções são, naturalmente, produzidas pelas intenções e diferenças entre os agentes responsáveis pela percepção e representação.

(⁹) Exemplo de captura em diversas perspectivas é de uma radiografia, um eletroencefalograma e uma ecografia de uma mesma pessoa.

(¹⁰) Exemplo de elementos que evoluem no tempo é o de um produto em fase de projeto.

(¹¹) Um descritor é um mecanismo que permite a descrição de algum aspecto do dado, como, por exemplo, a sua estrutura.

Todo dado corresponde a elementos de informação, através dos quais é possível obter-se informação sobre o domínio de interesse. O que se registra e, talvez, descreve, total ou parcialmente, ou representa o elemento focado da informação é denominado predicado e constitui o que costuma-se denominar conteúdo, enquanto que o significado do predicado, também denominado asserção, ajuda na interpretação do predicado, quando da reprodução do dado.

Convencionalmente, o que existe de relativo à interpretação para dados reside nos programas¹² que os manipulam. Isto, geralmente, ocasiona, quando os dados são compartilhados por vários programas, diferentes interpretações. Assim, é interessante que as asserções, tanto quanto possível, sejam armazenadas junto aos predicados e, desta maneira, o dado passa a apresentar duas componentes complementares e a modelagem de dados deve passar a incorporar tanto predicados quanto asserções.

O armazenamento de dados exige a sua organização, ou seja, o seu agrupamento em estruturas para que possam ser manipulados. Essa estruturação, em princípio, está diretamente ligada a detalhes de funcionamento de computadores (hardware e software) e é necessária tanto para os conteúdos, que são diretamente capturados no domínio de interesse e registrados em estruturas providas automaticamente pelas ferramentas de captura, quanto para os conteúdos frutos de representação, registrados em estruturas providas por ferramentas de edição ou autoria.

O conceito de dado passa a abranger sua organização estrutural, o conteúdo ou valor contido nessa estruturação e indicações implícitas ou explícitas (para o software controlador) sobre essa organização, de modo a permitir localização, acesso e modificação. Geralmente, dados apresentam um tipo, cuja sintaxe estabelece regras de manipulação (operações e restrições aplicáveis) e cuja semântica estabelece o significado do estado pré e pós solicitação de operações. Essa semântica, via de regra, não se relaciona a domínios de interesse, mas é computacionalmente orientada e genérica.

2.2. Rumo a uma primeira definição para modelo de dados

As construções usadas para modelar estruturalmente os objetos do domínio de interesse são comumente denominadas objetos ou entidades. Objetos podem se relacionar através de categorias ou classes, se apresentam similaridades, que por sua vez são descritas como propriedades. Os aspectos que associam uma categoria de objetos a outra(s) são modeladas por construções denominadas relacionamentos.

As propriedades e relacionamentos de uma categoria, por sua vez, podem ser classificados em estáticos e dinâmicos. Os estáticos correspondem às propriedades e relacionamentos que são, relativamente, invariantes no tempo, enquanto que os dinâmicos correspondem à natureza evolutiva do domínio de interesse.

Geralmente, um domínio de interesse não é estático [38], assim, a sua modelagem necessita considerar como e em quais condições ocorre a evolução dos aspectos dinâmicos. Este "*como condicional*" pode ser representado através de operações¹³, que agem sobre propriedades e/ou relacionamentos e que podem ser desde operações básicas atômicas, até transações complexas.

A existência de categorias e a necessidade da incorporação de operações, para a representação mais completa do domínio de interesse, ocasiona a necessidade da especificação de regras de integridade ou *restrições*, que garantam que:

- haja controle na manipulação dos aspectos dos objetos de acordo com a(s) categoria(s)¹⁴ a que pertençam,
- os aspectos dinâmicos, uma vez que sofram mudança (evolam) ocasionada por uma ou mais operações, saiam de um estado válido para um outro estado válido, ou
- operações não ocasionem mudanças não previstas nos aspectos dinâmicos ou estáticos.

(¹²) A partir deste ponto em diante, são considerados apenas computadores e seus periféricos como os mecanismos para a captura de elementos de informação, bem como para descrição, registro, armazenamento e reprodução de dados.

(¹³) Do ponto de vista conceitual, para [38], operações podem ser consideradas objetos, até mesmo com relacionamentos entre elas.

(¹⁴) Em alguns modelos de dados é possível que um determinado objeto pertença a mais de uma categoria, seja porque existe uma hierarquia de categorias, caracterizando o relacionamento "é-um", seja porque existe hereditariedade múltipla (as propriedades e relacionamentos do objeto são descritas a partir de mais de uma categoria).

A própria noção de transação, segundo [17], é necessária porque, implicitamente representa uma restrição, em relação a execução "atômica" de todas as operações que a compõem, e talvez, na mudança de um aspecto dinâmico não seja possível ir de um estado válido para outro, sem passar por um estado não válido.

Em um primeiro momento, então, um modelo de dados compreende, na visão de [17], os seguintes componentes:

- coleção de tipos de estruturas de dados, ou seja, regras segundo as quais os dados estão estruturados (convencionalmente em tabelas ou grafos), geralmente, para a representação das categorias de objetos no domínio de interesse,
- coleção de operadores ou regras de inferência (convencionalmente de especificação), que podem ser aplicadas às descrições e registros de entidades, de acordo com os tipos de estruturas de dados,
- coleção de regras de integridade genéricas, que implícita ou explicitamente definem um conjunto de estados ou mudanças de estado consistentes e íntegros para o conteúdo e suas estruturas.

Note-se nesta primeira definição de modelo de dados a preocupação com a descrição de aspectos de elementos de informação, em detrimento do significado e, por conseguinte, da interpretação da descrição.

A ênfase descritiva se deve à (ainda atual) dificuldade dos computadores manipularem linguagem natural, ou outra forma para codificar significados de descrições (interpretações), além do (não tão atual) alto custo do armazenamento não volátil. Assim, a maioria dos modelos de dados pioneiros representam informação em estruturas de dados denominadas *registros*, pois estas construções, além de serem a base comum para se registrar dados nas aplicações então existentes, são mais amenas à manipulação e ao consumo de recursos computacionais.

Em decorrência, se estabeleceu uma (falsa) crença de que, para a representação de percepções, é necessária (não suficiente) apenas a representação

de elementos de informação atômicos¹⁵ existentes [44], no entanto, não existe mecanismo de representação conhecido que permita uma interpretação fácil de elementos complexos a partir de elementos atômicos. Além disso, passou a ser comum o descarte do estado passado dos elementos de informação, quando da evolução do domínio representado, mantendo-se armazenando apenas o último estado válido, resultante da ação das últimas operações executadas.

Em termos computacionais, neste primeiro momento, um modelo de dados define as regras gerais de acordo com as quais os dados podem ser organizados, permitindo a especificação da estrutura dos dados e, algumas vezes, das operações, que se podem realizar sobre estes, e das restrições de integridade. Quando isto ocorre, segundo [44], diz-se que se estabeleceu *atenção* do domínio de interesse que se representa, enquanto que os valores, que eventualmente venham a ser armazenados nessas estruturas, que sofram essas operações e obedeçam a essas restrições, constituem a *extensão*.

2.3. A necessidade de incorporação de significado aos dados

A separação da descrição de seu significado, que ocorre na maioria dos modelos de dados mais difundidos, causa dificuldades no uso dos dados. Como decorrência, passa a haver a necessidade e a preocupação com a produção de asserções, na tentativa de também capturar e codificar parte do significado intrínseco e orientado ao domínio de interesse (e à aplicação, se for o caso).

Tentativas de prover maior significado, do que aquele inerente à representação do tripé estrutura, operação e restrição, tomando tipos registro como estrutura, são descritas como a incorporação de conteúdo semântico¹⁶ às representações ou, mesmo, aos elementos de informação capturados. Na realidade, incorporação de um maior poder de expressão, que facilite a interpretação dos dados.

O enfoque inicial da captura adicional de semântica ficou centrado nas dependências interrelacionais tanto de objetos, quanto de categorias,

(¹⁵) Um elemento de informação atômico é um elemento que não apresenta decomposição.

(¹⁶) Semântica é a disciplina que lida com relacionamentos entre palavras e coisas às quais se referem essas palavras.

principalmente com a preocupação de distinguir várias formas de relacionamentos e, em decorrência, com a criação de padrões de significado para cada tipo de dependência e correspondentes operações e regras de integridade aplicáveis.

2.4. Uma definição de modelo de dados com aspectos semânticos

Enquanto os modelos baseados em registros provêm uma maneira única de se representar elementos de informação, os modelos semânticos, através de abstrações, permitem a modelagem e a visão dos elementos de informação em vários níveis.

Apesar de não se encontrar uma definição, para modelos de dados que incorporem aspectos semânticos, que seja amplamente aceita, como ocorre com a definição para os modelos de dados baseados em registros, consideram-se como fundamentais as seguintes características [38]:

- representação de objetos atômicos (tipos primitivos),
- representação de relacionamentos (como atributos, entidades, elementos independentes ou funções),
- suporte a abstrações padrão (generalização, agregação, classificação e associação)¹⁷,
- redes ou hierarquias de relacionamentos,
- derivação/hereditariedade¹⁸ (para manipulação de informações repetidas),
- restrições de inserção, remoção e modificação (para manutenção da integridade),
- grau de expressão da semântica de relacionamentos (cardinalidade, valores nulos, relacionamentos inversos, derivações, hereditariedade ou valores "default").

(¹⁷) Generalização é a maneira pela qual diferenças entre objetos similares são ignoradas para a formação de uma categoria (tipo) de maior ordem, em que as similaridades podem ser enfatizadas.

Agregação é a forma pela qual relacionamentos "ser-parte-de" entre categorias podem ser considerados através de uma categoria de nível mais alto, que reflita o significado do "todo".

Classificação é a forma de abstração em que uma coleção de objetos é considerada em um nível mais alto, representando o relacionamento "é-instância-de".

Associação é a forma de abstração em que um relacionamento entre objetos membros é considerada em um nível mais alto, significando "é-membro-de".

(¹⁸) Derivação é a maneira pela qual propriedades ou relacionamentos podem ser computados, a partir de outras propriedades ou relacionamentos.

Hereditariedade é a maneira pela qual os objetos de uma determinada categoria têm propriedades e relacionamentos definidos, a partir de categoria(s) de mais alta ordem do que a da categoria a que pertencem.

(¹⁹) A modelagem de dados original e tradicionalmente é considerada como constituída pela, só e tão somente, modelagem estática.

Note-se nesta definição que não são enfatizadas as componentes relativas a restrições de consistência genéricas e, principalmente, a operações, embora possa-se argumentar que elas estão implícitas nas demais componentes. Note-se, também, que a quantidade de significado incorporada à modelagem é muito reduzida.

Um modelo semântico, evolução do modelo baseado em registros, é composto, então, do tripé estrutura, operação e restrição, relativo à componente organizacional dos dados, em conjunto com relacionamentos, devidamente identificados de acordo com seus significados semânticos, sejam funcionais ou relacionais, além de algumas restrições de integridade e operações básicas para manipulação de propriedades dinâmicas.

2.5. A necessidade de incorporação de aspectos comportamentais aos dados

A descrição de operações e transações é denominada *modelagem dinâmica* e é o contraponto da *modelagem estática*, que abrange basicamente a descrição de propriedades de categorias e relacionamentos e é enfatizada nos modelos de dados baseados em registros e nos modelos de dados semânticos.

Da mesma maneira que, tradicionalmente, o significado dos dados residia nos programas que os manipulavam, a modelagem dinâmica era considerada e tratada como uma perspectiva à parte da modelagem de dados¹⁹. Porém, a partir do instante em que, por motivos de redundância e diferenças de interpretação, passa-se a considerar interessante que registros de elementos de informação residam juntamente com seus significados, passa-se também a considerar

interessante agregar a descrição comportamental dos elementos de informação e, assim, os dados passam a apresentar duas perspectivas de especificação: a estrutural estática e a comportamental ou dinâmica; as quais devem permitir a geração de descrições, juntamente com significados semânticos incorporados.

A abordagem da orientação a objetos para implementação de programas, oriunda de linguagens de programação, permite que os aspectos comportamentais, tanto dinâmicos quanto de integridade, sejam especificados de maneira integrada aos aspectos estruturais, através do encapsulamento²⁰ das operações e restrições (métodos) com a estrutura e conteúdo das partes dos objetos, que são por elas modificados e que necessitam permanecer íntegros. Além disso, essa abordagem permite que uma certa quantidade de aspectos semânticos seja descrita. Assim, nada mais normal do que passar a considerar modelos de dados orientados a objetos.

Os modelos de dados orientados a objetos são considerados uma evolução sobre os modelos de dados semânticos, pois permitem a consideração da perspectiva comportamental [2], apesar de que, em termos de poder de expressão para abstração estrutural, costumem ser menos poderosos que os modelos semânticos. Existem, ainda, pesquisadores (por exemplo [38]) que consideram que os modelos de dados semânticos compreendem os ditos orientados a objetos, devido a existência de alguns modelos de dados híbridos.

2.6. Uma definição de modelo de dados com aspectos comportamentais

Um exemplo de modelo de dados orientado a objetos encontra-se definido no padrão ODMG-93²¹ [9], que resumidamente é constituído por:

- uma primitiva básica para modelagem, que é o objeto,
- categorização dos objetos em tipos (objetos com mesmo tipo exibem comportamento e domínio de estado comuns),

- comportamento dos objetos, que é definido por um conjunto de operações que podem ser executadas sobre uma categoria de objetos,
- estado dos objetos, que é definido pelos valores de um conjunto de propriedades (atributos ou relacionamentos com outros objetos).

Segundo [39] os três primeiros aspectos constituem a base mínima de um modelo de dados com orientação a objetos.

Os dois primeiros aspectos apresentam correspondentes nos modelos semânticos, e, de forma genérica, orientam a modelagem estrutural para os objetos de informação no domínio de interesse. Ambos os aspectos sugerem que um modelo orientado a objetos suporta primitivas para abstração semântica explícita, para representação direta de objetos, categorização de objetos e restrições de integridade, entre outras. As primitivas para modelagem semântica, mais comumente encontradas, são a classificação (categorização) e a herança.

Modelos de dados orientados a objetos podem, então, ser definidos, segundo [31], como constituídos por:

- um núcleo do modelo, que corresponde à definição de modelo orientado a objetos, vista anteriormente, mais
- restrições semânticas e de integridade, além de
- um número de relacionamentos semânticos.

Note-se que esta definição, apesar de ser uma evolução em relação aos modelos de dados existentes, continua essencialmente com a preocupação descritiva, sendo que o pouco de incorporação de significado é menor ou igual à aquela obtida através dos modelos de dados semânticos. Note-se também, que a modelagem de objetos de interesse obrigatoriamente passa pela categorização, cuja descrição compreende tanto os aspectos estruturais quanto os comportamentais.

⁽²⁰⁾ O encapsulamento de conteúdo, estrutura e operações provê as seguintes vantagens, segundo [6]: o ocultamento da estrutura dos dados e da implementação das operações, a conseqüente independência de dados e a modularidade.

⁽²¹⁾ ODMG-93 é o resultado da definição de um padrão para sistemas para gerência de bases de dados orientadas a objetos, patrocinado e com contribuições de diversas companhias de software, incluindo tanto padronização para o modelo de dados quanto para linguagens de manipulação, definição e consulta.

2.7. A necessidade de incorporar estruturação associativa e aspectos temporais

Os modelos de dados vistos até aqui (baseados em registros, semânticos e orientados a objetos) têm sua definição dominada pela perspectiva organizacional e, assim, via de regra, oferecem regras para estruturação do conteúdo dos dados expressas de maneira compreensiva. E essas regras, na maioria dos casos, se baseiam no processo de desenvolvimento da escrita, principalmente, da cultura ocidental.

Dentro deste contexto, o conceito de hipertexto, e por extensão de hipermídia²², introduz uma nova perspectiva organizacional à modelagem de dados. A hipermídia permite a personalização da organização do conteúdo dos dados, através da criação de conexões arbitrárias (ligações) entre pedaços de conteúdo de dados.

As ligações em conjunto podem ser vistas como uma estrutura ligada para o conteúdo dos dados, que tenta copiar a habilidade do cérebro de acessar informação rápida e intuitivamente, através de referências (associações). Esta estrutura associativa não é a única forma organizacional em um hiperdocumento, continua havendo ainda a necessidade da organização estrutural tradicional.

A estrutura associativa, denominada *hiperestrutura*, é tão diferente de qualquer outra forma organizacional conhecida, que é até difícil de descrevê-la como uma verdadeira estrutura. Ela não é linear, é explicitamente não seqüencial, nem é hierárquica, nem em rede. Portanto, pode parecer caótica e entrópica. Além disso, por sua própria natureza, a hipermídia está diretamente relacionada à interação, ou seja, a hiperestrutura existe para permitir a um usuário, interativamente, percorrer as ligações (navegar) e acessar o conteúdo dos dados, teoricamente, sem ordem preestabelecida. Essas peculiaridades acarretam, segundo [20], a necessidade do desenvolvimento de um novo tipo de modelo de dados específico

e, segundo [29], em particular para o aspecto da navegação.

Estruturalmente, um sistema com hipermídia é equivalente a uma rede semântica, onde nós podem ser expandidos em uma variedade de formas visuais, auditivas e, porque não, sensoriais. Mais do que uma rede de nós e ligações, é um objeto estruturado com comportamento e restrições, além, é claro, de significado. Sem um modelo de hipermídia, o desenvolvimento de sistemas com hipermídia torna-se não gerenciável conforme o número de nós e ligações cresce de maneira desestruturada [37]

Não há um consenso de como modelar hipermídia, várias são as propostas para modelagem²³ e existem, até, alguns esforços para padronização, como é o caso do MHEG²⁴ [10].

A hipermídia significa, implicitamente, uma mistura de hiperestrutura com multimídia, onde o conteúdo dos dados pode ser registrado em diferentes tipos de mídia. Mas, independentemente da estrutura associativa, a possibilidade de integrar áudio e vídeo, como meios para se registrar informações, pode requerer formas para a especificação de sincronização temporal entre conteúdos de dados, para sua apropriada apresentação²⁵.

Geralmente, um *objeto multimídia*, resultado de processos de captura ou representação na presença de multimídia, pode ser um agregado altamente estruturado de componentes mais simples, como ocorre em um vídeo e que também podem ser considerados como objetos multimídia. Cada objeto multimídia simples pode ser visto como um pedaço de dados, cujo conteúdo está relacionado a qualquer um dentre os diferentes tipos de mídia.

Componentes multimídia baseados em tempo ainda podem conter pedaços de conteúdo derivados, que são definidos em função de outros conteúdos, e gerados somente quando necessário, provendo, segundo [22], um certo tipo de independência física de

(²²) A hipermídia chega a ser considerada a ciência do relacionamento, por [3], e, nessa perspectiva, refere-se à estruturação, apresentação e possibilidade de acesso direto ao conteúdo e a interconexões, dentro de um domínio de interesse, através de associações conceituais entre pedaços de dados.

(²³) Algumas referências de propostas de modelos são apresentadas no item 3, em seguida.

(²⁴) MHEG (Multimedia and Hypermedia information coding Expert Group) é um padrão em discussão para o registro codificado de objetos multimídia ou hipermídia em sua forma final, que serão trocados entre serviços e aplicações, em qualquer forma (meio de armazenamento, LAN, rede de telecomunicação, etc.).

(²⁵) A necessidade de sincronismo entre conteúdos com características de continuidade temporal pode ser visto em um filme, seu som e falas, e destes com as legendas de tradução.

dados, havendo, então, a necessidade da descrição dessa derivação.

Os componentes (digitais ou não²⁶) de um objeto multimídia podem se relacionar de diversas maneiras, sendo que alguns desses relacionamentos, além de envolverem componentes do próprio objeto multimídia, podem envolver componentes de outros objetos multimídia.

É possível que um determinado objeto multimídia dê origem a diferentes *objetos de exibição*, que correspondem rudemente ao que é exibido ao usuário, havendo a preservação de parte do conteúdo dos dados registrados, devido a fatores como: segurança, perfil e preferência do usuário, e recursos disponíveis, entre outros. Além disso, durante a autoria de um objeto multimídia, é permitida a criação de diversas visões do mesmo, denominadas *perspectivas*, cada uma das quais responsável pela origem de um objeto de exibição, que, por sua vez, pode necessitar sofrer adaptações provenientes do comportamento dinâmico do ambiente de transmissão e exibição.

Cada perspectiva deve permitir a identificação dos componentes que realmente serão (ou poderão ser) exibidos e seus relacionamentos, juntamente com a informação computacional sobre formato de codificação, duração e localização.

Um objeto de exibição é um todo, do ponto de vista de sua manipulação, deve ser lido, ouvido, visto, sentido e/ou consumido, podendo ocorrer a interação do usuário com o veículo exibidor. Esta interação ocasiona início de atividade computacional, que pode resultar em: mudança no objeto em exibição (da parte sendo exibida, da forma, velocidade ou qualidade de exibição); mudança do contexto em exibição (para um novo objeto ou para outro nível de representação²⁷); ou atualização de dados (modificação, inserção ou remoção).

Como pode ser percebido, um outro nível de modelo de dados é necessário, com vistas a facilitar o

processo de captura e registro de elementos de informação, considerando os requisitos de agregação de interpretação ao conteúdo, a existência de várias mídias e a possibilidade de acesso não seqüencial. Esse novo tipo de modelo de dados permite a obtenção de modelagens de dados em níveis de abstração mais altos, que apesar de poderem sofrer influência do distante computador, devem considerar vários fatores impactantes no resultado ou no processo de realização da modelagem, segundo [23], e apresentados a seguir. Os quatro primeiros deles diretamente relacionados ao domínio de interesse e os dois últimos diretamente geradores de interferência no (posterior) processo de desenvolvimento de programas ou BDs:

- formas de acesso aos dados,
- relacionamentos entre diferentes dados,
- disponibilização de diferentes perspectivas de visualização de dados,
- segurança de acesso aos dados,
- recuperação a partir do armazenamento e facilidades suportadas para acesso aos dados,
- reuso e facilidades para manutenção dos dados.

Um modelo de dados para hipermídia requer, além dos mecanismos para a especificação estrutural-semântica (tradicional), comportamental e de integridade, mais:

- modelos para percepção, que englobam modelagem de distribuição espacial, temporal, seletividade e apresentação²⁸, relativos à parte multimídia;
- modelo hiperestrutural ou de navegação²⁹, relativo à parte associativa;
- modelo para a parte comportamental e de integridade da interação homem-computador;

(²⁶) Pode-se manipular a partir do computador conteúdos de dados registrados em forma análogica e armazenados externamente, havendo necessidade de algum tipo de integração entre o mecanismo externo e o computador para localização e disponibilização do conteúdo.

(²⁷) Exemplo de mudança de contexto é a que ocorre quando o usuário solicita informações sobre o objeto cujo conteúdo encontra-se em exibição.

(²⁸) Distribuição espacial ou como os componentes ocupam o espaço de exibição. Continuidade temporal ou como dois ou mais componentes necessitam ser exibidos como um todo ou dependem um do outro em relação ao tempo de exibição. Seletividade ou qual de dois ou mais componentes deve ser considerado para exibição. Apresentação que compreende aspectos diretamente vinculados à apresentação de conteúdo, tal como tamanho de símbolos, cor, contraste, tamanho de janela, etc.

(²⁹) Mais do que apenas a especificação de uma rede de nós e ligações, é necessário, também, especificar como os dados são acessados e navegados, isto porque podem existir tipos específicos de ligações que implicam em comportamento específico (interno ou externo ao contexto em que o usuário se encontra no instante da navegação).

- incorporação de significado a todos os objetos resultantes das diversas modelagens, permitindo a agregação de asserções não relacionadas e não cobertas pelos modelos que descrevem estrutura, comportamento, percepção, interação ou navegação, provendo auxílio para a interpretação dos dados, caso esta seja necessária.

Além disso, dois outros conceitos relacionados a tempo podem necessitar ser especificados: o primeiro relativo à evolução, ou seja, estabelece a seqüência em que os dados sofrem mudanças ou são criados ou removidos; o segundo relativo à validade, que engloba o instante da evolução e tempo de validade (duração da utilidade dos dados).

3. EVOLUÇÃO DOS MODELOS DE DADOS

Modelos de dados são, desde seus primórdios, fortemente relacionados à atividade de projeto de BDs, pois o projeto de uma BD nada mais é do que a construção de um modelo de uma parte de um mundo real ou imaginário, de maneira que possa ser entendido por várias pessoas, os usuários da BD.

As tarefas de projeto e desenvolvimento de BDs, tradicionalmente desenvolvidas artesanalmente, muitas vezes de maneira inconsistente, ganham muito com a utilização de modelos de dados, que, se bem usados, permitem o aparecimento de um processo estruturado e racional, baseado em métodos bem definidos de projeto [46].

O registro é uma das estruturas de dados mais básicas que existem e, tradicionalmente, tem sido usado como a unidade lógica para armazenamento não volátil de conteúdo de dados, tanto em arquivos, quanto em BDs. Os campos, que um registro pode conter, podem ser definidos em termos de seu tipo, estabelecendo sua sintaxe e sua semântica, parcialmente relacionada ao seu significado na aplicação.

Como não poderia deixar de ser, originalmente, os modelos de dados sofreram o impacto da cultura do registro, ou seja, foram criados de maneira a estarem

sempre direcionados à forma como se registrava informação em computadores³⁰, para aplicações bancárias, folhas de pagamento, controle de inventários e similares. Surgiram, então, o que denominamos modelos de dados baseados em registros, dos quais salientamos três enfoques básicos e diferentes:

- o relacional [14],
- em rede [41] [13] e
- o hierárquico [43].

Esses modelos de dados, utilizam a estrutura de registros como unidade básica para representar e registrar conteúdo de dados, além disso, utilizam as abstrações da relação ou tabela³¹ e de relacionamentos.

