

Uso de ontologia em sistemas de informação computacionais

Alexandra Moreira¹

Estruturas conceituais de conhecimento podem ser utilizadas em sistemas de informação, tanto para melhorar o desempenho da busca, como para apresentar uma interface fácil de ser manipulada pelo usuário. Dentre os modelos conceituais utilizados para modelar a estrutura do conhecimento, a ontologia tem atraído, recentemente, o interesse dos pesquisadores da ciência da informação, bem como da computação. Este trabalho discute a informação, sistemas de informação e a aplicação de ontologia em sistemas de informação computacionais.

Palavras-chave: Ontologia, Estrutura conceitual de conhecimento, Sistemas de informação computacionais.

Recebido em: 12/07/2001 - Aceito para publicação em: 10/12/2001

Introdução

Recentemente os estudos sobre ontologias têm ganhado destaque crescente na ciência da computação. Este interesse é baseia-se no fato de que a utilização da estruturação do conhecimento de um domínio, tanto na forma implícita como explícita, é de grande ajuda para o desenvolvimento de sistemas computacionais mais flexíveis. Tradicionalmente, a ciência da informação tem como objeto de estudo a classificação do conhecimento, visando o desenvolvimento de métodos classificatórios que facilitem o armazenamento e a busca de informações. Pode-se concluir que existe, neste momento, uma grande área de interseção entre estas duas ciências e que os resultados obtidos por uma podem ser aproveitados na outra. Assim como as ontologias são utilizadas para desenvolvimento de sistemas computacionais em geral, elas também podem ser usadas especificamente no desenvolvimento de sistemas de informação computacionais mais flexíveis e fáceis de usar. Por outro lado, as teorias geradas pelos estudos sobre classificação da ciência da informação podem ajudar na criação de metodologias para o desenvolvimento de ontologias mais robustas. Este trabalho discute o primeiro aspecto desta interseção, ou seja, os benefícios da utilização de ontologias em sistemas de informação computacionais. Antes de se apresentar esses benefícios é necessário discutir o que é informação e sistemas de informação computacionais. Esse assunto é tratado na seção 2. É necessário entender a necessidade da criação de sistemas de informação flexíveis e, em razão disso, a seção 3 apresenta as idéias sobre sistemas de informação centrados em usuário

¹Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação da ECI/UFMG
Alameda das Latánias, 1207/3401 tel: 3491-8080/(031)3892-4012/3899-1769 xandramoreira@yahoo.com.br



formuladas por Allen. A seção 4 analisa o critério de usabilidade, sob a ótica de sistemas de informação. A seção 5 discute o termo *ontologia*, sendo abordadas algumas de suas interpretações. A seção 6, mostra algumas aplicações de ontologias em sistemas de informação, de forma a ilustrar os benefícios desta técnica no desenvolvimento de sistemas que melhor atendam as necessidades dos usuários. Finalmente, a seção 7 apresenta a conclusão sobre os benefícios da aplicação de ontologias em sistemas de informação.

Informação e sistemas de informação

Antes de ser discutido o uso de ontologias em sistemas de informação computacionais precisa-se definir o que são, no âmbito deste trabalho, informação, sistemas de informação e, particularmente, sistemas de informação computacionais. A informação, na visão tradicional, é encarada como um objeto, ou coisa, com existência própria e independente de quem a informa ou recebe. BUCKLAND (1991a, b) observou que a palavra informação é usada para fazer referência a coisas, conhecimento e processos, sendo que a visão da informação como um processo foi a adotada por ALLEN (1996). Segundo ele a informação, para ser considerada como tal, deve provocar uma alteração no estado mental do receptor, ou em suas palavras: “O processo no qual uma estrutura cognitiva do informante é codificada e transmitida para um buscador de informação, que percebe a mensagem codificada, interpreta-a e aprende a partir dela”. Portanto, segundo esta visão, a informação não possui existência independente. Depende de um receptor que a entenda e que seja comunicável. Esta abordagem é fundamental para o desenvolvimento de sistemas de informação, pois traz para o centro da atenção a necessidade do desenvolvimento de sistemas que codifiquem e transmitam a informação de forma adequada para o receptor. É importante que se defina, agora, o que são sistemas de informação. Segundo ALLEN (1996, p. 5)²:

“um sistema de informação é um sistema conectado e relacionado de entidades (incluindo um ou mais dispositivos de informação) que fornecem acesso para um ou mais corpos de conhecimento e age como um mecanismo através dos quais indivíduos podem informar outras pessoas ou se tornar informado.”

