

Delineando as limitações: sistemas especialistas e conhecimento tácito

Ariadne Chloë Furnival

Resumo

As aplicações de inteligência artificial (IA) e de sistemas especialistas (SEs), em particular, já fazem parte do espectro dos **softwares** existentes em muitas bibliotecas e centros de informação. Os profissionais da informação precisam, portanto, dominar os conceitos básicos da área de SEs. Entretanto, a mera compreensão dos componentes de um SE é vista como menos necessária que uma apreciação de alguns dos aspectos mais fundamentais que sustentam e influenciam o próprio processo do desenvolvimento dos SEs. Uma consideração das limitações dos paradigmas dominantes de aquisição de conhecimento, que não conseguem lidar adequadamente com a questão do corpo de conhecimento tácito que constitui uma parte substancial do conhecimento de um especialista, permitirá aos profissionais da informação relegar estas tecnologias à tarefa para qual são apropriadas: a saber, como colaboradores “inteligentes” nas tarefas de rotina e de tomada de decisão, e não como tomadores de decisão independentes, cedendo aconselhamento para usuários leigos, sem um intermediário humano.

Palavras-chave

Inteligência artificial; Sistemas especialistas.

INTRODUÇÃO

Atualmente, questões relacionadas ao uso de sistemas computadorizados em centros de informação e bibliotecas invariavelmente tocam no assunto da “inteligência” desses sistemas. A preocupação com o nível de inteligência de, por exemplo, sistemas de recuperação e catalogação, tem se tornado possível principalmente porque o campo da Inteligência Artificial (IA) e, especialmente aquele ramo aplicado, conhecido como Sistemas Especialistas (SEs) têm surgido como o segmento da área de computação que mais cresceu nesta última década. A onda de interesse em IA no mundo ocidental, por sua vez, foi influenciada pelos grandes investimentos feitos pelos japoneses no seu Projeto da Quinta Geração (iniciado no começo dos anos 80), que visa à criação de um computador que seja capaz de entender linguagem natural e fala, interpretar o mundo visual, acessar grandes bases de conhecimento e resolver problemas por inferência dedutiva e indutiva¹. Calcula-se que as vendas de *softwares* de aplicativos de IA aumentaram de US\$ 66 milhões em 1983 a US\$ 8.5 bilhões em 1993, o que significa, é claro, que os investimentos em IA vão continuar crescendo nas próximas décadas e que os aplicativos de IA estão ficando cada vez mais onipresentes. IA já penetrou no âmbito de serviços de informação e bibliotecas de várias formas – como nota Alberico²: “..the library as an institution has had a long affiliation with artificial intelligence”. Já existem sistemas “inteligentes” (nem todos são comercializados) nas seguintes áreas: indexação (e.g. os sistemas MedIndex, Multos, Fact, entre outros³) e muitos projetos de pesquisa na área de sistemas inteligentes para a formulação automática de resumos⁴, SEs para trabalho de referência (e.g. Plexus, Refsim, ChemRef, Pointer, Distref⁵; sistemas para catalogação (e.g. MacCat, Mapper, Catalyst, Heads^{7, 8}; SEs para ajudar no processo de recuperação de informação *on-line* (MenUSE para buscas em Medline, Cansearch, Iani, Safir, Tome Searcher^{9, 10},¹¹), SEs para “aconselhar” no desenvolvimento de coleções¹², e outros para detectar registros

duplicados em bases de dados bibliográficas¹³. Todas as indicações apontam para a consolidação do vínculo entre IA e aplicativos para serviços de informação; no mínimo, veremos a integração das tecnologias de

bases de dados com aquelas de SEs em uma grande escala (particularmente na forma de bases de dados com interfaces inteligentes – *Intelligent front ends*). Alberico afirma que o que denominamos Opac (*On-line public access catalogue* – catálogo *on-line* para acesso público) hoje em dia logo se tornará um servidor para uma rede de conhecimento, comunicação e informação, com a capacidade de manter imagens dinâmicas dos usuários, fornecendo opções de busca (*browse options*) para os usuários, baseadas no modelo do usuário que o sistema construir a partir da interação máquina-usuário².

Não foi sem propósito que, em 1983, Clarke & Cronin notaram que:

“it is appropriate that the library and information profession should begin to take a note of expert systems, and consider how developments in this area may impinge upon their professional domain”^{14*}.

Entre as razões nas quais Brittain se apóia para justificar por que incluir tópicos específicos sobre SEs no currículo de biblioteconomia e ciência de informação estão: 1) IA é um campo altamente interdisciplinar que compartilha fronteiras com a ciência de informação (além da psicologia, lingüística, lógica, ciência de gerenciamento); 2) os próprios cientistas de informação vão desempenhar um papel mais substancial na fase de aquisição de conhecimento no desenvolvimento de SEs¹⁴. É devido a este segundo ponto que este trabalho (com suporte em uma revisão de alguns trabalhos que são um pouco mais críticos ou reservados em relação ao potencial de aplicativos de IA) pretende focalizar-se na conceitualização de “conhecimento” em si que fundamenta o desenvolvimento de SEs e, em particular, no “problema” da representação de conhecimento tácito neste processo.