Não se pode proclamar que, em suas conversações e processos de pensamento, as pessoas entendam informação apenas como tabelas ou grafos³². De fato, parece que a maneira natural de representação parece ser o diálogo ou o texto em linguagem natural. Além disso, foi rapidamente percebido que a organização inicial dos dados, por si, não determinava uma estrutura ótima para uma BD. Ao contrário, uma BD deveria ser projetada de acordo com a funcionalidade e uso que dela se desejava.

Assim sendo, nos últimos tempos têm havido uma preocupação de se criar modelos de dados orientados aos usuários, para que seja possível o entendimento de uma modelagem por leigos, através de, preferencialmente, meios naturais (convencionais) de comunicação. Uma modelagem de dados obtida através de modelos orientados a usuários é uma representação abstrata do domínio de interesse.

Uma conseqüência da existência de modelos orientados aos usuários é a necessidade de um mapeamento, primeiro dos aspectos do domínio de interesse para uma descrição fruto desse tipo de modelagem, inteligível aos usuários, denominado a parte *infológica* da modelagem. Em segundo lugar, dos conceitos infológicos básicos em representações computacionais, denominado a parte *datalógica* da modelagem [34].

(³⁰) O processo de registrar informação é tradicionalmente realizado de forma textual, em campos com características pré-estabelecidas, geralmente, tamanho pequeno e tipo registro.

(³¹) Uma relação representa uma categoria de entidades, onde cada tupla contém os dados de uma entidade específica e, em conjunto, podem ser representadas como uma tabela.

(³²) Os modelos de dados utilizam grafos para representar categorias (nós) e relacionamentos (arestas) e permitir uma visualização mais amigável ao usuário.

A parte infológica é totalmente independente dos mecanismos computacionais ou atributos de dispositivos físicos, que podem ser utilizados para a armazenagem dos dados, e é usada para orientar e documentar o processo de elucidação dos requisitos de informação, além de prover um meio de comunicação de alto nível destes requisitos a usuários e implementadores.

Os modelos baseados em registros enfatizam a parte datalógica da modelagem, principalmente devido a sua origem histórica. Enquanto os modelos de dados hierárquico e o em rede evoluíram a partir do processamento de arquivos e sistemas de geração de relatórios, o modelo de dados relacional, por outro lado, é baseado mais em fundamentos teóricos do que em experiência prática [44], mas, mesmo assim, considerando a então maneira como se realizavam projeto e implementação de aplicações.

Em seguida ao aparecimento dos modelos de dados baseados em registros, percebeu-se a necessidade de desenvolvimento de modelos de dados infológicos, que permitissem uma maior facilidade para se capturar e codificar significado no projeto, tanto de aplicações convencionais, quanto de outras novas aplicações³³.

Os aspectos semânticos relativos à organização estrutural dos dados é o foco do que pode ser considerado uma nova geração de modelos de dados, os modelos de dados semânticos. Nestes a evolução, em relação à geração anterior, passa pela possibilidade de uso e visão de várias abstrações estruturais estáticas, em níveis variados, da parte do domínio de interesse, que se quer representar.

Alguns modelos de dados semânticos interessantes são o Modelo Entidade-Relacionamento [11], conhecido por MER; o modelo suportado pela linguagem TAXIS [4]; o Modelo de Dados Semântico [25], SDM; o modelo RM/T [15], extensão do modelo de

dados relacional criada pelo próprio mentor do modelo relacional; e o Modelo de Eventos [32].

Apesar da distinção entre modelos de dados semânticos e orientados a objetos não estar bem definida, pois existe uma sinergia entre eles, a não existência ou a pouca ênfase encontrada em vários modelos de dados semânticos em relação a aspectos comportamentais, permite o estabelecimento de uma terceira geração de modelos de dados preocupados em estender os modelos de dados semânticos pela incorporação da perspectiva comportamental ou funcional à perspectiva estrutural, incorporando operações em categorias³⁴.

O suporte de mecanismos para a definição de novos tipos estruturais e comportamentais, tem sido utilizado como justificativa para a utilização de modelos de dados orientados a objetos para responder pelas necessidades impostas por aplicações nas áreas de CAD, CAM, CASE, OAS e MM³⁵, entre outras. Porém, tem sido notada a ausência de suporte direto a novas perspectivas abstrações para um eficiente e adequado uso desse tipo de modelo de dados para algumas dessas aplicações, como é o caso com a hipermídia. Esta falha de suporte parece indicar a possibilidade de surgimento de uma nova geração de modelos de dados.

O paradigma da orientação a objetos, oriundo das áreas da Inteligência Artificial e Linguagens de Programação, foi descoberto e incorporado por pesquisadores atuantes nas áreas de Banco de Dados [31] [9] e Engenharia de Software [30] [16], criando uma espécie de congruência entre a modelagem de dados, com ênfase estrutural, desenvolvida pelos primeiros, e a modelagem de processos, com ênfase funcional, desenvolvida pelos últimos.

As idiosincrasias da aplicação da hipermídia já recebem suporte de modelos de dados semânticos e orientados a objetos estendidos, alguns deles consi-

⁽³³⁾ As novas aplicações são aplicações não convencionais para as quais as estruturas de dados apresentam tamanhos grandes e organizações complexas, refletindo hierarquias ou outras organizações mais genéricas, e, portanto, deficientemente suportadas pelos modelos de dados com tendências datalógicas.

⁽³⁴⁾ A incorporação se realiza utilizando o que se convencionou chamar tipos abstratos de dados, na área de linguagens de programação.

⁽³⁵⁾ CAD - Computer Aided Design,
CAM - Computer Aided Manufacturing,
CASE - Computer Aided Software Engineering,
OAS - Office Automation System,
MM - MultiMedia.

derados modelos de referência formais por [40]. Exemplos interessantes desses modelos são o modelo Dexter [24], utilizado primariamente para comparação e avaliação de ferramentas para construção de sistemas com hipermídia; o modelo de Lange [35], que procura explorar diversas abstrações relacionadas com a navegação de hiperdocumentos; o modelo Amsterdam [26], preocupado em combinar o modelo Dexter com a modelagem de aspectos temporalmente contínuos; e o modelo Tower [5], que considera várias das perspectivas encontradas na hipermídia como níveis de descrição.

4. A HIERARQUIA DE MODELOS DE DADOS

A categorização dos modelos de dados em infológicos (preocupados com a representação abstrata³⁶) e datalógicos (preocupados com a representação computacional ou física) pode ocasionar a necessidade de um mapeamento das modelagens da primeira categoria em modelagens da segunda, quando se deseja a implementação de um sistema de informação. E esse mapeamento pode, ainda, ser realizado em etapas.

Um projetista de BD, durante a fase preliminar de projeto, tem por objetivo transformar as descrições de requisitos de informação e requisitos de processamento em uma ou mais visões, posteriormente integradas, utilizando-se de um modelo de dados abstrato. O modelo de dados utilizado é, geralmente, distinto do modelo de dados base para a descrição estrutural (e algumas vezes de integridade) da BD. A descrição da BD ocorre durante a fase de projeto esquemático, que segue o projeto abstrato, e consiste (pode consistir) de uma tradução entre modelos de dados. Seguem, ainda, as fases de projeto de implementação e projeto físico, onde utilizam-se ferramentas de um Sistema para gerência de Bases de Dados (SBD) para a especificação da implementação propriamente dita.

Uma proposta consagrada para descrição de uma hierarquia de modelos de dados, denominada

arquitetura ANSI/SPARC [42] [8], estabelece os seguintes três níveis para modelagem:

- o nível abstrato ou externo, que representa uma visão abstrata para os dados que serão armazenados, enfocando os elementos de informação que são relevantes aos usuários, evitando aspectos relacionados com armazenamento, estratégias de recuperação ou desempenho;
- o nível esquemático ou intermediário³⁷, que permite a descrição de conteúdo e estrutura, considerando ou não a existência de uma modelagem abstrata, e utiliza mecanismos como tipos dos dados, relacionamentos entre tipos e regras de consistência para os mesmos, a partir do ponto de vista do projetista da BD;
- o nível físico ou interno, no qual estão descritas as estruturas físicas da BD, considerando sua implementação e sua gerência, da maneira como são vistas pelo S.O., incluindo tamanho e layout de campos e registros, blocos, buffers, etc.

Modelos de dados de alto nível ou abstratos estão mais próximos do usuário e de como este percebe o mundo e determinam, entre outras coisas, a organização dos dados em categorias e o meio em que se realizará o registro de dados (texto, áudio, vídeo ou gráfico, por exemplo), permitindo a especificação de abstrações de uma imagem parcial de um mundo real ou imaginário, focadas nos elementos de informação considerados relevantes, que são mais fáceis de entender do que conceitos computacionais, permitindo a captura dos requisitos de informação de uma aplicação.

Modelos de dados de baixo nível ou físicos provêm conceitos para a descrição de detalhes de como os dados ficarão armazenados, podendo ser inicialmente obtidos a partir de mapeamentos do nível externo, através de um mapeamento em modelos de dados esquemáticos, que escondem, ainda, alguns detalhes de armazenamento, mas que, às vezes,

⁽³⁶⁾ O termo abstrato é aqui utilizado para se referir aos subprodutos das atividades de coleta, elucidação e especificação de requisitos, que em alguns autores (por exemplo [18]) aparece como conceitual, ou (por exemplo [12] ou [17]), como lógico.

O termo esquemático, por sua vez, é aqui utilizado para se refletir aos subprodutos das atividades de projeto (preliminar e detalhado), que (por exemplo em [17]) denomina-se conceitual e que também são associados ao termo lógico em outros autores (por exemplo [37]). Note-se, ainda, que alguns autores utilizam os dois termos de maneira intercambiável, hora com o nosso significado de abstrato (por exemplo [38]), hora com o nosso significado de esquemático (por exemplo [38]), hora com nosso significado de abstrato (por exemplo [27]).

⁽³⁷⁾ Os modelos baseados em registros, o relacional, o em rede e o hierárquico, são considerados modelos esquemáticos.

podem ser implementados de uma forma, mais ou menos, direta.

A arquitetura ANSI/SPARC permite a obtenção de dois tipos de independência de dados em relação a programas:

- a independência esquemática, que permite a mudança do esquema³⁸ intermediário, sem necessariamente envolver mudança dos esquemas externos ou das aplicações, e
- a independência física, que permite a mudança do esquema interno, sem necessariamente envolver mudança do esquema intermediário.

Além disso, outro tipo de independência de dados possível é o de diferentes usuários terem visões diferentes dos mesmos dados.

A hierarquia estabelecida pelos mapeamentos entre modelos de dados, na realidade, pode representar uma estratégia de desenvolvimento de uma BD³⁹ para um domínio de interesse.

5. CONCLUSÕES

Dados devem ser organizados para serem úteis. Modelos de dados permitem especificar como essa organização pode ser especificada e quais as perspectivas⁴⁰ que devem ser consideradas para isso.

Um modelo de dados é uma ferramenta, que permite uma interpretação e uma visão suficientemente poderosas, para algum entendimento sobre como os dados podem ser organizados, considerando o significado daquilo que, como descrições ou registros, parcialmente representam, em um mundo real ou imaginário.

Entende-se, em um primeiro momento, por modelo de dados a um conjunto de regras e construções, que podem ser usados para a descrição da organização estrutural abstrata, esquemática ou física dos

dados relativos a um domínio de interesse, incluindo-se a isso, a preocupação com a descrição das operações, que permitam a sua manipulação, e as restrições, para manter a sua integridade. Pode-se estender esta definição para qualquer aplicação que requeira "estruturação de dados"⁴¹.

Grande parte dos conceitos e entendimento envolvidos com modelos de dados é originária da época em que apareceram os modelos de dados baseados em registros. Assim⁴², os modelos de dados que se seguiram apresentam um arcabouço oriundo dos modelos pioneiros.

Por um lado, o papel de um modelo de dados, que originariamente era apenas o de especificar as propriedades de uma futura BD, evoluiu para servir como um meio de comunicação, uma notação para pessoas [44], utilizando conceitos abstratos. Apesar disso, a maneira pela qual a maioria dos modelos de dados em uso expressam requisitos de informação, geralmente, não corresponde às maneiras como as pessoas percebem a informação na aplicação, uma vez que esta esteja desenvolvida, pois utilizam-se construções artificiais. Esta situação ocorre devido à necessidade de se representar as construções do modelo de dados em termos de construções computacionais.

Por outro lado, os modelos de dados têm evoluído, principalmente, para atender as necessidades das aplicações que surgem em cada época, decorrentes do aparecimento de novas tecnologias. Desta maneira pode-se, a partir dos modelos de dados existentes e de suas épocas de criação, traçar um perfil das aplicações por eles atendidas.

Modelos de dados baseados em registros, responderam, e bem, às necessidades das aplicações tipicamente comerciais e bancárias surgidas entre as décadas de 50 a 70, mas, segundo [45], não provêm suporte para a descrição de todos os aspectos envolvidos com o domínio de interesse, em especial com operações e relacionamentos.

⁽³⁸⁾ O termo esquema está sendo usado para significar o conjunto de informações computacionais que permitem inferir a estrutura de uma BD (tipos de dados, relacionamentos e restrições), embora esse mesmo termo seja usado para denotar o resultado de uma modelagem abstrata para um domínio de interesse em particular.

⁽³⁹⁾ Estratégias similares, em termos de organização, são encontrados na engenharia de software e são conhecidas como metodologias de desenvolvimento "passo a passo" e "top down".

⁽⁴⁰⁾ A extensão e quantidade das perspectivas que devem ser consideradas são questões abertas e em contínua mudança.

⁽⁴¹⁾ Entenda-se aqui por estruturação de dados à modelagem estrutural dos aspectos estáticos do domínio de interesse, nos termos tradicionalmente usados para o desenvolvimento de aplicações em computadores.

⁽⁴²⁾ Considerando-se que na área da Ciência da Computação, é melhor evoluir do que revolucionar.

A falta de expressividade nos modelos de dados convencionais⁴³ levou à extensão e à integração de conceitos de outras áreas da computação a esses modelos. Mesmo assim, segundo [45], há, ainda, uma distância muito grande entre a semântica das aplicações e a sua representação em uma BD.

Modelos de dados semânticos foram criados para resolver o problema do entendimento limitado do significado dos dados em uma BD, através da agregação de maior poder semântico. Estes modelos sofreram influência de aplicações em inteligência artificial entre outras, mas não abrangem, nas suas origens, aspectos comportamentais, que são compreendidos nos modelos de dados orientados a objetos. Porém, ambos, em essência, não comportam mecanismos para o suporte de hipermídia, além de outros tipos de aplicação.

Como resultado dessa inadequação, modelos para estruturação de documentos⁴⁴ passaram a ser usados como paliativos, mesmo não suportando, de maneira adequada, multimídia e computação, em especial, na visão de [47], não permitindo que o usuário especifique e controle a semântica para navegação de documentos. Além disso, na visão de [7], esforço adicional é necessário para caracterizar a estrutura lógica de documentos multimídia.

Um novo modelo de dados tem que ser definido para o suporte de multimídia, porém sendo orientado a objetos não é suficiente. Modelos formais, que permitam a especificação semântica para dados multimídia, devem ser ricos em capacidades para abstração de informação e captura de semântica, além de providenciar uma forma canônica para a representação de imagens, cenas e eventos complexos, em termos de objetos e de seu comportamento espacial e temporal [21].

A abordagem ideal, para a próxima geração de modelos de dados, parece ser orientada a objetos e estrutural, que integre tanto técnicas comportamentais como estruturais. O termo "hipermodelagem orientada a objetos" (object-oriented hypermodeling) é utilizada por [33] para designar o novo tipo de modelo de dados necessário para suportar aspectos de hipermídia em sistemas de informação.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A.V. Aho and J.D. Ullman
Foundations of Computer Science
Computer Science Press, 1992
ISBN 0.7167.8233.2
- [2] E. Bertino and L. Martino
Object-Oriented Database Systems: Concepts and Architectures
Addison- Wesley, 1994
ISBN 0.201.62439.7
- [3] M. Bieber and T. Isakowitz
Designing Hypermedia Applications
CACM, 38(8):26-29, aug/95
- [4] A. Borgida and J. Mylopoulos and H.K.T. Wong
Generalization/specialization as a basis for software specification
In On Conceptual Modelling, Perspectives from Artificial Intelligence, Databases, and Programming Languages
M.L. Brodie, J. Mylopoulos and J.W. Schmidt, Eds.
Springer-Verlag, 1984
- [5] P. Bra and G. Houben and Y. Kornatzky
An Extensible Data Model for Hyperdocuments
4th ACM Conference on Hypertext, dec/92, pp. 222-231
<http://www.win.tue.nl/~debra/echt92/final.ps>
- [6] A.W. Brown
From semantic data models to object orientation in design databases
Info. and Soft. Technology, 31(1):39-46, jan/feb/89
- [7] J. F. K. Buford
Multimedia File Systems and Information Models in Multimedia Systems, pp: 265-283
Addison-Wesley, 1994
ISBN 0.201.53258.1
- [8] T. Burns and E. Fong and E. Jefferson and R. Knox and L. Mark and C. Reedy and L. Reich and N. Roussopoulos and N. Truszowski
Reference Model for DBMS Standardization
Database Architecture Framework Task Group of the ANSI/X3/SPARC Database System Study Group
ACM Sigmod Rec., 15(1):19-58, 1986
- [9] R. G. G. Cattell
The Object Database Standard: ODMG-93
Morgan Kauffman, 1994
ISBN 1.55860.302.6

⁽⁴³⁾ Modelos baseados em registros são ditos convencionais pois são comumente utilizados para o projeto esquemático de BDs.

⁽⁴⁴⁾ Modelos para estruturação de documentos como o ODA [28] e o HyTime [36] podem ser considerados modelos de dados, porém não foram discutidos neste trabalho.

- [10] Committee Draft International Standard MHEG Part I — Base Notation (ASN.1), ISO/IEC CD13522-1, 1993
- [11] P. Chen
The Entity-Relationship Model: toward a unified view of data
ACM Trans. Database Sys., 1(1):9-36, mar/76
- [12] D.N. Chorafas
Intelligent Multimedia Databases
Prentice-Hall, 1994
ISBN 0.13.031188-X
- [13] Codasyl
Data Description Language Journal of Development Material Data Management Branch
Dep. of Supply and Services, Ottawa
- [14] E.F. Codd
A relational model of data for large shared data banks
CACM, 13, pp. 377-387
- [15] E.F. Codd
Extending the database relational model to capture more meaning
ACM Trans. Database Sys., 4(4):397-434, dec/79
- [16] D. Coleman and P. Arnold and S. Bodoff and C. Dollin and H. Gilchrist and F. Hayes and P. Jeremaes
Object-oriented development: the fusion method
Prentice-Hall, 1994
ISBN 0.13.338823.9
- [17] C.J. Date
An Introduction to Database Systems, vol. 2, 1983
Addison-Wesley
ISBN 85.7001.494.5
- [18] R. Elmasri and S.B. Navathe
Fundamentals of Database Systems
The Benjamin/Cummings Pub. Co., 1989
ISBN 0.8053.0145.3
- [19] P. K. Garg
Abstraction Mechanisms in Hypertext
CACM, 31(7):862-870, jul/88
- [20] F. Garzotto and P. Paolini and D. Schwabe
HDM - A Model-Based Approach to Hypertext Application Design
ACM ToIS, 11(1):1-26, jan/93
- [21] A. Ghafoor
Multimedia Database Management Systems
ACM Computing Surveys, 27(4):593-598, dec/95
- [22] S. Gibbs and C. Breiteneder and D. Tschirtz
Data Modeling of Time-Based Media
Proceedings of the 1994 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data, pp:91-102, jun/94
ISBN 0-89791-639-5
- [23] A. Ginige and D.B. Lowe and J. Robertson
Hypermedia Authoring
IEEE Multimedia, winter, 1995, pp. 24-35
- [24] F. Halasz and M. Schwartz
The Dexter Hypertext Reference Model
CACM, 37(2):30-39, fev/94
- [25] M. Hammer and D. McLeod
Database description with SDM: A semantic data model
ACM Trans. Database Sys., 6(3):351-386, sep/81
- [26] L. Hardman and D. Bulterman and G. van Rossun
The Amsterdam Hypermedia Model: Adding Time and Context to the Dexter Model
CACM, 37(2):50-62, fev/94
- [27] W. Horak
Office Document Architecture and Office Document Interchange Formats: Current Status of International Standardization
Computer, 18(10):50-60, oct/85
- [28] R. Hunter and P. Kaijser and F. Nielsen
ODA: a document architecture for open systems
Comput. Commun., 12(2):69-79, apr/89
- [29] T. Isakowitz and E. A. Stohr and P. Balasubramanian
RMM: A Methodology for Structured Hypermedia Design
CACM, 38(8):34-44, aug/95
- [30] I. Jacobson
Object-Oriented Software Engineering: A Use Case Driven Approach
Addison-Wesley, 1992
ISBN 0.201.54435.0
- [31] W. Kim
Introduction to Object-Oriented Databases
The MIT-Press, 1990
ISBN 0.262.11124.1
- [32] R. King and D. McLeod
A unified model and methodology for conceptual database design
In On Conceptual Modelling, Perspectives from Artificial Intelligence, Databases, and Programming Languages
M.L. Brodie, J. Mylopoulos and J.W. Schmidt, Eds.
Springer-Verlag, 1984

- [33] P. Kuijpers
Object-Oriented Databases and Hypermedia
www.wis.cs.utwente.nl:8080/~kuijpers/hyper/dbhyp.htm
- [34] B. Langefors
Information Systems Theory
Information Systems, 2, pp. 207-219
- [35] D.B. Lange
A Formal Model for Hypertext
Proc. NIST Hypertext Standardization Workshop, fb/
90, pp. 145-166
- [36] S.R. Newcomb
Multimedia Interchange Using SGML/HyTime
IEEE Multimedia, fall/95, pp.60-64
- [37] K. Parsaye and M. Chignell and D. Khoshafian and
H. Wong
Intelligent Databases
John Wiley and Sons, 1989
ISBN 0.471.50346.0
- [38] J. Peckham and F. Maryanski
Semantic Data Models
ACM Computing Surveys, 20(3):153-189, sep/88
- [39] N. Rishe
Database Design: The Semantic Modeling Approach
McGraw-Hill, 1992
ISBN 0.07.052955.8
- [40] J. L. Schnase and J. J. Leggett and D. L. Hicks and
R. L. Szabo
Semantic Data Modeling of Hypermedia Associations
ACM ToIS, 11(1):27-50, jan/93
- [41] R.W. Taylor and R.L. Frank
CODASYL data-base management systems
ACM Comp. Surv., 8(1):67-103, mar/76
- [42] D.C. Tsichritzis and A. Klug
The ANSI/X3/SPARC DBMS Framework: Report of the
Study Group on Data Base Management Systems
Information Systems, 3, 1978
- [43] D. C. Tsichritzis and F. H. Lochovsky
Hierarchical database management: a survey
ACM Comp. Surv., 8(1):105-123, mar/76
- [44] D. C. Tsichritzis and F. H. Lochovsky
Data Models
Prentice-Hall, 1982
ISBN 0.13.196428.3
- [45] G. Vossen
Data Models, Database Languages and Database
Management Systems
Addison-Wesley, 1991
ISBN 0.201.41604.2
- [46] G. Wiederhold
Database Design
McGraw Hill, 1983
- [47] P. T. Zellweger
Toward a Model for Active Multimedia Documents
in Blattner and Dannenberg
Multimedia Interface Design
ACM Press, 1992
ISBN 0.201.54981.6

ADMINISTRANDO A TRANSFORMAÇÃO TECNOLÓGICA EM INSTITUIÇÃO UNIVERSITÁRIA O CASO DA FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS DA PUCCAMP

MANAGING THE TECHNOLOGICAL CHANGE: THE MEDICAL SCIENCE FACULTY AT PUCCAMP EXAMPLE

Jarbas Lopes CARDOSO JÚNIOR*

ABSTRACT

MANAGING THE TECHNOLOGICAL CHANGE: THE MEDICAL SCIENCE FACULTY AT PUCCAMP EXAMPLE

The article presents the initiatives for promoting a technological change in a health science academic institution. It describes the process to establish the directives, actions and infrastructure needs to stimulate a technological jump focusing the facility improvement of teaching, research and health service in the Medical Science Faculty of PUCCAMP. The facilities consider the multidisciplinary approach of the health integral attention and consequently the bio-physiological, psychological, environmental and social aspects regarding the health science ethic values. The article highlights the importance of the information technology in the systematization, preservation and dissemination of the knowledge and experiences in different ways (image, sound, text, graphic) according to health attention logic.

Key-words: *health science, technological change management, technological maturity, information technology.*

RESUMO

Este trabalho descreve as iniciativas para promover uma transformação tecnológica em uma instituição universitária na área de saúde. É relatado o processo para estabelecer as diretrizes, ações e infra-estrutura necessárias para provocar um salto tecnológico, que visa aperfeiçoar o suporte às atividades de ensino, pesquisa e prestação de serviços da Faculdade de Ciências Médicas da PUCCAMP considerando a multidisciplinaridade da atenção integral à saúde e a consequente articulação dos aspectos bio-fisiológicos, psicológicos, sociais e ambientais dentro dos valores éticos que orientam as ciências da saúde. O artigo destaca também a importância da exploração da tecnologia da informação para a sistematização, preservação e disseminação de conhecimentos e experiências em suas diferentes formas (imagem, som, texto, gráfico) sob a lógica da atenção integral a saúde.

Palavras-chaves: *ciências da saúde, administração da transformação tecnológica, maturidade tecnológica, tecnologia da informação.*

(*) Coordenador no Núcleo de Informática da Faculdade de Ciências Médicas e Professor do Instituto de Informática, PUCCAMP. Caixa Postal 317, 13020-904 Campinas SP Brasil - cardoso@zeus.puccamp.br.
Pesquisador do Centro Tecnológico para Informática/Laboratório de Inovação - jarbas@ia.cti.br

1. INTRODUÇÃO

As instituições estão buscando aumentar sua capacitação tecnológica para aproveitar oportunidades oferecidas pela tecnologia da informação (TI) visando atingir padrões superiores de qualidade e confiabilidade no exercício de suas atividades.