Portanto, pessoas informam outras pessoas utilizando a comunicação, e os mecanismos que permitem que pessoas informem outras pessoas podem ser visto como meios de comunicação.

Sistemas de informação também podem ser vistos como sistemas de comunicação, onde o informante ou fonte de informação, repassa a informação para um usuário através de um meio de comunicação. Quando este meio de comunicação é um dispositivo computacional, pode-se dizer que trata-se de um sistema de informação computacional ou baseado em meios eletrônicos. Atualmente, a presença deste tipo de sistema está se tornando tão freqüente que, ao se mencionar sistemas de informação, muitas pessoas assumem que está se falando de sistemas de informação computacionais.

²Tradução da autora.

Este trabalho trata, especificamente, de sistemas de informação computacionais, onde procura-se mostrar que o uso de ontologia pode ser de grande valia na construção e uso desses tipos de sistemas, principalmente se os objetivos forem o desenvolvimento de sistemas centrados no usuário. A próxima seção esclarece a distinção entre sistemas de informação centrados em usuário e sistemas de informação centrados em dados.

Sistemas de informação centrados em usuários *versus* centrados em dados

Pode-se classificar os sistemas de informação, segundo seu enfoque de desenvolvimento em: sistemas de informação centrados no usuário ou em dados. O projeto de sistemas centrado em dados parte da visão da informação como coisa, considerando o registro e manutenção da informação como aspecto mais importante do sistema de informação. O projeto centrado no usuário parte da visão da informação como processo, levando em consideração as formas como os sistemas de informação atendem às necessidades de informação do usuário. ALLEN (1996) afirma que “a diferença entre o projeto centrado no usuário e centrado no dado é idêntica à diferença entre projetos baseados em habilidades e baseados em tecnologia discutida por SALZMAN” (1992). O projeto centrado no usuário, focaliza as habilidades e outras características do usuário, enquanto que o projeto centrado nos dados, enfatiza a tecnologia da informação, incluindo suas estruturas e formatos.

A maioria dos sistemas de informação projetados usa a abordagem centrada nos dados. O primeiro passo nesse tipo de projeto consiste em obter ou criar um conjunto de dados que, posteriormente, será organizado para acesso, recuperação e uso. Finalmente, como o conjunto de dados não é organizado de uma forma auto-explicativa, uma interface é criada para mostrar ao usuário como procurar e (possivelmente) como interpretar os resultados obtidos. Nota-se que todo o sistema é construído em torno dos dados; o usuário é relegado a segundo plano. Como resultado, é obtido um sistema opaco e complexo, do ponto de vista do usuário.

A abordagem alternativa é o projeto centrado no usuário, que enfatiza o processo pelo qual ele se torna informado. A origem do projeto centrado no usuário pode ser observada nos trabalhos de NORMAN e DRAPER (1986). Eles sugerem o projeto de sistemas focalizado nos objetivos do usuário e na seqüência de ações necessárias para cumprir estes objetivos. Portanto, os dispositivos de informação devem ser criados de forma a aproveitar as habilidades dos usuários e estendê-las, quando necessário, de forma a permitir que eles completem suas tarefas, satisfazendo, assim, suas necessidades.

