
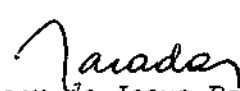


1. Publicação nº <i>INPE-2296-PRE/068</i>	2. Versão	3. Data <i>Jan., 1982</i>	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem <i>DSE/DIN</i>	Programa <i>INTAL</i>		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>SISTEMA DE CONSULTA REGRAS DE DECISÃO</i>			
7. C.D.U.: <i>681.3.019</i>			
8. Título <i>DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE CONSULTA, USANDO REGRAS DE DECISÃO</i>		10. Páginas: <i>26</i>	
		11. Última página: <i>19</i>	
9. Autoria <i>Edson Luiz França Senne Paulo Ouverá Simoni</i>		12. Revisada por  <i>C. R. Souza</i> <i>Celso de Renna e Souza</i>	
Assinatura responsável 		13. Autorizada por   <i>Nelson de Jesus Parada</i> Diretor	
14. Resumo/Notas  <i>Vem sendo desenvolvido um sistema de consultas, utilizando técnicas de Inteligência Artificial e regras de decisão como representação do conhecimento. Esse sistema constará de três subsistemas principais: (1) o subsistema de aquisição de conhecimento; (2) o subsistema de diagnóstico; (3) o subsistema de explanação. O subsistema de aquisição de conhecimento foi desenvolvido na forma de um programa conversacional, de modo a facilitar a tarefa do especialista em transferir para o sistema o seu conhecimento, processo que comporta dois níveis: (i) o especialista aumenta ou modifica o banco de conhecimentos, introduzindo novas regras de decisão, ou alterando regras já existentes; (ii) a aquisição de novos conceitos primitivos a partir dos quais as regras são construídas. No desenvolvimento do subsistema de aquisição de conhecimento, foi considerado especialmente a independência que o mecanismo de aquisição apresenta em relação ao domínio de conhecimento. São abordados alguns detalhes acerca da implementação desse subsistema e outros aspectos relativos às estruturas e aos dados dos subsistemas de diagnóstico e de explanação.</i>			
15. Observações <i>Este trabalho foi submetido para apresentação na 33.<sup>a</sup> Reunião Anual da SBPC, que se realizou em Salvador, BA, de 08 a 15 de julho de 1981.</i>			

#### ABSTRACT

*A computer consultation system is in the process of development at INPE, using artificial intelligence techniques and decision rules as a means for knowledge representation. The system consists of three main subsystems: 1) the rule-acquisition system; 2) the diagnosis system; 3) the explanation system. The knowledge acquisition subsystem was designed as an interactive program, in order to simplify the specialist's task of transferring his knowledge to the system; this process occurs in two levels: i) the specialist may enlarge or modify the knowledge bank, introducing new decision rules or changing existing ones; and ii) the system may acquire new primitive concepts, with which the rules are built up. The independence between the acquisition mechanism and the knowledge domain was given special consideration during the acquisition system design phase. In this paper, details are given on the acquisition system implementation, as well as on the diagnosis and explanation systems data structures.*



## SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS .....	<i>vii</i>
1. <u>INTRODUÇÃO</u> .....	1
2. <u>SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO</u> .....	3
3. <u>SISTEMAS DE DIAGNÓSTICO E DE EXPLANAÇÃO</u> .....	12
4. <u>CONCLUSÃO</u> .....	16
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	19

•

## LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
1 - Fluxo de informação no sistema de consulta .....	3
2 - Transferência interativa de conhecimento do especialista para o programa .....	4
3 - Arquitetura do sistema de aquisição de conhecimento .....	6
4 - Fluxo de informação no sistema de diagnóstico .....	14



## 1. INTRODUÇÃO

O projeto DIAGNÓSTICO da Divisão de Informática do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE/CNPq) tem por objetivo montar um sistema capaz de realizar inferências sobre um domínio específico, caracterizado por uma grande massa de conhecimento empírico representado na forma de regras de decisão.

O desenvolvimento, através de pesquisas em Inteligência Artificial, de procedimentos capazes de afetar raciocínios lógicos (Nilsson, 1971), assim como o sucesso obtido em vários sistemas de consulta: DENDRAL (Buchanan et alii, 1969), desenvolvido para determinar estruturas de compostos orgânicos a partir da análise de seus espectrogramas de massa; MYCIN (Shortliffe, 1976) para o tratamento de infecções bacterianas; CASNET (Weiss et alii, 1978) para glaucoma; PROSPECTOR (Duda et alii, 1977) para auxílio à prospecção geológica, dentre muitos outros, proporcionam a base para acreditar que tal objetivo e esforço são plenamente justificáveis.