Assim, uma breve discussão dos componentes de SEs será seguida por uma análise dos problemas enfrentados por “engenheiros de conhecimento” na fase de “coleta” de conhecimento do especialista, para ser codificado no sistema. A tese é que uma apreciação destes problemas pode não apenas conscientizar o profissional de informação ou bibliotecário no seu papel como fornecedor de informação especializada, ou até como engenheiro de conhecimento, mas também chamará a atenção destes profissionais às próprias **limitações** dos sistemas de IA, para que se evite um cenário em que a informação fornecida por alguns destes sistemas seja aceita sem questionamento ou avaliação. Ou seja, o máximo que deveríamos esperar de tais sistemas é que estes ajam como **assistentes falíveis** na tomada de decisões, e não **substituam** especialistas humanos.

DEFINIÇÕES

O que é exatamente um SE? As definições existem em abundância, as seguintes constituindo uma pequena amostra:

“Expert systems are computer-based systems that use knowledge and reasoning techniques to solve problems that would normally require human expertise”^{15**}.

* É apropriado que os profissionais de biblioteconomia e informação comecem a prestar atenção aos SEs e considerar como as novidades nesta área podem influenciar no seu domínio profissional”. (tradução do autor).

** “SEs são sistemas de computadores que usam as técnicas de conhecimento e raciocínio para resolver problemas que normalmente requeiram perícia humana.” (tradução do autor).

“An expert system is a computing system capable of representing and reasoning about some knowledge-rich domain (...) with a view to solving problems and giving advice”^{16}.*

*“(An expert system is) a computer program designed to encapsulate the knowledge of experts”^{17**}.*

*“An expert system can be defined as a system which performs the job of an expert or consultant in some area, and supports in making decisions in unstructured problem situations”^{18***}.*

*“(expert systems are) systems in which the knowledge of an expert in a specific problem domain has been captured and can be manipulated”^{19****}.*

Percebemos que o fio comum que percorre estas definições é que os SEs sintetizam um corpo de conhecimento de um domínio, de modo que possam ser aplicados a problemas específicos, possibilitando uma solução análoga a de um especialista.

OS COMPONENTES DE UM SISTEMA ESPECIALISTA (SE)

A maioria dos SEs é composta das seguintes partes:

A(s) base(s) de conhecimento permanente:

– a *raison d'être* de um SE, pois constitui a parte do programa que contém o conhecimento especializado do domínio em questão (e.g. catalogação, medicina, direito e outras). Este conhecimento pode ser de diferentes tipos, geralmente incluindo fatos sobre as diferentes entidades do domínio, e as relações que existem entre elas, e conhecimento de como resolver problemas do domínio^{20 15}.

Este conhecimento é geralmente armazenado em uma estrutura de base de dados²⁰, e existem várias técnicas para a própria representação do conhecimento na memória do computador (e.g. regras de produção, redes semânticas, *frames*), detalhes sobre as quais podem ser encontrados na maioria dos livros-texto do assunto^{15 21}.

A memória temporária ou base de dados global

– Onde fatos específicos ao problema imediato (i.e. respostas elicitadas do usuário durante uma sessão de consulta com o sistema) são temporariamente armazenados e, ao final de cada sessão, são apagados.

* “Um SE é um sistema de computador capaz de representar e raciocinar sobre um domínio rico em conhecimento(...)com o objetivo de resolver problemas e fornecer aconselhamento”. (tradução do autor).

** “(um SE é) um programa de computador desenvolvido para encapsular o conhecimento de especialistas”. (tradução do autor).

*** “Um SE pode ser definido como um sistema que faz o trabalho de um especialista ou consultor em alguma área e que dá apoio na tomada de decisões em situações de problemas não estruturados”. (tradução do autor).

**** “(SEs são) sistemas nos quais o conhecimento de um especialista em um domínio específico foi capturado e pode ser manipulado”. (tradução do autor).

O mecanismo de inferência

– A inferência é o processo de derivar nova informação de informação já conhecida²². Assim, o mecanismo de inferência basicamente constitui-se no “programa” responsável para a navegação e manipulação apropriada das bases de conhecimento para que o problema possa ser resolvido (ou seja, usará uma combinação do conhecimento armazenado na base permanente e na base temporária). Há vários tipos de algoritmos ou heurísticas de busca e raciocínio que são usados (e.g. cadeiamento para frente ou para atrás [*forward/backward chaining*], buscas “cegas”, buscas *breadth-first* ou *depth-first* [ou seja, que traçam um caminho de busca primeiro na largura da árvore de busca, ou primeiro na profundidade da busca, e *blackboarding*]), detalhes dos quais também podem ser encontrados na literatura.