Usabilidade de sistemas de informação centrado em usuários

Um dos critérios que deve guiar o projeto de sistemas de informação centrado no usuário é o da *usabilidade* dos recursos utilizados para atender às suas necessidades de informação. O sistema deve ser dotado de meios para se adaptar às características dos usuários, de modo a ser de uso fácil e intuitivo. A proposta de Allen consiste em que a usabilidade seja um critério que guie o projeto do sistema desde sua

concepção e não algo que é levado em consideração, somente no momento em que se adiciona uma interface ao sistema. Em conseqüência, acredita-se que as interfaces dos sistemas de informação computacionais possuem maior chance de sucesso quando formam metáforas ou abstrações de modelos reais ou mentais familiares aos usuários. Como exemplos desse tipo de estratégia pode-se citar a interface gráfica orientada por ícones, simulando a mesa de trabalho de um escritório e a planilha eletrônica, que simula a planilha em papel. Ambos são exemplos de sucessos comerciais. Na linha de modelos mentais, tem ganhado impulso a proposta de implementações de interfaces que simulam a rede de conceitos relacionada a determinado domínio. Essa rede é codificada em uma ontologia e implementada, internamente, no sistema, ou utilizada na interface, na forma de gráficos ou listas. Pode-se listar os seguintes benefícios do uso deste esquema:

a) Facilidade para que o usuário encontre a informação desejada – muitas vezes o usuário não sabe como encontrar a informação, por não saber como perguntar. Neste caso, uma interface que permita a navegação, como uma ontologia, pode guiar o usuário até que ele encontre a informação desejada.

b) Apoio ao desenvolvimento de interfaces cooperativas – a ontologia pode ser usada internamente para detectar relações entre os conceitos consultados pelo usuário, de forma a permitir a cooperação na busca de alternativas para suprir suas necessidades de informação.

c) Ampliar a recuperação de informação relevante – a ontologia permite detectar conceitos correlatos que podem ser pertinentes a uma determinada consulta, aumentando, assim, a probabilidade de recuperação de documentos relevantes.

Segundo GUARINO (1998), a ontologia pode ser aplicada tanto durante o uso quanto durante a etapa de desenvolvimento do sistema de informação. Durante o desenvolvimento, a ontologia pode ser consultada para guiar na composição de um sistema de informação. Outro tipo de apoio que a ontologia pode fornecer é na construção do modelo conceitual.

Ontologia e seus significados

A palavra *ontologia* tem ganhado popularidade nos últimos anos devido à possibilidade de sua aplicação em diversas áreas, tais como busca inteligente na *Web*, gerência de conhecimento, interfaces cooperativas e compartilhamento e reuso de conhecimento. Como conseqüência, o termo tem sido empregado em uma variedade de situações, tornando necessária uma reflexão sobre seu emprego, para que não se corra o risco de perder o significado. Nesta seção são apresentadas algumas das formas em que o termo ontologia é empregado, destacando-se sua interpretação mais empregada atualmente entre os pesquisadores da área de sistemas de informação. Segundo GUARINO e GIARETTA (1995), as interpretações mais comuns para o termo *ontologia* podem ser agrupadas em uma das seguintes classes ou níveis:

- a) é uma disciplina filosófica;
- b) é um sistema conceitual no nível semântico (independente de linguagem); ou
- c) é um artefato concreto no nível sintático voltado para um propósito específico.

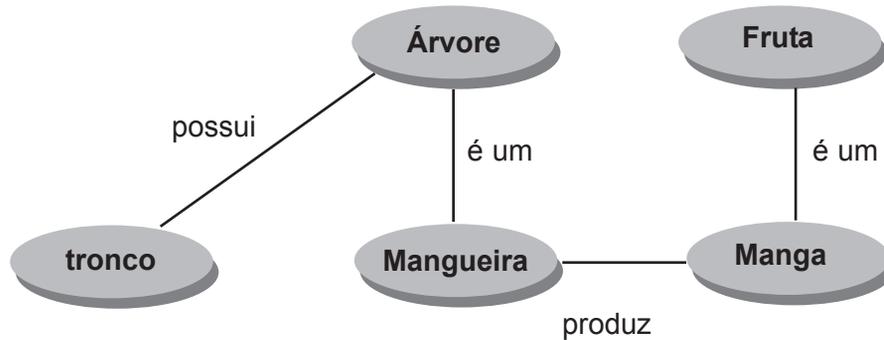


FIGURA 1 – Relações entre conceitos em um subconjunto do domínio sobre plantas.