Cinco séculos atrás, quando Gutemberg promoveu a transição da palavra escrita para a palavra impressa, iniciou-se um amplo processo de massificação do conhecimento humano. Atualmente a massificação do conhecimento está ocorrendo através da palavra digital, navegando sobre as ondas da Internet (Izquierdo, 1996; Markovitch, 1996). Ainda que um pouco limitado, o fenômeno só tende a crescer, e ainda mais rapidamente na área de saúde, o que nos leva a criar uma visão de futuro onde as instituições poderão usar intensivamente a tecnologia da informação para proporcionar melhor suporte às atividades de ensino, pesquisa e prestação de serviços considerando a multidisciplinaridade da atenção integral à saúde.

O objetivo deste trabalho é relatar o processo e as estratégias para promover a transformação tecnológica em instituições de ensino, pesquisa e prestação de serviços na área da saúde, e de desenvolver e validar conceitos e técnicas que podem ser utilizados na implementação e uso da TI.

Sobre o uso da TI por empresas no Brasil e por instituições da área da saúde (no Brasil e no exterior) diferentes autores (Alter, 1992; Aron, 1996; Brittain e MacDougall, 1995; Chandra, Knickrehm e Miller, 1995; Markovitch, 1996; Tachinardi, 1996) observaram que:

- O uso da TI no Brasil é crescente (mesmo em instituições da área de saúde pública);
- As estratégias institucional, tecnológica e de informação constituem subsistemas indissociáveis e interdependentes;
- A TI tem permitido a transmissão de dados e a comunicação em rede, cuja intensidade só tende a crescer enormemente com a adoção de novos padrões de confiabilidade para as transações entre instituições e a prestação de serviços;
- Mais importância tem sido dada às aparências de modernização do que a verdadeira modernidade (p. ex., "homepages" com conteúdo precários e desatualizados);
- A disponibilidade de recursos tecnológicos sofisticados tem sido acompanhada por subutilização do potencial destes recursos;
- A valiosa contribuição da juventude, no sentido de permear a TI nas empresas, tem sido insuficiente para mudar a mentalidade dos tomadores de decisão na cúpula das organizações;
- As oportunidades abertas para as universidades que, ao monitorar a evolução da dinâmica empresarial, podem contribuir para o delineamento das políticas públicas que conciliem modernização e desenvolvimento em busca da modernidade, respeitando o equilíbrio sócio-técnico, em especial na área da saúde;
- Os enormes investimentos realizados, geralmente, acabam por não proporcionar ganhos equivalentes em produtividade e qualidade nos serviços.
- O uso da TI na área de saúde está mais intensamente voltado aos aspectos administrativos, financeiros e estatísticos, porém, já se nota um crescimento da ênfase em usar os recursos para a produção de novos conhecimentos científicos e para o ensino.

O impacto do domínio e utilização da TI é equivalente a um salto tecnológico dado pela instituição. Trata-se de sair do estado atual e atingir outro (desejado) de maior capacitação tecnológica de maneira relativamente rápida. Como promover a mudança de estado constitui o problema a ser resolvido. Para obter a solução é necessário implementar um conjunto de ações e infra-estrutura considerando, de forma integrada, a missão, valores e objetivos institucionais e a TI necessária (a ser adquirida ou desenvolvida).

No entanto, por envolver também transformações culturais, de procedimentos e tecnológicas, as organizações têm enfrentado dificuldades na implantação da TI. São poucas as organizações que conseguem manter com sucesso os resultados alcançados, outras nem sequer conseguem resultados motivadores ou imediatos (Chandra, Knickrehm e Miller, 1995; Evans, 1993; Maddux e Souder, 1993). Diferentes estudos sobre os modos de falhas comum nas transformações, organizacionais ou tecnológicas, apontam para a falta de conceitos sólidos e base científica para

o completo entendimento das diretrizes para administrar e manter as transformações (Kotter, 1995).

A questão da transformação tecnológica não pode ser considerada apenas pelo lado prático, como querem alguns autores. Nem tampouco pode ser considerada algo eminentemente teórico, enfatizado por outros. Na verdade, a resposta surge na forma de metodologias estruturadas que proporcionam um balanceamento adequado entre a prática e a teoria, permitindo, assim, maior conhecimento e domínio sobre o processo de transformação ou de mudança de estado, bem como facilita seu aperfeiçoamento.

Neste artigo, é mostrado o método aplicado para identificar as ações e a infra-estrutura necessárias para a transformação tecnológica que visa, principalmente, prover recursos para preservação e difusão do conhecimento da atenção integral à saúde, sob as várias formas de comunicação (hipermídia), abrindo oportunidades para os docentes, pesquisadores, alunos e corpo técnico-funcional terem uma abordagem abrangente do ser humano, onde se articulam os aspectos bio-fisiológicos, psicológicos, sociais e ambientais dentro dos valores éticos que orientam as ciências da saúde.

Para atender o objetivo proposto, o trabalho apresenta na seção 2 a metodologia aplicada. Os resultados da aplicação do modelo na Faculdade de Ciências Médicas (FCM) da Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUCCAMP) são apresentados na seção 3, inclusive com uma breve descrição sobre a instituição e os motivos para a transformação. O trabalho é completado com as conclusões e recomendações apresentadas na seção 4. Maior detalhe sobre as atividades realizadas para elaboração desse trabalho pode ser visto em Cardoso (1997).

2. METODOLOGIA

Diferentes autores concordam que uma organização deve, antes de realizar a transformação tecnológica, verificar se a mudança é necessária e qual o potencial da mudança proposta em contribuir para a organização atingir seus objetivos institucionais (Alter, 1992; Chandra, Knickrehm e Miller, 1995; Kotter, 1995; Markovitch, 1996; SEI, 1996). Essa avaliação deve-se dar tanto internamente à organização quanto externamente, comparando a organização em relação às concorrentes ("benchmarking"). A transformação sendo necessária, deve-se primeiro comprometer os

membros da organização com a adoção das novas tecnologias.

Numa transformação pode-se destacar três personagens: o agente da mudança, o participante e o responsável ("sponsor") ou patrocinador. O agente da mudança é a pessoa ou equipe que tem a liderança do planejamento e implementação da transformação. No caso, trata-se da equipe do Núcleo de Informática da FCM. A figura do participante representa os membros da organização que terão de modificar seus conhecimentos, habilidades e atitudes como resultado da transformação tecnológica, ou seja, terão de incorporar as novas tecnologias. No caso, trata-se do corpo docente e funcional da FCM. O responsável representa a pessoa ou a direção da instituição que torna a transformação legítima, garante os recursos necessários e a orientação quanto aos objetivos e diretrizes institucionais a serem seguidos.

O trabalho foi desenvolvido sob três enfoques: o papel do agente da mudança, o comprometimento da instituição com as mudanças e o nível de maturidade tecnológica.

2.1. Papel do Agente da Mudança

O papel do agente de mudança pode ser resumido como sendo o de colocar a TI como um catalisador dos esforços despendidos pela instituição para atingir seus objetivos. As principais atividades são:

- a) Entender o papel da organização, particularmente da área de atuação, através da qual a instituição exerce suas atividades de ensino, pesquisa e prestação de serviços.
- b) Estabelecer um sentimento de urgência para as mudanças.
- c) Estabelecer a credibilidade do agente de mudança, através do aumento da confiança dos docentes, pesquisadores e funcionários nas vantagens que as novas tecnologias podem trazer para melhorar as atividades de ensino, pesquisa e prestação de serviços.
- d) Criar uma visão de futuro para orientar a organização durante as mudanças e estabelecer estratégias, para alcançar a visão, bem como, difundir amplamente a visão e as estratégias.
- e) Implementar uma arquitetura do sistema de informação que suportará a visão e a instituição no futuro.

- f) Estabelecer uma política de alianças internas e externas à instituição, de maneira a concentrar esforços para atingir as metas propostas.
- g) Planejar e definir ganhos de curto prazo, para que os sucessos alcançados contagiem outros participantes para novas transformações e melhorias.
- h) Consolidar as mudanças e melhorias e institucionalizar um ambiente em contínua transformação por melhorias.

O que se espera é que a organização obtenha ganhos crescentes de desempenho no exercício de suas atividades e atinja níveis superiores de maturidade tecnológica através da exploração, cada vez maior, dos modernos recursos da TI.

2.2. Comprometimento da Organização

Neste trabalho procurou-se responder questões do tipo: Como e quando iniciar as mudanças visando

a implantação da TI? Quais os passos a serem seguidos? Quais os benefícios previstos? Quais os impactos provocados pelos custos da implantação? Qual o impacto da TI nas atividades da instituição? Como atender necessidades de projetos individuais ou de grupos e, ao mesmo tempo, manter uma forma comum para toda organização?

O modelo adotado, considera diferentes graus de comprometimento da organização com as novas tecnologias: Contato, Conscientização, Planejamento, Implementação, Avaliação, Adoção e Institucionalização, conforme o mostrado na figura 1. É uma adaptação dos modelos de transformação organizacional do Software Engineering Institute (SEI, 1996) e do Concurrent Engineering Research Center (CERC, 1992). No modelo proposto, o esforço exigido para a transformação apresenta diferentes intensidades: após um começo suave, o esforço para as fases intermediárias cresce rapidamente e, sendo bem sucedido no percurso, o esforço para as fases seguintes é mais suave, quando então, as novas tecnologias passam a fazer parte da cultura da organização.

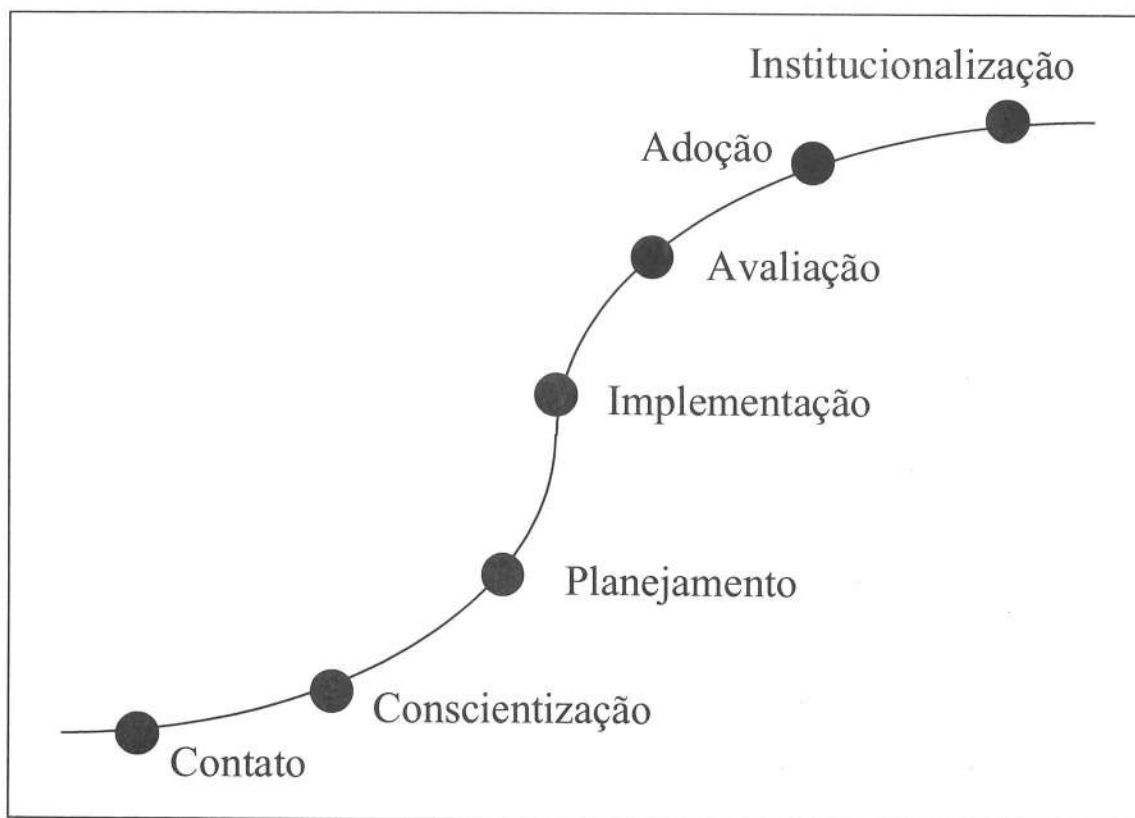


Figura 1 - Modelo proposto para transformação tecnológica de uma organização.

Na fase *Contato*, o agente de mudança procura difundir os benefícios, conseguir apoio dos participantes para as novas tecnologias e sensibilizar a direção para as vantagens decorrentes da incorporação da TI pela instituição.

Na fase de *Conscientização*, estando a direção sensibilizada, o esforço é dirigido para que os participantes tomem consciência da importância das novas tecnologias e as oportunidades que elas oferecem para a organização.

Tanto o agente como o responsável pela mudança, na fase de *Planejamento*, proporcionam informações para que os participantes tenham total compreensão sobre as vantagens e os riscos oferecidos pelas novas tecnologias. Além disso, é feito um diagnóstico buscando identificar os pontos fortes e fracos da instituição com respeito à capacitação tecnológica. Baseado nesse diagnóstico, é definido um plano de ações visando a mudança de estado. Nesta fase, o responsável (direção) dá as orientações finais, estabelece prioridades e procura garantir os recursos necessários.

Firmado o compromisso para a transformação e com os recursos necessários garantidos pelo responsável, passa-se para a fase de *Implementação* das novas tecnologias, onde as ações e infra-estrutura definidas pelo plano de ações são implementadas. Além disso, são estabelecidos os critérios de avaliação e verificação do processo. Nesta fase o responsável pela transformação tem o papel fundamental de remoção de eventuais barreiras que possam surgir. É conveniente que se inicie com projetos que sejam importantes mas que, em caso de não alcançar os resultados esperados, não coloque em risco a organização. A estratégia é fazer uso do sucesso alcançado com a implementação de pequenos projetos e da maturidade e confiabilidade adquiridas para implementar projetos mais arrojados com menor risco.

Os resultados do processo são analisados na fase de *Avaliação* através da coleta de dados referentes às métricas estabelecidas no *Planejamento*. O registro dos dados deve ocorrer antes, durante e após a implantação das inovações tecnológicas para então poder comparar e analisar os resultados obtidos com o que foi previsto e com o que existia anteriormente. Ao final, recomenda-se passar para a fase de *Adoção* e repetir o ciclo *Planejamento - Implementação - Avaliação* em busca de novas melhorias.

Na fase de *Adoção* o agente da mudança torna-se um facilitador e incentivador da ampliação do uso das novas tecnologias, para que elas passem a fazer parte da cultura de trabalho da organização.

A ocorrência do uso constante de avançadas tecnologias da informação e a assimilação consciente da tecnologia nas práticas de trabalho são sinais que o processo foi bem sucedido e que as inovações foram incorporadas à cultura da organização. Quando isso ocorre, pode-se dizer que a fase de *Institucionalização* foi atingida.

O ciclo (figura 1) deve se repetir indefinidamente, não só por causa da evolução da tecnologia, como também em busca do aperfeiçoamento contínuo. Caberá à organização definir a frequência de repetição desse ciclo de acordo com sua estratégia de negócios e como forma de obter vantagens comparativas com o uso da TI.

2.3. Maturidade Tecnológica e a Tecnologia da Informação

A TI pode ser definida como sendo um conjunto de hardware e software, responsável pela execução de uma ou mais tarefas de captura, organização, processamento, transmissão, armazenamento, recuperação, manipulação e apresentação de dados em suas diferentes formas (estruturada ou não) e meios (texto, som, imagem estática e dinâmica, gráfico). Estão incluídos: computadores em rede, estações de trabalho, servidores de imagens e de arquivos, ATM, impressoras, "scanners", plataforma para áudio e vídeo-conferência, leitoras de código de barras, plataforma para processamento de imagens, equipamento multimídia, bancos de dados, rede de computadores, correio eletrônico, acesso à Internet. No entanto, como já foi destacado, toda essa tecnologia só é válida se considerada no contexto da missão, das estratégias e dos objetivos da organização, bem como da implementação de recursos (p. ex., sistema de informação) que abram oportunidades de acesso rápido, amplo e fácil das pessoas às informações e à produção de novos conhecimentos (Alter, 1992; Markovitch, 1996).

O uso da TI em uma organização pode ser caracterizado em níveis chamados de maturidade

tecnológica, conforme o proposto por Cardoso et al (1997). São considerados três níveis de maturidade: *Básico*, *Intermediário* e *Avançado*, a descrição de cada um deles é apresentada na tabela 1. Através

dessa estrutura de níveis pode-se identificar os estados atual e desejado de uso da TI, cujos resultados contribuem para a realização das atividades de *Planejamento* (figura 1).

Tabela 1 - Descrição dos níveis de maturidade tecnológica.

| Níveis | Descrição |
|---------------|---|
| Básico | <ul style="list-style-type: none"> ● A tecnologia é utilizada para aumentar a produtividade individual. ● Ocorre a subutilização e o uso ineficiente da tecnologia. ● Uso mínimo de recursos computacionais. |
| Intermediário | <ul style="list-style-type: none"> ● Uso moderado de tecnologias da informação consolidadas, procurando aumentar a produtividade das equipes. |
| Avançado | <ul style="list-style-type: none"> ● Ocorre o uso constante de avançadas tecnologias da informação. ● Há assimilação consciente da tecnologia na cultura de trabalho da organização. ● O trabalho cooperativo da equipe é suportado por recursos computacionais. |

3. APLICAÇÃO DO MODELO

Este capítulo apresenta as atividades desenvolvidas na Faculdade de Ciências Médicas, FCM/PUCCAMP, visando a transformação tecnológica da instituição sob a perspectiva do agente das mudanças.

3.1. A Faculdade de Ciências Médicas

A FCM, criada em 1975, visa promover a integração das diferentes disciplinas e perfis profissionais da atenção à saúde, enfatizando a articulação entre os aspectos bio-fisiológicos, psicológicos, sociais e ambientais, de acordo com os princípios éticos que orientam as ciências da saúde. A Faculdade, com os cursos de Medicina, Farmácia, Fisioterapia, Nutrição e Terapia Ocupacional, mantém as disciplinas que compõe os currículos fortemente associadas às práticas assistenciais, realizadas nas unidades básicas extra-muros, na retaguarda ambulatorial e diagnóstica, e hospitalar de influência regional, bem como na pesquisa científica (FCM, 1994).

A convivência interdisciplinar e multiprofissional de forma acadêmica, a atuação compartilhada junto às pessoas em cuidado, às coletividades alvo e aos grupos sociais, faz emergir a problemática do inter-relacionamento dos conhecimentos das diferentes áreas, das práticas específicas e das profissões especializadas. Muitos questionamentos, daí resul-

tantes, já vêm estimulando o corpo docente, desta e de outras instituições de ensino e pesquisa do país, para o desenvolvimento de atividades de investigação envolvendo todas as perspectivas relevantes da atenção integral à saúde. Além das iniciativas voltadas para desenvolver competências para atuar diretamente na atenção à saúde, a prática cotidiana tem pedido, e tem ocorrido, a articulação de profissionais de outras áreas, cujo conhecimento predominante na formação privilegia saberes tidos como necessários a uma atuação integral, junto às pessoas e à coletividade (FCM, 1994).

Os 5 cursos mantidos pelo FCM, são suportados por 14 departamentos, 6 laboratórios, 2 ambulatórios, 3 postos de saúde (sob responsabilidade da Prefeitura Municipal de Campinas) e o Hospital e Maternidade "Celso Pierro" (HMCP, sob responsabilidade da Mantenedora da Universidade). Envolve 2100 alunos, 310 professores e 150 funcionários.

Os objetivos da FCM são:

- Enfrentar de forma mais adequada e eficaz a questão da saúde, como direito à vida digna e feliz, através da tecnologia cuja finalidade é o ser humano em suas relações com a natureza e com a sociedade.
- Promover o ensino de graduação dos futuros profissionais da área de saúde, de maneira a atender o desafio da capacitação interdisciplinar da atenção integral à saúde.

- Orientar e estimular a produção científica voltada para a atenção à saúde.
- Orientar administradores na gestão das atividades relacionadas à atenção à saúde;
- Orientar a definição de políticas estratégicas para atenção à saúde.

É na integração do ser e, portanto, na prática cotidiana da atenção integral à saúde, que ganha maior importância a qualificação das relações dos fenômenos entre si, ou a caracterização dos fenômenos em si, quando associados. É também onde determinados enfoques epistemológicos preponderantes precisam ser questionados para serem submetidos ao controle de qualidade dado pela existência das pessoas (FCM, 1994).

Do ponto de vista de maturidade tecnológica pode-se dizer que a FCM está no nível *Básico*, (Cardoso, 1997) sendo que o estado atual pode ser caracterizado por:

- a) Uso mínimo de recursos computacionais;
- b) A TI, quando utilizada, é para aumentar a produtividade individual;
- c) Ocorre a subutilização e o uso ineficiente da TI;
- d) Bases de dados isoladas com pouca possibilidade de integração e verificação de consistência;
- e) Praticamente todas as bases de dados em papel e dificuldade de recuperação de informações;
- f) Memória corporativa na cabeça das pessoas;
- g) Rede de computadores e acesso a PUCNET/Internet em estágio final de implantação.

Dois fatores contribuem para a implantação da TI à atenção integral à saúde. Em primeiro lugar, a experiência acumulada de mais de 20 anos das unidades da área de saúde na formação de profissionais, docentes e pesquisadores tem permitindo uma das mais completas, precoces e complexas estruturas de produção de conhecimentos e prestação de serviços de saúde (FCM, 1994). Em segundo lugar, as inovações tecnológicas proporcionadas pelas TI, abrindo oportunidades para as pessoas terem acesso mais fácil e rápido à informação e, assim, poderem produzir novos conhecimentos de forma compartilhada.

3.2. Urgência para as Mudanças

A urgência pelas mudanças pode ser verificada pela demanda existente e pelo fato do campus, onde a FCM está localizada, ser o último a receber recursos computacionais. Se já havia uma demanda reprimida com os poucos recursos implantados, a motivação por transformações tecnológicas cresceu ainda mais, dado que a comunidade está tendo os primeiros sinais dos benefícios que a tecnologia pode trazer (Cardoso, 1997).

Analisando a situação atual da faculdade sob a perspectiva do comprometimento com as mudanças, pode-se dizer que a FCM concluiu internamente a fase de *Conscientização* e está ingressando na fase de Planejamento, comprovado pelo apoio da comunidade e pelo suporte e incentivo da Direção da Faculdade às iniciativas de mudanças e de aperfeiçoamento das práticas de trabalho (Cardoso, 1997). Um esforço deve ser dirigido para sensibilizar os níveis superiores de decisão da universidade.

3.3. Credibilidade para as Mudanças

A credibilidade do agente de mudança foi e está sendo estabelecida através de visitas aos departamentos, coordenações de curso, laboratórios, ambulatórios e setores administrativos da faculdade, bem como ao Hospital e Maternidade "Celso Pierro", para identificação, conhecimentos das atividades realizadas e levantamento das necessidades.

O caráter da visita a cada unidade foi de compor o perfil atual da faculdade, na perspectiva do uso da TI, levantar as necessidades e conhecer os inter-relacionamentos com outras unidades internas e externas à faculdade.

A agente de mudança assumiu o papel de difusor das novas tecnologias da informação, disponíveis para a área da ciências da saúde. Foram realizadas palestras, reuniões com grupos de interesse e treinamentos específicos de curta duração. Durante esse período, o agente mostrou o novo papel proposto para o Núcleo de Informática da FCM: deixar de ser um mero executor de tarefas de digitação e de desenvolvedor limitado de programas, para ser responsável pelas políticas e estratégias tecnológicas, bem como, proporcionar orientação e suporte às iniciativas dos usuários.

3.4. Visão de Futuro

A visão da FCM, baseada nos valores, aspirações e metas, está em processo de construção. O trabalho deve ser concluído com a realização de um "workshop" para que a comunidade desenhe o mapa que orientará a instituição rumo o futuro. O que se pode dizer de início é que a FCM deseja ser reconhecida como um centro de excelência na formação de profissionais e na produção de conhecimentos, na lógica da atenção integral à saúde.

3.5. Arquitetura do Sistema

A arquitetura do sistema e o modelo de dados deverão contemplar o inter-relacionamento entre as diferentes especialidades da atenção integral à saúde. Em outras palavras, a arquitetura do sistema e o modelo de dados deverá permitir que cada área tenha,

preserve e mantenha sua própria base de dados e seus programas, métodos e procedimentos específicos. Tanto dados quanto programas deverão estar disponíveis na rede de computadores.

A solução de um problema sob a lógica da atenção integral à saúde dependerá da sinergia das soluções especializadas de cada área. Um usuário do sistema, para resolver o problema, fará uso, não só dos dados e programas no computador da sua área específica, como também de dados e programas em computadores de outras áreas específicas necessárias para compor a solução. Tal característica sugere a adoção da arquitetura cliente-servidor (figura 2), possibilitando o processamento distribuído, onde a execução de uma aplicação é dividida entre processos iniciados por um usuário ou programa (os clientes) em um computador local e processos que atendem as solicitações do usuário (servidor) executados em outros computadores.