A interface homem-máquina

– Evidentemente, esta é uma parte muito importante, visto que fornece o meio de comunicação entre o usuário e o sistema, embora tradicionalmente, esta seja uma área muito negligenciada no desenvolvimento de SEs. Tal tendência é derivada do fato de que as linguagens “tradicionais” de programação de SEs, como Prolog e Lisp, têm ferramentas de interface pouco sofisticadas. Morris^{15,23} lista as propriedades de uma boa interface para um SE como aquela que, entre outras coisas, permite ao usuário fornecer informação não-solicitada pelo sistema; retomar uma sessão de consulta abandonada anteriormente; mudar uma resposta anterior; pedir ajuda relevante ao contexto.

Uma parte importante do mecanismo de inferência que se manifesta na interface de um SE é o recurso de explanação, ou seja, um meio pelo qual o sistema possa justificar como um certo resultado foi alcançado, mostrando os passos tomados pelo mecanismo de inferência. O recurso de explanação é visto como pertinente para SEs, principalmente porque estes são usados por pessoas que vão tomar certas decisões e agir, de uma certa maneira, baseadas nos resultados da consulta do sistema²⁰.

DIFERENÇAS ENTRE SISTEMAS ESPECIALISTAS E PROGRAMAS "TRADICIONAIS"

Para melhor ilustrar por que SEs e outros aplicativos de IA estão desencadeando uma revolução silenciosa no mundo do *software*, citaremos, a seguir¹⁵, algumas das diferenças entre estes tipos de *software* e os tradicionais:

– enquanto SEs contêm conhecimento obtido de especialistas para ajudar no processo de tomada de decisões em situações de problemas não-estruturados, (da mesma maneira que especialistas humanos) os programas convencionais não pretendem emular especialistas;

– as formas de representar o conhecimento no computador usam símbolos, por meio de qualquer uma (ou uma mistura) das técnicas já mencionadas (i.e. redes semânticas, lógica, frames, regras de produção), o que é bastante “natural”, fazendo com que uma análise e alteração da base de conhecimento seja relativamente fácil, enquanto programas convencionais só podem manipular dados alfa-numéricos, e não símbolos;

- os SEs geralmente tentam gerar a “melhor” solução, por meio de heurísticas que exploram as alternativas, enquanto os algoritmos de programas convencionais predeterminam um único caminho de solução;
- alguns SEs conseguem trabalhar com incerteza ou com informação incompleta;
- os SEs erram, como especialistas humanos, e alguns deles também são programados para “aprender” com seus erros.

SISTEMAS ESPECIALISTAS COMO CANAIS DE COMUNICAÇÃO

Lêem-se afirmações de que SEs diferem dos convencionais na maneira em que separam a base de conhecimento da parte do programa que controla e manipula o conhecimento^{15,19,20}, embora, como notam Whitaker e Östberg²⁴, esta prática de modularização na construção de programas não seja do domínio exclusivo da programação de SEs: é desejado em qualquer projeto complexo de *software*. De fato, embora uma análise dos componentes estruturais e técnicas de qualquer sistema computadorizado possa ajudar em desmistificar o funcionamento do computador, esta também pode focalizar nossa atenção nesses aspectos, ao custo de negligenciar uma análise mais ampla do sistema computadorizado como, nas palavras de Winograd e Flores, “uma formalização de algum aspecto do mundo”²⁵. Assim, dizem Whitaker e Östberg²⁴, é mais útil estudar SEs do ponto de vista dos seus papéis como canais para a transferência de conhecimento. Estes autores representam o fluxo de conhecimento no desenvolvimento e no uso de um SE em um diagrama a seguir:

Ao entender o SE como um canal de comunicação entre uma população de usuários finais e um corpo de perícia (expertise), Whitaker & Östberg enfatizam o quanto é perdido em termos de expressividade da informação que flui entre o especialista original e o usuário-final, quando o conhecimento especializado é codificado em um sistema computadorizado. Isto, alegam os autores, é devido principalmente ao fato de que, muito além de ser uma mera troca de símbolos, “a comunicação é uma interação dos modelos do mundo dos interlocutores. Estes modelos-do-mundo fornecem o fundamento para o discurso. (...) Tais repertórios contextuais permitem que os humanos reconstruam o significado de uma corrente de símbolos”²⁴.

As raízes desta perda de expressividade da informação especialista podem ser localizadas na etapa mais crítica da construção de um SE, a saber: “aquisição de conhecimento” (que se constitui em uma parte da fase conhecida como “engenharia de conhecimento”, a outra parte sendo a representação do conhecimento) e, mais especificamente, na própria concepção de “conhecimento” a que subscrevem os “engenheiros de conhecimento” e que portanto, sustenta esta fase.

AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO

Esta tarefa altamente complexa é comumente denominada o gargalo (*bottleneck*) da engenharia do conhecimento, pois o projeto fica aparentemente “preso” nesta etapa. Métodos de aquisição de conhecimento variam: de entrevistas diretas com o(s) especialista(s), leitura ampla e profunda da literatura da área pelo engenheiro de conhecimento (que idealmente, deveria preceder qualquer outra técnica de aquisição, sobretudo a entrevista), observação da atuação do especialista, análise de protocolos (em que o especialista “pensa em voz alta” enquanto desempenha suas tarefas especializadas, é gravado, e o engenheiro de conhecimento analisa estas gravações posteriormente),

e técnicas híbridas. Um corpo extenso de literatura existe sobre o assunto da aquisição do conhecimento. Uma boa e sucinta introdução pode ser encontrada em Hart²⁶. Mais relevante para cientistas de informação, Brittain¹⁴ e Morris & O'Neill¹ afirmam que é exatamente na etapa de aquisição de conhecimento que o profissional de informação poderia se inserir no processo de desenvolvimento de SEs, visto que já possui habilidades de grande valor para esta etapa.

É reconhecido que a razão principal da dificuldade de captar conhecimento especializado é que os especialistas têm grande dificuldade em isolar e descrever os passos que seguem para resolver um dado problema, pois não estruturam seus processos de tomada de decisão de uma maneira formal¹⁶. Portanto, entre a comunidade de pesquisa em SEs, cada vez mais esforços têm sido investidos em refinar as técnicas de aquisição de conhecimento para superar os

problemas de “extração” do conhecimento do especialista. (Feigenbaum e McCorduck, pioneiros na área de IA, referem-se ao conhecimento como uma substância a ser “garimpada” do cérebro de um especialista.) Tais esforços incluem o desenvolvimento de técnicas automáticas, nas quais o computador é programado para induzir uma regra “especialista” de vários exemplos (o *training set*) fornecido pelo especialista, uma técnica passível de crítica²⁷.

Entretanto, outros autores^{17,25,28,30} observam que o problema não é tanto a técnica de extrair o conhecimento do especialista, mas sim **a própria concepção do que é conhecimento, na visão da comunidade de construtores de SEs**. Pois esta comunidade encontra-se submersa naquela que Winograd e Flores denominam “a tradição racionalista”, que dá ênfase à formulação de regras sistemáticas que podem ser usadas para se chegar a conclusões lógicas, ao custo de negligenciar as questões mais complexas e abertas acerca de como colocamos situações em correspondência com representações sistemáticas de objetos e atributos²⁵. A tradição racionalista, é claro, sustenta muito da ciência organizada e da filosofia ocidental, sendo na escola do positivismo lógico que encontramos a concepção de conhecimento que mais se assemelha àquela da comunidade de IA, que afirma que “*só possuímos conhecimento se ele puder ser formulado linguisticamente e testado com base na experiência ou provado por métodos formais. Todo o resto não pertence ao domínio de conhecimento verdadeiro*”³⁰. (Esta postura, alega Johanessen, tem suas raízes naquela afirmação célebre de Galileo, que diz respeito ao fato de que o livro da Natureza é escrito na linguagem matemática.)

O problema com esta definição simplista e aparentemente “óbvia” de conhecimento é que exclui a possibilidade de reconhecer como legítima uma grande parte do corpo de conhecimento de qualquer pessoa, especialista ou não: a saber, **conhecimento tácito**. Aristóteles denominava este tipo de conhecimento *phronesis* ou “juízo prático” (em comparação com *episteme* – conhecimento científico – e com *techne* – conhecimento artesanal) e acreditava que ele nos dá a capacidade de poder avaliar uma situação concreta e saber qual é a ação moralmente correta a ser tomada. É um tipo de conhecimento que não pode ser esquecido: esquecer-lo é cessar de existir como um ser humano³⁰. Nosso senso comum sedimenta-se em nosso conhecimento tácito; a aquisição dele constitui uma parte integral do processo de socialização, do tornar-se um membro competente de uma dada cultura. (Segue-se que o senso comum variará de cultura para cultura, um aspecto que deveria ser levado em conta quando tecnologias estão sendo transferidas entre países diferentes.)

O escopo do senso comum é imenso: abrange uma variedade enorme de domínios de conhecimento, ou seja, a maioria dos domínios de conhecimento humano tem raízes em senso comum²². Sendo tácito, este conhecimento não pode ser articulado e, assim, constitui uma “dimensão escondida de nossa competência cultural ou *know-how*”; tomamo-lo por certo, mas,

sem ele, não poderíamos fazer sentido do conhecimento explícito da nossa cultura específica”²⁸ (tradução do autor). Collins *et.al.*²⁹ notam que seguir uma receita de cozinha implica o uso de conhecimento tácito: o jargão da receita pressupõe um outro conhecimento para decifrá-la. Um pequeno exemplo de instruções (de uma caixinha de flan) exemplifica esta necessidade de conhecimento tácito: “adicione água aos poucos até dissolver o pó; cozinhe em fogo brando até levantar fervura.” Nosso senso comum nos ensina como identificar um pó dissolvido e um líquido fervendo e o que é um fogo brando, por exemplo. Todo este conhecimento tácito necessário para seguir uma receita simples em uma dada cultura não é transferido pela receita escrita, mas adquirido por contato direto com alguém já experiente (por exemplo, nossos pais). Para muitos de nós, a menos que fôssemos lingüistas, nossa língua materna representa um outro exemplo de domínio tácito; falamos fluentemente sem poder necessariamente articular as regras que sustentam a formulação de frases corretas³⁰.