Os conceitos e relações em um determinado domínio precisam ser registrados e comunicados em alguma linguagem. A linguagem gráfica utilizada no exemplo da FIG. 1 é útil para comunicar que *manga é uma fruta* ou que *uma árvore possui um tronco*. No entanto, esta linguagem não possui a precisão necessária para funcionar como uma teoria formal para o domínio observado, funcionando mais como uma linguagem informal para comunicar observações. Para que se possa lidar com uma ontologia de forma mais precisa (e automatizada) é preciso registrar a ontologia usando um sistema simbólico formal que capture, de forma clara, os conceitos, suas relações e restrições. Se o resultado dessa formalização também for encarado como uma ontologia, então o termo ganhará mais uma interpretação, discutida a seguir.

Ontologia como uma especificação formal explícita de uma conceitualização compartilhada

Para utilizar uma ontologia em sistemas de informação é necessário registrá-la a nível simbólico em uma linguagem com semântica bem conhecida, criando assim uma ontologia a nível formal. A Lógica de Primeira Ordem –LPO- pode ser utilizada para este fim. Outras linguagens comumente usadas são a Lógica Modal e a Lógica das Descrições. As relações capturadas pelo modelo conceitual da FIG. 1 podem ser expressas pelas seguintes sentenças em LPO:

ONTO. 1:

1. $\forall x \text{ Manga}(x) \Rightarrow \text{Fruta}(x)$
2. $\forall x \text{ Mangueira}(x) \Rightarrow \text{Árvore}(x)$
3. $\forall x \text{ Mangueira}(x) \Rightarrow \exists y \text{ Produz}(x,y) \wedge \text{Manga}(y)$
4. $\forall x \text{ Mangueira}(x) \Rightarrow \exists y \text{ Possui}(x,y) \wedge \text{Tronco}(y)$

O que diferencia a ontologia de uma base de conhecimento comum é que a ontologia expressa verdades independentemente de uma instância particular do domínio, do tempo e espaço. Por exemplo, uma mangueira é uma planta independentemente de uma data particular ou posição geográfica. Uma base de

conhecimento representa um estado particular de uma realidade. Por exemplo, uma base de conhecimento conteria sentenças representando fatos sobre indivíduos do domínio, como a sentença abaixo que expressa o fato de uma determinada manga (m1) ter a propriedade de ser uma manga:

Manga(m1)

A ONTO. 1 está longe de ser completa. Serve apenas para que se possa ter idéia da formalização de um domínio. Ontologias mais complexas podem ser vistas no projeto CYC (www.cyc.com) ou no projeto *Ontolingua* (www-ksl.stanford.edu). Um exemplo um pouco mais completo é o descrito por RUSSEL (1995) com o intuito de construir uma ontologia geral. No exemplo, *Russel* descreve como representar em LPO conceitos tais como categorias, medidas, objetos compostos, tempo, espaço, eventos, processos, objetos físicos, substâncias, objetos mentais e crenças. Exemplificando, as sentenças em LPO abaixo expressam as relações ontológicas entre intervalos de tempo:

1. $\forall x,y \text{ Encontra}(x,y) \Leftrightarrow \text{Tempo}(\text{Fim}(x)) = \text{Tempo}(\text{Início}(y))$
2. $\forall x,y \text{ Antes}(x,y) \Leftrightarrow \text{Tempo}(\text{Fim}(x)) < \text{Tempo}(\text{Início}(y))$
3. $\forall x,y \text{ Após}(y,x) \Leftrightarrow \text{Antes}(x,y)$
4. $\forall x,y \text{ Durante}(x,y) \Leftrightarrow \text{Tempo}(\text{Início}(y)) \leq \text{Tempo}(\text{Início}(x)) \ \dot{\vee} \ \text{Tempo}(\text{Fim}(x)) \leq \text{Tempo}(\text{Fim}(y))$
5. $\forall x,y \text{ Sobrepe} \ddot{o}e(x,y) \Leftrightarrow \exists z \text{ Durante}(z,x) \wedge \text{Durante}(z,y)$

No exemplo acima x,y e z são intervalos de tempo. A sentença 1 pode ser parafraseada como: *sejam dois intervalos de tempo x e y , x encontra com y se e somente se o tempo final de x for igual ao tempo inicial de y .* As demais sentenças podem ser parafraseadas de forma semelhante.

