

# *Sistemas especialistas e apoio à decisão em administração*

**Jacques Trahand**

Professeur agrégé, Diretor da École Supérieure des Affaires de  
Grenoble, França

**Norberto Hoppen**

Professor Adjunto do Departamento de Ciências Administrativas e  
do Programa de Pós-Graduação em Administração da UFRGS

---

## *Resumo*

O artigo apresenta uma discussão sobre modos de utilização dos Sistemas Especialistas em Administração, em termos de: uso num contexto que visa reproduzir o modo de raciocínio de um especialista; e uso em conjunto com Sistemas de Apoio à Decisão tradicionais, com o objetivo de aportar conhecimento especializado e local no processo decisório, configurando Sistemas de Apoio Especialista.

### **Palavras-chave:**

- inteligência artificial
- sistemas especialistas
- sistemas de apoio à decisão

## INTRODUÇÃO

Os primeiros Sistemas Especialistas — SE — desenvolvidos, tais como MYCIN para o diagnóstico médico, PROSPECTOR para a prospecção geológica e XCON na área de projetos, foram apresentados como ferramentas de apoio à decisão, capazes de reproduzir o modo de raciocínio de um ou mais especialistas, em domínios específicos de áreas de conhecimento. A partir desta visão dos SE, passou-se a difundir a idéia de que a Inteligência Artificial — IA — iria revolucionar o apoio à decisão, através do uso de novos conceitos, de novas tecnologias e aplicações.

Com o objetivo de abordar o tema SE e apoio à decisão de uma maneira abrangente, utilizaremos, neste artigo, o conceito mais amplo de Sistemas com Base de Conhecimentos — SBC — ao invés da definição mais restrita de SE. Este último pode ser confundido com as aplicações específicas acima descritas. Neste sentido, o SBC representa melhor as novas possibilidades tecnológicas provenientes da IA.

Apesar dos conhecimentos já desenvolvidos, o apoio à decisão ainda não é um campo bem delimitado. A noção de apoio à decisão e de ferramentas desenvolvidas para este fim surgiu com a Pesquisa Operacional. Em função da grande variedade de problemas existentes nas organizações, o uso dos modelos desenvolvidos dentro da abordagem da Pesquisa Operacional mostrou-se limitado. Novas vias de apoio à decisão foram então estudadas, destacando-se os Sistemas de Apoio à Decisão — SAD —, oriundos da área dos Sistemas de Informações.

O desenvolvimento desta via explica-se, ao menos parcialmente, pelas diferentes abordagens adotadas pelos pesquisadores em Pesquisa Operacional e em SAD. Os primeiros, de maneira geral, orientaram-se para o desenvolvimento de modelos destinados a resolver problemas relativamente bem estruturados. Os pesquisadores em SAD, dentro de uma filosofia de prestação de serviços e de consultoria, orientaram-se para a realização de sistemas homem-máquina interativos, destinados a problemas pouco estruturados, raramente resolvidos com os modelos de Pesquisa Operacional. Nos SAD, a parcela do problema, não reproduzível por meio de algoritmos, fica a cargo da criatividade e da capacidade de avaliação do tomador de decisão. O sistema, por sua vez, propõe uma amplificação da sua capacidade de raciocínio.

Os SAD, na prática, acabaram se identificando com ferramentas baseadas em modelos e algoritmos, contemplando, de maneira ainda insuficiente, os aspectos qualitativos do problema e a criatividade do tomador de decisão em sua atividade pouco estruturada (Young, 1983).

O principal apelo comercial dos SBC, segundo Sheil (1987), é a possibilidade de programar comportamento e outros aspectos qualitativos difíceis de serem expressos via programação convencional (procedural). Muitas decisões, baseadas em regras não muito bem definidas, mas que são reconhecidas e aceitas, podem ser descritas por regras do tipo situação-ação (SE...ENTÃO). Neste sentido, a possibilidade de associar aspectos qualitativos aos SAD, através da inclusão de uma Base de Conhecimentos e de uma maior parcela de qua-

litativo na resolução do problema, pode abrir novas perspectivas na evolução das ferramentas de apoio à decisão.

Dois modos de utilização se abrem para os SBC:

- o uso de Sistemas com Base de Conhecimentos que objetivam reproduzir o modo de raciocínio de um especialista, representando uma aplicação específica dos SBC, os SE. Eles permitem a resolução de problemas que exigem diagnóstico e soluções de rotina;
- o uso de sistemas que, através da Base de Conhecimento, objetivam aportar conhecimento especializado num sistema mais convencional de apoio à decisão, configurando um SAD inteligente (Bonczek et alii, 1981), ou um Sistema de Apoio Especialista (Sznifer & Tolovi Jr., 1987).

Considerando estas possibilidades de uso de um SBC, serão abordados neste artigo:

- as características essenciais dos SBC, SE e SAD;
- a noção de apoio à decisão em administração;
- o desenvolvimento de Sistemas de Apoio Especialistas, resultantes de uma cooperação entre SBC e SAD.

Exemplos das áreas de produção-operações são apresentados como ilustração.

## SISTEMAS DE APOIO À DECISÃO E SISTEMAS À BASE DE CONHECIMENTOS

Para precisar o impacto da tecnologia da IA em termos de apoio à decisão, são comparadas às características essenciais dos SAD e dos SBC, empregando-se as dimensões:

- objetivos e paradigmas,
- tipos de problemas a serem resolvidos,
- modos de utilização dos sistemas e tipos de modelos,
- arquitetura e implantação dos sistemas.

Estas dimensões são examinadas a seguir.

### Objetivos e Paradigmas

Os SAD e os SBC surgiram praticamente na mesma época, mas as duas tecnologias se desenvolveram de maneira autônoma. Por esta razão, os seus objetivos e paradigmas são apresentados de maneira independente.