Esta questão de conhecimento tácito também se aplica a qualquer domínio de *expertise*, pois, como nota Bloomfield²⁸, o treinamento profissional constitui outro processo de socialização na “microcultura” da profissão, a qual terá seu próprio corpo de senso comum tácito, o que, por sua vez, explica a dificuldade que os especialistas experimentam, ao tentar *explicitar* muito do seu conhecimento especializado ao engenheiro de conhecimento. Como no exemplo da receita, muito deste conhecimento tácito é adquirido por meios ostensivos, ou seja, por demonstração prática, por meio de pessoas apontando certos fenômenos, objetos etc. – um tipo de aprendizagem que não se limita à nossa infância: constitui uma parte importante do treinamento de cientistas, médicos, mecânicos e especialistas de qualquer domínio²⁸.

Foi o filósofo Heidegger quem primeiro chamou atenção para a importância fundamental da apreensão prática de situações, um aspecto negligenciado pela tradição filosófica ocidental, que encoraja contemplação desinteressada. Ele também insistia que o potencial de representações mentais para se entender um fenômeno é reduzido: precisamos ter contato primário com ele para a compreensão verdadeira²⁵. Collins *et.al.*²⁹ perceberam esta dimensão altamente *visual* e concreta do conhecimento especialista nos anos 70, ao estudar cientistas que queriam construir TEA-lasers (*Transversely Excited Atmospheric pressure lasers*). O grande enigma foi entender por que não foi possível reproduzir os *lasers* a partir de manuais escritos cuidadosamente e em detalhes por especialistas da área. Foi só mais tarde que se percebeu que os cientistas que conseguiram construir os *lasers* com êxito foram aqueles que tinham aprendido a habilidade por meio de observação direta de um especialista da área. Um pequeno detalhe que não constava no manual, por ser aparentemente irrelevante, ou seja, nunca tinha sido explicitado ou articulado – os cabos tinham que ter menos que oito polegadas de comprimento – acabou sendo o detalhe crítico.

Em resumo, a grande falha do paradigma de aquisição de conhecimento sustentado pelos engenheiros de conhecimento é que conhecimento verdadeiro limita-se àquele que pode ser expresso lingüisticamente. Collins *et al.* também notam que os próprios especialistas têm a tendência de internalizar esta noção de conhecimento válido, inconscientemente articulando para o engenheiro de conhecimento a versão formal do seu conhecimento que se encontra no livro texto, enquanto muitas vezes, na prática, fazem outra coisa. (Uma sessão de aquisição de conhecimento para um SE para físicos na área de cristais planejado por Collins *et al.*²⁹ revelou que uma técnica de resfriamento explicada em detalhe ao engenheiro de conhecimento, ou seja, vista como uma técnica crucial, de fato na prática de laboratório não era considerada, com cientistas individuais desenvolvendo e seguindo suas técnicas pessoais para conseguir o efeito apropriado.) Parece que não é suficientemente apreciado até que ponto as habilidades **práticas** de um especialista – adquiridas pela experiência ao longo do tempo – contribuem para o adestramento e

perícia. Especialistas, alegam estes autores, tendem a minimizar a relevância deste tipo de conhecimento prático, vendo-o mais como um **defeito**, e não como uma conquista. Da mesma maneira, Davis afirma que, por serem completamente óbvios para nós, o escopo e poder do conhecimento e métodos de raciocínio de nosso senso comum são geralmente subestimados²².

Conhecimento de livros-texto e conhecimento quantitativo - ou seja, conhecimento explícito - seduzem os criadores de SEs, pois podem ser facilmente codificados no sistema. Mas é exatamente este modelo de conhecimento que empobrece representações de conhecimento. Conhecimento especializado não deveria ser limitado aos parâmetros de regras, pois, como o filósofo Wittgenstein alertou, não é intrínseca à regra uma “metarregra” que elucide como aplicar a regra: se esse for o caso, encontrar-nos-íamos em um “beco sem saída” à procura da metametarregra, da metametametarregra, e assim por diante *ad infinitum*^{17,28,30}, um cenário de uma regressão infinita e absurda, remanescente daqueles tratados em muitos dos contos fantásticos de J. L. Borges. O fato de que uma regra não contém a regra para sua aplicação explica por que o domínio do direito, por exemplo, é tão polêmico: as leis (que são regras) podem ser interpretadas de várias maneiras, que vão depender, é claro, de fatores contextuais.