Com relação ao sistema em desenvolvimento no INPE, o sistema MYCIN é o que apresenta maior importância. Nesse sistema, todo o conhecimento obtido dos especialistas é expresso na forma de regras de decisão. Essas regras são da forma: SE as asserções da premissa são verdadeiras, ENTÃO as asserções do consequente são verdadeiras com grau de confiança X. Um exemplo de regra de decisão (extraído de Shortliffe, 1976), é:

### Exemplo 1.1

SE : 1) o local da cultura é sangue, e  
2) a identidade do organismo não é conhecida com certeza, e  
3) o organismo é gram-negativo, e  
4) a forma do organismo é bastão, e  
5) o paciente sofreu queimadura séria

ENTÃO: 1) existe uma fraca evidência (.4) que a identidade do organismo é Pseudomonas.



O sistema de consulta em desenvolvimento no projeto DIAGNÓSTICO adota as regras de decisão como forma de representação do conhecimento, e deverá constar de três subsistemas principais:

- 1) O subsistema de aquisição de conhecimento, destinado a incorporar novas regras de decisão fornecidas pelos especialistas ao banco de conhecimentos do sistema, devendo ainda possuir características de inferência indutiva (Silva, 1979; Silva e Souza, 1981); permitir que sejam definidas distribuições de possibilidades para uso em proposições nebulosas condicionais (Faria, 1980); e detectar automaticamente conflitos de consistência (Senne, 1980).
- 2) O subsistema de diagnóstico, no qual são chamadas as regras de decisão pertinentes a uma conclusão, e solicitados os dados específicos aos usuários, na análise das hipóteses sob consideração.
- 3) O subsistema de explanação, em que podem ser exibidas as cadeias de raciocínio utilizadas para se chegar a uma conclusão, ou para justificar um certo encaminhamento da consulta.

A Figura 1 ilustra esses três subsistemas.

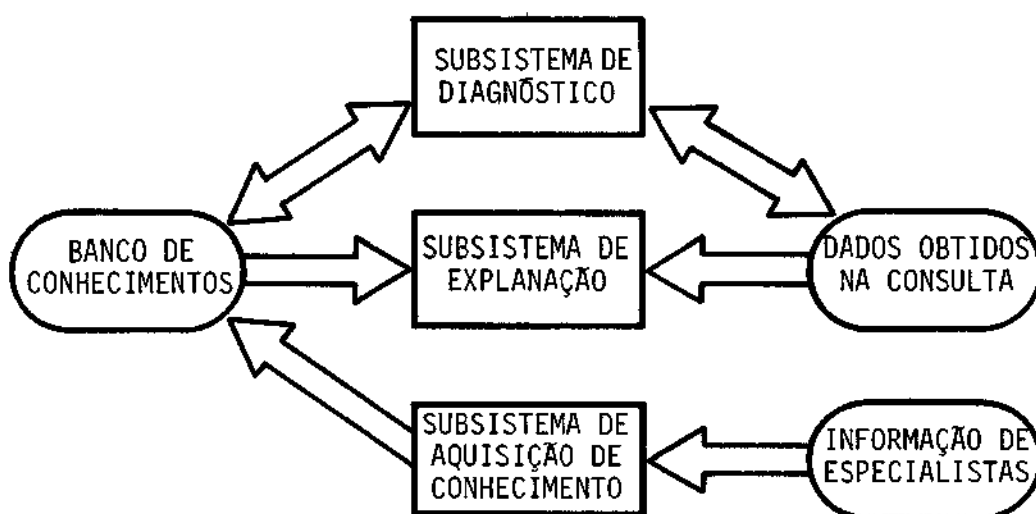


Fig. 1 - Fluxo de informação no sistema de consulta.

## 2. SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO

O objetivo do sistema de aquisição de conhecimento é promover a transferência da experiência de um especialista, no domínio em consideração, para o programa. Esse processo comporta dois níveis:

- 1) o especialista aumenta ou modifica o banco de conhecimentos, introduzindo novas regras de decisão ou alterando regras já existentes;
- 2) a aquisição de novos conceitos primitivos, a partir dos quais as regras são construídas, que é feito no decorrer da aquisição de uma nova regra.

Esse processo é ilustrado na Figura 2.

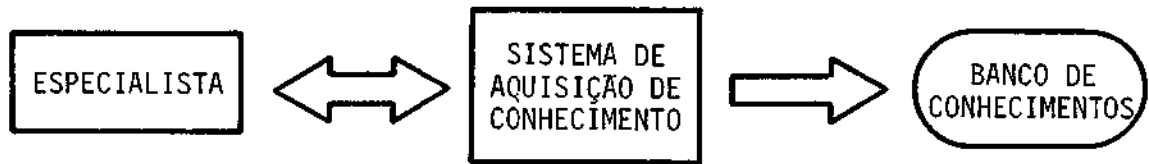


Fig. 2 - Transferência interativa de conhecimento do especialista para o programa.