Numerosas publicações (Keen & Scott, 1978; DSS, 1980; Banczek et alii, 1981; Sprague & Carlson, 1982; Courbon, 1979; Hoppen & Trahand, 1985; Mahmoud & Medewitz, 1985; Buy & Jarke, 1986) apresentam uma grande diversidade de características dos SAD. Alguns aspectos comuns podem, contudo, ser extraídos. Dentre estes, cabe destacar as quatro características básicas de um SAD apresentadas por [SC 82]:

- o sistema deve assistir o tomador de decisão confrontado a problemas pouco estruturados;
- o sistema corresponde a uma combinação de modelos ►

ou de técnicas analíticas, e de ferramentas de acesso a dados, armazenados em sistemas de gerência de dados operacionais;

- o sistema deve ser de uso fácil para usuários não especialistas em informática, de maneira iterativa ou conversacional, diretamente ou com o auxílio de um *chofer* — um intermediário entre a tecnologia, o problema e o tomador de decisão;
- o sistema deve integrar peculiaridades do meio ambiente e das características cognitivas do tomador de decisão.

O SAD é uma ferramenta destinada ao uso de um ou mais tomadores de decisão (gerentes) que trabalham num ambiente econômico e social bastante complexo e que são constantemente submetidos à pressão do tempo. O objetivo de um SAD é, pois, de auxiliá-lo no aprendizado de como reagir rapidamente e de maneira eficaz ao meio ambiente e à pressão do tempo. Conseqüentemente, o objetivo de um SAD não é a automação do processo decisório do tomador de decisão mas, ao contrário, consiste na assistência e na amplificação da sua capacidade de intuição.

**Objetivos e paradigmas da tecnologia dos SBC** — Enquanto os SAD se desenvolveram a partir de preocupações práticas e do surgimento da interatividade no processamento informático, os SBC tiveram a sua origem nas pesquisas sobre IA. Os estudos de Newell & Simon (1972), sobre a resolução de problemas pelo espírito humano, foram particularmente importantes para a sua evolução.

Os primeiros SBC desenvolvidos, tais como MYCIN ou PROSPECTOR, incorporaram uma particularidade específica. Eles tinham como objetivo a resolução de problemas numa área especial, para os quais não existia nenhuma metodologia formal que permitisse encontrar uma solução. Para este tipo de sistema, o *know how* e os conhecimentos específicos do especialista, muitas vezes heurísticos, são codificados e transferidos para o sistema informatizado, o SE. O procedimento de aquisição e de transferência do conhecimento para a máquina denomina-se engenharia do conhecimento. Um problema, ligado ao desenvolvimento dos SE, é o da formalização e da representação deste conhecimento.

O objetivo de um SE não consiste na assistência a um especialista de um determinado assunto mas, ao contrário, na reprodução e na difusão de sua especialidade.

**Objetivos e paradigmas: complementaridade ou contradições** — Os objetivos dos SAD e dos SBC, sob a forma de SE, são praticamente opostos:

- Os SAD procuram assistir o tomador de decisão que é, de fato, o especialista do problema tratado. Os SE, por sua vez, procuram automatizar e difundir o conhecimento de especialistas junto a usuários com menor grau de conhecimento, ou são usados nos casos em que o especialista quiser reduzir a duração de um diagnóstico.
- Os SAD apoiam problemas relativamente vastos ao passo que os SE são desenvolvidos para aqueles bem delimitados.

- Ambos os sistemas incorporam conhecimento ou especialização. Na tecnologia dos SAD, esta especialização não é formalizada nem transferida para o sistema informatizado. O tomador de decisão é o especialista que interage com o sistema. Nos SBC do tipo SE operacional, o usuário não é o especialista mas sim um usuário com menor conhecimento sobre o problema.

Uma característica comum às duas tecnologias é o seu interesse por problemas que não podem receber, de maneira simples e econômica, soluções algorítmicas. Em função disto, cabe analisar mais detalhadamente o tipo de problema pelos quais os SAD e os SBC se interessam.

### Tipos de Problema Tratados

Os problemas tratados são estudados no atual contexto de uso dos SAD e dos SBC do tipo SE.

**SAD e problemas pouco estruturados** — A noção de problema pouco estruturado foi apresentada pela primeira vez por Garry & Scott Morton (1971), sendo caracterizada como uma situação intermediária entre os problemas estruturados e os problemas não estruturados. O computador pode ser utilizado em partes da sua resolução.

Mais recentemente, Luconi et alii (1985), apresentaram características adicionais que permitem melhor análise do nível de estruturação dos problemas, que, respectivamente, são:

- *dados*: as dimensões e os valores necessários para a representação do espaço que é relevante para o problema;
- *procedimentos*: os operadores ou a seqüência de etapas usadas para a resolução do problema;
- *objetivos e restrições*: os resultados desejados para a resolução do problema e as restrições do que pode ou não ser feito;
- *estratégias*: a escolha dos procedimentos que devem ser adotados para atingir os objetivos.

Pode-se, pois, definir um problema estruturado como sendo aquele em que as quatro características são bem compreendidas e conhecidas. Um problema não estruturado é aquele para o qual os quatro elementos restam vagos. Um problema pouco estruturado é aquele para o qual ao menos uma das características não é definível.

As características dos problemas pouco estruturados, que favoreceram o desenvolvimento dos SAD, são:

- o problema é definido de maneira geral e relativamente vaga;
- as soluções devem satisfazer vários objetivos os quais, às vezes, são parcialmente contraditórios;
- os elementos que influenciam o problema têm origens múltiplas, donde a complexidade de sua solução;
- o meio ambiente da situação de tomada de decisão pode evoluir rapidamente.

As características anteriormente citadas fazem com ►

que soluções satisfatórias (Simon, 1960) para problemas sejam bem aceitas pelo tomador de decisão.