Exemplos de aplicações

Representada em forma de uma teoria formal, uma ontologia pode ser utilizada em uma grande variedade de sistemas de informação. Ontologias têm sido usadas em aplicações tais como: sistemas para busca de informações em meios digitais, comércio eletrônico e comunicação entre sistemas computacionais. Para confirmar essa afirmação serão descritos, sucintamente, três sistemas que utilizam ontologias. O primeiro é o *OntoSeek*, utilizado para recuperação de informação em catálogos de produtos e páginas amarelas online. O segundo sistema é adaptado de Braga, que implementa uma interface cooperativa para consulta a banco de dados. Um terceiro sistema, o *TheBrain*, utiliza um gráfico com os termos do domínio para auxiliar a navegação do usuário pela base de informação.

Uso de ontologia no auxílio a recuperação de informação

O gigantesco crescimento do uso de meios digitais para armazenamento e divulgação da informação gerou uma grande demanda por mecanismos que auxiliem

o usuário a encontrar a informação desejada. Atualmente, os pesquisadores de várias áreas da ciência, como computação, lingüística e ciência da informação entre outros, tentam desenvolver e aprimorar esses mecanismos. Uma técnica interessante para intermediar essa busca é a utilização de ontologias com o propósito de guiar o usuário na navegação por entre os conceitos do domínio até a informação desejada. Vários sistemas recentes incorporaram esta técnica, dentre eles pode-se citar o *SmartWeb*, descrito por CHIANG et al. (2001) e o *OntoSeek*, descrito por GUARINO et al. (1999). A seguir é apresentado um exemplo extraído de Guarino, com o objetivo de ilustrar o uso de ontologias pelo *OntoSeek*. O *OntoSeek* mostra como o uso de uma ontologia embutida em um mecanismo de busca pode melhorar a revocação nas consultas.

Em GUARINO et al. (1999) é apresentado o seguinte trecho de descrições de um catálogo de páginas amarelas online:

- 1) Automobile Radio and Stereo Retail Store;
- 2) Automobile Engine Rebuilding, Repair, and Exchange Workshop;
- 3) Car Repair and Retail Shop;
- 4) Jeep Repair and Retail Shop;
- 5) Motor Mending and Replacement Workshop.

A TAB. 1 mostra o resultado de algumas consultas sem o auxílio de uma ontologia.

TABELA 1 - Resultado das consultas

Número	Consulta	Descrições encontradas
1	Automobile	1, 2
2	Automobile Retail	1
3	Car Repair	3
4	Motor Repair	
5	Engine Repair	2
6	Motor Exchange	

Fonte: – GUARINO et al., 1999. p.72.

Pode-se notar que na primeira consulta faltou a recuperação das descrições 3 e 4. Isto se deve ao fato de que o sistema não pode concluir que *car* e *automobile* possuem o mesmo significado (relação de sinônimo), assim como não pode determinar que *Jeep* é um tipo de carro (Hipônimo). O mesmo problema pode ser visto na consulta 2. Já na consulta 3, o problema está na impossibilidade de detectar que *repair* e *mending* são sinônimos.

Esses problemas foram superados com adição de uma ontologia genérica ao sistema. Durante o procedimento de busca, o sistema consulta a ontologia e recupera os itens que possuem termos relacionados, conforme expresso na ontologia. A ontologia usada no projeto foi a fornecida pelo *WordNet*, descrito por MILLER (1995). É importante ressaltar que problemas como a recuperação de itens indesejados, como o item 1, na consulta 1 e 2 (se está interessado em automóveis e não em aparelhos de som para automóveis) foram superados por meio de outros instrumentos.