O sistema de aquisição de conhecimento teve por base o programa AQUISIÇÃO (Lage Filho, 1978), desenvolvido para a área de vacinação infantil, sobre o qual foram feitas algumas modificações, de modo a acomodar a sintaxe das regras de decisão no formato SE/ENTÃO, e de dotar o programa de estrutura flexível a ponto de poder ser usado para qualquer domínio de conhecimento, além de modificações menores relativas à sua adequação para processamento interativo.

O banco de conhecimentos do sistema deverá conter uma coleção de regras de decisão. Cada regra é um "pedaço" independente de informação do domínio específico, indicando uma ação (uma ou mais conclusões), que é tomada se as condições especificadas na premissa (uma combinação booleana de cláusulas) forem satisfeitas. As regras incorporam juízos dos especialistas, ou seja, elas promovem inferências inexatas. No caso do Exemplo 1.1, por exemplo, a evidência na premissa é suficiente apenas para assegurar a conclusão mostrada com um fraco grau de confiança (0.4 em 1.0). Esses números são denominados *fatores de certeza* e incorporam um modelo de confirmação descrito detalhadamente em Shortliffe e Buchanan (1975).

O primeiro passo no recebimento de uma nova regra de decisão é o da identificação dos elementos, que constituem as cláusulas: fun

ção de predicado, objeto, atributo e valor. O objeto irá definir o contexto de aplicação, e possui um certo número de atributos que, por sua vez, possuem valores. O objetivo da função de predicado é atribuir valores aos atributos, dentro de um contexto específico. Essa identificação é feita com base num dicionário de palavras-chave conhecidas e, no caso de não ser possível identificar qualquer um desses elementos, o sistema inicia um diálogo com o usuário, com a atualização do dicionário.

Em seguida, verifica-se se existe um "esqueleto" de decodificação que "casa" com os elementos identificados. No caso de não existir um, o sistema constrói um novo esqueleto. Em qualquer caso, a cláusula codificada é submetida à aprovação do usuário.

Esses dois passos são repetidos para todas as cláusulas da nova regra. Após a regra ter sido adquirida, o usuário poderá ainda modificá-la, incluindo novas cláusulas ou alterando as cláusulas presentes.

Apresenta-se na Figura 3 a arquitetura do sistema de aquisição de regras. Os módulos: ADQUIREREGRA faz a análise de uma nova regra; ARMAZENAREGRA incorpora essa regra ao banco de conhecimentos do sistema; EXCLUIREGRA remove uma regra do banco; ALTERAREGRA permite que sejam feitas alterações numa regra já existente; MOSTRAREGRA é usado para apresentar a regra ao usuário em linguagem pseudo-natural; e LISTAREFERÊNCIAS mostra uma lista de referências a atributos, necessária para os mecanismos de inferência.