**SBC e tipos de problemas** — Davis (1982) distinguiu os SBC até agora desenvolvidos, em geral do tipo SE, a partir da característica do problema processado. Ele colocou em evidência:

- A utilização do sistema em problemas limitados: a tecnologia dos SBC permite abordar problemas pouco estruturados. Constatou-se que, em razão dos custos, prazos e conhecimentos abrangidos, os SE desenvolvidos abordaram, até o presente momento, quase que exclusivamente problemas bem delimitados.
- A existência de especialistas reconhecidos na resolução do tipo de problema, fazendo com que a solução possa alcançar objetivos satisfatórios ou quase-ótimos.
- A duração do processo de resolução e estabilidade do problema: um SE pode levar alguns minutos ou mesmo algumas horas para a resolução de um problema que demandaria vários dias para um especialista. Por outro lado, necessita-se de vários meses ou anos para a realização deste tipo de sistema, o que restringe o desenvolvimento de SE para problemas relativamente estáveis no tempo, que permitam rentabilizá-los. A evolução do conhecimento relativo ao problema, em termos de novas definições e novos componentes, não deve ser demasiadamente rápida.

**SAD e SE: comparação dos tipos de problemas** — As principais diferenças de utilização de SAD e SE podem ser resumidas em termos de dimensão do problema tratado, existência de um ou mais especialistas que representam o conhecimento na área e estabilidade do problema no tempo.

Segundo Luconi et alii (1985), é possível comparar os SAD e os SE a partir do tipo de processamento realizado quando da resolução de problemas pouco estruturados. Esta comparação, baseada no referencial descrito no item "SAD e problemas pouco estruturados", está apresentada na figura 1.

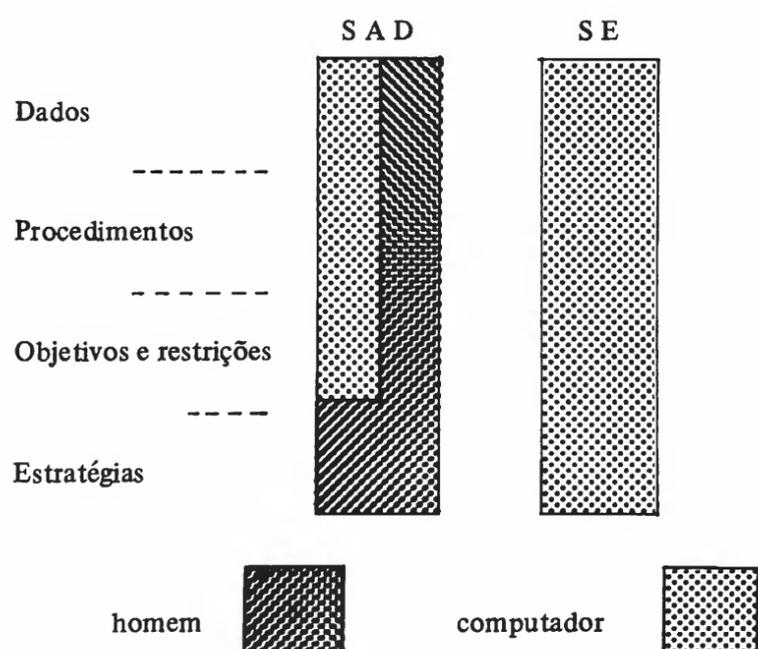


Figura 1

SAD, SE e tratamento de problemas pouco estruturados.

Nos SAD, os aspectos pouco conhecidos sobre dados, procedimentos e objetivos contraditórios são repartidos entre o homem e o computador. As estratégias de resolução do problema ficam de inteira responsabilidade do tomador de decisão, que é o especialista.

Os SE, em razão de novas técnicas de codificação e programação de problemas, permitem integrar uma codificação de dados e procedimentos assim como uma estratégia de resolução de problema mais flexíveis. Este tipo de SBC automatiza todo o processo. Os problemas pouco estruturados, codificáveis de maneira econômica dentro destas restrições, são o campo de aplicação dos SE.

#### Uso de SAD e SBC e Tipo de Modelagem

Os objetivos, os paradigmas e os tipos de problemas, apresentados anteriormente, permitem concluir que o contexto de utilização bem como a natureza da modelagem diferem entre os SAD e os SBC do tipo SE.

**Modelagem e uso dos SAD** — Para Keen & Scott Morton (1978), quatro níveis de funcionalidades são necessárias em um SAD:

- *Capacidade de acesso a dados:* Estes podem estar armazenados no banco de dados do próprio SAD, num banco de dados da organização e mesmo em bancos de dados externos à organização.
- *Capacidade de filtragem e reconhecimento de fenômenos importantes.* Trata-se, por exemplo, das possibilidades de representação gráfica de fenômenos encontrados em séries numéricas ou de análises estatísticas.
- *Capacidade de inferência e comparação lógica,* principalmente cálculos numéricos do tipo extrapolação de tendências, cálculos financeiros e comparações numéricas e ordinais.
- *Capacidade de modelagem, otimização e simulação,* que produzem resultados quantitativos. Nos SAD, a modelagem é realizada a partir de variáveis numéricas e o seu uso pode restringir a representação global do problema pouco estruturado.

**Modelagem e uso dos SBC** — Os SBC e os SE são desenvolvidos de maneira diferente do que os SAD.

- Como nos SAD, a interligação entre o SBC e os bancos de dados é altamente desejável. Atualmente, porém, ainda existem problemas consideráveis, originados na gestão conjunta de dados e conhecimentos. Estes problemas são:
  - as diferenças semânticas existentes entre dados e conhecimentos;
  - a heterogeneidade das técnicas empregadas nos Sistemas de Gestão de Bancos de Dados — SGBD — e nos SBC;
  - a gestão da função procura de dados num SGBD a partir de um SBC, o que ainda não existe atualmente.

Os progressos realizados pela pesquisa, em termos ►

de SGBD dedutivos e do acréscimo de funções ao motor de inferência, permitem entrever o surgimento de um novo tipo de ferramental para uso nas empresas.