Uso de ontologia em interfaces cooperativas

Vários grupos de pesquisa estão investindo na construção de interfaces que sejam mais amigáveis para usuários leigos. Segundo BRAGA et al. (2000), *recentemente, a área de Sistemas de Informações Cooperativos e sua sub-área de Interfaces Cooperativas ganharam atenção da comunidade de pesquisadores e desenvolvedores de sistemas.*

BRAGA et al. (2000), resume os objetivos da construção das interfaces cooperativas como sendo pelos menos os seguintes:

- esconder do usuário todo detalhe interno do sistema ou linguagem que não seja estritamente necessário;
- tornar o processo de consulta tão fácil e transparente quanto possível, via o uso de interfaces simples usando a linguagem do próprio domínio;
- ajudar o usuário na obtenção da informação que ele está procurando e, quando possível, fornecer informação complementar importante para a sua consulta, mesmo sem ele a ter solicitado.

Como ilustração do tipo de diálogo e resposta que poderiam ser observados em uma consulta dirigida a um sistema equipado com interface cooperativa, considere o exemplo a seguir, adaptado de Braga, onde o usuário tenta obter de uma base de dados sobre transportes informações sobre um voo de Belo Horizonte para Salvador.

usuário: *Quais são os vôos de Belo Horizonte para Salvador partindo hoje?*

sistema: *Não existe nenhum voo para hoje mas existem algumas opções de ônibus. Gostaria de conhecê-las?*

A questão *como o sistema consegue fornecer informações não solicitadas e buscar alternativas corretas para obter respostas às consultas formuladas?* tem explicação no fato de que esse tipo de sistema se apoia na ontologia. Com o uso da ontologia sobre o domínio de transportes é possível saber que vôos é um tipo de transporte e na ausência deste transporte seria razoável oferecer outras possibilidades dentro do mesmo domínio hierárquico.

Uso de ontologia na navegação em bases de informação

Até o momento foram mostradas aplicações de ontologias onde estas são utilizadas internamente nos sistemas de informação, sendo que o usuário não interage diretamente com a estrutura da ontologia. No entanto, a ontologia pode ser usada não somente para afetar a busca por conhecimento relevante, mas, também, para influenciar a interação com o usuário. A ontologia se torna um meio de comunicação entre o usuário e o sistema. O papel que a ontologia pode exercer na interação com o usuário é o de permitir que seja consultada e navegada. Segundo GUARINO (1998), neste caso, o usuário está consciente da ontologia e a usa como parte normal do sistema de informação. Assim, ele pode navegar pela estrutura da ontologia de forma a melhor entender o vocabulário usado e formular consultas no nível apropriado de detalhamento.



Esta forma de interação ainda é nova mas tem sido usada com frequência cada vez maior em sistemas de informação. Algumas empresas como a *TheBrain*®, fornecem produtos que permitem visualizar bases de informação por meio de gráficos da estrutura. O próprio sítio da empresa utiliza um gráfico para facilitar a navegação. As FIG. 2 e 3 mostram o sítio da empresa. A primeira mostra o gráfico inicial do sítio e a segunda mostra como o gráfico se comporta após a seleção do item *Personal Solutions*.