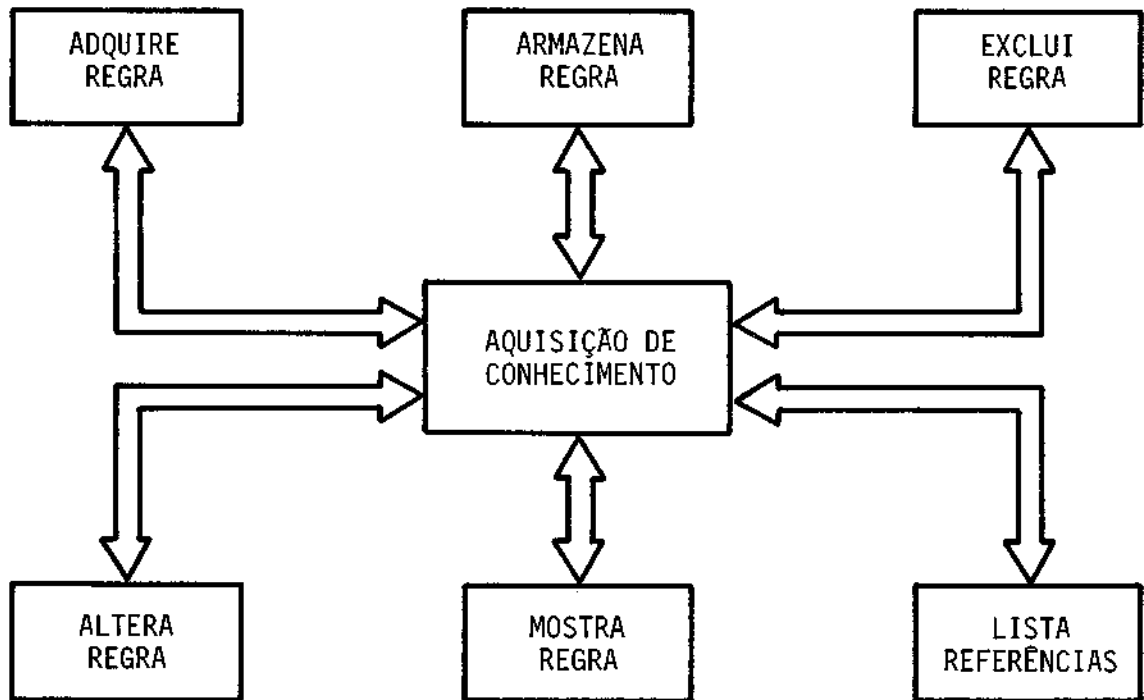


Fig. 3 - Arquitetura do sistema de aquisição de conhecimento.

O Exemplo 2.1 apresenta a aquisição interativa típica de uma regra pelo sistema de aquisição de conhecimento. Neste exemplo, as palavras com letras minúsculas são entradas do usuário e as palavras em letras maiúsculas são respostas do sistema. Uma linha com o símbolo → indica uma entrada vazia do usuário. A regra em questão tem a finalidade de apenas exemplificar a capacidade de entendimento do sistema. Fora esta finalidade, a regra é desprovida de sentido. Assume-se o dicionário de palavras-chave inicial constituído de:

NUM	NOME	CLASSE
1	IGUAL	função de predicado
2	MOSTRAR	função de predicado
3	APRESENTA	função de predicado
4	MAIOR	função de predicado
5	NAO	modificador

ou seja, constituído apenas por palavras às quais se deve pré-estabelecer significados semânticos. Esse dicionário será expandido por interação com o usuário durante o diálogo. O arquivo de guias de decodificação ("esqueletos") é inicialmente vazio.

Exemplo 2.1

```
..... SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO .....
regranova
REGRA NOVA:
SE:
ENTRE COM A CLAUSULA 1
a idade da criança e nao maior que 10 anos ou
EXISTE SINOMINO PARA "NAO MAIOR"? (SIM/NAO)
sim
ENTRE COM O SINONIMO
menor
LISTA DE PALAVRAS CONHECIDAS:
1- IGUAL
2- MOSTRAR
3- APRESENTA
4- MAIOR
"MENOR" E SINONIMO DE ALGUMA PALAVRA CONHECIDA?
ENTRE COM "NAO" OU COM O NUMERO DO SINONIMO.
nao
QUAL E O ATRIBUTO?
idade
ESSE ATRIBUTO REQUER VALOR? (SIM/NAO)
s
REQUER TAMBEM (OU PODE REQUERER) UMA UNIDADE? (SIM/NAO)
s
QUAL E O OBJETO?
crianca
ATENCAO: NAO FOI IDENTIFICADO UNIDADE PARA O ATRIBUTO ATUAL.
DESEJA ENTRAR COM A UNIDADE? (SIM/NAO)
sim
```

POR FAVOR, ENTRE COM A UNIDADE

anos

\*\* CLAUSULA 1:

IDADE CRIANCA MENOR 10.00 ANOS

A ORDEM DAS PALAVRAS NESSA CLAUSULA ESTA CORRETA?

sim

DESEJA INSERIR PALAVRAS PARA MELHORAR A COMPREENSAO DESSA CLAUSULA?

s

POR FAVOR, REESCREVA A CLAUSULA

a idade da criança e menor que 10 anos

CONTINUACAO:

->

\*\* CLAUSULA 1:

A IDADE DA CRIANCA E MENOR QUE 10.00 ANOS

MEU ENTENDIMENTO DESSA CLAUSULA E CORRETO?

sim

ENTRE COM A CLAUSULA 1 (SUBCLAUSULA 2)

não maior que 120 meses ou

QUAL E O ATRIBUTO?

idade

O OBJETO E "CRIANÇA"? (SIM/NAO)

pode ser

POR FAVOR, RESPONDA SIM OU NAO

sim

ATENCAO: NAO FOI IDENTIFICADO UNIDADE PARA O ATRIBUTO ATUAL

DESEJA ENTRAR COM A UNIDADE? (SIM/NAO)

sim

POR FAVOR, ENTRE COM A UNIDADE

meses

LISTA DE PALAVRAS CONHECIDAS:

9- ANOS

"MESES" E SINONIMO DE ALGUMA PALAVRA CONHECIDA?