- As capacidades de filtragem e de reconhecimento de fenômenos são, no caso de um SE, transferidos em sua totalidade para o sistema informatizado. O mesmo acontece com as capacidades de extrapolação, de inferência e de comparação lógica dos SAD.
- As capacidades de modelagem num SBC são relativamente diferentes das dos SAD. Elas permitem reproduzir elementos qualitativos na modelagem do problema pouco estruturado. Isto representa uma vantagem considerável em termos de capacidade de representação de um problema. Todavia, o uso de elementos qualitativos pode-se tornar um inconveniente, quando as funções existentes no SBC não permitem a sua interligação com procedimentos estruturados tradicionais, do tipo algorítmico, que a modelagem de alguns problemas pode necessitar.
- O usuário de SE não é o próprio especialista (como no caso do SAD). Torna-se pois indispensável que a modelagem do SE contemple o fornecimento da explicação do raciocínio adotado na obtenção de suas conclusões. O mero retraçamento do itinerário da solução, via as regras para ela ativadas, não é suficiente. Muitos estudos ainda são necessários no campo de modelos de dependência causal, que permitam a obtenção de progressos na explicação do raciocínio.

### Arquitetura e Implementação dos SAD e SBC

Algumas das diferenças apresentadas em termos de modelagem e uso de SAD e SBC têm sua origem na arquitetura dos sistemas. As principais conseqüências destas diferenças sobre a implementação dos sistemas são descritas a seguir.

**Arquitetura e implementação de SAD** — A arquitetura de um SAD deve permitir uma assistência ao tomador de decisão nas três fases do processo de decisão — inteligência, modelagem e escolha —, segundo o modelo de Simon (1960).

Na primeira fase, o SAD deve ajudar o tomador de decisão no seu processo de exploração do ambiente do problema e na definição do problema propriamente dito.

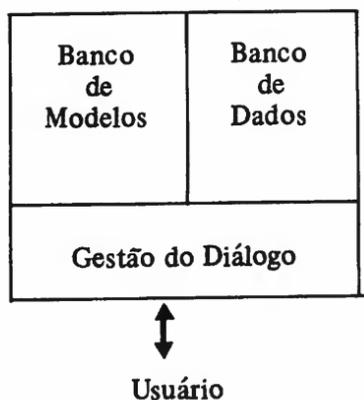


Figura 2

Arquitetura de um SAD.

A etapa de modelagem corresponde à capacidade do SAD e do tomador de decisão de gerarem soluções satisfatórias para o problema.

A última fase deve permitir a adoção de uma estratégia ou de um plano para a resolução do problema.

Para fazer face a estes requisitos, a arquitetura do SAD comporta, como componentes básicos, um banco de dados e seu sistema de gestão, um banco de modelos e um gerenciador do diálogo entre o usuário e os outros componentes do SAD (figura 2).

A implementação dos SAD segue, com freqüência, a abordagem evolutiva (Courbon et alii, 1979), que consiste numa análise parcial do problema, na rápida modelagem da parcela do problema analisada e na sua validação, para após permitir o desenvolvimento pleno do sistema através do acréscimo de módulos suplementares e refinamentos sucessivos da solução.

**Arquitetura e implementação de SBC** — A arquitetura de um SBC é igualmente composta de três componentes básicos: a base de conhecimentos, o motor de inferência e a base de fatos, que serve de interface com o usuário (figura 3).

A *base de conhecimentos* contém o conhecimento fornecido por um ou mais especialistas ao SE. Estes conhecimentos são representados segundo um formalismo específico — regras de produção, *frames*, redes semânticas, lógica de predicados. A base de conhecimentos também contém certo número de fatos. O interesse desta abordagem reside na possibilidade de representar, de maneira independente, o conhecimento e os procedimentos de utilização destes conhecimentos, o que não é possível em outros sistemas informatizados.

O *motor de inferência* ou interpretador tem a capacidade de ativar os conhecimentos a partir dos fatos conhecidos na base de fatos, seguindo determinados procedimentos — inferência em cadeia ou inferência dirigida por metas quando a representação é feita por regras de produção, filtragem, uso de coeficientes de credibilidade. A ativação dos fatos, via os procedimentos específicos, denomina-se estratégia de controle da inferência.

A interface com o usuário permite a interação com o SBC no momento de introduzir novos fatos, e também permite a introdução de novos conhecimentos e a especificação de novos aspectos a considerar na estratégia de controle da inferência.

Ao contrário dos SAD, para os SBC do tipo SE há

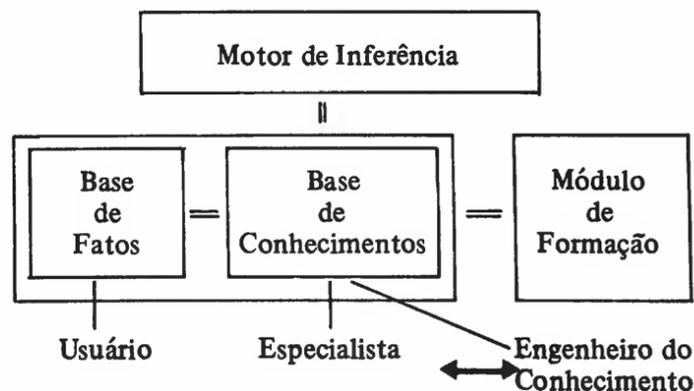


Figura 3

Arquitetura de um SE.

uma nítida distinção entre o usuário, o especialista e o engenheiro do conhecimento. Existem, pois, dois modos de utilização de um SE:

- modo desenvolvimento de SE, que corresponde à fase de extração do conhecimento e de modelagem deste conhecimento;
- modo operacional, que corresponde à utilização do sistema pelo usuário final.