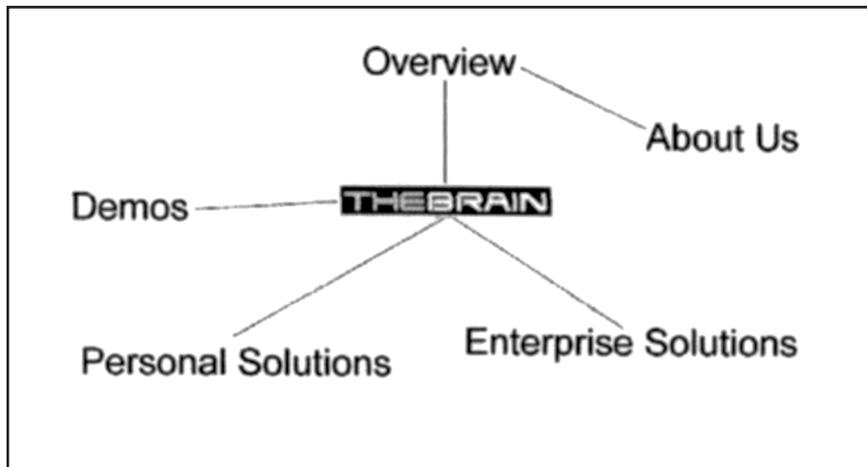


FIGURA 2 – Tela inicial do sítio www.thebrain.com

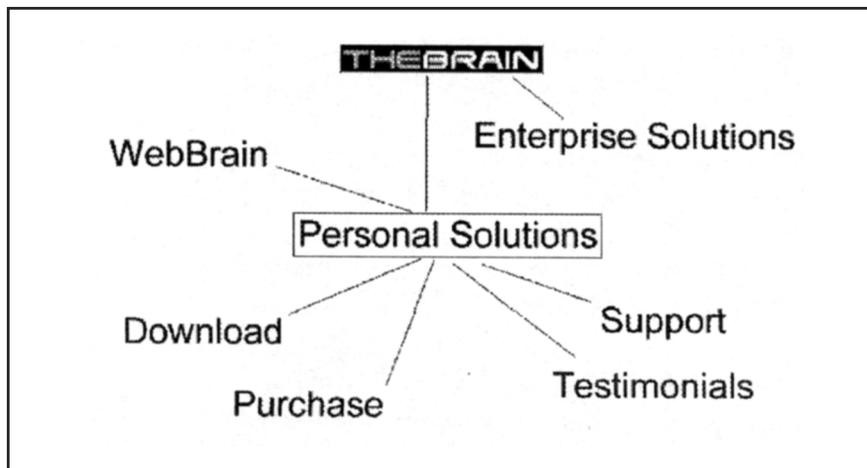


FIGURA 3 – Tela após a seleção do item *Personal Solution*

Observa-se que o gráfico permite visualizar a vizinhança de cada termo e isto facilita a busca de informação por parte do usuário.

Se a ontologia for suficientemente ampla, como no caso de ontologias lingüísticas genéricas, como o *Wordnet* ou *Pangloss*, então outra tarefa útil que a ontologia pode realizar no contexto da interface com o usuário é a de tornar as consultas independentes de vocabulário. O usuário fica livre para adotar seus próprios termos, que são mapeados (após a etapa de eliminação de ambigüidades) para o vocabulário do sistema de informação por meio da ontologia.

Conclusão

A informação e sistemas de informação tem sido alvo de vários estudos que buscam atender os vários tipos de usuários, que cada vez se tornam mais exigentes. Visando atingir as necessidades desses usuários, busca-se o desenvolvimento de sistemas de informação mais flexíveis e de uso fácil. Com esse objetivo devem ser projetados sistemas tendo em mente as necessidades dos usuários desde a sua concepção e são denominados de sistemas centrados no usuário. Um dos critérios que deve guiar o projeto de sistemas de informação centrados no usuário é o da *usabilidade*. Ou seja, o sistema deve ser dotado de meios para se adaptar às características dos usuários, de modo a ser de uso fácil e intuitivo. Nesse sentido, foi mostrado como o uso de ontologias, tanto na interface, como internamente, pode ser útil no desenvolvimento de sistemas flexíveis e cooperativos. Na interface pode ser usada para guiar o usuário na busca da informação desejada. Quando usada internamente, a ontologia pode auxiliar o próprio sistema na busca de informação permitindo que o sistema coopere com o usuário na busca de alternativas à informação desejada.

As aplicações de ontologias em sistemas de informação não estão limitadas aos exemplos apresentados. Esses são apenas alguns casos colhidos na literatura. Outras aplicações estão sendo pesquisadas e, cada vez mais, será necessária a contribuição da ciência da informação, com suas teorias de organização do conhecimento, principalmente no sentido de ajudar a responder a questão: *como desenvolver ontologias consistentes e completas?*

Use of ontology in computational information systems

Conceptual knowledge structures may be used in information systems to improve the computational performance of the search and to present an interface for easy manipulation by user. Among the Conceptual models used to represent knowledge structure, the ontology is becoming increasingly widespread in the Information and computer science communities. This work discusses the information, information systems and the application of ontology in computational information systems.