ENTRE COM "NAO" OU COM O NUMERO DO SINONIMO

n

PRECISO SABER A RELACAO ENTRE MESES E ANOS.

\*\* ATENCAO PARA AS OPCOES:

(A) 1 MESES EQUIVALE A X ANOS  
(B) X MESES EQUIVALEM A 1 ANOS  
ENTRE COM: <OPCAO> <VALOR DE X>

b 12

\*\* CLAUSULA 1 (SUBCLAUSULA 2):

A IDADE DA CRIANCA E MENOR QUE 120.00 MESES  
MEU ENTENDIMENTO DESSA CLAUSULA E CORRETO?

sim

ENTRE COM A CLAUSULA 1 (SUBCLAUSULA 3)  
crianca menor que 8 anos e 24 meses &  
O ATRIBUTO E "IDADE"? (SIM/NAO)

s

\*\* CLAUSULA 1 (SUBCLAUSULA 3)

A IDADE DA CRIANCA E MENOR QUE 10.00 ANOS  
MEU ENTENDIMENTO DESSA CLAUSULA E CORRETO?

s

ENTRE COM A CLAUSULA 2

a crianca tem infeccao-de-pele  
CONTINUACAO:

→

QUAL E O ATRIBUTO?

infeccao-de-pele

LISTA DE PALAVRAS CONHECIDAS:

7- IDADE

"INFECCAO-DE-PELE" E SINONIMO DE ALGUMA PALAVRA CONHECIDA?

ENTRE COM "NAO" OU COM O NUMERO DO SINONIMO.

n

ESSE ATRIBUTO REQUER VALOR? (SIM/NAO)

n

QUAL E A FUNCAO DE PREDICADO?

tem

LISTA DE PALAVRAS CONHECIDAS:

1- IGUAL

2- MOSTRAR

3- APRESENTA

4- MAIOR

6- MENOR



"TEM" E SINONIMO DE ALGUMA PALAVRA CONHECIDA?  
ENTRE COM "NAO" OU COM O NUMERO DO SINONIMO.

3

\*\* CLAUSULA 2:

CRIANCA TEM INFECCAO-DE-PELE

A ORDEM DAS PALAVRAS NESSA CLAUSULA ESTA CORRETA?

sim

DESEJA INSERIR NOVAS PALAVRAS PARA MELHORAR A COMPREENSAO DESSA  
CLAUSULA?

n

ENTAO:

ENTRE COM A CLAUSULA 1

crianca nao tem boa saude &

EXISTE SINONIMO PARA "NAO TEM"? (SIM/NAO)

nao

QUAL E O ATRIBUTO?

saude

LISTA DE PALAVRAS CONHECIDAS:

7- IDADE

11- INFECCAO-DE-PELE

"SAUDE" E SINONIMO DE ALGUMA PALAVRA CONHECIDA?

ENTRE COM "NAO" OU COM O NUMERO DO SINONIMO.

nao

ESSE ATRIBUTO REQUER VALOR? (SIM/NAO)

s

REQUER TAMBEM (OU PODE REQUERER) UMA UNIDADE? (SIM/NAO)

n

ATENCAO: NAO FOI IDENTIFICADO VALOR PARA O ATRIBUTO ATUAL.

DESEJA ENTRAR COM UM VALOR NAO-NUMERICO? (SIM/NAO)

s

ENTRE COM O VALOR NAO NUMERICO

boa

\*\* CLAUSULA 1:

SAUDE CRIANCA NAO TEM BOA

A ORDEM DAS PALAVRAS NESSA CLAUSULA ESTA CORRETA?

n

PALAVRAS-CHAVE IDENTIFICADAS:

1. ATRIBUTO = SAUDE
2. OBJETO = CRIANCA
3. FUNCAO = NAO TEM
4. VALOR = BOA

QUAL E A ORDEM DESSES ELEMENTOS NESSA CLAUSULA?

2233

NAO ENTENDI SUA RESPOSTA. POR FAVOR RESPONDA NOVAMENTE

2341

\*\* CLAUSULA 1:

CRIANCA NAO TEM BOA SAUDE

DESEJA INSERIR NOVAS PALAVRAS PARA MELHORAR A COMPREENSAO DESSA  
CLAUSULA?

n

NUMA ESCALA DE 1 A 10, QUAL E A CERTEZA QUE DEPOSITA NESTA CONCLU  
SAO?