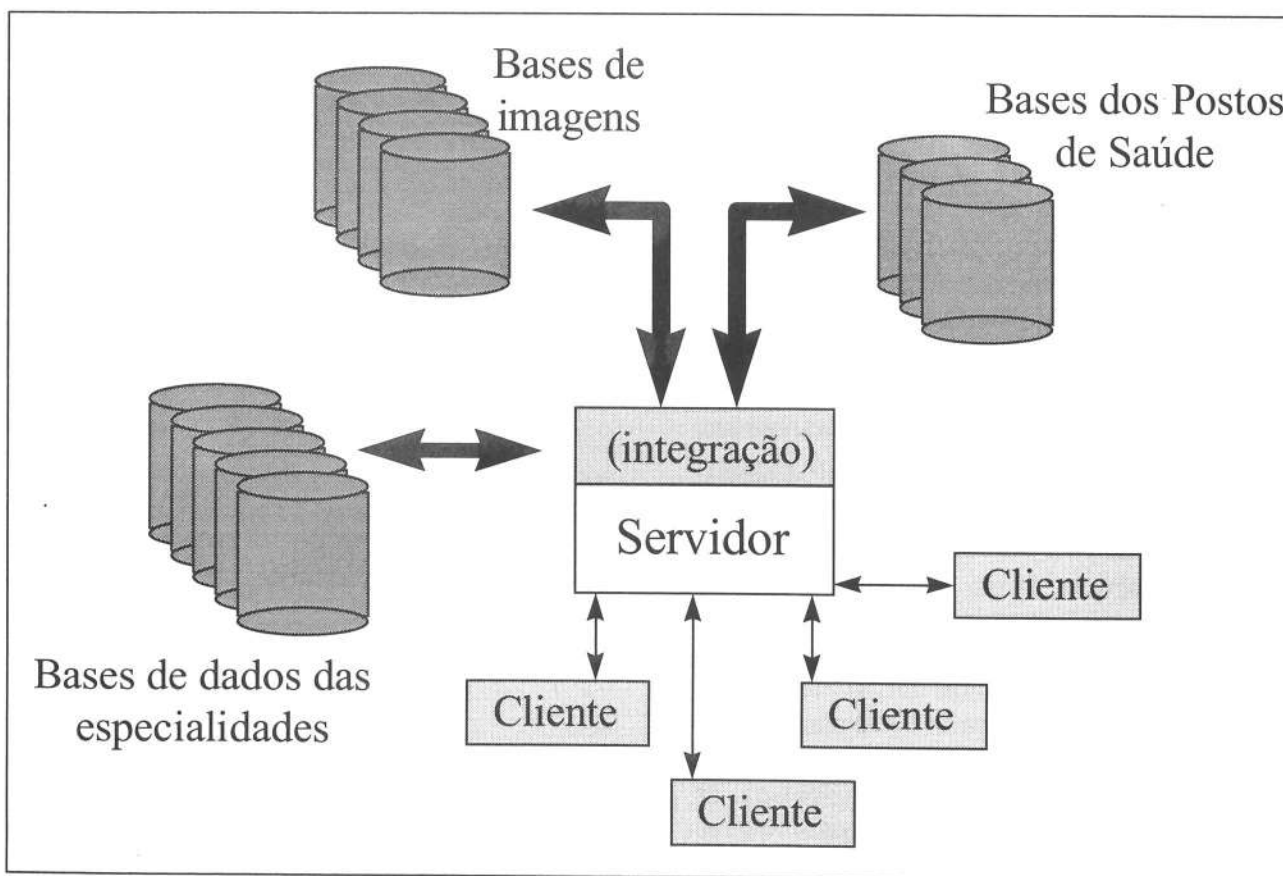


Figura 2 - Representação do sistema, diferentes bases de dados físicas e a base lógica para integração dos dados e geração de informação.

O modelo de dados deve considerar, além do inter-relacionamento entre as diferentes áreas da atenção integral à saúde, a combinação dos dados sob as várias formas de comunicação (hipermídia). Os autores Tobar e Ricarte (1996) e Bleder e Isakowitz (1995) discutem amplamente a questão da hipermídia sob o aspecto dos requisitos para uma base de dados distribuída e do projeto de aplicações, respectivamente.

Um documento hipermídia num dado domínio de informação, integrando textos, imagens (dinâmica e estática) e som a partir de um ambiente distribuído, pode ser modelado e manipulado de duas maneiras (Tobar e Ricarte, 1996). A primeira, como uma representação do objeto real, com propriedades e relacionamentos, através dos quais as informações poderão ser encontradas. A segunda, como um indicador para o objeto real, que, sendo reconhecido pelo usuário, pode ser usado para buscar informações sobre o objeto apontado. Aliás, navegação, interface com usuário, condições de armazenamento, recuperação do conteúdo e autoria são os principais desafios para o uso eficiente e eficaz das aplicações baseadas em hipermídia (Bleder e Isakowitz, 1995).

Além dessas considerações sobre a arquitetura e o modelo de dados, o sistema a ser implantada na FCM, uma instituição voltada ao ensino, pesquisa e prestação de serviços, deverá preservar diferentes níveis de coordenação e de estruturação para proporcionar facilidades que aumentem o desempenho das equipes, a interação entre profissionais das diferentes áreas e o compartilhamento de informações necessários à atenção integral à saúde.

Entende-se por nível de coordenação a amplitude do envolvimento dos profissionais com as atividades institucionais. Os níveis crescentes de coordenação a serem considerados são:

- a) *Individual personalizado*. É aplicado pelo profissional da saúde para a execução de suas tarefas e tem alcance restrito ao próprio indivíduo. Visa atender principalmente os projetos de pesquisa individuais.
- b) *Individual mandatário*. É aplicado às tarefas a serem executadas seguindo requisitos, padrões ou normas organizacionais. Normalmente requerem a participação de um indivíduo com habilidade ou conhecimento específico (p. ex., entradas de dados em um prontuário eletrônico).
- c) *Grupo de trabalho*. É aplicado por um membro de uma equipe seguindo padrões estabelecidos pela própria equipe e pela organização, de acordo com as necessidades da tarefa a ser realizada. Visa atender projeto de pesquisa de grupos interdisciplinares ou não, bem como as atividades de prestação de serviço (p. ex., laboratório de análises).
- d) *Organizacional*. Os indivíduos devem seguir padrões estabelecidos por toda instituição para atingir níveis superiores de eficácia e eficiência. Nessa situação os procedimentos personalizados são significativamente reduzidos (p. ex., procedimentos administrativos, acúmulo de dados na memória corporativa, troca de dados).
- e) *Interorganizacional*. É aplicado para integrar diferentes instituições. Faz uso de padrões determinados entre as organizações (ou outras unidades da universidade). A individualidade dos usuários passa a ser irrelevante entre as instituições (p. ex., na troca de dados).

Por nível de estruturação, entende-se o grau de compromisso com as regras, normas e procedimentos exigidos para realização das atividades. Os níveis crescentes de estruturação a serem considerados são:

- a) Acesso a informações e ferramentas. Tem por objetivo proporcionar ferramentas de software de propósito geral e específicas, acesso a dados brutos e informações, facilidades para definir filtros, formatos e avaliações baseadas em modelos.
- b) Obediência a regras e procedimentos. Tem por objetivo proporcionar meios de identificar exceções e emitir alarmes, estabelecer diretivas para cada passo do trabalho e controlar as etapas do trabalho.
- c) Substituição de pessoas por tecnologias. Tem por objetivo a utilização de autômatos para liberar as pessoas de tarefas tediosa ou que exigem maiores cuidados ou, ainda, perigosas à saúde.

O relacionamento entre coordenação e o acesso a ferramentas é mostrado na figura 3. As ferramentas de propósito geral referem-se àquelas plataformas disponíveis no mercado e que podem ser utilizadas para diferentes aplicações. São os editores de texto, as planilhas eletrônicas e gerenciadores de banco de dados (p. ex., MS-Office Professional), bem como, pacotes gráficos ou estatísticos (p. ex., Harvard Graphics, Statistica). As ferramentas de aplicação

específica são aqueles recursos especialmente desenvolvidos para atender práticas de trabalhos e projetos realizados pela organização. As ferramentas de desenvolvimento (na figura *Desenv.*) são utilizadas para desenvolver as ferramentas de aplicação e a modelagem dos dados. Internet e Intranet seriam as formas mais viáveis para a comunicação entre, respectivamente, organizações parceiras e integração interna.

| Níveis de Coordenação | Acesso a Informações e Ferramentas | | | | Exemplos | |
|-----------------------|------------------------------------|----------|----------------------|---------|--------------------|--------------------|
| | | | | | | |
| Interorganizacional | Internet | | | | Windows NT UNIX | SO |
| Corporativo | | | | | Oracle | Windows NT OS-2 |
| Grupo de Trabalho | Propósito | Intranet | Aplicação Específica | Desenv. | Windows '95 | Oracle |
| Individual Mandatário | Geral | | | | | |
| individual Pessoal | | | | Desenv. | Access | SGBD |

Figura 3 - Relacionamento entre níveis de coordenação e acesso a informações e ferramentas.

O sistema operacional é outro problema a ser avaliado. Dos sistemas operacionais que estão disponíveis, quais são os que apresentam garantias de um futuro promissor? Em qual apostar para que daqui há, diga-se, cinco anos, a organização ainda possa contar com ele? Considerando a arquitetura cliente-servidor, é viável ter um sistema operacional popular como o Windows '95 para as atividades individuais (pessoais e mandatárias) e o Windows NT ou OS-2 para as atividades de grupo ou mesmo corporativa? E o sistema de gerência de banco de dados? Dado o volume enorme de dados e transações no âmbito da organização, é viável um sistema do tipo Oracle, Sysbase ou similar? Como ocorre a integração desses sistemas com dados disponíveis em outros bancos de dados de uso individual ou de grupo (p. ex., Access)? Qual é o desempenho desses sistemas com recursos de hipermídia? Essas e outras questões devem ser respondidas na fase de planejamento. As respostas devem vir acompanhadas, se possível, de garantias dos fornecedores e da coleta de informações especializadas sobre a evolução desses sistemas.

A implantação de um sistema distribuído e baseado na hipermídia, certamente, provocará grandes

impactos nas instituições. A perspectiva é, ao mesmo tempo, ameaçadora e rica em oportunidades de inovação. Concluindo esse tópico, a TI necessária à FCM, classificada no nível *Avançado* de acordo com o modelo de maturidade tecnológica (tabela 1), proporcionará a realização das seguintes práticas:

- Uso intensivo de avançadas tecnologias e atenção constante às tendências da TI. Na verdade deve haver uma combinação adequada de tecnologias maduras e inovadoras.
- Uso de recursos computacionais que aumentam a produtividade da equipe e a interação entre os profissionais da saúde.
- Assimilação consciente da tecnologia na cultura de trabalho da organização.
- Adoção de tecnologias que proporcionem suporte analítico para as múltiplas disciplinas, troca de informações e apresentação orientada de resultados, exibindo tanto informações quantitativas quanto qualitativas.
- Trabalho cooperativo suportado por recursos computacionais independentemente de barreiras de espaço e tempo.

- f) Uso intensivo da informação armazenada em meio eletrônico e em banco de dados fisicamente distribuídos nas suas especialidades e formas, mas logicamente integrados.
- g) Adoção de memória corporativa com mecanismos de recuperação de informações semi-automáticos e recursos de hipermídia.

3.6. Alianças e Parcerias

Para realização desse trabalho deverão ser estabelecidas alianças internas e externas. Alianças internas referem-se ao envolvimento de outras unidades da universidade com a FCM, mesmo porque a faculdade interage, de uma forma mais ou menos intensa com praticamente todas as unidades acadêmicas da universidade e, obviamente, as unidades administrativas. Por exemplo: a importância do HMCP para o ensino das ciências médicas e do Instituto de Ciências Biológicas e Química (ICBQ) na oferta de disciplinas básicas. Para a realização da transformação tecnológica é fundamental a aliança da FCM com, pelo menos, essas duas unidades, bem como, com o CPD, considerando seu papel na universidade e o Instituto de Informática pela sua área de atuação.

As interações externas da FCM mais importantes são com a Prefeitura, por causa dos Postos de Saúde, e com órgãos de fomento ao ensino e pesquisa (FAPESP, FINEP, CAPES, CNPq). É conveniente para realização da transformação tecnológica, estabelecer alianças que busquem apoio e recursos externos à universidade, tanto de empresas fornecedoras de TI (existe da lei de incentivo fiscal que favorece esse tipo de aliança), quanto de órgãos de fomento e outras instituições de ensino, pesquisa e desenvolvimento. O envolvimento de parceiros deverá ser feito na etapa de *Planejamento*.

3.7. Estratégia e Planejamento

Para o planejamento adotou-se a sequência mostrada na figura 4. Primeiramente realizou-se o diagnóstico da situação atual na perspectiva do uso da TI. Em segundo lugar, definiu-se o estado desejado, também sob a perspectiva de uso da TI, e de acordo com os anseios da comunidade e com os objetivos institucionais. Além desses resultados, a definição da visão de futuro da organização faz uso dos resultados produzidos por um "workshop" e pela técnica de "benchmarking", de verificação de como operam as melhores instituições no Brasil e no exterior.

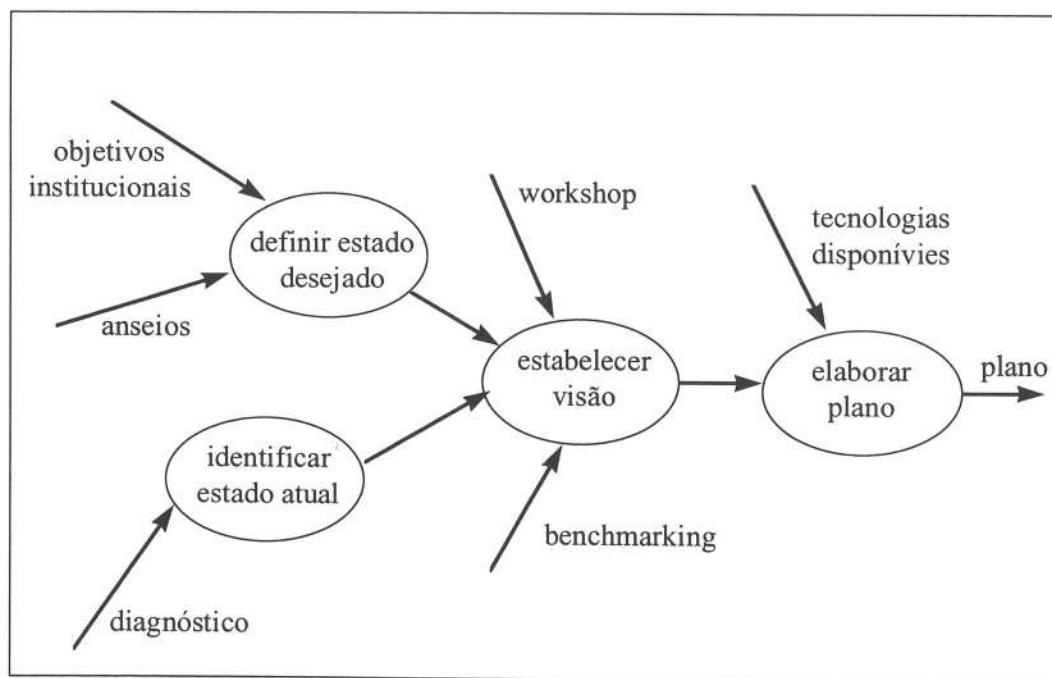


Figura 4 - Representação das etapas de planejamento.

Concluída essas atividades, inicia-se a elaboração do planejamento para implantação das novas tecnologias. Deve-se estabelecer prioridades, avaliar o que está disponível e o que será necessário desenvolver. Deve-se analisar mais precisamente os benefícios e impactos decorrentes das inovações. Deve-se estabelecer metas e prazos e comprometer recursos adequados, sem os quais nada poderá ser feito, por melhor que seja o planejamento.

Considerando a complexidade da transformação, a estratégia adotada será de implementar pequenos projetos, como partes de um sistema que gradativamente vai sendo composto. Daí a necessidade de estabelecer prioridades e um modelo de dados abrangente de forma que a integração futura seja suave. Dessa maneira, os ganhos proporcionados pelos projetos individuais contribuirão para motivar a comunidade a atingir novos patamares de capacitação tecnológica.

3.8. Transformação Permanente

Considerando a visão da FCM de ser um centro de excelência na atenção integral à saúde, considerando as exigências de formação de pessoal e de produção de conhecimento cada vez mais complexas, considerando, também, a rápida evolução das tecnologias, é fundamental que a organização se mantenha em constante transformação, buscando estar cada vez mais na vanguarda da sua área de atuação, sob pena de se tornar rapidamente obsoleta e ser ultrapassada por instituições congêneres ou mesmo concorrentes. Por outro lado, a estratégia de implementar pequenos projetos para compor o todo também induz um ambiente em transformação permanente.

Promover uma mudança de estado sem considerar esses fatores significa também correr riscos de ter frustrações ao final do processo como, por exemplo, desperdício de esforços durante vários anos sem contudo atingir o nível desejado. O risco existe principalmente devido à rápida evolução da tecnologia. Uma das formas de diminuir frustrações é estabelecer um balanceamento adequado para o uso de tecnologias maduras com forte tendência à continuidade e de inovações tecnológicas que mostrem tendências promissoras.

Ter um grupo com as atenções voltadas para verificação das tendências tecnológicas e sua difusão para a comunidade avaliar eventuais benefícios e impactos, constitui a base para manter a instituição na vanguarda. Um exemplo de uma instituição que pratica essa idéia é o INCOR (Aron, 1996).

4. CONCLUSÕES

O trabalho de atenção integral à saúde é eminentemente colaborativo e intensivo no uso de informações. Envolve grande número de profissionais de diferentes especialidades, de diferentes unidades ou, mesmo, de diferentes instituições, cada uma com seu papel bem definido porém integrado às demais. A chave para melhorar a qualidade da informação e aumentar a eficiência e eficácia da acumulação de conhecimento está no adequado gerenciamento do processo colaborativo de acesso, compartilhamento e troca de informações, bem como da adequada aplicação da TI, reunindo recursos da informática (inclusive hipermídia) com os de telecomunicações. O processo de transformação tecnológica para atender essas necessidades deverá ser sistemático e envolver toda a organização.

Se de um lado, a filosofia é proporcionar acesso amplo, fácil e rápido às plataformas computacionais, por outro lado, isso implica em maiores responsabilidades dos usuários com o domínio das novas tecnologias e integridade das informações. É fundamental, em primeiro lugar, a definição de novas práticas de trabalho que explorem todo o potencial da TI e, em segundo lugar, o treinamento para funcionários e docentes nas novas práticas.

Cabe ao agente de mudanças, apoiado pela alta direção, a orientação e difusão sobre os novos papéis dos participantes e a nova função do Núcleo de Informática na definição de estratégias tecnológicas.

Como a evolução tecnológica é muito rápida, convém observar que a classificação em níveis de maturidade tecnológica (tabela 1) é algo dependente do tempo, pois, o que hoje é considerado avançado amanhã poderá ser considerado intermediário ou mesmo básico. Assim, uma transformação sem os recursos humanos, materiais e financeiros adequados poderá ser tornar muito lenta e, como conseqüência, poderá comprometer as próprias mudanças e os

COMPUTAÇÃO, LINGUAGEM E CIÊNCIA DA COGNIÇÃO

COMPUTING, LANGUAGE, AND COGNITIVE SCIENCE

João Luís Garcia ROSA

ABSTRACT

Cognitive Science is influenced by the ideas and techniques of computing. The role of computing on understanding human cognition is discussed by Pylyshyn [1]. From the universal Turing machine to nowadays computers, there is a distinction between processor and memory, the so called *classical view*, that explains the "language of thought" of cognitive architectures. And, in relation to the language, there is also an external relationship between the grammatical processing system and others cognitive systems.

KEYWORDS: Cognitive Science, Language, Computing, Artificial Intelligence.

RESUMO

A Ciência da Cognição é influenciada pelas idéias e técnicas da computação. O papel da computação no entendimento da cognição humana é discutido por Pylyshyn [1]. Da máquina de Turing universal aos computadores atuais, existe uma distinção entre processador e memória, a chamada *visão clássica*, que explica a "linguagem do pensamento" de arquiteturas cognitivas. E, em relação à linguagem, existe também um relacionamento externo entre o sistema de processamento gramatical e outros sistemas cognitivos.

PALAVRAS-CHAVE: Ciência da Cognição, Linguagem, Computação, Inteligência Artificial.

1. INTRODUÇÃO

Segundo Pylyshyn [1], a Ciência da Cognição é influenciada pelas idéias e técnicas da computação. A idéia de que a computação é importante para entender a cognição, ou o comportamento inteligente em geral, é tão antiga quanto a própria computação. Pylyshyn discute o papel da computação no entendimento da cognição humana. Mas o que é a computação? Que família de processos pretende-se cobrir com este

termo? Os computadores são relevantes para a cognição de várias formas. A cognição é literalmente uma espécie de computação, executada por um determinado tipo de mecanismo biológico. Quais são as metodologias disponíveis para validar modelos computacionais como modelos *fortes* de processos cognitivos?

No nível mais abstrato, a classe de mecanismos chamados *computadores* são os únicos mecanismos

(*) Professor do Instituto de Informática da PUCAMP e doutorando em Psicolinguística Computacional no IEL-UNICAMP. E-mail: joaol@zeus.puccamp.br

conhecidos que são suficientemente flexíveis em seu comportamento para representar a plasticidade da cognição humana. Também são os únicos mecanismos conhecidos capazes de produzir comportamento que pode ser descrito como *dependente de conhecimento*.

Num nível mais concreto, os computadores provêm uma forma de tratar com vários problemas que atrapalham o entendimento da cognição. Entre eles, estão a complexidade dos processos que envolvem a cognição e a necessidade de uma teoria que faça a ligação entre o processamento interno e instâncias reais do comportamento, ou seja, satisfaça a *condição de suficiência*, segundo Pylyshyn [1].

2. MÁQUINAS DE TURING

Como se pode caracterizar o conjunto de funções computadas por programas de computador? Esta questão - quais funções são realizáveis por algoritmos e quais não são - tem suas raízes mais diretas no trabalho de Alan Turing nos anos 30 [2]. Usando, o que agora se chama de modelo de máquina de Turing, Turing mostrou que certos problemas naturais em computação não podem ser computados por nenhum algoritmo, real ou imaginado. De fato, Turing apenas mostrou que estes problemas não são calculáveis especificamente por máquinas de Turing; mais tarde as investigações de outros pesquisadores concluíram que a computabilidade de Turing é sinônimo da computabilidade em qualquer outro sistema algorítmico suficientemente poderoso.

Uma máquina de Turing T pode ser descrita (Figura 1) como um controle de estado finito equipado com um dispositivo de armazenamento externo na forma de uma fita finita que pode ser estendida indefinidamente em ambas as direções.

Como mostrado na Figura 1, a fita é dividida em quadrados. Cada quadrado da fita pode estar em branco ou pode carregar qualquer símbolo de um alfabeto de fita finita X especificado. Por conveniência, um símbolo especial (aqui, a letra B) que não pertence a X é reservado para denotar um quadrado em branco na fita. Então, na Figura 1, todos os quadrados estão em branco exceto cinco, que possuem os símbolos a ou b . O controle do estado finito é acoplado à fita através de uma cabeça de leitura/

escrita. Em um determinado instante, a cabeça estará percorrendo um quadrado da fita e o controle de estado finito estará em um estado. Dependendo deste estado e do símbolo do quadrado percorrido pela cabeça da fita, a máquina irá, em um passo, fazer o seguinte:

- 1) Entrar em um novo estado do controle de estado finito;
- 2) Sobrescrever um símbolo no quadrado percorrido (é possível sobrescrever o mesmo símbolo e portanto deixar o quadrado da fita sem mudar, ou sobrescrever com um B e "apagar" o símbolo da fita);
- 3) Deslocar a cabeça para esquerda ou para a direita um quadrado, ou não deslocar nada.

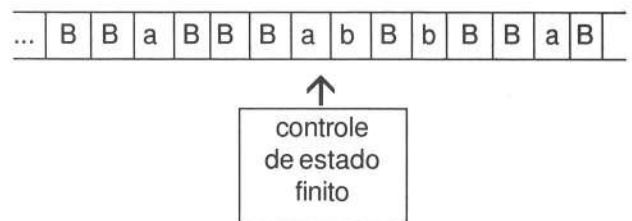


Figura 1. Uma máquina de Turing: A fita pode ser estendida indefinidamente pela adição de B 's (brancos) em qualquer lado [3].

Como o alfabeto da fita é finito e o controle de estado finito tem finitamente muitos estados, a operação de uma máquina de Turing pode ser completamente descrita por um conjunto finito de quintuplas da forma (estado antigo, símbolo percorrido, estado novo, símbolo escrito, direção de movimento).

3. FORMALISMOS, SÍMBOLOS E MECANISMOS

A possibilidade de imitar a vida através de artefatos tem intrigado as pessoas através da história. Mas apenas na segunda metade deste século, através de um tipo especial de artefato chamado computador, considerou-se seriamente um meio de entender os fenômenos mentais.

Houve, então, a possibilidade de imitação de certos processos internos não observáveis. As operações são definidas abstratamente, como armazenamento, recuperação e alteração de tokens de códigos simbólicos.

A lógica tornou-se um jogo com tokens de símbolos sem significado, de acordo com certas regras formais (isto é, regras sintáticas).

O desenvolvimento da noção de universalidade do mecanismo formal forneceu o ímpeto inicial para entender a mente como um sistema de processamento de símbolos. Uma máquina universal pode ser programada para computar qualquer função especificada formalmente.

Para Newell [4], a característica essencial para que um dispositivo seja universal ou programável, é que suas entradas sejam particionadas em dois componentes distintos: instruções (funções de entrada e saída) e entradas para as funções.

Devido à plasticidade no comportamento, os computadores são artefatos capazes de exibir "inteligência". Segundo Turing [5], um computador pode em princípio ser construído para exibir atividade inteligente a um grau arbitrário. Uma máquina poderia ser qualificada como inteligente se pudesse jogar com sucesso o "jogo da imitação", isto é, enganar um observador humano, com quem poderia se comunicar apenas através de um teclado e terminal, tal que o observador não poderia discriminar entre a máquina e outra pessoa (o chamado teste de Turing).