Por isso, casos precedentes, que nos permitem fazer analogias entre um conjunto de circunstâncias contextuais e outros, constituem um importante corpo de conhecimento especialista.

A questão da parte substancial de conhecimento tácito que faz parte do conhecimento especializado tem certas implicações com respeito ao usuário-final de um SE. Pois, se o aconselhamento elicitado do SE fundamenta-se em conhecimento tácito que é específico a uma certa comunidade profissional, então segue-se que o receptor daquele aconselhamento idealmente deveria compartilhar do mesmo conhecimento tácito para que possa interpretar e usar o aconselhamento construtivamente, ou até rejeitá-lo se este lhe parecer fora do contexto, por algum motivo. Ou seja, o usuário deveria ter a capacidade de tomar decisões **informadas** sobre a relevância da resposta do sistema. Isto explica por que os SEs mais célebres e bem-sucedidos foram construídos sempre com um usuário especialista em mente: e.g. o sistema Dendral (construído em Stanford, Connecticut a partir de 1965), um sistema para ajudar na determinação da estrutura molecular de compostos orgânicos desconhecidos; o sistema Mycin (também desenvolvido em Stanford a partir de 1972), que é um sistema usado no diagnóstico de infecções de sangue¹⁶. Estes SEs, bem como a maioria dos SEs atualmente em uso, têm duas características em comum: codificam conhecimento de um domínio especializado bem delimitado e foram construídos somente para serem usados por especialistas destes domínios. Ou seja, fornecem apoio na tomada de decisões ao especialista. O fato de que conhecimento tácito não pode ser codificado (pois, como já foi notado anteriormente, não pode ser explicitado) não é tão problemático, dado que os usuários-finais, sendo eles mesmos especialistas do domínio, fornecem o que o programa não pode fornecer¹⁷: a saber, o conhecimento tácito necessário para interpretar, de uma maneira útil, o *output* do sistema. Lembramos que, para que uma comunicação significativa aconteça entre dois interlocutores, uma interação dos modelos-do-mundo (constituídos por conhecimento tácito) que cada um possui é imprescindível: comunicação não se reduz a uma mera troca de símbolos²⁴.

Esbarraríamos em problemas, caso quiséssemos construir SEs que pudessem fornecer aconselhamento especializado de um certo domínio a um usuário-leigo, sem a intervenção de um especialista humano. Neste cenário, o usuário final geralmente não compartilharia do mesmo “modelo do mundo” – o mesmo conhecimento tácito – do sistema, e o sistema teria que conter uma enorme quantidade de fatos e regras para compensar esta falta de coincidência entre os modelos do mundo do usuário e do sistema. Isto levaria ao fenômeno conhecido como **explosão combinatorial** das regras na base de conhecimento do sistema: mais e mais fatos seriam

necessários para explicar os fatos que vieram antes e, assim por diante, de uma forma cumulativa. Usando o exemplo das instruções de uma receita, dado anteriormente, a base do conhecimento teria que ser alimentada com fatos do tipo:

– um pó é dissolvido em um líquido quando se cria uma mistura homogênea;

– uma mistura homogênea é uma que não apresenta desigualdades;

– desigualdade não é regular;

– regular é o que se repete em intervalos iguais;

– um intervalo é um espaço entre dois pontos (de tempo ou espaço físico)...

...e assim por diante. Ou seja, logo veríamos que, para este sistema do domínio culinário, estaríamos de fato codificando o “senso comum” do domínio, que, neste caso, é muito abrangente. E veríamos também que isto é difícil, pois envolve o processo de colocar em palavras conceitos que são aprendidos **por exemplos ostensivos**.

Um projeto que está sendo desenvolvido desde 1984 no Microelectronics & Computer Technology Corporation (MCC), nos EUA, propõe exatamente isto: a criação de uma base de conhecimento maciça – Cyc – que teria em média 10 milhões de pedaços de conhecimento que seus inventores chamam *consensus reality*, ou seja, senso comum. Os inventores do sistema alegam que, ao codificar quantidades enormes de senso comum, o sistema poderia lidar com situações que seres humanos reconhecem como absurdas (devido ao senso comum), de uma maneira inteligente, sem ter que explicitamente programar filtros no sistema. Por exemplo, o sistema “reconheceria” que dados sobre um minerador de 26 anos que trabalhou nas minas por 25 anos são questionáveis, da mesma maneira que nosso senso comum não aceitaria a idéia de alguém começando a trabalhar em uma mina com a idade de um ano³¹. Mesmo assim, a visão do senso comum neste projeto é conhecimento que possa ser articulado em palavras para ser codificado. Uma alternativa para superar o problema de representar conhecimento tácito de especialistas é desenvolver SEs que possam trabalhar com imagens: – o especialista delineando um “mapa mental” de um dado conceito que se aproxime muito mais da maneira como o conceito foi originalmente aprendido²⁸ – uma possibilidade que parece ser mais próxima de ser obtida, dada a sofisticação atual de sistemas de hipermídia/multimídia e do desenvolvimento da área de redes neurais.