#### SAD e SBC: Constatações Preliminares

A partir dos elementos apresentados constata-se que existem possibilidades interessantes na associação dos conceitos de SAD e SBC, principalmente em função do potencial dos SBC para eliminar algumas das deficiências dos SAD.

O exame mais detalhado de ambos os sistemas revela, contudo, que existem diferenças acentuadas entre eles. Cabe, portanto, examinar de maneira mais aprofundada algumas das possibilidades de tratamento dos problemas que se apresentam, o desenvolvimento de sistemas com arquitetura e uso diferentes, que possibilite a cooperação entre as tecnologias SAD e SBC.

Este tipo de sistema, fundado em elementos dos SAD clássicos e em funções dos SBC, não apresenta somente problemas de natureza técnica. No momento em que se pretende fundi-los, cabe também uma interrogação sobre a sua adequação a certos contextos de apoio à decisão.

#### SAD E SBC: INDEPENDÊNCIA OU COOPERAÇÃO

Nesta seção são examinadas maneiras mais amplas de aproveitamento das potencialidades oferecidas pelos SBC na resolução de problemas pouco estruturados.

Para tanto, são abordados os seguintes cenários:

- utilização dos SBC como sistemas autônomos de apoio à decisão;
- cooperação entre SAD e SBC.

A cooperação pode oferecer:

- acréscimo de capacidades de modelagem de natureza qualitativa num SAD;
- incorporação de conhecimento especializado "local" num SAD;
- possibilidade de assistência ao tomador de decisão quando ele usa o seu SAD.

Estas possibilidades de uso são desenvolvidas a seguir. Quando possível, elas são ilustradas com exemplos da área de produção/operações.

#### SBC como Sistemas Autônomos de Apoio à Decisão

A maior parte dos SBC do tipo SE incorporam conhecimento destinado a suportar funções de interpretação, diagnóstico, concepção, planejamento, monitoração e manutenção (Retour, 1985; Ribeiro, 1987). Neste

A figura 4 ilustra estes cenários.

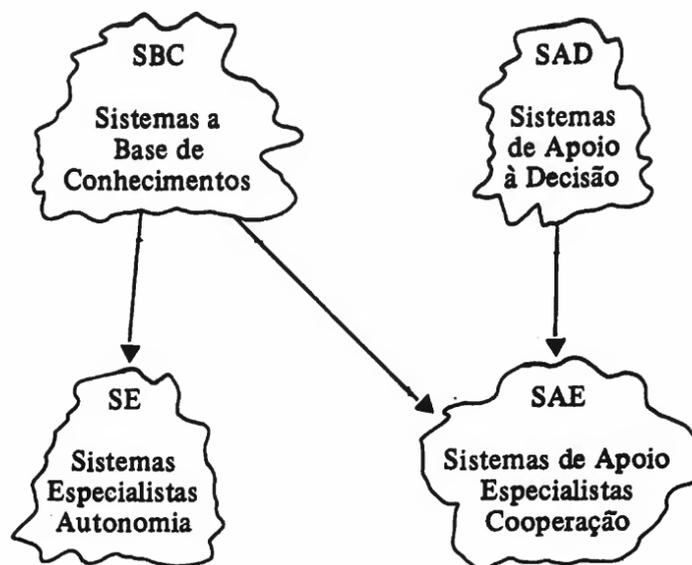


Figura 4

Usos de SBC e SAD.

sentido, os SE constituem um suporte para a fase escolha do processo decisório.

As características essenciais dos SE podem ser resumidas da seguinte maneira:

- Grande parte dos SE são desenvolvidos segundo uma metodologia que não proporciona flexibilidade suficiente para a sua adaptação a novos elementos do contexto, o que, por sua vez, é fundamental para um SAD.
- A tendência dos SE é automatizar a decisão ao invés de assegurar uma logística que assista e analise este processo.
- Os SE se interessam fundamentalmente por problemas bem delimitados.
- A utilização dos SE, normalmente, é prevista para usuários com menor experiência.

Exemplos de utilização de SE na área de produção/operações, que possuem algumas destas características, figuram no Quadro 1.

Quadro 1

Sistemas Especialistas em Desenvolvimento ou Uso na Área de Produção-Operações

Nome	Função	Organismo
XCON	Seleção da configuração de sistemas informáticos	Digital Equipment (DEC), EUA
Callisto	Gestão de projetos	CMU
Isis	Programação da produção	CMU-Westinghouse
CATS	Diagnóstico para manutenção de locomotivas	General Electric EUA

Estes SE incorporam, fundamentalmente, funções de planejamento e de manutenção. Em planejamento e projeto, o SE prepara um programa de iniciativas que devem ser tomadas para se atingir um determinado objetivo. O sistema é capaz de mostrar uma visão global do projeto sem que o detalhe seja perdido de vista. Em manutenção, o sistema diagnostica e planeja os reparos a serem efetuados. Estes SE intervêm, basicamente, na etapa escolha do processo decisório.

A partir das características e dos exemplos apresentados, pode-se afirmar que, salvo em algum caso particular, os SBC que incorporam conhecimento especializado não correspondem à definição de apoio à decisão de um SAD, que é centrada na assistência a um tomador de decisão.

### Cooperação entre SBC e SAD

A possibilidade de fazer cooperar subconjuntos de SAD e SBC parece uma via mais interessante para o apoio à decisão quando da resolução de problemas pouco estruturados menos restritos, como os encontrados em Administração. O resultado desta cooperação são os Sistemas de Apoio Especialistas (Sznifer & Tolovi Jr., 1987).

**A Cooperação como Possibilidade de Acréscimo de Funcionalidades aos SAD para uma Modelagem Qualitativa** — Bonczek et alii (1981) desenvolveram um conjunto de princípios que definem os componentes de um SAD. Pela sua abrangência, estes princípios contribuem conceitualmente para a integração da noção de SBC e SAD. A cooperação pode ser efetivada pelo acréscimo de um motor de inferência e de uma base de conhecimentos ao banco de dados e de modelos do SAD, transformando-o num SAE. O conjunto resultante deve ser gerido por uma linguagem de comando que seja simples para um usuário não especialista em informática. Esta arquitetura, que apresenta problemas técnicos complexos, já existe em alguns ambientes de desenvolvimento — os *shells* ou conchas.