4. A VISÃO CLÁSSICA DA COMPUTAÇÃO E COGNIÇÃO

Na máquina teórica original de Turing e em todo computador digital real, é feita uma distinção entre o processador e a memória. O processador "escreve" expressões simbólicas na memória, altera-as e as "lê". A memória pode consistir de uma fita, um conjunto de registradores ou qualquer forma de armazenamento de trabalho. As expressões escritas são símbolos complexos que são construídos a partir de símbolos mais simples. O processador transforma estas expressões em novas expressões de uma forma especial e sistemática. A forma como as expressões simbólicas são transformadas em um computador clássico é muito importante. As expressões simbólicas têm uma semântica, ou seja, contêm códigos para alguma coisa ou elas significam alguma coisa.

Se as expressões simbólicas são códigos para proposições, crenças ou conhecimento, como elas deveriam ser se fossem expressões em alguma lógica

simbólica, então o computador deve transformá-las em formas correspondentes a provas ou inferências, ou talvez, a seqüências de "pensamentos" que ocorrem durante o raciocínio de senso comum. O importante é que, de acordo com a visão clássica, certos tipos de sistemas, incluindo mentes e computadores, operam em representações que tomam a forma de códigos simbólicos.

Para resumir, a visão clássica assume que mentes e computadores têm no mínimo três níveis distintos de organização [1]. Esta organização define o que é chamada por *arquitetura computacional clássica* ou *cognitiva*. Para explicar o comportamento humano inteligente, precisa-se recorrer aos três níveis de organização:

- 1) *O nível semântico (ou de conhecimento)*. Neste nível, explica-se porque as pessoas, ou os computadores apropriadamente programados, fazem certas coisas de acordo com o que elas conhecem ou com suas metas e mostram que estas são conectadas de certas formas com sentido ou mesmo racionais. Precisa-se do nível de conhecimento para explicar porque certas metas e crenças tendem a levar a certos comportamentos, e porque os comportamentos podem ser mudados de forma racional, quando novas crenças são adicionadas.
- 2) *O nível simbólico*. O conteúdo semântico de conhecimento e metas é assumido codificado por expressões simbólicas. Tais expressões estruturadas têm partes, cada qual também codificando algum conteúdo semântico. Precisa-se do nível de símbolos para explicar coisas como porque algumas tarefas são mais demoradas ou resultam em mais erros do que outras. Este tipo de maleabilidade do comportamento é conhecido como *penetrabilidade cognitiva*.
- 3) *O nível físico (ou biológico)*. Para que o sistema inteiro funcione, é necessário ser realizado em alguma forma física. A estrutura e os princípios pelos quais os objetos físicos funcionam correspondem ao nível físico ou biológico. Precisa-se, obviamente, do nível biológico para explicar coisas como os efeitos das drogas, retardamento ou danos ao cérebro no comportamento.

5. OBJEÇÕES À VISÃO CLÁSSICA

Muitos acham absurda a idéia de que o cérebro pense através da escrita e leitura de símbolos, influência forte dos computadores eletrônicos.

Para os lógicos Turing [2], Frege [6] e outros, o conhecimento é *codificado* em um sistema de códigos simbólicos, fisicamente realizados, e as propriedades físicas dos códigos causam os comportamentos.

Fodor e Pylyshyn [8] adicionaram um argumento segundo o qual o sistema de códigos deva ser *estruturado* como uma linguagem.

A pesquisa em processamento de informação humana revela incontáveis processos que claramente devem estar ocorrendo (por exemplo, *parsing* ou inferência) dos quais tem-se pouco ou nenhum conhecimento. Existem muitos argumentos para a necessidade de assumir, como verdade, a existência de estruturas de símbolo no raciocínio humano - uma "linguagem do pensamento".

O uso de expressões simbólicas estruturadas, para representar conhecimento e para servir como base para inferência, é um efeito colateral de uma arquitetura clássica. Em contraste, é uma propriedade que deve ser estipulada e reforçada pela teoria (isto é, é um parâmetro empírico livre) em outras arquiteturas não simbólicas, tais como as chamadas arquiteturas conexionistas.

6. CONTROLE

A construção de um modelo, que vem de encontro à condição de suficiência de Pylyshyn [1], força o confronto do problema de como e sob quais condições as representações internas e as regras são convocadas no curso das ações de geração. Estas questões dizem respeito ao *controle* do processo.

Na ciência da computação e na inteligência artificial existe um grande interesse em esquemas de controle diferentes - alguns que possam mudar o pensamento de psicólogos sobre a faixa de possibilidades disponível para converter representações em ações.

E, porque o controle é uma das áreas centrais de estudo em ciência da computação, o progresso no desenvolvimento de modelos computacionais de pro-

cessos cognitivos dependerá de idéias técnicas originárias da ciência da computação (e mais particularmente, da inteligência artificial).

Uma variedade de estruturas de controle diferentes pode ser caracterizada em termos de duas distinções: (1) entre *enviar* controle (onde a iniciativa parte do local *antigo*) e *capturar* controle (onde a iniciativa parte do local *novo*), e (2) entre *direcionar* uma mensagem a um local específico e *transmitir* a mensagem a todas as rotinas ou "módulos" de uma só vez. Por exemplo, no caso da hierarquia de subrotinas padrão, o controle é sempre *enviado* (pela rotina que já o possui), e uma mensagem (contendo parâmetros e um endereço de retorno) é *direcionada* especificamente à rotina a quem está sendo dado controle; e quando a submeta é alcançada, o controle é *enviado* de volta, juntamente com uma mensagem de resultado. Em chamadas de procedimentos baseados em padrão, tais como usadas em Prolog, quando uma tarefa precisa ser realizada, uma mensagem descrevendo a meta é transmitida e o controle é então capturado por algum módulo projetado para responder àquela particular mensagem (controle *blackboard*). Os sistemas de produção são casos especiais de chamadas de procedimentos baseados em padrão.

Muitas das considerações no projeto de novas arquiteturas se reduzem às seguintes três questões: (1) como habilitar a comunicação flexível e efetiva entre diferentes processos ou módulos, (2) como assegurar que toda informação relevante influencie na tomadas de decisões e inferências, e (3) como segurar e retardar a tomada de decisões até o tempo apropriado.

Para especificar em detalhes que seqüência de passos o sistema vai seguir seria necessário alguma coisa como um *algoritmo* para o processo. Por exemplo, existem vários algoritmos bem conhecidos para vários tipos de aproximações numéricas para funções, para analisar linguagens livres de contexto, etc.

A estrutura funcional (em oposição à anatômica) da máquina - ou o que se chama sua *arquitetura funcional* ou apenas *arquitetura* - representa a definição teórica no nível da especificidade (ou nível de agregação) no qual são vistos os processos cognitivos. Especificar a arquitetura funcional de um sistema é como prover um manual definindo alguma determinada linguagem de programação.

7. ALGORITMOS E ARQUITETURA COGNITIVA

Os algoritmos cognitivos, o conceito central em psicologia computacional, são executados pela arquitetura cognitiva. Os dispositivos com arquiteturas funcionais diferentes não podem, em geral, executar *diretamente* os mesmos algoritmos. Mas os típicos computadores disponíveis comercialmente têm uma arquitetura que difere significativamente em detalhes da arquitetura do cérebro. Daí, espera-se que a construção de um modelo de computador da arquitetura mental seja primeiro *emulada* (isto é, modelada a si mesmo) antes que o algoritmo mental possa ser implementado.

A distinção entre executar diretamente um algoritmo e executá-lo primeiro emulando alguma outra arquitetura funcional é crucial para a ciência cognitiva. Isto vai de encontro à questão central de quais aspectos da computação podem ser tomados literalmente como parte do modelo e quais aspectos são considerados apenas como detalhes de implementação.

Existe um grande conjunto de propriedades formais disponíveis em todas as arquiteturas de computadores porque todas elas usam expressões numéricas para registrar nomes e porque têm operações aritméticas primitivas. Mas estas propriedades são parte de tais arquiteturas por razões que não têm nada a ver com as necessidades teóricas da ciência cognitiva. Quando estas características são exploradas na construção de modelos cognitivos, assume-se que tais operações são parte da arquitetura cognitiva da mente.

A existência de estados representacionais intermediários pode algumas vezes ser inferido de formas indiretas. Um bom exemplo ocorre em Psicolinguística, no estudo do processamento de sentenças em tempo real. Existe evidência indireta para a disponibilidade de certos componentes da análise sintática no curso da compreensão da sentença. Qualquer evidência da disponibilidade de estados intermediários de um processo para qualquer outro processo (isto é, qualquer evidência que os trabalhos do processo são "transparentes" a uma outra parte do sistema) pode ser tomada como uma evidência de que o processo não seja primitivo mas que tenha uma decomposição cognitiva.

Consideram-se outros dois critérios, baseados empiricamente, para decidir se certos aspectos de regularidades do comportamento devam ser atribuídas a propriedades de mecanismos - isto é, à arquitetura cognitiva - ou às representações e processos operando nelas. O primeiro destes critérios deriva das considerações computacionais e define uma noção de equivalência forte de processos, referida como *complexidade-equivalência*. Este critério é freqüentemente associado com o uso de medidas de tempo de reação, ou com medidas *on-line* como aquelas que avaliam a demanda de atenção de tarefas.

O segundo critério ajuda a decidir se um fenômeno empírico particular deve ser atribuído à arquitetura ou às metas e crenças. Em geral, mostrar que certos fenômenos empíricos são sensíveis a metas e crenças (ou o que se chama de *penetrável cognitivamente*) é, à primeira vista, evidência de que eles não devam ser atribuídos a propriedades da arquitetura.

8. PENETRABILIDADE COGNITIVA

Para determinar se certas evidências empíricas favorecem certas propriedades da arquitetura hipotetizada do sistema cognitivo, a questão natural é perguntar se a evidência é compatível com algumas outras propriedades diferentes da arquitetura. Uma forma de se fazer isto é ver se os fenômenos empíricos em questão podem ser sistematicamente alterados pela mudança das metas e crenças dos sujeitos. Se puderem, então isto sugere que os fenômenos fornecem não informações sobre a arquitetura mas sim sobre algum processo governado por representação - alguma coisa que, em outras palavras, permaneceria verdadeiro mesmo se a arquitetura fosse diferente daquela hipotetizada.

Os modelos cognitivos não são modelos de como o cérebro realiza processos no tecido neural, e sim teorias que descrevem mecanismos *cognitivos* que processam *representações cognitivas*.

Quando se faz inferências sobre a natureza do algoritmo a partir de dados de tempo de reação (ou qualquer outra medida *física*), depende-se sempre da validade de hipóteses auxiliares. Tais hipóteses poderiam, em princípio, serem falsas.

9. NECESSIDADES DA ARQUITETURA COGNITIVA

Todas as arquiteturas provêm programabilidade, que leva ao comportamento flexível. Necessita-se entender as necessidades que moldam a cognição humana, especialmente além da necessidade da computação universal. A arquitetura cognitiva deve prover o suporte necessário para todas as seguintes necessidades [9]:

- 1) Comportar-se flexivelmente como uma função do ambiente;
- 2) Exibir comportamento adaptativo (racional, orientado à meta);
- 3) Operar em tempo real;
- 4) Operar em um ambiente rico, complexo e detalhado
 - a) perceber detalhes de mudança,
 - b) usar grandes quantidades de conhecimento,
 - c) controlar um sistema motor de muitos graus de liberdade;
- 5) Usar símbolos e abstrações;
- 6) Usar linguagem, natural e artificial;
- 7) Aprender a partir do ambiente e da experiência;
- 8) Adquirir capacidades através do desenvolvimento;
- 9) Viver autonomamente dentro de uma comunidade social;
- 10) Exibir auto-consciência e auto-senso.

A cognição humana pode ser definida como um sistema de processamento de informação que é uma solução para todas as necessidades listadas acima e talvez mais outras que ainda não se conhece.

Necessidades funcionais não são as únicas fontes de conhecimento sobre a arquitetura cognitiva. Sabe-se que a arquitetura cognitiva é realizada em tecnologia neural que é criada pela evolução.

A natureza da arquitetura cognitiva é dada em termos de funções ao invés de estruturas e mecanismos. O caráter puramente funcional da arquitetura é especialmente importante quando se sai dos compu-

tadores digitais atuais e se entra na cognição humana. Lá uma tecnologia básica de sistema (circuitos neurais) e tecnologia de construção (evolução) são muito diferentes, tal que pode-se esperar que as funções sejam realizadas de formas diferentes daquelas da tecnologia digital atual.

A seguinte lista fornece funções conhecidas da arquitetura cognitiva [9]:

- 1) **Memória:** estruturas que persistem ao longo do tempo. Em computadores existe uma hierarquia de memória. Esta hierarquia é caracterizada por constantes de tempo (velocidade de acesso, velocidade de escrita) e capacidade de memória, em relação inversa - quanto mais lenta a memória, maior a sua capacidade. A memória de maior capacidade e de longo termo satisfaz o requisito para a grande quantidade de memória necessária para a cognição humana.
- 2) **Símbolos:** Os *tokens* de símbolos são padrões nas estruturas de símbolos que provêm acesso às estruturas de memória distal, isto é, a estruturas em qualquer lugar da memória.
- 3) **Operações:** O sistema é capaz de realizar *operações* em estruturas de símbolos para compor novas estruturas de símbolos. Existem muitas variações em tais operações em termos do que é feito para construir novas estruturas ou modificar velhas estruturas e em termos de como depender de outras estruturas de símbolos.
- 4) **Interpretação:** Algumas estruturas (não todas) têm a propriedade de determinar que uma seqüência de operações de símbolos ocorre em estruturas de símbolos específicas. Estas estruturas são chamadas de *códigos*, *programas*, *procedimentos*, *rotinas* ou *planos*. O processo de aplicar as operações é chamado *interpretação* da estrutura de símbolo.
- 5) **Interação com o mundo externo,** como interfaces perceptuais e motoras, *bufferização* e interrupções, demandas para ação em tempo real e aquisição contínua de conhecimento.

10. SISTEMAS DE SÍMBOLOS

A função central da arquitetura é dar suporte a um sistema capaz de computação universal, ou seja, as funções listadas acima [9] são aquelas necessárias para prover esta capacidade. Deve-se ser capaz de gerar esta lista simplesmente analisando as máquinas universais existentes. Entretanto, existem muitas variedades de sistemas universais. Máquinas de Turing [2], máquinas de registradores, funções recursivas, redes neurais de Pitts-McCulloch [10] e outras organizações de computadores digitais.

Os primeiros quatro itens da lista de funções fornece a capacidade para um sistema de símbolos: *memória*, *símbolos*, *operações* e *interpretação*. Entretanto, nenhuma destas funções é uma *representação* do mundo externo. Os símbolos provêm uma função de representação interna, mas a representação do mundo externo é uma função do sistema computacional como um todo, tal que a arquitetura suporta tal representação, mas não a provê.

Os sistemas de símbolos são componentes de um sistema maior, abrangente, que vive num mundo dinâmico real e sua função principal é criar interações apropriadas deste sistema maior com este mundo. As interfaces do sistema maior com o mundo são dispositivos sensoriais e motores. Algumas funções comuns destas interfaces podem ser identificadas. A primeira é relativamente óbvia - a arquitetura deve prover as interfaces que conectam os dispositivos sensoriais e motores ao sistema de símbolos.

A segunda vem da assincronia entre os mundos interno e externo. Os sistemas de símbolos são um ambiente interior, protegido do mundo externo, no qual o processamento de informação do organismo em serviço pode acontecer. Uma implicação é que o mundo externo e o mundo simbólico interno são assíncronos. Então deve haver *bufferização* de informação entre os dois em ambas as direções. Deve haver também mecanismos de *interrupção* para tratar da transferência de processamento entre as várias fontes de informação assíncronas.

A terceira função vem da característica de demanda em tempo real do mundo externo. Uma implicação para a arquitetura é uma capacidade de interrupção, tal que o processamento possa ser chaveado no tempo para novas demandas.

A quarta função vem de uma implicação de um ambiente mutável - o sistema não pode conhecer a priori tudo que ele precisa sobre tal ambiente. Entretanto, o sistema deve continuamente adquirir conhecimento do ambiente e fazer isto em constantes de tempo ditadas pelo ambiente.

11. EXPLORANDO A ARQUITETURA DO SISTEMA DE PROCESSAMENTO DE LINGUAGEM

Existe, é claro, um "módulo de linguagem" no cérebro e uma Gramática Universal deve estar ligada a ele desde o início, segundo o lingüista Noam Chomsky [12]. A Gramática Universal é um programa biológico da predisposição para descobrir determinadas gramáticas, a partir de um conjunto muito grande [13]. Os lingüistas gostariam de entender como as sentenças são geradas e compreendidas de uma forma "automática". Jackendoff [14] comenta a nossa capacidade de falar e entender sentenças novas como a necessidade de armazenar não apenas as palavras da nossa língua, mas também os padrões de sentenças possíveis. Os lingüistas se referem a estes padrões como regras da linguagem na memória. A coleção completa de regras é a gramática mental.

Ainda não se tem um conhecimento seguro da estrutura do mecanismo humano do processamento de linguagem a despeito do progresso no estudo das representações e princípios envolvendo o acesso lexical e a análise sintática. A distinção dos princípios empregados para o acesso lexical versus análise sintática sugere que mecanismos distintos, ou até subsistemas de processamento distintos, estão envolvidos.

Quanto à relação externa entre o sistema de processamento gramatical e outros sistemas cognitivos, existe no mínimo uma teoria geral destas relações, a proposta de Fodor [15] de que a arquitetura mental humana é modular e consiste de sistemas de entrada sensíveis apenas à informação limitada específica do domínio, e não ao conhecimento *top-down* de uma variedade independente do domínio.

Evidências mostram que o processamento de estruturas de constituintes de sentenças é serial e que o conhecimento do mundo influencia a reanálise de algumas estruturas. É mais difícil argüir que a reanálise dependa do sistema de processamento central e não do processador de linguagem. Ainda que, fazendo esta

assunção, requereria que o conhecimento e mecanismos do processador da linguagem devam ser duplicados no sistema de processamento central. Parece que o conhecimento gramatical deve estar disponível fora do sistema de linguagem assim como dentro dele.

Seja a proposta de arquitetura da figura 2 [16]:

| | | | |
|--------------------|---------------------|-------------|-----------|
| sistema central | referência | ligação | c-comando |
| | predicação theta | estrutura-c | irmandade |

Figura 2. Sistema de Compreensão da Linguagem. (Frazier [16]).

Os tipos de argumentos dão suporte ao encapsulamento ou solução modular proposta para capturar as similaridades entre processos gramaticais sintáticos e não sintáticos. Primeiro, na ausência de influências semântico pragmáticas, existem preferências gerais, sistemáticas e estruturais na análise atribuída a uma entrada ambígua. Segundo, em tarefas que permitem sujeitos, muitas vezes a informação não sintática parece prevalecer sobre as preferências estruturais. Terceiro, em algumas estruturas, uma análise sintática preferida será conscientemente detectada mesmo se for pragmaticamente menos plausível que a alternativa. Finalmente, a visão modular oferece uma explicação para o porquê de certas estruturas serem mais rápidas e prontamente influenciadas por informação semântica do que outras.

As evidências experimentais disponíveis sugerem que princípios de processamento *distintos* podem ser aplicados a (1) dependências de movimento, (2) coindexação de frases *qu* ligadas (frases, como *qual menina*, que parecem suportar o índice referencial de uma entidade de discurso), (3) ligação reflexiva e (4) controle.

A partir da modularização do sistema de compreensão de linguagem ilustrado na figura 2, vários modelos incompatíveis poderiam ser desenvolvidos pelo estabelecimento de várias relações entre os módulos. Ao invés disto, pode-se explorar a idéia de que nenhum princípio de arquitetura mental ou linguagem estipula as relações entre os módulos.

Recursos computacionais restritos podem reduzir o sistema de linguagem efetivo a um par de módulos: quando a tarefa requer julgamentos puramente gramaticais, os módulos da estrutura-c e de

ligação; quando a tarefa requer julgamentos de significado, os módulos de referência e temático/predicação. Para maiores informações sobre a teoria lingüística atual, veja [17].

O efeito das relações intermodulares pode depender muito dos tempos relativos das decisões de processamento.

Na figura 2, os módulos estrutura-c e de ligação satisfazem todos os critérios de serem módulos de entrada. Eles podem ser influenciados por informação não lingüística mas apenas uma vez esta foi traduzida para o vocabulário de c-comando ou irmandade, através da influência de uma atribuição referencial ou de temático/predicação. Mas os módulos de referência e de temático/predicação são problemáticos pois eles necessitam de informação que vai além da informação puramente lingüística. No mínimo, informação sobre o contexto de discurso deve estar disponível ao módulo de referência. A informação do mundo real e da representação do discurso devem estar disponíveis ao módulo temático. Como o encapsulamento da informação é usualmente visto como a característica central de um módulo de entrada, isto sugere que dois dos módulos da figura 2 não são módulos de entrada.

12. CONCLUSÃO: O DOMÍNIO DA CIÊNCIA COGNITIVA

O que torna uma área de estudo um domínio científico natural é a *descoberta* de que algum conjunto relativamente uniforme de princípios pode dar conta dos fenômenos neste domínio.

A ciência cognitiva tem sido vista como o estudo de domínio natural da cognição, onde cognição inclui fenômenos prototípicos da percepção, solução de problemas, raciocínio, aprendizado, memória, etc.

Certos fenômenos não vêm do processamento simbólico, contrariamente às assunções anteriores. Neste caso, os apelos conexionistas de que os sistemas de símbolos não são necessários [18], poderiam estar certos. Por outro lado, existem boas razões para manter o fato de que o *raciocínio* ou outro processo racional ou *dependente de conhecimento* requer processamento simbólico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] PYLYSHYN, Z. W. (1989). Computing in Cognitive Science. In Foundations of Cognitive Science. Possner, Editor. A Bradford Book. The MIT Press.
- [2] TURING, M. A. (1937). On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem. Proceedings of the London Mathematical Society 42:230-265. *Apud*[1].
- [3] MOLL, R. N. & Arbib, M. A. & Kfoury, A. J. (1988). An Introduction to Formal Language Theory. Springer-Verlag.
- [4] NEWELL, A. (1980). Physical Symbol Systems. *Cognitive Science* 4 (2): 135-183.
- [5] TURING, M. A. (1950). Computing machinery and intelligence. In *Mind*; reprinted in 1964 in A. R. Andersen, ed. Minds and Machines. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall. *Apud*[1].
- [6] FREGE, G. (1918). "Der Gedanke." Beitrage zur Philosophie des deutschen Idealismus. English translation in G. Frege, *Logical Investigations*, ed. By P. T. Geach (New Haven: Yale University Press, 1977). *Apud*[7].
- [7] CHIERCHIA, G. and McConnell-Ginet, S. (1990). Meaning and Grammar - An Introduction to Semantics. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, England.
- [8] FODOR, J. A. & Pylyshyn, Z. W. (1988). Connectionism and Cognitive Architecture: A critical analysis. *Cognition* 28: 3-71.
- [9] NEWELL, A. & Rosenbloom, P. S. & Laird, J. E. (1989). Symbolic Architectures for Cognition. In Foundations of Cognitive Science, Possner, Editor. A Bradford Book. The MIT Press.
- [10] MCCULLOCH, W. S. and Pitts, W. (1943). A logical calculus of the ideas immanent in neural nets. *Bulletin of Mathematical Biophysics* 5:115-137. *Apud*[11].
- [11] RICH, E. and Knight, K. (1991). Artificial Intelligence. 2nd. Edition. McGraw-Hill.
- [12] CHOMSKY, N. (1959). On certain formal properties of grammar. *Information and Control* 2, 137-167. *Apud* [3].
- [13] CALVIN, W. H. (1996). How Brains Think - Evolving Intelligence, Then and Now. Basic Books.
- [14] JACKENDOFF, R. (1994). Patterns in the Mind: Language and Human Nature. Basic Books. *Apud* [13].
- [15] FODOR, J. A. (1983). Modularity of Mind. Cambridge. Massachusetts: MIT Press. *Apud*[16].
- [16] FRAZIER, L. (1990). Exploring the Architecture of the Language-Processing System. In Cognitive Models of Speech Processing - Psycholinguistic and Computational Perspectives. Edited by Gerry T. M. Altmann. A Bradford Book. The MIT Press.
- [17] HAEGEMAN, L. (1991). Introduction to Government and Binding Theory. Cambridge: Blackwell.
- [18] MCCLELLAND, J. L. & Rumelhart, D. E. (1986). Parallel Distributed Processing - Explorations in the Microstructure of Cognition - Volume 2: Psychological and Biological Models. A Bradford Book. The MIT Press.

SISTEMAS DE IDENTIFICAÇÃO ELETRÔNICA

ELECTRONIC IDENTIFICATION SYSTEMS

Fábio Pena Firme CURTO*
Renata Carla MAROCO **
Frank Herman BEHRENS***

ABSTRACT

This work discusses the concepts related to the Electronic Identification (EID), presents the functional characteristics of devices and equipment normally used and demonstrates their usefulness for commercial and industrial systems that incorporate EID. First of all, we present and discuss the constructive features of devices and equipment available nowadays based on radio-frequency activation (RFID), as well as the standardization effort that has been carried out by ISO. Finally, examples of EID application in several areas are presented and analyzed in detail.

KEY WORDS: electronic identification, EID, RFID, transponder, microchip, ISO standards for EID, EID applications.

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo apresentar os conceitos relativos à identificação eletrônica (EID), apresentar as características funcionais necessárias de dispositivos e equipamentos e demonstrar sua viabilidade de utilização em sistemas que incorporam a identificação eletrônica em aplicações comerciais e industriais. São primeiramente discutidos detalhes construtivos dos dispositivos e equipamentos atualmente existentes para identificação eletrônica, com ênfase nos dispositivos ativados por radio-freqüência (RFID), bem como aspectos de padronização em curso pela ISO, a nível internacional. Por fim, exemplos de uso desta tecnologia em várias áreas de aplicação são apresentados em detalhe.

PALAVRAS-CHAVE: identificação eletrônica, EID, RFID, transponder, *microchip*, padrões ISO para identificação eletrônica, aplicações da identificação eletrônica..