O debate sobre a natureza complexa e tácita de conhecimento especialista leva às seguintes conclusões:

– SEs somente funcionam eficientemente em domínios restritos, para os quais o conhecimento tácito possa ser bem definido;

– consultas a SEs projetados para uso por leigos sempre deveriam ser feitas em colaboração com um intermediário humano especialista do domínio, para diminuir o problema de falta de conhecimento tácito comum do sistema e do usuário.

Isto implica que as previsões otimistas com relação ao potencial “democratizante” de SEs, no sentido de facilitar o acesso ao conhecimento especializado que é tradicionalmente difícil de se obter gratuitamente e convenientemente, são verdadeiras somente em termos. O nível de especialização do aconselhamento fornecido por um sistema será uma função do nível de especialização do usuário. Em outras palavras, é improvável que testemunhemos cenários do tipo em que SEs fornecem aconselhamento altamente especializado para usuários-leigos sem a

assistência de um especialista humano. A interação com o sistema poderia ser vista meramente como o primeiro passo, talvez para se informar sobre o “jargão” do domínio, ou sobre casos precedentes etc. O resultado da consulta com o SE não deveria ser tomado como uma conclusão definitiva. Collins (17, p.275) acredita que SEs que leigos poderiam usar, sem ter de recorrer a um especialista humano, são aqueles cujo domínio de *expertise* constitui apenas fatos, como no domínio de horários dos trens, por exemplo. No contexto da biblioteca ou centro de informação, SEs poderiam ser usados mais eficientemente para apoiar o setor de referência, respondendo a questões rotineiras sobre recursos, serviços e operações do centro, instruções sobre como usar o catálogo, detalhes sobre tipos específicos de materiais armazenados na biblioteca (exemplos deste tipo de SE de referência sendo Refles¹ na UCLA, Los Angeles, Reflink, na Universidade de Linköping, na Suécia, e Information Machine, na Universidade de Purdue, em Indiana). As vantagens destes SEs é que os mesmos dão respostas às perguntas rotineiras quando os profissionais de informação não estão disponíveis ou estão muito atarefados. Mais ainda, conhecimento explícito do especialista no serviço de referência codificado em um SE não “morreria” com o especialista, que é uma possibilidade em qualquer domínio de especialização. Pelas mesmas razões, o ensino tem se mostrado como uma área que se beneficia do acesso rápido ao conhecimento especializado via SEs: estudantes de medicina, ou direito, ou catalogação, por exemplo, que nem sempre conseguem recorrer aos especialistas, por estes serem muito atarefados e, em demanda, podem “aprender” com um SE da área.

CONCLUSÕES

Os cientistas de informação não podem ignorar o futuro papel de SEs nos centros de informação e bibliotecas automatizados. Assim, é necessário se fazer uma avaliação das concepções epistemológicas com relação às noções básicas que sustentam tais sistemas, como exemplificamos aqui com a questão de conhecimento tácito. E tudo isto implica, é claro, a necessidade de fomentar um espírito crítico e analítico nos estudantes de ciência de informação e biblioteconomia, para que seu trabalho com tais tipos de tecnologias seja eficaz.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MORRIS, A., O'NEILL, M. Information professionals - roles in the design and development of expert systems? *Information Processing & Management* , v.24, n.2, p.173 - 181, 1988.
2. ALBERICO, R. *The future of expert systems and artificial intelligence technologies in libraries and the application of expert systems in libraries and information centres*. London: Bowker-Saur, 1992. p.194-228.
3. GIBB, F. Knowledge-based indexing. In: MORRIS, A., *op.cit.* p.42-54.
4. BLACK, B. Rule-based systems, natural language processing and abstracting. In: MORRIS, A., *op.cit.* p.68-89.
5. DAVIES, R., SMITH, A.G., MORRIS, A. Expert Systems in reference work. In: MORRIS, A., *op.cit.* p.109-110.
6. BAILEY, Jr., C.W. The intelligent reference information system project: a merger of CD-ROM LAN and expert system technologies. *Information Technologies and Libraries* , v.11, n.3, p.237-43, 1992.
7. DAVIES, R. Expert systems and cataloguing. In: MORRIS, A., *op.cit.* p.137-141.