O produto GURU (MDBS), desenvolvido a partir dos trabalhos de Bonczek et alii (1981), apresenta como filosofia básica a união de um Gerador de SD — no caso Knowledge Man II —, de um motor de inferência e de um formalismo de representação do conhecimento por meio de regras de produção. Nele estão contidos também algumas possibilidades de tratamento de conjuntos nebulosos (*fuzzy sets*).

Tudo indica que, num futuro próximo, vários produtos com estas características serão propostos para comercialização. Neste tipo de arquitetura, o ponto forte consiste em permanecer próximo ao ambiente habitual de desenvolvimento de aplicações de apoio à decisão e de propor, adicionalmente, uma capacidade de modelagem que contemple aspectos qualitativos, através da tecnologia dos SBC. Esta arquitetura permite, pois, modelar problemas incompletos e inconsistentes e também manipular dados qualitativos (Treacy, 1985). Cabe salientar que esta proposição de cooperação situa-se, essencialmente, no nível físico e não no nível conceitual. Com o mesmo produto do tipo concha pode-se desenvolver aplicações que não incorporam nenhum conheci-

mento especializado mais específico. Neste caso, seu uso pode ser considerado como boa alternativa de modelagem pelo analista do sistema.

Este tipo de solução, todavia, ainda continua pouco satisfatório em termos de linguagem de interação e de possibilidades (procedimentos) de cálculo. Um produto como GURU é de difícil utilização por um usuário não familiarizado com a informática, quando do desenvolvimento de uma aplicação. Mesmo assim, a procura de um nível aceitável de complexidade da linguagem de comando levou os realizadores do produto a limitar as suas possibilidades, em particular em matéria de estratégia de controle da inferência.

Potencialidades mais desenvolvidas de cálculo e de controle, já existentes em linguagens como LISP e PROLOG, devem ser integradas nos produtos tipo concha, conferindo-lhes assim uma melhor capacidade de tratamento dos conhecimentos.

**A Cooperação como Meio de Incorporação de Conhecimento Especializado “Local” num SAD** — Este tipo de cooperação não se restringe somente ao nível físico da arquitetura anterior, mas também abrange o nível conceitual.

Num SAD clássico, o conhecimento especializado encontra-se no tomador de decisão que interage com o sistema. Face à complexidade dos problemas, esta especialização pode ou deve ser bastante variada. Os SAD desenvolvidos para o planejamento orçamentário constituem uma boa ilustração desta situação. Neles, o objetivo básico consiste em determinar e compreender, a partir de dados estimados, o efeito de uma ou mais estratégias comerciais, de produção, de suprimento, sobre a rentabilidade e o fluxo de caixa (a liquidez) da empresa. O tomador de decisão, que utiliza este tipo de SAD, raramente possui conhecimentos especializados de todas as facetas do problema. Algumas das soluções que ele pode escolher, por exemplo, têm incidência fiscal, cuja previsão e análise não são fáceis. Assim, é possível considerar a possibilidade de desenvolver comercialmente módulos especializados a serem integrados em Geradores de SAD, tais como IFPS, FCS ou EXPRESS. Estes módulos podem contemplar a avaliação e a análise das estratégias da empresa sob o ângulo fiscal ou de política cambial.

Existem muitas outras perspectivas de desenvolvimento de conhecimento especializado “local” Nos casos em que este conhecimento for suficientemente genérico para determinado ramo de atividade, país ou profissão, o obstáculo custo de desenvolvimento do módulo especialista pode ser removido.

Meador et alii (1984) propuseram um referencial para a decomposição de um processo de decisão, que permite estudar a cooperação entre os SAD e os SBC de uma maneira mais ampla. O processo de decisão foi decomposto nos seguintes elementos ou subprocessos:

- determinação dos objetivos, dos parâmetros e das probabilidades;
- procura e gestão dos dados pertinentes;
- determinação das conseqüências das alternativas de decisão possíveis;
- assimilação das informações geridas sob forma numérica ou gráfica;

- avaliação das conseqüências de uma decisão de maneira mais ampla, em termos de avaliação dos riscos e outros;
- explicação e implantação das decisões;
- formulação de estratégias de ação.

Para os autores, os cinco primeiros subprocessos correspondem à tecnologia dos SAD, ao passo que os três últimos, à tecnologia dos SBC. Eles colocam maior ênfase na contribuição do conhecimento especializado nas fases finais do processo de decisão.

Gou et alii (1984), por sua vez, propõe que a “inteligência local” seja introduzida para apoiar o tomador de decisão nas primeiras fases do processo decisório, em particular na definição dos problemas. Neste sentido, o módulo conhecimento especializado pode guiar o tomador de decisão na escolha de modelos pertinentes para o tratamento do problema, além de propor explicações e justificativas para esta escolha. Este modo de cooperação será desenvolvido, com mais detalhes, no item a seguir (*a cooperação SAD — SBC como meio para assistir o tomador de decisão no uso do seu SAD*).

A introdução de conhecimento especializado local apresenta, como vantagem adicional, a possibilidade de aprendizagem dos assuntos específicos contidos no módulo por parte do tomador de decisão.

Um exemplo de cooperação entre um SBC local e um SAD, na área de operações, é o sistema de apoio à decisão desenvolvido pela SNCF (*Société Nationale des Chemins de Fer*, França) para a alocação de vagões de carga, descrito por Levine et alii (1987). Com a assistência desse sistema, o tomador de decisão aloca os vagões de carga vazios disponíveis em regiões excedentárias para regiões que apresentam uma demanda reprimida. Da decisão fazem parte a escolha das regiões e o número de vagões. Este sistema é composto pelos módulos clássicos presentes em SAD — banco de dados, banco de modelos, formado por um algoritmo de alocação e por um módulo de previsão, interface com o usuário. A estes componentes foi acrescido um módulo Base de Conhecimentos, que contém regras sobre prioridades e condições de transferência de vagões que devem ser consideradas na resolução do problema.