9.5

ENTRE COM A CLAUSULA 2:

mostre: esta regra tem a finalidade de exemplificar algumas das  
capacidades

RECEBIDO:

ESTA REGRA TEM A FINALIDADE DE EXEMPLIFICAR ALGUMAS DAS CAPACIDA  
CONTINUACAO DO TEXTO:

des do sistema de aquisicao de regras;

CONTINUACAO:

→

=====

REGRA 1

SE : 1) (1.1 A IDADE DA CRIANCA E MENOR QUE 10.00 ANOS, OU  
1.2 A IDADE DA CRIANCA E MENOR QUE 120.00 MESES) &

2) A CRIANCA TEM INFECCAO-DE-PELE

ENTAO: 1) EXISTE FORTE EVIDENCIA (0.95) QUE CRIANCA NAO TEM BOA  
SAUDE, &

2) MOSTRAR: ESTA REGRA TEM A FINALIDADE DE EXEMPLIFICAR AL  
GUMAS DAS CAPACIDADES DO SISTEMA DE AQUISICAO DE REGRAS

=====

Após o recebimento dessa regra, o dicionário de palavras-chave tornou-se:

NUM	NOME	CLASSE
1	IGUAL	função de predicado
2	MOSTRAR	função de predicado
3	APRESENTA	função de predicado
4	MAIOR	função de predicado
5	NAO	modificador
6	MENOR	função de predicado
7	IDADE	atributo
8	CRIANCA	objeto
9	ANOS	unidade
10	MESES	unidade
11	INFECCAO-DE-PELE	atributo
12	TEM	função de predicado
13	SAUDE	atributo
14	BOA	valor não numérico

e o arquivo de "esqueletos"

```
A IDADE DA # E # QUE # # ;  
A # APRESENTA # ;  
# # SAUDE # ;
```

Convém frisar que o sistema "aprende" com o diálogo. A interação necessária para a aquisição de outra regra semelhante torna-se então mais simples.

### 3. SISTEMAS DE DIAGNÓSTICO E DE EXPLANAÇÃO

O objetivo da consulta será alcançado pelo sistema de diagnóstico, através de uma estratégia de controle bastante simples: o encaimento retroativo ("backward") de regras. Nessa estratégia, a primeira regra a ser avaliada é uma das que contêm, como conclusão, o objeti-

vo "mais alto", isto é, o objetivo da consulta. O sistema deverá então tentar satisfazer as condições da premissa dessa regra que, encaradas como subobjetivos, poderão ser deduzidas a partir de outras regras (uma árvore de contextos hierárquicos deverá estabelecer quais as regras a serem invocadas). Eventualmente a tentativa de satisfazer as premissas das regras irá terminar com asserções, que somente poderão ser confirmadas questionando-se diretamente o usuário, a fim de obter as informações necessárias. Uma vez obtidas as informações necessárias, o sistema poderá começar a raciocinar dedutivamente, satisfazendo sucessivamente os subobjetivos que haviam sido estabelecidos anteriormente. Para implementar essa estratégia de controle, serão utilizados dois procedimentos interrelacionados (Shortliffe, 1976): o procedimento MONITOR, que analisa uma regra e decide se ela pode ser aplicada, e o procedimento BUSCAVALOR, que determina o valor de um dado atributo, deduzindo-o ou perguntando por ele ao usuário (uma propriedade associada ao atributo será usada para determinar se o seu valor deve ser deduzido a partir de regras, ou se deve ser perguntado).

Deve ser observado que, nessa estratégia de controle, a utilização das regras é estabelecida, em princípio, pela ordem com que elas foram adquiridas. No sistema PROSPECTOR, por exemplo, é feita dinamicamente uma ordenação nas regras, de forma a usar as mais relevantes primeiro. Essa deficiência será sanada através da utilização da propriedade ATRIBUTOSPRINCIPAIS associada aos tipos de contexto de aplicação das regras. Dessa forma, sempre que for criado um contexto de aplicação de uma regra, seus ATRIBUTOSPRINCIPAIS serão automaticamente buscados. Isso terá o efeito de "forçar" uma ordem mais relevante na utilização das regras, mantendo-se a simplicidade do mecanismo de controle.

Além dos procedimentos MONITOR e BUSCAVALOR, o sistema de diagnóstico deverá usar duas fontes de informação que serão construídas dinamicamente durante a consulta: os arquivos REGRACONSULTA e VALORCONSULTA. No arquivo REGRACONSULTA será armazenada toda a árvore de raciocínio usada pelo sistema (isto é, o encadeamento das regras efetivamente usadas), e no arquivo VALORCONSULTA serão armazenados os valores deduzidos ou perguntados, obtidos pelo procedimento BUSCAVALOR.

Uma outra fonte de informação importante para o sistema de diagnóstico é o ARQUIVOCONTEXTO (ver Figura 4).