1. INTRODUÇÃO

Diversos métodos de identificação são empregados em larga escala, atualmente, para fins de

automação comercial e de produção. A individualização de objetos, agregados, embalagens, etc., torna os procedimentos de controle e supervisão mais precisos, possibilitando a implantação de um sem número

(*) Aluno do Curso de Mestrado em informática da PUCAMP.

(**) Bolsista de Iniciação Científica e Aluna do Curso de Engenharia de Computação da PUCAMP.

(***) Professor Titular e Orientador do Instituto de Informática da PUCMAP.

de medidas para aprimorar os aspectos econômicos envolvidos nos processos produtivos, além de permitir a adoção de técnicas informatizadas de gerenciamento, tais como os Sistemas de Suporte a Decisão (DSS - *Decision Support System*).

Uma nova técnica de identificação, surgida nos últimos 5 anos, denominada Identificação Eletrônica, (EID - *Electronic IDentification*), se baseia na idéia de uso de dispositivos e equipamentos eletrônicos para reter e detetar algum código ou número de identificação.

Esta técnica vem solucionar problemas operacionais existentes em outras técnicas de identificação, tais como as etiquetas impressas, etiquetas com código de barra, rótulos estampados ou colados, tarjas magnetizadas, selos, argolas, tatuagens, carimbos, placas, etc., que apesar de baratas e de simples aplicação, muitas vezes são suscetíveis a umidade, descolamento, rasura, desbotamento, corrosão, desgaste mecânico, roubo, adulteração, etc. Nestes casos, há necessidade de se utilizar uma técnica de numeração ou codificação, visando posterior identificação, que resista aos problemas acima relacionados. É neste contexto que se apresenta

como uma alternativa a tecnologia de identificação eletrônica.

A adequação de um sistema de identificação eletrônica, dentro de vários contextos de aplicação, seja na área industrial, comercial ou de produção agropecuária, depende das características de um certo tipo de dispositivo que contém a informação necessária para a identificação unívoca de um determinado objeto, dispositivo este normalmente denominado transponder [1], composto internamente por um circuito integrado (CI) específico, o qual é anexado ou inserido ao objeto alvo de identificação.

A obtenção da identificação ou número de código, ou número de registro atribuído ao objeto, contido internamente ao transponder, é realizado através de um aparelho leitor, que faz uso de algum meio de comunicação sem fios, normalmente rádio-freqüência (RFID - *Radio-frequency ID*), sendo por isso dotado de uma antena transmissora e receptora, cuja função é ativar o circuito integrado contido no transponder e dele obter o código de identificação como resposta desta ativação. A figura 1 ilustra conceitualmente a idéia de um sistema constituído por um transponder e um aparelho leitor.

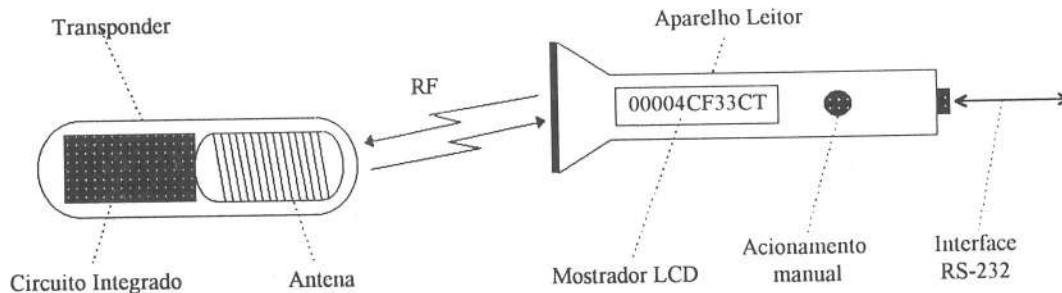


Figura 1 - Sistema de identificação eletrônica.

Existem diversos fabricantes de equipamentos para identificação eletrônica, dentre eles as empresas norte-americanas AVID, DESTRON e Texas Instruments e européias TROVAN (Alemanha), DATAMARS (França) e NEDAP (Holanda) [15].

No transcorrer deste trabalho, serão apresentados e discutidos a estrutura e as características dos transponders existentes atualmente no mercado, os meios pelos quais se obtém a informação neles contida, os padrões adotados internacionalmente e os

aspectos relacionados às principais aplicações desta tecnologia. A ênfase de exemplificação funcional está sobre os transponders e leitores da marca TROVAN, atualmente disponíveis pelos autores para experimentos em laboratório [2].

2. ODISPOSITIVO TRANSPONDER

O transponder, componente principal da identificação eletrônica, é um subproduto da tecnologia de

fabricação de circuitos integrados em alta escala de integração (VLSI - Very Large Scale Integration), que devido ao seu atual estágio de desenvolvimento, está propiciando o projeto e fabricação de inúmeros componentes de alta complexidade com funções precisas e de alta qualidade [3].

Conceitualmente, um transponder realiza a transposição de dados. Isto se dá por meio do recebimento de uma mensagem de requisição de dados, enviada pelo aparelho leitor, seguida da efetiva emissão destes dados. No caso do dispositivo transponder necessário ao contexto de identificação eletrônica, algumas características são desejáveis:

- deve possuir pequenas dimensões e peso mínimo, de forma a ser facilmente inserido ou fixado em objetos, ou facilmente transportado;
- deve possuir montagem robusta e resistente ao ambiente e à aplicação a que se destina;
- deve conter internamente um número ou código único e exclusivo em cada unidade, que seja definido durante a sua fabricação e que seja impossível de ser modificado por meios externos;
- a requisição de dados, originada externamente por um aparelho leitor, desencadeia apenas a emissão do código registrado internamente;
- a comunicação de dados com o leitor deve ocorrer sem contato físico, por meio de rádio-freqüência, de modo que o acesso seja por proximidade;
- a quantidade de dígitos que compõe o código deve ser adequada à individualização de objetos numa quantidade muito ampla;
- é desejável que não necessite ser continuamente energizado, de modo que sua utilização seja possível durante longos intervalos de

tempo (o uso de baterias limita a longevidade de utilização em alguns casos);

- como opção, a energia necessária à emissão do código pode ser enviada externamente pelo aparelho leitor, servindo inclusive como sinalização de requisição;
- custo final reduzido, de modo a ser competitivo com as outras tecnologias de identificação existentes (código de barras, tarja magnética, impressão em relevo, etc.).

Dada a tecnologia de fabricação de circuitos eletrônicos, atualmente disponível, todas as funções essenciais do transponder são executadas por um circuito integrado (também denominado CI ou *Chip*) [1, 2], especificamente fabricado para esta aplicação. Desta forma, agrega-se à necessidade de sofisticação funcional, um dispositivo eletrônico semicondutor sabidamente reconhecido por suas características:

- pequenas dimensões - trata-se de uma pastilha de silício de cerca de 1 x 2 mm;
- peso extremamente baixo;
- complexidade eletrônica elevada, agregando funções analógicas e digitais no mesmo *chip*;
- alta reprodutibilidade, com mínima dispersão dos parâmetros funcionais que podem dificultar seu uso em campo;
- alto grau de confiabilidade e longevidade, se encapsulado externamente com materiais apropriados para evitar contaminação da pastilha de silício, suportar variações de temperatura, umidade e proporcionar a rigidez mecânica adequada;
- baixo custo de fabricação se produzido em larga escala;

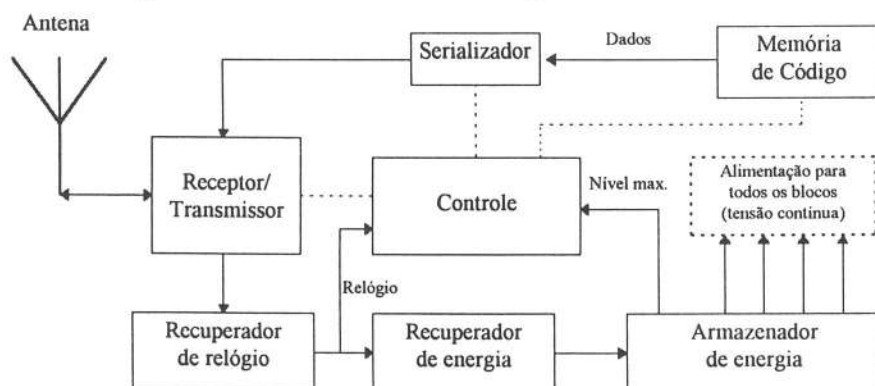


Figura 2 - Diagrama de blocos do circuito eletrônico de um transponder.

O transponder, portanto, é constituído por um *circuito integrado*, que contém todo o circuito eletrônico necessário às suas diversas funções, associado a uma antena de pequena dimensão, necessária à comunicação por rádio-freqüência.

A figura 2 ilustra o diagrama de blocos dos circuitos constituintes de um transponder para aplicação em identificação eletrônica, onde se reconhece as diversas partes que o compõem:

i) Circuito receptor/transmissor:

É responsável por fazer a interface com a antena. Durante a recepção, o sinal de rádio-freqüência (RF) enviado pelo aparelho leitor é captado pela antena do transponder, sintonizado pelo circuito receptor, que apresenta ressonância (baixa impedância) somente para uma freqüência externa bem definida, dentro de uma faixa de variação muito estreita, de modo que apenas o sinal de RF apropriado é reconhecido e aproveitado pelos blocos subsequentes. Durante a transmissão, o mesmo sinal de RF presente na antena é modulado pelos bits de dados que estão armazenados no transponder, sendo que esta modulação é retransmitida e detetada pelo aparelho leitor.

ii) Circuito recuperador de relógio:

O sinal de RF de entrada é utilizado como sinal de sincronismo entre o aparelho leitor e o transponder, ou seja, pode-se recuperar um relógio digital a partir do sinal de RF, que ativará os circuitos digitais subsequentes, colocando toda a atividade do transponder em sincronismo.

iii) Circuito recuperador de energia:

O sinal de RF emitido pelo leitor, numa freqüência bem definida, é irradiado com uma certa potência, de cerca de alguns watts. Dado que a identificação é realizada a uma distância curta, ao ser sintonizada pelo transponder, o sinal de RF ainda contém alguma potência utilizável, em cerca de alguns décimos de watt, que pode ser aproveitada para energizar o circuito. A tensão alternada gerada pela sintonia do sinal de RF, da ordem de algumas centenas de milivolts, é retificada (convertida em um sinal unipolar pulsado) e multiplicada até cerca de 3 a 5 volts.

iv) Circuito armazenador de energia:

Posteriormente à retificação, o sinal de tensão é filtrado, regulado e armazenado como tensão contínua, constituindo assim uma potência utilizável de alguns miliwatts, mesmo que por apenas alguns poucos segundos. O circuito interno

do transponder, apesar de razoavelmente complexo, implicando em muitos componentes eletrônicos que devem funcionar simultaneamente, pode ser fabricado na forma de circuito integrado de modo a apresentar um consumo de potência muito reduzido, sendo assim compatível com o processo de recuperação de energia acima descrito. Particularmente, a tecnologia de fabricação de circuitos integrados CMOS é adequada para a construção de circuitos eletrônicos para aplicações de baixíssimo consumo [4], da ordem de poucos miliwatts. Para estes níveis de potência, o elemento armazenador de energia mais simples é meramente um capacitor de valor de capacitância adequado, na faixa de 0,1 a 1 microfarads.

v) Circuito de controle:

Realiza toda a supervisão e coordenação das diversas funções exibidas pelo transponder. Ao ser atingido o nível máximo de energia armazenada, o circuito de controle inicia a serialização do código binário armazenado na memória: a informação paralela é transformada em serial segundo a ordem correta. Ocorre em seguida a modulação do sinal de saída, que é aplicada ao circuito transmissor para ser transmitido ao aparelho leitor. Todos estes eventos, embora realizados por outros circuitos, necessitam de uma sincronização precisa, levada a cabo pelo circuito de controle.

vi) Circuito de memória de código:

Constitui o local físico onde é armazenado o código numérico único do transponder. Por questões construtivas, esta área de memória deve permitir a gravação de um número binário apenas uma vez. Tecnicamente, a estrutura de memória pode ser de tipo PROM a fusível ou PROM de porta flutuante (mesma tecnologia usada nos *chips* de memória EPROM's comerciais). A programação do código de cada transponder é realizada e garantida pelo fabricante.

vii) Circuito serializador:

Recebe a informação paralela da memória de código e permite sua transformação em informação serial. Tem a estrutura muito similar a um registrador de deslocamento (*shift register*).

A figura 3 traz uma ilustração do aspecto externo de alguns transponders da marca TROVAN [2, 17], comercialmente disponíveis. Nota-se que o formato externo pode variar segundo as necessidades de sua utilização.

Desta forma, existem transponders em diversos formatos:

- a) formato de disco (figura 3.a), permitindo fixação por meio de um parafuso;
- b) formato de botão (figura 3.b), para serem fixados por colagem;
- c) formato de cartão (figura 3.c), visando substituir funcionalmente o cartão magnético;
- d) formato específico para implante em animais (figura 3.d), encapsulado em material biocompatível (vidro).

Os formatos em botão e disco se destinam a aplicações industriais e comerciais, onde o encapsulamento do *circuito integrado* é feito em plástico resistente, no padrão adotado pela indústria eletrônica, que permite alcançar longevidade de utilização entre 5 a 10 anos em condições normais de uso.

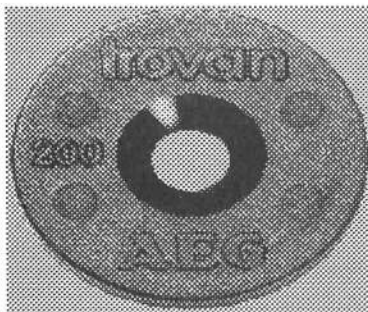
O formato em cartão aproveita a tecnologia utilizada nos modernos cartões telefônicos, pela qual se pode acondicionar internamente o *circuito integrado* e sua antena, de forma hermética e protegida, numa espessura total em torno de 1 mm. Este tipo de transponder permite dispor da identificação eletrônica, embutida no cartão, aliada a informação textual ou

visual (logotipo, fotografia, desenho, etc.) estampada nas suas superfícies. Sua utilização também é possível dentro de um prazo de 5 anos.

O formato específico para implante tem por objetivo utilizar a tecnologia de identificação eletrônica em animais, situação que é pouco explorada em termos de automação, quer seja comercial ou de produção.

A individualização de animais pelo uso de identificação eletrônica [5] permite a aplicação de técnicas modernas de gerenciamento de rebanhos, aprimoramento genético e controle de produção, com significativa melhoria de produtividade. Sua utilização é viabilizada por um prazo mais longo, superior a 10 anos, devido a hermeticidade do material de encapsulamento empregado (ex: vidro de alta pureza, derivado da tecnologia de fabricação de próteses humanas), que acima de tudo deve ser biocompatível para evitar reações orgânicas nos animais.

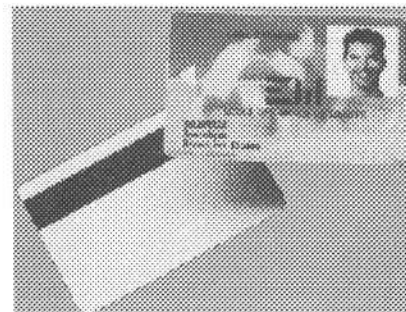
A figura 3.d ilustra em detalhes o transponder para implante em animais, onde se pode verificar o seu tamanho reduzido, isto porque é necessário minimizar ao máximo o desconforto causado ao animal pela sua inserção em alguma região muscular de acesso fácil, que normalmente não é processada como carne para consumo humano.



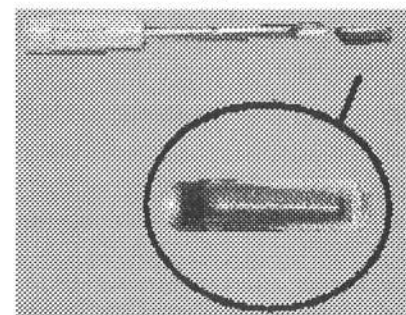
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 3 - Diversos tipos de transponders comercialmente disponíveis.

Atualmente, cada fabricante de dispositivos para identificação eletrônica utiliza um formato próprio de

codificação. A tabela 1 relaciona os diversos formatos existentes [2].

Tabela 1 - Formatos de condição comercialmente em uso

| Fabricante | Tipo de código | Dígitos | Combinações | Exemplo | Comentário |
|-------------------|------------------|---------|-----------------|-------------|---------------|
| AVID | numérico base 10 | 9 | 1.000.000.000 | 011 856 324 | anexa letra A |
| DESTRON | numérico base 16 | 10 | ? | 7F7F9D527G | - |
| TROVAN | numérico base 16 | 10 | 549.755.810.000 | 00004CF33C | anexa letra T |
| Texas Instrumerts | numérico base 10 | 6 | 1.000.000 | 132 571 | - |

Observa-se que não há efetivamente um formato padronizado para uso comercial, sendo que o leitor de um fabricante não está, em princípio, apto a detetar o código de outro fabricante.

Quanto ao número de combinações, a maioria trabalha com 9 ou 10 dígitos, ou seja, acima de 1 bilhão de combinações diferentes. Particularmente no caso da TROVAN, observa-se o emprego de 10 dígitos em codificação numérica hexadecimal, sendo que o transponder possui internamente um código binário de 39 bits: cada 4 bits corresponde a um dígito hexadecimal e a numeração possível se encontra na faixa de 0000000000h a 7FFFFFFFFFh. Portanto, o número total de combinações diferentes atinge a cifra de $2^{39} = 549.755.810.000$, ou seja, mais de meio trilhão de combinações, cifra suficientemente elevada para permitir identificação individualizada e única de diversas classes de objetos relativas às atividades humanas.

3. O APARELHO LEITOR DE CÓDIGO

O aparelho leitor é utilizado para ativar um transponder e receber o código de identificação nele contido, armazenando a informação para posterior aproveitamento, quer seja por meio da visualização direta do número num mostrador, quer seja para envio a um computador externo.

A figura 4 ilustra o diagrama de blocos dos circuitos que compõem um aparelho leitor típico. Exemplificando por meio um leitor da marca TROVAN [2, 17], quando acionado, este leitor emite um campo magnético intenso numa frequência de cerca de 128 kHz (alguns sistemas usam 120 e 134 kHz). A energia presente neste campo magnético é acoplada ao transponder por meio do ar ou outros meios que eventualmente se interponham.

Como descrito no item 2, correntes elétricas são induzidas na antena do transponder, que fluem para o *circuito integrado*, onde a energia recebida pela antena é convertida em tensão de alimentação. Imediatamente após a energização do CI, ele inicia o envio do seu código de identificação único. Isto é obtido através da modulação por chaveamento da corrente aplicada à antena do transponder. Esta modulação produz um novo campo magnético, bastante menos intenso, em exatamente metade da frequência enviada pelo leitor, ou seja, 64 kHz. Segundo o fabricante, esta frequência foi escolhida porque maximiza a quantidade de energia enviada de volta ao leitor [2].

No leitor, uma antena de recepção capta o fraco campo magnético emitido pelo transponder. Devido a sua forma de construção e sua localização física especial, a antena de recepção do aparelho leitor rejeita o sinal forte de 128 kHz emitido simultaneamente e capta seletivamente o sinal de 64 kHz reenviado pelo transponder. Isto é necessário porque o sinal transmitido é cerca de 1 bilhão de vezes mais intenso do que o sinal recebido e poderia bloquear completamente sua detecção.

O sinal de saída na antena de recepção do leitor é amplificado e posteriormente o código é demodulado, de acordo com a técnica de modulação empregada (normalmente FSK - *Frequency Shift Keying* ou PSK - *Phase Shift Keying*), apresentando-se sob forma digital. Um circuito de controle central supervisiona todo o processo de ativação e leitura.

O código lido é armazenado em memória. Cabe ressaltar que o aparelho leitor possui um relógio interno, contendo data, hora, minuto e segundo. Desta forma, quando uma leitura de código é efetuada, o leitor associa automaticamente a data e hora desta leitura, sendo este conjunto de dados que constitui em realidade a informação que é armazenada na memória.

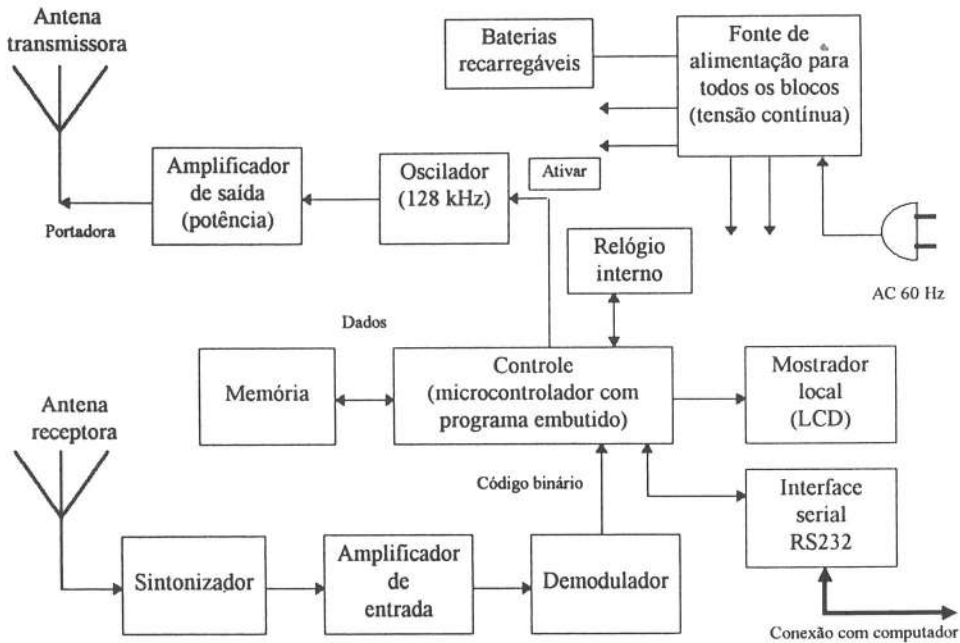


Figura 4 - Diagrama de blocos de um aparelho leitor típico.

O acionamento do leitor pode ser manual, por meio de um botão de pressão, ou por controle de um computador externo via interface serial RS-232. O circuito de controle coordena todas as atividades, sendo implementado por um microcontrolador, que contém um programa em linguagem de máquina gravado em memória ROM, para realizar todas as tarefas coordenadas de transmissão, recepção, demodulação, armazenamento e comunicação de dados.

O microcontrolador comunica-se com um mostrador de cristal líquido (LCD), para leituras manuais, ou com um computador externo, via interface serial padrão RS-232. Portanto, um *driver* de dispositivo instalado num computador externo pode acessar o aparelho leitor, via interface serial, podendo configurar parâmetros ou remover a informação gravada na memória do mesmo.

No sentido de caminhar em direção a uma uniformização, enquanto se espera pela definição de padrões (vide item 4 a seguir), alguns fabricantes estão desenvolvendo modelos de leitor com compatibilidade bilateral. Assim, um leitor para código AVID pode reconhecer o código DESTRON, incluindo apenas a letra A ao final para diferenciação. Da mesma forma,

um leitor TROVAN apresenta 10 dígitos com a terminação adicional T, sendo ainda compatível com a leitura DESTRON. O formato utilizado pela Texas Instruments destoa dos outros formatos, por isso, não apresenta compatibilidade com nenhum outro. Não existe, todavia, um leitor universal para todos os códigos. A figura 5 traz o aspecto externo de alguns tipos de leitores comercialmente disponíveis.

4. PADRONIZAÇÃO E NORMAS INTERNACIONAIS

A área de produção animal é a área de aplicação que está investindo mais fortemente nesta nova tecnologia de identificação eletrônica. Existem diversas iniciativas a nível mundial [5 - 8], inclusive no Brasil [9], que anseiam por uma padronização dos equipamentos envolvidos, fato que resultou num esforço para se atingir padrões de uso e aceitação internacional. Outras áreas de aplicação [10 - 12] irão certamente se beneficiar da instituição de padrões, podendo futuramente modificá-los ou expandi-los para compreender aspectos particulares.

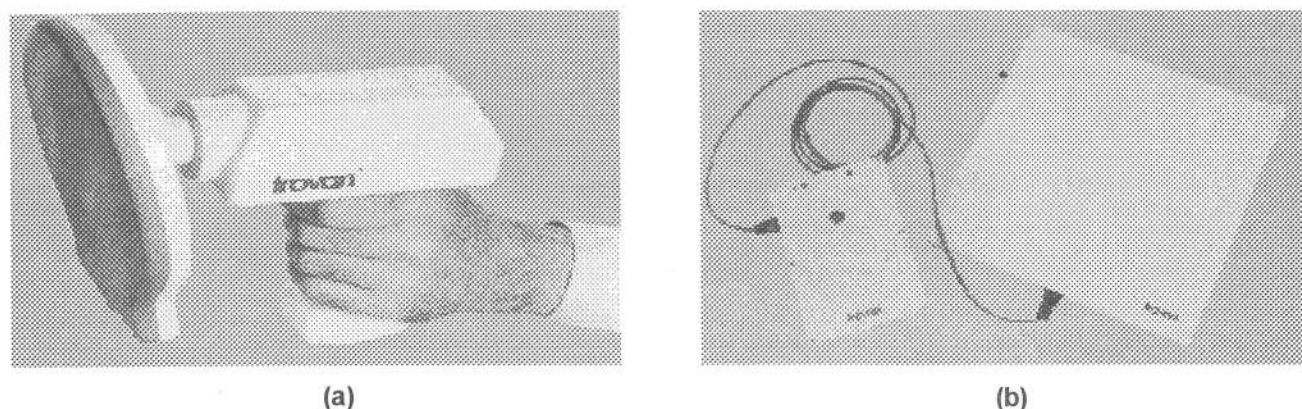


Figura 5 - Aparelhos leitores comercialmente disponíveis: leitor manual com conector RS-232 (a) e leitor fixo em formato de quadro, com respectiva interface (b).