Key-words: *Ontology, Conceptual knowledge structures, Computational information systems.*

Referências

1. ALLEN, Bryce L. *Information tasks; toward a user-centered approach to information systems*. San Diego : Academic Press, 1996. (Library and Information Science Series).
2. BRAGA, José L.; LAENDER, Alberto H. F.; RAMOS, Claudiney V. A knowledge-based approach to cooperative relational database querying. *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, v.1, n.14, p. 73-90, Feb. 2000.
3. BUCKLAND, J. M. *Information and information systems*. New York : Praeger, 1991a.
4. BUCKLAND, J. M. Information as thing. *Journal of the American Society for Information Science*, [s.l.], v. 42, p. 351-360, 1991b.
5. BUCKLAND, Michael. *Information and information systems*. New York : Praeger, 1995.

Perspect. cienc. inf., Belo Horizonte, v. 7, n. 1, p. 49 - 60, jan./jun. 2002



6. CHIANG, Roger H. L.; CHUA, Cecil Eng Huang; STOREY, Veda C. A smart web query method for semantic retrieval of web data. *Data & Knowledge Engineering*, [s.l.], v. 38, p. 63-84, 2001.
7. DAHLBERG, Ingetraut. Teoria do conceito. *Ciência da Informação*, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 101-107, 1978.
8. GRUBER, T. R. A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge Acquisition*, [s.l.], v. 5, p. 199-220, 1993.
9. GUARINO, Nicola; GIARETTA, P. Ontologies and Knowledge Bases; Towards a Terminological Clarification. In: TOWARDS VERY LARGE KNOWLEDGE BASES: KNOWLEDGE BUILDING AND KNOWLEDGESHARING, 1995, Amsterdam. *Proceedings...* Amsterdam : IOS Press, 1995. p. 25-32.
10. GUARINO, Nicola; MASDOLO, Claudio; VETERE, Guido. Ontoseek: content-based access to the Web. *IEEE Intelligent Systems*, [s.l.], p. 70-80, May/June 1999.
11. GUARINO, N. Formal ontology and information systems. In: FOIS, 1998, Trento. *Proceedings...* Amsterdam : IOS Press, 1998. p. 3-15.
12. MILLER, George. Wordnet: a lexical database for english. *Comm. ACM*, [s.l.], v. 38, n. 11, p. 39-41, Nov. 1995.
13. NORMAN, D. A. . Cognitive engineering. In: NORMAN, D. A.; DRAPER, S. W. (Ed.). *User centered system desing; new perspective on human-computer interaction*. Hillsdale : Lawrence Erlbaum Assoc., 1986. p. 31-61.
14. OLIVEIRA, A. P. *Ferramentas para estruturação do conhecimento*. 1990 106f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Computação) - IME, Rio de Janeiro.
15. RAMOS, Claudiney V.; BRAGA, José L.; LAENDER, Alberto H. F. Cooperative querying in relational databases. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE CHILEAN COMPUTER SCIENCE SOCIETY, 17. 1997, Valparaiso. *Proceedings...* Valparaiso : IEEE Computer Society, 1997. p. 190-198.
16. RUSSELL, Stuart; NORVIG, Peter. *Artificial intelligence; a modern approach*. New Jersey : Prentice Hall, 1995. 932p.
17. SALZMAN, H. Skill-based desing; productivity, learning and organizational effectiveness. In: ADLER, P. S.; WINOGRAD, T. A. (Ed.). *Usability; turning technologies into tools*. New York : Oxford University Press, 1992. p. 66-95.
18. SWARTOUT, BILL *et al.* Ontosaurus; a tool for browsing and editing ontologies. In: KAW, 10., 1996, Alberta. *Proceedings...* Alberta. : Banff, 1996. p.1-11.