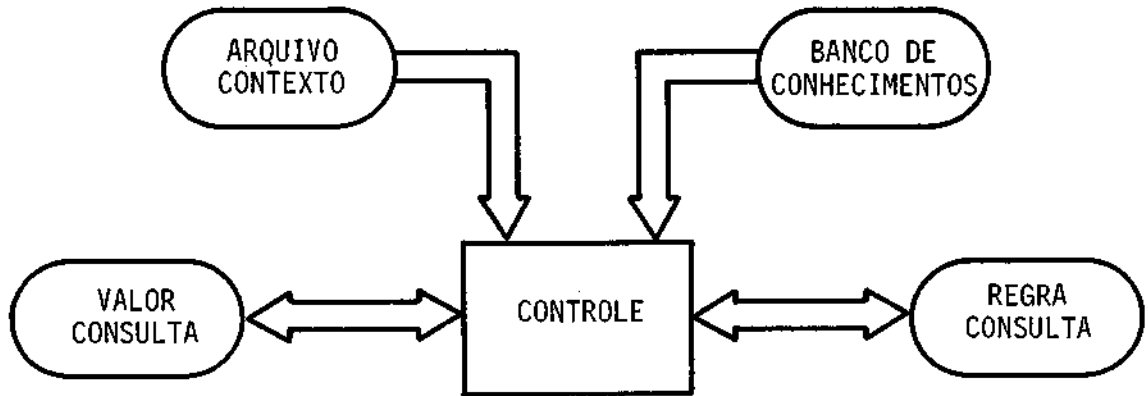


Fig. 4 - Fluxo de informação no sistema de diagnóstico.

Esse arquivo dependerá do domínio específico de aplicação do sistema e, por isso, deverá ser estabelecido previamente. Nele estarão as informações necessárias para a expansão da árvore de contextos que irão determinar a evolução do raciocínio. Cada registro desse arquivo irá representar um tipo de contexto e deverá possuir as seguintes informações principais: (i) uma variável booleana indicando se um contexto desse tipo deve obrigatoriamente aparecer numa consulta; (ii) uma mensagem a ser mostrada ao usuário quando o primeiro contexto desse tipo for introduzido na árvore de contextos; (iii) uma mensagem a ser mostrada ao usuário no caso de se tentar adicionar novos contextos desse tipo na árvore; (iv) uma lista dos tipos de contextos que poderão aparecer acima de contextos desse tipo (hierarquia); (v) os ATRIBUTOS PRINCIPAIS desse tipo de contexto; e (vi) o objeto associado a esse tipo de contexto.

O sistema de explanação deverá utilizar, além dos arquivos REGRACONSULTA e VALORCONSULTA e do banco de regras, uma outra fonte de informação: o arquivo PERGUNTAS, que armazenará as perguntas feitas pelo procedimento BUSCAVALOR durante uma sessão de consulta.

Para promover a interação com o sistema, o usuário irá dispor de uma linguagem de comandos. Através deles, o usuário poderá examinar o raciocínio do sistema durante o curso de uma consulta, a fim de assegurar que as informações fornecidas pelo programa são baseadas em raciocínios aceitáveis. Através desses comandos, o usuário poderá ainda perguntar sobre o comportamento do programa assim que uma consulta tenha terminado, ou perguntar sobre informações do banco de conhecimentos. Os principais comandos, seus significados e as ações que eles desencadeiam são apresentados a seguir.

COMANDO	SIGNIFICADO & AÇÕES A TOMAR
?	o usuário desconhece a resposta a uma dada pergunta; passar à próxima pergunta.
REGRA	mostrar a regra que está sendo usada; repetir a pergunta.
RESPOSTAS	exibir os valores possíveis do atributo em questão; repetir a pergunta.
VALORES <lista>	mostrar os valores disponíveis em VALORCONSULTA, para os atributos da <lista>. Caso <lista> seja omitida, mostrar os valores disponíveis do atributo em questão; repetir a pergunta.
COMANDOS	mostrar essa lista de comandos; repetir a pergunta.
MUDAR<atributo>=<valor>	atualizar o arquivo VALORCONSULTA; apagar toda a árvore de contextos; recomençar a consulta desde o seu início, considerando-se os valores disponíveis em VALORCONSULTA, sempre que for necessário perguntar o valor de um atributo ao usuário.
POR QUE?	percorrer o arquivo REGRACONSULTA em ordem inversa. Esse comando pode ser encadeado, com o efeito de subir um nível na árvore de raciocínio, a cada utilização consecutiva do comando.