Segundo Spahr [13-15], os padrões internacionais, tanto para os transponders como para os leitores, em aplicações de identificação eletrônica de animais, se encontram em fase final de elaboração pela Organização Internacional de Padrões-ISO (*International Standards Organization*), sediada em Genebra, Suíça [15]

O desenvolvimento dos padrões técnicos para a identificação eletrônica, para aplicação em animais, foi iniciado no ano de 1993 com a formação de um grupo de trabalho denominado WG3 (Identificação), subordinado ao sub-comitê SC19 (Eletrônica na Agricultura), abaixo do comitê técnico TC23 (Tratores e Maquinaria

para Agricultura e Silvicultura) da ISO.

Este grupo de trabalho vem coletando, desde então, uma série de informações junto aos fabricantes e obtendo os resultados de campo e de laboratório nos testes que envolvem os animais juntamente com os transponders e leitores. Alguns procedimentos utilizados nos testes de desempenho com gado leiteiro são discutidos na referência [13].

Foram feitas várias propostas nos últimos anos e algumas definições podem ser observadas até o presente momento na tabela 2 a seguir [15].

| Item | Ação |
|------------------------------------|----------------------------|
| Formato do arquivo ADIS | Aprovado pela ISO |
| Dicionário de dados | Sendo desenvolvido |
| Código do transponder | Em fase final de aprovação |
| Especificações para o leitor | Em fase final de aprovação |
| Inclusão de animais não domésticos | Proposta sendo considerada |
| Inclusão de animais de produção | Proposta sendo considerada |

O formato de arquivo ADIS (*Agricultural Data Interchange Syntax* - Sintaxe para Intercâmbio de Dados Agrícolas) [13] destina-se a padronizar a forma como as informações são transferidas do aparelho leitor para um computador ou outro dispositivo de coleta de dados. O dicionário de dados destina-se a criar uma terminologia comum e padronizada para que

os fabricantes e usuários tenham um conceito comum dos diversos tipos de definições e conotações que um sistema baseado em identificação eletrônica pode lidar.

Tanto a especificação de códigos para o transponder como a especificação de características para o aparelho leitor estão com propostas elaboradas

[14], faltando apenas as fases formais de aprovação no SC19 e TC23.

A estrutura final para a codificação da informação contida num transponder foi definida como sendo uma palavra de 64 bits, para a qual conjuntos de bits estão reservados para diversos campos de dados. Na tabela 3, é possível observar a estrutura de codificação proposta e que está sendo aprovada [15].

A inclusão do bit 16 permite expandir o padrão para anexar futuramente outras áreas para códigos de identificação, ou para gravar dados no transponder

após sua fabricação. Desta forma, o transponder informa ao aparelho leitor, por meio do bit 16, se possui ou não tal característica.

Algumas propostas adicionais foram encaminhadas para discussão no SC19 considerando incluir campos adicionais para identificar o criador em cada país e para identificar outras aplicações em animais domésticos, exóticos, de grande valor ou mesmo em risco de extinção. Também, foram apresentadas propostas para a padronização dos aparelhos leitores, como mostra a tabela 4 [15].

| Bits | Informação associada | Número de combinações |
|-------|--|-----------------------|
| 1 | Sinalização para aplicação animal (valor 1) ou para aplicação não animal (valor 0) | 2 |
| 2-15 | Códigos reservados para o futuro (14 bits) | 16.384 |
| 16 | Indicador de que há informação adicional disponível no CI, além dos 64 bits | 2 |
| 17-26 | Código ISO para o país (10 bits) | 1024 |
| 27-64 | Código de identificação (38 bits) | 274.877.906.944 |

| Parâmetro | Padrão Proposto |
|------------------------|---|
| Sistema de transmissão | Full Duplex ou Half Duplex |
| Frequência de ativação | 134,2 kHz |
| Tipo de modulação | PSK - Modulação por Chaveamento de Fase ou FSK - Modulação por Chaveamento de Frequência |
| Bits de codificação | 64 |

No modo de transmissão *Full Duplex*, o aparelho leitor deve enviar a energia de ativação ao mesmo tempo em que recebe o número de identificação do transponder. Neste caso, o transponder permanece energizado durante todo o tempo em que o leitor está emitindo, durante o qual transmite para o leitor o seu código interno modulando o sinal de rádio-frequência recebido. No modo *Half Duplex*, o aparelho leitor deve enviar a energia de ativação durante alguns segundos e depois interromper a energização para apenas receber o número de identificação do transponder.

Os dois tipos de modulação que foram padronizados permitem que diversos fabricantes desenvolvam e produzam seus produtos com características próprias, mas que, por outro lado, possam também construir aparelhos leitores universais com custo adicional muito reduzido frente ao custo de seu leitor exclusivo.

As companhias interessadas em futuramente produzir transponders, deverão realizá-lo segundo as normas definidas pela ISO. As empresas interessadas na produção dos aparelhos leitores deverão proporcionar a facilidade de leitura dos demais concorrentes, ou

seja, um leitor deverá ser capaz de ler qualquer transponder, de qualquer marca.

Em suma, a padronização de códigos e de leitores é favorável à aplicação da tecnologia de identificação eletrônica em animais, pois encontra-se uma grande diversidade de espécies, passíveis de utilização desta tecnologia, tais como animais de produção (rebanhos), domésticos, silvestres, exóticos e de zoológicos, que necessitam ser identificados sob quaisquer circunstâncias e em qualquer país ou região que se encontrem.

Observa-se, portanto, que a área de produção animal está a frente das definições de padronização em curso, mas que estas definições são suficientemente abrangentes para compreender outras aplicações, quer sejam meramente comerciais ou industriais. As especificações listadas nas tabelas 3 e 4 são bastante flexíveis para viabilizar sua aplicação não-animal.

5. APLICAÇÕES PRÁTICAS

A tecnologia de identificação eletrônica está sendo amplamente empregada para a identificação e individualização de objetos, dentro das mais diversas áreas. Os transponders são dispositivos de uso muito simples, altamente confiáveis e de tamanho diversificado, por isso oferecem uma gama bastante grande de aplicações práticas em diversos setores da sociedade.

5.1 Aplicações na área industrial

Na área industrial, a aplicação de identificação eletrônica no controle de processos produtivos é bastante relevante, pois oferece uma série de vantagens para o acompanhamento produtivo [17]. Como todo sistema de identificação, seu objetivo principal é o de facilitar a localização de um determinado objeto dentro de um conjunto de elementos.

As etapas de um sistema de produção estão em constante processo de avaliação de desempenho, velocidade, qualidade e produtividade. Um transponder acoplado ou inserido nas peças que irão compor o produto final, permite a realização de um acompanhamento por meio de leituras, através de sistemas digitais e informatizados, nos diversos pontos escolhi-

dos estrategicamente e distribuídos ao longo da cadeia produtiva.

Comparativamente a outros sistemas de identificação existentes e utilizados na área industrial, como o código de barras por exemplo, o transponder apresenta duas características básicas que o distingue:

- é pouco suscetível à fraude; pois a informação de identificação não necessita de nenhum processo de colagem ou impressão; e
- o risco de não se obter a leitura do código de identificação é minimizado, uma vez que é imune ao desgaste mecânico, umidade, excesso de temperatura, reflexos luminosos, etc.

A adaptação de um sistema baseado em código de barras para um sistema baseado em transponders pode ser facilmente implementada. Ambas as tecnologias são semelhantes quanto à sua conexão aos sistemas computacionais, à necessidade de *drivers* de comunicação com os aparelhos leitores e ao aproveitamento dos dados obtidos. A vantagem reside apenas na segurança oferecida pela identificação eletrônica frente às outras possibilidades baseadas em etiquetas autocolantes e impressas.

As diversas aplicações hoje existentes estão intimamente relacionadas aos sistemas computacionais empregados ao longo da cadeia produtiva. Os transponders são reconhecidos como ferramentas básicas de entrada de dados para estes sistemas, trazendo as vantagens na automatização de codificação e identificação dos elementos envolvidos.

Levando-se em consideração que, dentro de um contexto de produção industrial, aspectos como a administração e o gerenciamento estão correlacionados com o controle e tomada de decisões, a tecnologia de identificação eletrônica pode em muito contribuir na implementação de Sistemas de Gerenciamento, que tenham como base a identificação de um código numérico.

Como exemplos práticos de aplicação, pode-se citar:

- a) acompanhamento de peças ou partes estratégicas (sensíveis, de alto valor, com garantia diferenciada, etc.) dentro do fluxo produtivo;
- b) identificação unívoca de carcaças ou gabinetes que permitam identificar um produto final

composto de inúmeras sub-partes (ex: número de chassi, número de série, etc.);

- c) identificação ou detecção de partes que possuem vida útil limitada, em linhas de produção baseadas em elementos recarregáveis ou reutilizáveis (ex: botijões de gás, vasilhames, engradados, embalagens retornáveis, embalagens pressurizáveis, etc.);
- d) controle de patrimônio (propicia processos de auditoria e vistoria mais ágeis).

5.2 Aplicações na área comercial

Existem, também, aplicações comerciais sendo desenvolvidas para o uso cotidiano da sociedade, onde transações de dados e informações são executadas a partir da identificação do produto [17]. Estas aplicações se voltam principalmente para o atendimento do comércio de atacado ou varejo.

Como exemplos práticos de aplicação, pode-se citar:

- a) controle de estoque (atribuição de identificação para mercadorias que entram com baixa automática no momento que saem);
- b) identificação de características (dados de origem, de composição ou meramente técnicos de qualquer produto podem ser automaticamente obtidos na presença do cliente);
- c) identificação de clientes e fornecedores.

5.3 Aplicações na área de segurança

O controle é peça fundamental dentro da área de segurança. Dentro deste contexto, observamos que a implementação de catracas de controle de acesso de pessoal dentro das edificações são atualmente implementadas a partir de algum dispositivo que torne possível o reconhecimento do indivíduo. Os dispositivos mais utilizados são cartões magnéticos que contêm em sua tarja magnética as informações necessárias para a liberação desses acessos. Todavia são dispositivos que podem sofrer a desmagnetização muito facilmente e acarretar problemas quanto a sua eficiência. É possível a implementação dos transponders em substituição aos dispositivos convencionais que, auxiliado por uma infra-estrutura

computacional, pode proporcionar o controle de todas as instalações de uma determinada edificação (conceito de edificação inteligente), mantendo a possibilidade de localização de um indivíduo a qualquer momento ou o registro total de longo prazo de todos os indivíduos que entraram ou saíram das instalações.

Outra possibilidade é a segurança patrimonial, onde transponders podem ser instalados em equipamentos e utensílios que compõem o patrimônio da empresa, visando sinalizar e impedir a sua remoção não autorizada para fora de suas instalações.

5.4 Aplicações na área de serviços

Os serviços de hotelaria por sua vez podem se beneficiar do uso de um sistema de identificação eletrônica, fornecendo ao hóspede um cartão (transponder) no momento de seu registro (*check-in*). Em todos os serviços prestados internamente ao hotel, o cartão serve tanto para identifica-lo como para automatizar o débito direto em sua conta. Ao final da estada, o cartão é retornado e a conta encerrada.

Outra possibilidade seria a utilização de transponders em todo o setor de prestação de serviços onde normalmente o usuário é submetido a filas de espera durante horários de pico do serviço. Nesta situação, a identificação eletrônica visa reduzir o tempo de atendimento. Como exemplos:

- a) cartões de estacionamento para clientes preferenciais;
- b) identificação rápida em pedágios de estradas para empresas ou usuários freqüentes [11];
- c) identificação pessoal em eventos, liberando automaticamente o acesso diferenciado aos usuários, pessoal técnico, organizadores, etc.;
- d) *tickets* automáticos com débito mensal em conta ou desconto em folha (refeição, transporte, comunicação telefônica, etc.).

5.5 Aplicações em construção civil

Recentemente, alguns estudos foram feitos no sentido de identificar partes e peças utilizadas ou instaladas em edificações durante sua construção

[12]. Há diversas situações em que etiquetas adesivas se tornam invisíveis, ou são destruídas pela umidade, ou simplesmente não aderem às superfícies dos materiais utilizados.

Também, podem-se utilizar transponders embutidos em peças de concreto, batentes de portas, esquadrias de janelas, luminárias, etc., de modo que possam ser identificadas a qualquer momento.

Surge nesta área de aplicação, talvez, o primeiro exemplo da necessidade de um transponder com capacidade de registrar dados gravados no momento de seu uso: uma viga de concreto, ao ser fundida, pode possuir um número inicial único e ter ainda agregada a informação de data e hora de sua fabricação, nome do operário encarregado, bem como características importantes dos materiais empregados, de modo que este conjunto de dados possa ser recuperado *in loco* a qualquer momento.

5.7 Aplicações na área de produção animal

Na área de produção animal, pode-se observar as principais aplicações da tecnologia de identificação eletrônica em animais [5 - 9]. A identificação animal convencional é a base dos sistemas de produção agropecuária, informatizados ou não, atualmente em uso. As técnicas de identificação mais utilizadas atualmente vão desde as marcações realizadas à ferro (quente ou frio) no couro do animal, uso de brincos com códigos estampados, tatuagens, colares, etc.

Os técnicos desta área se utilizam das informações relacionadas aos animais individualizados, desde seu nascimento, para fazer um acompanhamento ao longo de sua vida e melhor avaliar seu desempenho. Posteriormente, essas informações serão a base de estudos e tomadas de decisões relacionados ao manejo a ser adotado, melhoramento genético dos rebanhos e determinação de custos de produção.

Normalmente, a coleta de dados é feita manualmente, implicando numa grande incidência de erros nas anotações feitas na "caderneta de campo" dos técnicos, que eventualmente podem ser verificados e corrigidos somente depois da realização de uma análise de consistência em escritório. Não existe, portanto, uma garantia de entrada e uma verificação de consistência dos dados feita em tempo real.

O uso de transponders, associados a um Sistema de Gerenciamento de Informação para produção agropecuária, pode facilmente minimizar esses problemas, uma vez que a entrada de dados e sua verificação de consistência podem ser realizadas de forma automática. LOPES [16] afirma que a principal função de um sistema desta natureza é identificar os animais, assegurando para cada um deles um código de identificação único e um registro de ocorrências associado e individualizado.

Desta forma, torna-se possível que cada animal tenha acompanhamento quanto à sua origem, ganho de peso, produção de leite, vacinações, vermifugações, evitando ainda que seja removido, substituído ou que se extravie, ou ainda que o seu código de identificação seja adulterado, sem o conhecimento do sistema, permanecendo registradas todas estas informações de importância pelo resto de sua vida [14].

6. CONCLUSÕES

Apresentou-se neste trabalho uma nova tecnologia de identificação de objetos, a tecnologia de Identificação Eletrônica, que associada à tecnologia de processamento de dados, atualmente existente, abre inúmeras oportunidades de desenvolvimento de Sistemas de Gerenciamento de Informação, que tenham como ponto de partida a identificação ou individualização.

Atualmente, existem diversas empresas comercializando os dispositivos transponders e respectivos leitores, de modo que o maior desafio está na utilização desta tecnologia na solução de problemas ou no desenvolvimento de novas aplicações. O custo de um transponder é o fator que mais limita a expansão de seu uso, hoje em dia na faixa de 4 a 8 dólares. A produção em massa deste componente pode diminuir o seu custo de 10 a 100 vezes, fato que normalmente é observado na indústria de componentes semicondutores (circuitos integrados).

A área de produção animal está na vanguarda da utilização desta tecnologia e espera-se, num curto prazo, a disponibilidade de sistemas automatizados para controle e gerenciamento de criação de gado de corte, gado leiteiro, rebanhos diversos, criação de aves, sem contar a possibilidade de extensão para o controle de animais silvestres e domésticos. Seguem

de perto as aplicações comerciais e industriais que, como descrito, abrem novas interessantes alternativas de desenvolvimento.

Futuramente, espera-se que os transponders contenham um maior número de bits, para permitir uma maior capacidade de codificação, além de apresentar a capacidade de programação de parte de seus dados em campo pelo usuário, após sua fabricação, permitindo, assim, expandir as aplicações em todos os níveis.

As previsões para o uso desta nova tecnologia, em uma grande variedade de aplicações, são muito otimistas. Várias são as áreas da sociedade que podem se beneficiar do alto grau de automação que a Identificação Eletrônica propicia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. Wade & J. A. Mayhall - Straight Talk About Microchip Identification, publicação exclusiva da AVID Identification Systems Inc., 1994.
- [2] _____, _____ Catálogos e material técnico referentes a produtos TROVAN, obtidos da empresa SP Brasilis, representante comercial autorizado no Brasil.
- [3] L. A. Glasser & D. W. Dobberpuhl - The Design and Analysis of VLSI Circuits, Addison Wesley Publishing Co., 1985.
- [4] D. Ong - Modern MOS Technology, Capítulo 11, pp. 261-278, McGraw Hill Inc., 1986.
- [5] W. J. Eradus & W. Rossing - Animal Identification, Key to Farm Automation, Computers in Agriculture, Proceedings of the 5th International Conference, pp. 189-193, Orlando, FL, USA, 1994.
- [6] S. L. Spahr & R. S. Surber - Practical Experiences with Automated Electronic Animal Identification Using Injected Identification Transponders, Proceedings of the International Symposium on Prospects for Automatic Milking, pp. 546-551, Wageningen, Holanda, Nov. 1992.
- [7] G. Gandini et al. - Identificazione Elettronica negli Uccelli: Esperienze di Impianto Intramuscolare e Sottocutaneo, Obiettivi e Documenti Veterinari, No. 5, pp. 47-51, 1994.
- [8] S. E. Wolfensohn - The Use of Microchip Implants in Identification of Two Species of Macaque, Animal Welfare, No. 2, pp.353-359, 1993.
- [9] _____, _____ Microchip Identificará Animais da Região, Jornal Correio Popular, Caderno Cidades, pp. 4, 18 de Agosto, 1996.
- [10] -, - Electronic ID in Industry, Appliance Magazine, pp. 30, Dec., 1991.
- [11] _____, _____ Pedágio Eletrônico Chega no 2º Semestre, Jornal Folha de São Paulo, Caderno Folha Campinas, pp. 14, 2 de Março, 1997.
- [12] E. J. Jaselsky et al. - Radio-frequency Identification Application in Construction Industry, Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 121, no. 2, pp. 189-196, Jun, 1995.
- [13] S. L. Spahr - Progress Toward a National System for Electronic Animal Identification, Proceedings of 6th Annual Meeting of U.S. Animal Health Association, pp. 119-124, Luisville, KY, USA, 1992.
- [14] S. L. Spahr - Standardization of Electronic Identification, Illinois Dairy Report, pp. 39-41, Cooperative Extension Service, Urbana, IL, USA, 1996
- [15] S. L. Spahr - Technical and Performance Standardization of Electronic ID, National Livestock Identification Symposium, St. Louis, MI, USA, Dec 1994.
- [16] M. A. Lopes - Informática Aplicada á Bovinocultura, Editora da Funep, Unesp, Jaboticabal, SP, 1997.
- [17] _____, _____ TROVAN Home Page, Internet site <http://www.trovan.com>

UM SERVIÇO DE MOBILIDADE PARA AGENTES BASEADOS EM PLATAFORMAS CORBA

A MOBILITY SERVICE FOR AGENTS BASED ON CORBA PLATFORMS

O. FALSARELLA¹, C. MENDEZ², I. FONTES³,
P. SILVA³, W. LOYOLLA^{1,3}, M. MENDES¹

ABSTRACT

The number of applications that use mobile agent technology and of systems that support it are constantly increasing. Some applications send mobile software agents across the network to perform a set of tasks. The mobile agents, representing the applications, have autonomy to migrate from a node to another to complete their tasks. The main advantages of the agent to be executed at a remote node are: reduction of communication cost, asynchronous processing, flexibility and load balancing. The execution of an agent during its process of migration requires a supporting environment with installed services at each network node. This paper describes in detail the mobility service for agents. This service is being developed in the context of MAGNA - Mobile AGeNt Architecture and PAGE - Prototyping an AGent Environment projects.

Keywords: Mobile Agents, Agent Platforms, Distributed Agent Environment, Mobility Service, CORBA Platforms.

RESUMO

O número de aplicações que usam tecnologia de agentes móveis e sistemas que os suportam está em constante crescimento. Algumas aplicações enviam agentes de software através da rede para executar um determinado conjunto de tarefas. Agentes móveis, representando as aplicações, têm autonomia necessária para migrar de um nó para outro a fim de completar suas tarefas. As principais vantagens de um agente executar em um nó remoto são: redução do custo de comunicação, possibilidade de processamento assíncrono, flexibilidade e divisão da carga de processamento. A execução de um agente, durante seu processo de migração, requer um ambiente de suporte com serviços instalados em cada nó de rede. Este artigo descreve em detalhe o serviço de mobilidade de agentes. O serviço de mobilidade está sendo desenvolvido no contexto dos projetos MAGNA - Mobile AGeNt Architecture e PAGE - Prototyping an AGent Environment.

Palavras-chaves: Agentes Móveis, Plataformas de Agentes, Ambientes de Agentes Distribuídos, Serviço de Mobilidade, Plataforma CORBA.

(1) Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUCAMP) Campinas Brasil.

(2) Universidade de Magallanes, Punta Arenas, Chile.

(3) UNESP-FET-Bauru, Brasil, {orandi, loyolla, mendes}@zeus.puccamp.br
{carias, ivo,pss}@dca.fee.unicamp.br

1. INTRODUÇÃO

A tecnologia de agentes móveis vem evoluindo para um novo paradigma que se adequa a uma ampla variedade de domínios de problemas. O número de projetos e novas aplicações usando este paradigma está constantemente aumentando, chamando a atenção da comunidade de pesquisadores para estudá-lo e propor soluções para vários problemas detectados.

Geralmente um agente pode ser uma entidade física ou lógica que é responsável pela execução de um conjunto de tarefas, delegadas a ele por outras entidades (aplicações, outros agentes, usuários humanos, etc.). Os agentes representam estas entidades enquanto executam suas tarefas (eles agem a favor do usuário)[15].

Um dos aspectos dos agentes que é bastante discutido por vários autores [3], [6], [10], [9] é sua capacidade de poder se deslocar na rede, migrando de um nó para outro, a fim de executar sua tarefa. Neste contexto, um agente que está sendo executado em um determinado nó decide autonomamente migrar para um outro nó ou retornar para o seu nó de origem, trazendo consigo o resultado obtido durante sua execução. Agentes com a capacidade e autonomia de migração formam uma classe especial de agentes denominados agentes móveis.

Significantes benefícios e vantagens podem justificar o uso de agentes móveis em certas aplicações, tais como:

- Redução do custo de comunicação [12] - dependendo da quantidade de informações a serem transmitidas pelo agente entre dois nós da rede, pode ser mais eficiente em termos de custo de comunicação enviar um agente para onde estas estão localizadas. Desta forma, o agente pode filtrar e selecionar somente as informações relevantes e transferi-las para o seu nó de origem.;
- Processamento assíncrono [12] - um agente pode ser enviado através da rede, continuando suas tarefas em outros nós. Enquanto o agente se encontra fora de seu nó de origem não é necessário que este nó permaneça em operação. A computação móvel é um exemplo de aplicação que pode utilizar sobremaneira agentes empregando o processamento assíncrono;

- Divisão da carga de processamento - computadores com baixa capacidade de processamento podem ser usados eficientemente para armazenar e processar dados que são filtrados e enviados por agentes móveis a partir de grandes servidores de informações;
- Flexibilidade - Agentes móveis se constituem em uma alternativa para o tradicional modelo cliente-servidor. [5] sugere que o modelo cliente-servidor e o paradigma de agentes móveis podem ser complementares.

Os agentes móveis podem ser utilizados em diferentes domínios de aplicação, por exemplo: comércio eletrônico e empresas virtuais.

O comércio eletrônico envolve um sistema híbrido no qual pessoas e computadores trabalham juntos para obter certos resultados comerciais comuns. Uma transação genérica em comércio eletrônico é um conjunto finito de interações entre membros com diferentes papéis [4].

Agentes móveis podem ser úteis em todas as fases de uma transação como por exemplo:

- agentes podem visitar através da rede empresas e pesquisar por potenciais fornecedores, de acordo com regras e condições pré-estabelecidas por um comprador;
- agentes podem se deslocar para servidores de fornecedores e negociar com eles termos e condições de entrega de produtos e formas de pagamento;
- agentes podem prover pagamento eletrônico viajando pela rede.

As empresas virtuais representam uma aliança temporária de companhias formadas para compartilhar custos com o objetivo de oferecer produtos e serviços competitivos a custos reduzidos. Este conceito de empresa independe do porte organizacional e das fronteiras técnicas e geográficas [11].

Agentes móveis podem ser úteis no contexto das empresas virtuais, auxiliando em vários tipos de tarefa, tais como:

- pesquisar por potenciais parceiros na rede perguntando por companhias que podem cumprir algum requerimento de produção ou executar algum serviço;

- monitorar o status de serviços e recursos que estão sendo executados remotamente para poder reprogramar local ou globalmente fluxos de trabalho;
- viajar para locais remotos e fazer requisições de produtos e serviços oferecidos por parceiros;
- negociar e mediar disputas, pesquisando informações ou serviços sobre assuntos específicos para auxiliar discussões.

Diferentes tipos de serviços devem existir com o objetivo de formar uma infraestrutura computacional necessária para suportar os agentes móveis [15], [5]. O principal objetivo deste artigo é descrever um dos serviços, o serviço de mobilidade, responsável pelo transporte de agentes móveis de um local para outro remoto. A descrição está baseada nos Serviços CORBA definidos pelo Object Management Group [13], [14].

Este artigo apresenta na seção 2 um breve resumo das principais definições e conceitos da tecnologia de agentes móveis. Na seção 3, uma Arquitetura do Ambiente de Suporte a Agentes Móveis que está sendo considerado pelo projeto Magna/Page é apresentada. O DAE (Ambiente de Agentes Distribuído) será utilizado como uma plataforma estruturada que proverá serviços, incluindo o serviço de mobilidade. Na seção 4 é descrito, em detalhe, o serviço de mobilidade e na seção 5 são discutidos os aspectos relativos ao desenvolvimento de um protótipo inicial. Finalmente na seção 6, são apresentadas as conclusões do trabalho.