8. PITTS HAWKS, C. Expert systems in technical service and collection management. *Information Technologies and Libraries*, v.13, n.3, p.203-212, 1994.
9. TSENG, G. Expert systems and MORRIS, A. *op.cit.* p.171-6.
10. DENNING, R., SMITH, P.J., Interface design concepts of ELSA, an intelligent electronic library search assistant. *Information Technologies and Libraries* v.13, n.2, June, 1994.
11. POLLITT, S. CANSEARCH: an expert systems approach to document retrieval. *Information Processing & Management*, v.23, n.2, p.119 -138, 1987.
12. JOHNSTON, M., WECKBERT, J. Selection advisor: an expert system for collection development. *Information Technology and Libraries*, v.9, n.3, p.219-225, 1990.
13. RIDLEY, M.J. An expert system for quality control and duplicate detection in bibliographic databases. *Program* , v.26, n.1, p.1 - 18, 1992.
14. BRITAIN, M. Implications for LIS education of recent developments in expert systems. *Information Processing & Management*, v.23, n.2, p.139 -52, 1987.
15. MORRIS, A. Overview of expert systems. In MORRIS, A. , *op.cit.*
16. JACKSON, P. *Introduction to expert systems*. Wokingham: Addison-Wesley, 1986.
17. COLLINS, H.M. Expert systems, artificial intelligence and the behavioural coordinates of skill. In: BLOOMFIELD, B.P. *The question of artificial intelligence: philosophical and sociological perspectives*. London: Croom Helm, 1987. p.258-282.
18. SHOVAL, P. Principles, procedures and rules in an expert system for information retrieval. *Information Processing & Management* , v.21, n.6, p.475-487, 1985.
19. HJERPPE, O. , OLANDER, B. Cataloging and expert systems: AACR2 as a knowledge base. *Journal of the American Society for Information Science*, v.40, n.1, p. 27 - 44, 1989.
20. BROOKS, H.M. Expert systems and intelligent information retrieval. *Information Processing & Management*, v. 23, n.4, p.367-382, 1987.
21. WALKER, D.E. The organization and use of information: contributions of information science, computational linguistics and artificial intelligence. *Journal of the American Society for Information Science*, v.32, n.5, p.347 - 363, 1981.
22. DAVIS, E. *Representations of commonsense knowledge*. San Mateo: Morgan Kaufmann, 1990.
23. CARROLL, J.M., MCKENDREE, J. Interface design issues for advice-giving expert systems. *Communications of the ACM*, v.30, n.1, p.14 - 31, 1987.
24. WHITAKER, R., ÖSTBERG, O. Channeling knowledge: expert systems as communications media. *AI & Society*, v. 2, p.197-208, 1988.

25. WINOGRAD, T.; FLORES, F. *Understanding computers and cognition: a new foundation for design* Reading: Addison-Wesley, 1990.
26. HART, A. *Knowledge Acquisition for Expert Systems*. New York, McGraw-Hill, 1986.
27. BLOOMFIELD, B.P. Capturing expertise by rule induction. *Knowledge Engineering Review*, v.1, n.4, p. 30-6, 1986.
28. BLOOMFIELD, B.P. Expert systems and human knowledge: a view from the sociology of science. *AI & Society*, v. 2, p.17-29, 1988.
29. COLLINS, H.M., GREEN, R.H., DRAPER, R.C. Where's the expertise? expert systems as a medium of knowledge transfer. In: MERRY, M., *Expert Systems 85*. Cambridge, CUP, 1985. p.323-334.
30. JOHANNESSEN, K. S. Rule following and tacit knowledge. *AI & Society* , v.2, p.287-301, 1988.
31. LENAT, D.B., GUHA, R.V. *Building large knowledge-based systems; representation and inference in the Cyc Project*. Reading: Addison Wesley, 1990.
32. FIERING, N. A integração da Biblioteca com a Universidade, do ponto de vista das Humanidades. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE BIBLIOTECAS UNIVERSITÁRIAS, 8., 1994. Campinas: Unicamp, 1994.

Setting limitations: special and tacit knowledge

Abstract

Artificial intelligence (AI) applications, and expert systems in particular, already feature in the range of software in use in many library and information services. Information professionals thus need to master some of the basics of the area of expert systems. However, a mere comprehension of expert systems' components is deemed to be less necessary than an appreciation of some of the more fundamental issues which underpin and inform the very design process of expert systems. An appreciation of the limitations of the dominant knowledge acquisition paradigms of the area, which cannot adequately account for the body of tacit knowledge that constitutes a substantial part of an expert's knowledge, will enable information professionals to relegate these technologies to the task for which they are best suited: namely, as "intelligent" collaborators in routine and decision-making tasks, and not as independent decision makers, handing out advice to lay-users without a human intermediary.

Keywords

Artificial intelligence; Special systems.

Ariadne Chloë Furnival

Professora assistente do Núcleo de Biblioteconomia e Ciência da Informação da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Bacharel em Comparative American Studies e Master of Arts (M.A.) em literatura, ambos pela Universidade de Warwick, Inglaterra. Master of Science (M.Sc.) em computação pelo Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade de Manchester (UMIST), Inglaterra.