Este conhecimento raramente já está articulado pelo tomador de decisão e, normalmente, requer um longo aprendizado. A formalização das regras permite, pois, sistematizar a experiência da organização.

Dentre as recomendações dos autores, feitas a partir da experiência de inserção de conhecimento especializado local em um SAD, cabe destacar:

- a análise detalhada de todo o processo de decisão e o desenvolvimento de ferramenta que se insira neste processo;
- a recomendação de deixar liberdade suficiente ao usuário, quando do uso do sistema, para que não se sinta por ele substituído;
- o esforço de assegurar a confiabilidade dos fatos e regras incluídos na base de conhecimentos.

**A Cooperação SAD-SBC como Meio para Assistir o Tomador de Decisão no Uso do seu SAD** — A noção de conhecimento especializado também pode ser aplicada à pilotagem do próprio SAD e, neste sentido, a fron-

teira com o modo de cooperação apresentado na seção anterior não é bem nítida.

No modo de cooperação que propõe o “uso inteligente” de um SAD, leva-se em consideração que o SBC não gere os conhecimentos especializados locais, mas trate os conhecimentos a um outro nível. Estes são, respectivamente, conhecimentos sobre:

- o uso de dados;
- o uso de modelos de processamento;
- o uso do SAD propriamente dito.

O SBC facilita, assim, o trabalho do tomador de decisão no uso dos dados e no tratamento algorítmico que ele deseja dar a estes dados. Segundo o referencial de Luconi et alii (1985) já apresentado, esta cooperação tende a reforçar a fase de escolha das estratégias de ação no processo decisório com:

- *Inclusão de conhecimento especializado sobre o uso de dados:* Em termos de conhecimentos sobre o uso de dados, o SBC facilita a geração de procedimentos de sua procura e classificação nos bancos de dados. Trabalhos desenvolvidos em bancos de dados inteligentes podem ser aproveitados para esta situação.
- *Inclusão de conhecimento especializado sobre o uso de modelos de processamento:* No exemplo do SAD para planejamento orçamentário, um diálogo inteligente poderia guiar o tomador de decisão na utilização de modelos mais sofisticados de previsão, como o de “Box e Jenkins”, ou na utilização de técnicas de análise de dados menos difundidas.
- *Inclusão de conhecimento especializado sobre o uso do SAD propriamente dito:* Um dos aspectos mais importantes de inclusão de conhecimento em um SAD está ligado à pilotagem do processo de resolução de um problema pouco estruturado mais complexo. Neste processo, o tomador de decisão baseia-se em resultados parciais, que correspondem à execução de etapas intermediárias do processo decisório. A organização dos resultados parciais é importante para a exploração das alternativas que permita ao tomador de decisão encontrar uma solução satisfatória para o problema.

O uso de uma estratégia de controle inteligente do SAD, que fornece uma assistência à pilotagem do sistema, fundamenta-se:

- na utilização de restrições sobre fatos e regras a empregar. Esta restrição não é independente da escolha do modo de processar os fatos e regras, respectivamente inferência em cadeia, inferência dirigida por metas ou inferência mista;
- na filtragem (*pattern-matching*);
- na resolução de conflitos.

Um sistema inteligente de controle do SAD torna possível:

- a definição interativa dos metaconhecimentos necessários à pilotagem das restrições;
- a definição interativa de mudança de certas regras;
- a determinação dos diferentes parâmetros para os

conjuntos nebulosos, que permitem o tratamento de problemas com características de imprecisão e incerteza.

### **SAD e SBC: Conclusões sobre a Independência, a Cooperação e o Apoio à Decisão**

O uso de um SE autônomo como instrumento de apoio à decisão só é possível em situações bem específicas. Esta situação requer uma delimitação precisa do problema e uma estabilidade do conhecimento especializado com relação ao problema.

Em termos de desenvolvimento de ferramentas mais poderosas e de uso mais geral para o apoio à decisão, o surgimento de SAE, que incorporam uma Base de Conhecimento, nos parece uma alternativa bastante promissora. Para a sua implementação, no entanto, muitos problemas ainda não foram resolvidos. Entre eles cabe destacar:

- os problemas relacionados com a interligação física dos SAD e SBC, isto é, os problemas de arquitetura dos sistemas;
- os de ordem conceitual, em especial as diferenças semânticas entre dados e conhecimentos;
- a pouca experiência existente na introdução destes sistemas nas empresas. Uma maior experiência permitiria a definição de metodologia de concepção e implantação de SAE. Devido às características dos SAE, esta metodologia se diferencia, em muitos aspectos, do que atualmente se conhece sobre a implementação de SAD.

### **CONCLUSÃO**

Ao sair dos laboratório de pesquisa para as empresas, a IA e os SBC deram origem ao surgimento de novas perspectivas para a resolução de problemas pouco estruturados.

Os SE, ao menos em sua configuração atual, não têm correspondido às expectativas como novas ferramentas de apoio à decisão, em termos de assistência ao tomador de decisão, confrontado a um problema pouco estruturado, para a resolução do qual ele quer melhorar a sua eficácia.

Com o propósito de desenvolver a cooperação en-

tre SAD e SBC, via SAE, e visando melhorar ainda mais o apoio à decisão, cabe continuar a pesquisa na resolução dos problemas físicos e conceituais. Alguns pacotes de *software* para o desenvolvimento de SBC já comercializados confortam esta via e dão uma idéia das ferramentas que podem ser desenvolvidas num futuro próximo.