2. MOBILIDADE DE AGENTES - DEFINIÇÕES

Embora não exista uma definição de consenso entre os pesquisadores [16], [7], [2], [1] sobre exatamente o que é um agente, no nosso ponto de vista uma entidade computacional de software só pode ser considerado um agente quando ela desenvolve suas capacidades com o auxílio de uma plataforma de agentes.

Uma plataforma de agentes é uma infraestrutura de serviços instalados em um nó de rede que suporta todo ciclo de vida de um agente.

[8] define um conjunto de capacidades que um agente pode possuir. Dentre elas, duas estão diretamente relacionadas com o contexto de migração:

- *mobilidade* ou poder de migração que um agente pode ter;
- *autonomia* ou poder de auto-controle de um agente.

Uma das propriedades mais atrativas de um agente é a sua capacidade de se mover de um lugar para outro autonomamente [5], [8], [3], [12]. Diferentes tipos ou gradações de mobilidade podem existir:

- *Estático*: agente que só será executado na própria plataforma em que foi originalmente criado;
- *Execução Remota*: agente que é enviado para um nó remoto para executar suas tarefas. Este agente inicia sua execução no local remoto sempre a partir do seu ponto inicial;
- *Migração (com estado)*: agente que pode parar sua execução em um nó, migrar para qualquer outro nó e continuar sua execução do ponto onde parou antes da migração. Para isso ele deve levar consigo seu estado. Entende-se por estado do agente todas as informações necessárias (valores de variáveis, próxima instrução a ser executada, valores de parâmetros, etc.) para que o mesmo possa dar continuidade à sua tarefa no novo nó.

Nos casos de agentes estáticos ou de execução remota, o agente uma vez instalado ou transportado para o nó específico, reside neste até terminar a sua execução. Em ambos os casos, não existe a necessidade de transportar estado.

No caso de migração, existe um processo de movimentação de um nó da rede para outro permitindo-se que o agente execute sua tarefa progressivamente. O mais importante é que neste processo, quando o agente termina sua tarefa em um nó, ele autonomamente decide se deve ou não migrar para outro nó.

3. ARQUITETURA DO AMBIENTE DE SUPORTE A AGENTES MÓVEIS

A figura 1 apresenta a arquitetura do ambiente de suporte a agentes móveis. O Ambiente de Agentes Distribuído (DAE) representa a plataforma do projeto Magna/Page [15], [5], na qual, agentes móveis construídos de acordo com os princípios da estrutura do Magna/Page têm seus ciclos de vida (*lifecicle*), i.e., criação, operação, gerenciamento, etc.

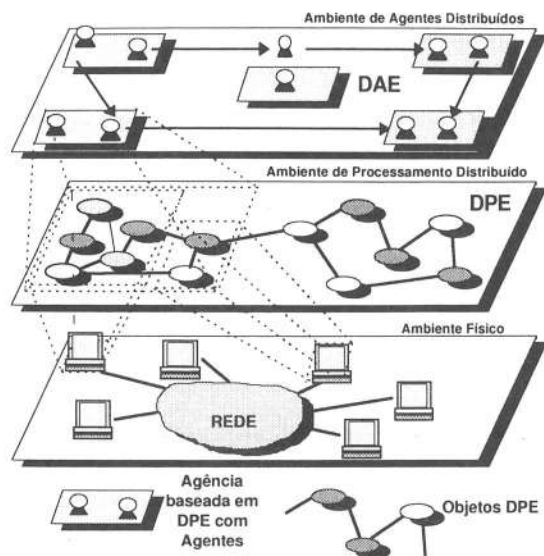


Figura 1 - Ambiente de Agentes Distribuídos

O DAE conta com as funcionalidades proporcionadas pelo Ambiente de Processamento Distribuído (DPE).

O DPE deve ser um ambiente de processamento distribuído compatível com CORBA ou TINA-C e proporciona a transparência para as interações entre clientes e servidores, e um conjunto de serviços genéricos que suportam aplicações distribuídas, tais como: *serviço de nomes (naming service)*, *serviço de persistência (persistence service)*, *serviço de repositório (repository service)*, *serviço de transações (transaction service)*, entre outros.

Portanto, o DAE é uma aplicação distribuída baseada nos serviços oferecidos pelo DPE, i.e., um sistema de software complexo constituído de múltiplos componentes de software que interagem entre si e são suportados por um DPE.

Dentro desta arquitetura, os componentes distribuídos do DAE são denominados *agências*, referindo-se deste modo, ao fato de que seu propósito primário é abrigar e suportar *agentes*. Um ambiente distribuído de agentes típico consistirá de um grande número de agências separadas, que podem ser agrupadas em *domínios* seguindo-se alguma forma de agrupamento, como por exemplo: *propriedade, política de segurança, conectividade direta* ou *requerimentos comuns*.

No ambiente físico (hardware e sistema operacional nativo), uma agência é mapeada diretamente para um nó de rede. Contudo, as agências podem ser expandidas em um conjunto de nós, cada

um deles suportando parcial ou totalmente os serviços providos pelo DAE. As agências oferecem uma interface comum para os agentes, escondendo desta forma a localização exata dos seus serviços.

4. SUPORTE A MOBILIDADE NO MAGNA/PAGE

O propósito é construir uma plataforma para dar suporte à mobilidade de agentes baseada nos serviços da OMG OMA (*Object Management Group - Object Management Architecture*) [14]. A arquitetura OMA já tem serviços especificados (e.g., *Life Cycle, Externalization, Naming, etc.*) que podem ser utilizados. Ela suporta um modelo Cliente/Servidor usando especificações IDL (*Interface Definition Language*), que permitem que as partes Cliente e Servidor sejam programadas em diferentes linguagens de forma a interagirem transparentemente. Além disso, oferece uma arquitetura aberta e orientada a objetos.

Conseqüentemente, um agente móvel será um objeto CORBA. Portanto, ele pode aceitar invocações ORB, principalmente a invocação de *start*, quando o agente deve ser iniciado em uma nova agência.

O serviço de mobilidade descrito neste texto proporciona *migração*. Deste modo a função do serviço de mobilidade é transportar um agente de uma agência de origem para outra de destino. A semântica associada com este movimento é tal que no momento em que o agente deseja ir para uma outra agência, ele suspende a sua execução na agência de origem e solicita o seu transporte para a agência de destino, onde continua sua execução, reiniciando a partir do ponto em que parou. Este processo requer que o *estado* do agente seja salvo, exatamente no momento em que este solicita ser transportado. Para suportar este processo o serviço de mobilidade necessita de outros serviços:

- *Serviço de Persistência de Agente*, para armazenar os dados e o estado de execução do agente;
- *Serviço de Segurança de Agente*, para realizar as ações necessárias de segurança antes, durante e após o transporte;
- *Serviço de Repositório de Implementação de Agentes*, para armazenar o código do agente;
- *Serviço de Instanciação de Agentes*, para instanciar o agente na agência destino e colocá-lo em execução.

Para suportar a execução remota o serviço de mobilidade necessita dos mesmos serviços que a migração, exceto o Serviço de Persistência, uma vez que não é necessário que agente salve seus dados e seu estado de execução, para retomá-lo novamente.

DISCUSSÃO

Uma característica típica associada com a mobilidade é a heterogeneidade (de hardware e software) dos lugares para os quais os agentes irão e serão executados. Isto impõe dois problemas básicos: Como executar agentes em máquinas heterogêneas? Como salvar o próximo estado a ser executado (estado de execução) quando o agente decide migrar, de tal forma que o agente possa continuar sua execução a partir do ponto que parou?

O primeiro problema pode ser resolvido usando linguagens baseadas em máquinas virtuais, que são portáteis entre diferentes plataformas (e.g. Java bytecode).

O segundo problema pode ser resolvido representando o estado de execução em um arquivo de estados, i.e., o agente executa a partir do início quando é reiniciado e decide como proceder seu trabalho consultando os valores das variáveis existentes neste arquivo. Estes valores são mantidos persistentes durante a migração. Esta solução introduz uma restrição para a programação do agente, uma vez que o programador tem que se preocupar com a estrutura do código, para poder recuperar os estados anteriores.

ARQUITETURA DO SERVIÇO DE MOBILIDADE

A arquitetura geral do serviço de mobilidade é apresentada na figura 2 onde são mostrados os componentes do Serviço de Mobilidade de Agentes, as relações entre eles e outros serviços que são necessários para suportar a migração de agentes.

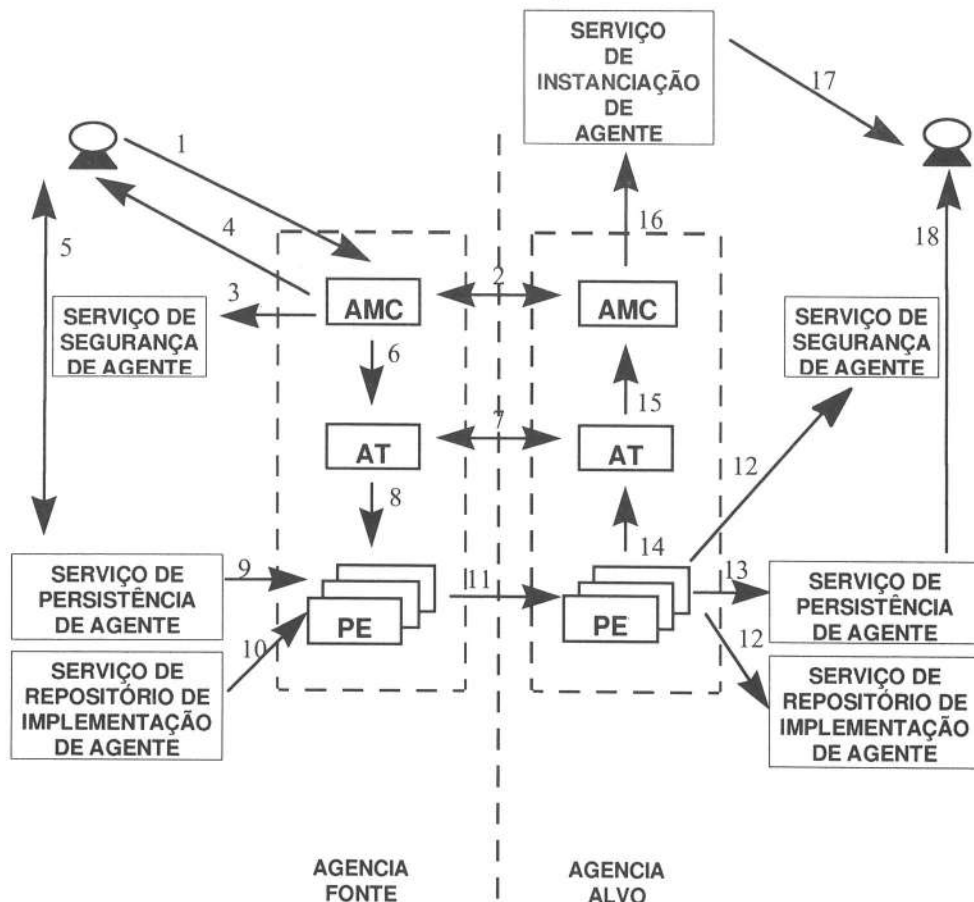


Figura 2 - Arquitetura Geral do Serviço de Mobilidade de Agentes

O Serviço de Mobilidade de Agentes proposto considera três componentes principais: *Coordenador de Mobilidade de Agente* (AMC), *Transporte de Agente* (AT) e *Entidade Protocolo* (PE), que serão explicados a seguir:

a) AMC (Coordenador de Mobilidade de Agente)

Este componente proporciona uma interface ao agente, através da qual o agente pode fazer um pedido para ser transportado. O pedido de transporte é feito pela invocação de uma operação *go*. Esta operação tem o nome da agência destino e os parâmetros identificadores do agente. A partir da solicitação, o AMC coordena os passos necessários para atingir o objetivo, ou seja, o AMC negocia com o seu parceiro da agência destino as condições para enviar o agente e controla as interações entre os módulos locais e serviços (na agência de origem) para transportar o agente. O AMC também solicita ao agente para externalizar seu estado e ao Serviço de Segurança de Agente para que sejam criadas as credenciais do agente. Na agência destino o AMC utiliza as credenciais para realizar o processo de autenticação. Quando o AMC recebe o agente, e após autenticá-lo, passa-o para o Serviço de Instanciação de Agente.

b) AT (Transporte de Agente)

Após o agente estar com seu estado persistente e empacotado, ele está pronto para ser transportado para a agência destino. O AT proporciona a funcionalidade para efetivamente transportá-lo para a agência desejada. Este componente faz com que o processo de transmissão e recepção seja transparente para o componente AMC. Parceiros ATs podem negociar o protocolo de transporte específico a ser usado (vários meios de transporte entre agências podem ser suportados). A negociação entre ATs parceiros é feita através de interações CORBA. No nó remoto, o AT diz ao AMC que o agente chegou e o envia para a autenticação.

c) PE (Entidade de Protocolo)

Vários componentes PE diferentes podem ser suportados pela plataforma. Cada componente PE proporciona ao AT acesso a um meio específico de transporte (FTP, HTTP, E-MAIL, ORB, etc.), porém

através de uma interface comum. Um componente PE, usando os serviços de Persistência de Agente e Repositório de Implementação de Agente, usa o estado do agente e o seu código para empacotá-lo e o envia com as informações de controle (tal como a linguagem na qual o agente foi programado, suas credenciais e sua identificação). Na agência destino o PE realiza o processo inverso. Componentes PE parceiros executam o protocolo escolhido para transmitir o agente.

Para suportar o ciclo completo de migração, o serviço de mobilidade necessita dos serviços: Instanciação de Agente, Persistência de Agente, Repositório de Implementação de Agente e Segurança de Agente, os quais possuem as seguintes funcionalidades:

a) Serviço de Instanciação de Agente

Quando o AMC recebe um agente do AT, o AMC usa este serviço para instanciar o agente. O serviço de Instanciação de Agente seleciona a máquina virtual específica baseada na linguagem na qual o agente foi programado (declarado pela informação de controle anexada ao agente). Após ser instanciado o agente está pronto para ser executado.

b) Serviço de Persistência de Agente

Antes da transmissão, a execução do agente e os dados de estado necessitam ser feitos persistentes (armazenados em um meio não volátil) na agência de origem. Na agência destino, o estado do agente precisa ser internalizado (o estado de execução será recuperado antes do agente iniciar sua execução no novo nó). O serviço de Externalização que engloba externalização e internalização [14], especificado pela OMG OMA, satisfaz estes requisitos.

c) Serviço de Repositório de Implementação de Agente

O Serviço de Repositório de Implementação de Agente oferece funcionalidades para armazenar e recuperar os arquivos de código associados com o agente. Os PEs usam este serviço para recuperar códigos dos agentes a serem transmitidos e para armazenar os agentes recebidos. Este serviço está

fortemente associado com o Repositório de Implementação do ORB, um local onde o ORB armazena e ativa os objetos de implementação.

d) Serviço de Segurança de Agente

O Serviço de Segurança de Agentes apresenta as funcionalidades necessárias à autenticação de agentes, tais como a geração de credenciais e a correspondente autenticação. Este serviço também inclui, dentre outras funções, as de verificação da existência de vírus nos agentes que chegam a uma agência, bem como realiza o processo de criptografia de parte do agente quando solicitado.

Para explicar melhor as relações entre os componentes e os serviços apresentamos uma sequência descritiva do processo de mobilidade. Assumimos que todos os passos são executados com sucesso. A sequência de passos é representada pelos números na figura 2:

1. O agente decide se mover e invoca a operação *go* oferecida pelo AMC.
2. O AMC comunica-se com o seu parceiro, para obter permissão para que o agente possa ser transportado para agência destino.
3. O AMC solicita ao serviço de segurança de agentes a geração de credencias para o agente.
4. O AMC solicita o processo de externalização do agente.
5. O Agente externaliza seu estado.
6. O AMC ordena ao AT para transmitir o agente.
7. O AT negocia com seu parceiro um protocolo específico a ser usado.
8. O AT seleciona o PE correspondente ao protocolo de transporte negociado.
9. O PE selecionado prepara o pacote a ser enviado. Primeiramente são utilizados os dados de estado do agente armazenados pelo Serviço de Persistência de Agente.
10. A seguir, o PE solicita ao Serviço de Repositório de Implementação de Agente o código do agente, e codifica o pacote

juntamente com o estado do agente, as informações de controle (tais como, identificação do agente e a linguagem na qual o agente foi programado) e as credenciais geradas pelo Serviço de Segurança de Agente.

11. O agente (pacote) é transmitido entre os PEs, usando o protocolo de transporte que o PE suporta (escolhido pelos ATs).
12. Na agência destino, o PE recebe o pacote e o decodifica. Após a autenticação das credenciais do agente, a parte que corresponde ao código do agente é armazenada pelo Serviço de Repositório de Implementação de Agente. Neste ponto, o código do agente se torna disponível e pode ser executado posteriormente.
13. O PE armazena a parte correspondente ao estado do agente através do Serviço de Persistência de Agente.
14. O PE termina seu trabalho notificando o AT sobre a chegada de um agente passando-lhe sua identificação.
15. O AT notifica o AMC que um agente chegou.
16. O AMC solicita ao Serviço de Instanciação de Agente que instancie o agente.
17. O serviço de Instanciação de Agente instancia o agente identificado de acordo com a linguagem na qual o mesmo foi programado.
18. O agente inicializa o seu estado e continua sua tarefa na agência destino.

Estes serviços proporcionam a funcionalidade mínima para o suporte à migração de agentes.

A migração de um agente, entretanto, envolve a interação com um conjunto de outros serviços da plataforma que não foram considerados acima. Alguns destes serviços são Policy Service, Query Service, Trader Service, Management Service, Communication Service.

ESTRUTURA DO AGENTE

Normalmente, quando um agente está realizando sua tarefa ele atua como um cliente acessando

outros objetos CORBA, mas quando um agente necessita se mover em um ambiente DPE ele precisa ser um objeto CORBA, uma vez que a agência o acessará através de interfaces IDL que o agente deve possuir.

A partir da descrição acima (sequência de passos apresentados na figura 2) vemos que o agente precisa ser externalizado e iniciado pela agência. No momento estas são as únicas operações que a agência precisa ter para acessar o agente. Portanto, o agente deve ter interfaces necessárias destes serviços a serem ativadas pela agência.

Considerando que a externalização é um serviço CORBA, este proporciona a interface *Streamable* que deve ser incorporada ao objeto (o agente em nosso caso) a ser externalizado.

Iniciar um agente significa que este necessita uma interface que proporcione esta operação. Chamamos este serviço de Controle de Execução de Agente, cuja interface oferece dois métodos: *start* e *stop*. Não necessitamos das operações de *suspend* e *resume* no caso da migração uma vez que para o nosso propósito este mecanismo já se encontra situado no próprio código do agente.

Obviamente, podemos incorporar outros serviços ao agente, especialmente serviços CORBA tal como *Lifecycle* para controlar a existência do agente, um serviço de *Property* para classificar os agentes, etc.

5. IMPLEMENTAÇÃO

O desenvolvimento de um protótipo para a plataforma se encontra em fase de codificação e testes, tendo sido especificadas as interfaces IDLs correspondentes aos diversos módulos que compreendem os serviços que a compõe. O sistema está sendo desenvolvido sobre uma plataforma ORBIX (CORBA) e linguagem de programação C++. Como primeira etapa, já foram realizados os testes para o serviço de execução remota e encontra-se em fase preliminar a implementação do serviço de migração e dos demais serviços básicos de suporte. Também estão sendo convertidos para o ambiente *Java/OrbixWeb* os módulos já implementados.

6. CONCLUSÕES

Nosso propósito foi demonstrar a estrutura de um agente e como ele se relaciona com outros serviços existentes em uma plataforma de agentes com o objetivo principal de dar suporte à mobilidade. Com relação a maneira proposta de se estruturar o serviço de mobilidade de agentes, pode-se dizer que esta é uma das alternativas. É evidente que outras possibilidades podem ser consideradas, por exemplo, mandar o agente sem aviso prévio, transportar agentes sem negociação do protocolo de transmissão, etc.

Nossa abordagem impõe uma restrição na estrutura do código do agente, uma vez que para que haja transparência na obtenção do seu estado de execução é necessário que sejam feitas modificações no ambiente de execução para o qual o agente foi criado (e.g. no caso de Java seria necessário mudar o compilador ou a máquina virtual). Estas modificações podem introduzir problemas de manutenção da plataforma devido, por exemplo, o lançamento de novas versões de compiladores ou máquinas virtuais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Coen, M. 'The Sodabot Slide Show, <http://www.ai.mit.edu/people/sodabot/slideshow/P001/htm>
- [2] URL http://www.ee.mcgill.ca:80/~belmarc/agent_faq.html
- [3] IBM Intelligent Agents Home Page, 'The Role of Intelligent Agent in the Information Infrastructure', <http://www.raleigh.ibm.com/iag/iagpct2.htm>.
- [4] Klein, S. and Langenohl, T, Electronic Markets: An Introduction, In Proc. of Information and Communication Technologies in Tourism, Springer Verlag, Wien, 1994.
- [5] Krause, S., 'MAGNA - A DPE-based Platform for Mobile Agents in Electronic Service Markets', ISADS '97, Berlin, April 1997 (Submitted paper).
- [6] Lange, D. B., 'Agent Transfer Protocol ATP/O.1 Draft', <http://www.trl.ibm.co.jp/aglets>.
- [7] Lingau, A. and Drobnik, O., 'An Infrastructure for Mobile Agent: Requirements and Architecture',

- <ftp://ftp.tm.informatik.uni-frankfurt.de/orlando.ps>, 1995
- [8] M.Mendes et.all , 'Agents skills and their roles in mobile computing and personal communications', IFIP 96, Camberra, September 1996 (accepted paper).
- [9] M. mendes et.all, 'Architectural Considerations About Open Distributed Agent Support Platforms', ISADS '97, Berlin, April, 1997 (accepted invited paper).
- [10] Project Mole, <http://www.informatik.uni-stuttgart.de/ipvr/vs/alt/projekte/mole.html>
- [11] National Industrial Information Infrastructure Protocols Consortium, Reference Architecture: Concepts and Guidelines, Stamford, CT, USA, 1996.
- [12] Nwana, H.S. 'Software Agents: An Overview', <http://www.cs.umbc.edu/agents/introduction/ao>
- [13] Object Management Group, Common Facilities RequestforProposal3, available at <http://www.omg.org>.
- [14] Object Management Group, Corba Services Specification, available at <http://www.omg.org>.
- [15]PAGE Project - Prototyping an Agent Platform Environment, Projeto de Cooperação entre Instituto de Informática da PUCCAMP e GMD/FOKUS/ Technical University Berlin, Germany.
- [16] Smith, D. C.; Cypher, A.; Spoher, J.; KIDSIM: 'Programming Agents Without a Programming Language', Communications of the ACM, 37(7):55-67,1994

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS
INSTITUTO DE INFORMÁTICA**

CHAMADA DE TRABALHOS

REVISTA DO INSTITUTO DE INFORMÁTICA

ARTIGOS TÉCNICOS - CIENTÍFICOS - OPINIÕES TENDÊNCIAS

MAIORES INFORMAÇÕES E SOLICITAÇÃO DO FORMATO PARA
APRESENTAÇÃO DE TRABALHOS

informat@zeus.puccamp.br

ou

Correspondência: Rodovia D. Pedro I km 136
Caixa Postal 317 CEP 13020-904 Campinas SP.
BRAZIL

Att. Marilda dos Reis Gomes

Tel.: (019) 754-7094 Srtª Marilda
(019) 754-7195 Prof. Frank Behrens

Revista do Instituto de Informática

Publicação Semestral do Instituto de Informática

PUCCAMP

NORMAS AOS COLABORADORES

- 1 - Serão aceitos trabalhos técnicos, científicos, tendências e opiniões;
- 2 - Os artigos deverão conter, sequencialmente:
 - Título em português;
 - Título em inglês;
 - Nome(s) do(s) autor(es) (colocados por extenso, o último nome maiúsculo, e seguidos de*, para especificações profissionais do(s) autor(es) no rodapé da primeira página);
 - Abstract (máximo de 200 palavras);
 - Resumo;
 - Introdução (precedida do número 1);
 - Corpo do artigo (itens numerados sequencialmente a partir do número 2);
 - Conclusões;
 - Referências Bibliográficas (conforme utilizado nesta edição);

Desenhos, gráficos e fotografias serão denominados Figuras, numerados sequencialmente (algarismos arábicos) e constantes do corpo do trabalho. As tabelas serão denominadas Tabelas, numeradas sequencialmente (algarismos arábicos) e constantes do corpo do trabalho;
- 3 - Os trabalhos, digitados com, no máximo, 30 000 caracteres (aproximadamente dez páginas), deverão ser elaborados em WinWord 2.0 ou WinWord 6.0 (acompanhados de folha de estilos);
- 4 - Os trabalhos poderão ser apresentados em três cópias impressas, devendo constar a identificação do(s) autor(es) em uma folha a parte, para permitir a avaliação dos mesmos pelo Conselho Editorial. Os trabalhos, uma vez aceitos, deverão ser encaminhados como descrito no item 3.;
- 5 - Os trabalhos podem ser enviados em disquete ou pela rede, anexos a uma mensagem indicando o editor de textos usado;
- 6 - Os trabalhos serão publicados após pareceres favoráveis de membros do Conselho Editorial da Revista;
- 7 - Quaisquer outros esclarecimentos poderão ser feitos pelo Conselho Consultivo da Revista;

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS

Grão-Chanceler: *D. Gilberto Pereira Lopes*

Magnífico Reitor: *Prof. Gilberto Luiz M. Selber*

Vice-Reitor para Assuntos Administrativos: *Prof. Alberto Martins*

Vice-Reitor para Assuntos Acadêmicos: *Pe. José Benedito A. David*

Diretora do Instituto de Informática: *Profª Angela M. Engelbrecht*

Vice-Diretor do Instituto: *Prof. José Oscar Fontanini de Carvalho*