COMANDO	SIGNIFICADO & AÇÕES A TOMAR
COMO CONCLUIR <atributo>?	mostrar todas as regras que possuem o atributo na conclusão. Esse comando poderá ser encadeado, utilizando-o sucessivamente para os atributos das regras mostradas. Além disso, existirá outro comando para retornar à regra anterior, no caso de encadeamento.
COMO CONCLUIU <atributo> = <valor>?	recuperar a regra utilizada para concluir o valor no arquivo VALORCONSULTA; mostrar o raciocínio utilizado usando informações do arquivo REGRACONSULTA.
QUANDO E USADO <atributo>?	recuperar a lista de regras que possuem o atributo na premissa; mostrar essas regras usando o banco de conhecimento.
SE <atributo1> = <valor> ENTAO <atributo2>?	montar uma cadeia de raciocínio simbólico. As perguntas que seriam feitas pelo atributo BUSCARVALOR serão condições para atingir o <atributo2>.
FIM	terminar a consulta.

#### 4. CONCLUSÃO

Nesse trabalho discutiu-se a montagem de um sistema de consultas usando regras de decisão como representação do conhecimento, atualmente em desenvolvimento na Divisão de Informática do INPE. Discutiram-se as características mais importantes dos seus 3 (três) módulos principais: o Sistema de Aquisição de Conhecimento, o Sistema de Diagnóstico e o Sistema de Explicação. O Sistema de Aquisição apresenta a característica importante de ser independente do domínio do conhecimento desde que as regras possam ser expressas da forma apresentada; algumas de suas capacidades futuras também foram apontadas: inferências indutivas, entendimento de proposições nebulosas e detecção de conflitos de consistência. Com relação aos sistemas de diagnóstico e de explicação, discutiram-se suas estruturas básicas e suas fontes de informação. O mecanismo de controle para o sistema de diagnóstico, e a linguagem de interação do usuário com o sistema de explicação também foram abordados.

Uma preocupação no desenvolvimento desse sistema de consultas tem sido a separação das estruturas dependentes do domínio de aplicação das estruturas gerais. Pretende-se, com isso, um sistema modular no sentido de poder ser aplicado a vários domínios do conhecimento, requerendo para isto apenas alterações bem específicas.

Os domínios nos quais tal sistema irá encontrar sua maior utilidade são aqueles onde o que existe é uma grande coleção de conhecimento informal, baseado na experiência acumulada de vários especialistas. No INPE pretende-se utilizar tal sistema inicialmente, nas áreas de prospecção geológica, análise de dados meteorológicos e detecção de falhas em sistemas espaciais. Outras aplicações, no âmbito do Instituto, certamente surgirão quando o sistema for colocado em uso.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BUCHANAN, B.; SUTHERLAND, G.; FEIGENBAUM, E.A. Heuristic DENDRAL: a program for generating explanatory hypothesis in organic chemistry. In: MELTZER, B.; MICHIE, D., ed. *Machine Intelligence*, 4. New York, NY, American Elsevier, 1969. p. 209-254.
- DUDA, R.O.; HART, P.E.; NILSSON, N.J.; REBOH, R.; SLOCUM, J.; SUTHERLAND, G.L. *Development of a computer-based consultant for mineral exploration: annual report*. Menlo Park, CA, Stanford Research Institute, 1977.
- FARIA, A.L. *Uma aplicação da teoria dos conjuntos nebulosos ao diagnóstico automático*. Tese de Mestrado. São José dos Campos, ITA, 1980.
- LAGE FILHO, L. *Um sistema de aquisição de regras e inferência automática aplicado ao diagnóstico diferencial*. Tese de Mestrado em Computação Aplicada. São José dos Campos, INPE, 1978. (INPE-1176-TPT/078)
- NILSSON, N.J. *Problem solving methods in artificial intelligence*. New York, NY, McGraw-Hill, 1971.
- SENNE, E.L.F. *Compatibilidade de regras de produção usadas como representação do conhecimento em sistemas de consulta*. Tese de Mestrado. São José dos Campos, ITA, 1980.
- SHORTLIFFE, E.H.; BUCHANAN, B.G. A model of inexact reasoning in medicine. *Mathematical Biosciences*, 23, p. 351-379, 1975.
- SHORTLIFFE, E.H. *Computer-based medical consultations: MYCIN*. New York, NY, American Elsevier, 1976.
- SILVA, O.O. *Indução de regras de decisão*. São José dos Campos, INPE, 1979. (INPE-1492-RPE/036).
- SILVA, O.O.; SOUZA, C.R. *Indução e nebulosidade em regras de decisão*. São José dos Campos, INPE, 1981. (INPE-1976-RPE/281).
- WEISS, S.M.; KULIKOWSKI, C.A.; AMAREL, S.; SAFIR, A. A model-based method for computer-aided medical decision-making. *Artificial Intelligence*, 11, p. 145-172, 1978.