Para que as ferramentas inteligentes de apoio à decisão possam ser efetivamente utilizadas nas empresas, uma série de aspectos ligados à sua implementação ainda são passíveis de um estudo mais aprofundado. Dentre estes cabe salientar:

- A elaboração de uma tipologia de problemas pouco estruturados, por área funcional das empresas, que potencialmente poderiam proporcionar bom retorno com o uso de SAE. Por exemplo, pouco se conhece sobre o uso de SAD inteligentes na área de programação e controle da produção e em determinadas áreas do marketing, tal como o lançamento de novos produtos.
- O desenvolvimento da metodologia que facilite a transferência do conhecimento do especialista para o sistema — a engenharia do conhecimento —, em condições de prazo e custos mais adequados. Neste sentido, cabe a interrogação sobre as possibilidades de o tomador de decisão/especialista introduzir, ele mesmo, os seus conhecimentos no sistema. Em caso afirmativo, deveriam ser criadas ferramentas que permitissem a inferência de regras diretamente a partir de exemplos.
- O desenvolvimento de um metodologia para a realização das aplicações a partir dos pacotes de *software* já existentes. O desempenho das abordagens utilizadas atualmente na área dos SAD, Informática para o Usuário Final e Centro de Informações ainda não foi testado para as novas ferramentas que incorporam conhecimento especializado ou inteligência.
- A provável reação dos tomadores de decisão de nível decisório intermediário, que atualmente têm a sua competência fundamentada nos conhecimentos especializados locais, em termos de aceitação e uso desses sistemas.

Este conjunto de problemas constitui um campo de pesquisa altamente promissor. Os resultados obtidos podem contribuir, de maneira fundamental, para o desenvolvimento de SAE nas empresas, dando subsídios consistentes ao investimento em recursos humanos e materiais que se inicia.

### *Abstract*

This paper addresses the use of Expert Systems in management.

Two particular ways are discussed:

- Expert Systems which reproduce expertise in delimited problems;
- Expert Systems which embed local expertise in a broader Decision Support System. These systems are called Expert Support Systems.

### **Uniterms:**

- artificial intelligence
- expert systems
- decision support systems

- ALTER, S. *Decision support systems: current practices and continuing challenges*. Addison-Wesley, 1980.
- BONCZEK, R. et alii. *Foundations of decision support systems*. Academic Press, 1981.
- BUY, T.X. & JARKE, M. Communications design for Co-op: a group decision support system. *ACM Transactions on Office Information Systems*, 4(2):81-103, Apr. 1986.
- COURBON, J.C. Les SIAD: outil, concepts et mode d'action. *AFCET-Interfaces*, (9):30-6, Jun. 1983.
- COURBON, J.C. et alii. L'approche évolutive. *Informatique et Gestion*, (103):51-9, Jan./Fev. 1979.
- DAVIS, R. Expert systems: where are we and where do we go from here? *AI Magazine*, Summer 1982.
- GORRY, G.A. & SCOTT, Morton M. A framework for management information systems, *Sloan Management Review*, Cambridge, Mass., 11(1):55-70, Fall, 1971.
- GOUL, M. et alii. Use of an Expert Subsystem in Decision Recognition Channeling. In: HAWAIIAN INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEMS SCIENCES, 17., Honolulu, 1984. *Anais*. Honolulu, 1984. p. 558-67
- HOPPEN, N. & TRAHAND, J. Os geradores de sistemas de apoio à decisão para o planejamento orçamentário e financeiro. *Revista de Administração*, São Paulo, 20(4):51-62, out./dez. 1985.
- KEEN, P.G.W & SCOTT, MORTON M. *Decision support systems: an organizational perspective*. Addison-Wesley, 1978.
- LEVINE, P. et alii. Utilization des systèmes experts pour l'aide à la décision: premières expériences. In: COLLOQUE SUR LE DEVELOPPEMENT DES SCIENCES ET PRATIQUES DE L'ORGANISATION, Paris, 10-12 mar. 1987. *Actes*, Paris, AFCET, 1987. p. 231-8.
- LUCONI, F.L., et alii. Expert systems and expert support systems: the next challenge for management. *Center for Information Systems Research Report n.5-48-85*, Massachusetts Institute of Technology, 1985.
- MAHMOUD, M.A. & MEDEWITZ, J.N. Impact of design methods on decision support systems success: an empirical assessment. *Information & Management*, Amsterdam, 9(3):137-51, Oct. 1985. n.9, 1985, pp. 137-151.
- MEADOR, R. et alii. Personal computer and distributed decision support. *Computerworld*, May 7, 1984.
- NEWELL, A. & SIMON, H.A. *Human problem solving*. Prentice Hall, 1972.
- RETOUR, D. L'intelligence artificielle aux portes de l'entreprise. *Révue Française de Gestion*. Paris, (50):120-7, juin/aon. 1985.
- RIBEIRO, H.C.S. *Introdução aos sistemas especialistas*. Livros Técnicos e Científicos, 1987.
- SPRAGUE, R. & CARLSON, E.D. *Building effective decision support systems*. Prentice Hall., 1982.
- SIMON, H.A. *The new science management decision*. Harper & Row, 1960.
- SHEIL, B. Thinking about artificial intelligence. *Harvard Business Review*, Boston, 65(4):91-7. July./Aug. 1987.
- SZNIFER, M. & TOLOVI JR., J. A utilização de sistemas de apoio à decisão e especialistas como redutores de incerteza na função gerencial. In: CONGRESSO NACIONAL DE INFORMÁTICA, 20., São Paulo, ago. set. 1987. *Anais*, São Paulo, SUCESU, 1987. p. 123-8.
- TREACY, M. Future directions in DSS technology. *Center for Information Systems Research WP123*, Massachusetts Institute of Technology, January 1985.
- YOUNG, L.F. Computer support for creative decision-making. In: *Processes and tools for Decision Support*. North-Holland, p. 47-64.

Recebido em dezembro/1987