

190625-7

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE INFORMÁTICA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

SISTEMA DE SOLUÇÃO DE PROBLEMAS
COOPERATIVOS
UM ESTUDO DE CASO

por
CECILIA DIAS FLORES

Dissertação submetida à avaliação, como requisito parcial
para obtenção do grau de
Mestre em Ciência da Computação



Profa. Rosa Maria Viccari
Orientadora

Porto Alegre, junho de 1995

UFRGS
INSTITUTO DE INFORMÁTICA
BIBLIOTECA

CIP - CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

Flores, Cecília Dias

Sistema de solução de problemas cooperativos - um estudo de caso / por Cecília Dias Flores. - Porto Alegre: CPGCC da UFRGS, 1995.

106 f.: il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Porto Alegre, BR-RS, 1995. Orientador: Viccari, Rosa M.

1. Inteligência artificial. 2. Sistema de solução de problemas cooperativos. 3. Sistema especialista. 4. Técnicas de explanação. 5. Técnicas de aquisição de conhecimento. I. Viccari, Rosa M. II. Título.

UFRGS INSTITUTO DE INFORMÁTICA	
BIBLIOTECA	
N.º CHAMADA 681.3.011(043) F6345	N.º REG: 32974
ORIGEM: D	DATA: 08/05/97
FUNDO: II	PREÇO: R\$ 30,00
FORN.: II	

Inteligência artificial
Inteligência artificial distribuída
Sistemas especialistas
listas
Aquisição de conhecimento
Informática médica

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Prof. Dr. Hélgio Casses Trindade

Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação: Prof. Dr. Cláudio Scherer

Diretor do Instituto de Informática: Prof. Dr. Roberto Tom Price

Coordenador do CPGCC: Prof. Dr. José Palazzo Moreira de Oliveira

Bibliotecária-Chefe do Instituto de Informática: Dra. Zita Prates de Oliveira

CNPq 1.03.01 00-3

"...Filha, tome como exemplo uma grande árvore, desde os seus frondosos galhos, até o seu âmago, parte essencial de sua existência. Hoje, estás conquistando apenas um galho desta grande árvore. Muitos galhos ainda virão, tornando-a, aos seus olhos, mais ramificada. Ao juntar estes galhos, encontrará o caule que sustenta todos eles e os direciona para a sua raiz, estância portadora de grande sabedoria e que ainda é desconhecida por todos nós."

Palavras pronunciadas pelo tio Denizard da Silva e Souza, psiquiatra da família, quando da leitura deste trabalho.

Dedico este trabalho aos meus filhos queridos: Rodrigo, Luíza e Caroline.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Fernando e Nilza, que contribuíram, no decorrer de minha jornada, com seu estímulo, carinho, compreensão e amor. Eles são a *alavanca-mestre* que me impulsiona para frente, através de seus exemplos de profissionalismo, honestidade, força e humildade, principalmente a minha mãe, mulher de inúmeras qualidades, exemplo de garra e determinação.

Ao meu esposo Neco, pela compreensão e apoio no decorrer desses três longos anos.

A Marilene que, com a responsabilidade de uma *mãe*, criou-me e hoje ajuda-me na criação de meus filhos, segurando todas as barras, proporcionando-me segurança e tranquilidade para a realização deste trabalho.

A outros tantos familiares, que acompanharam de perto minha caminhada, também não poderia deixar de agradecer:

A minha orientadora Profa. Rosa M. Viccari, por apostar em minha capacidade de trabalho, não deixando-me esmorecer diante dos obstáculos e dificuldades surgidas no decorrer deste curso, sempre pronta a oferecer uma palavra de estímulo, mostrando o caminho correto sem, contudo, conduzir-me através deste. A querida orientadora, desempenhando com grande êxito sua tarefa de orientação, deixou bem claro que seria com meu próprio esforço que chegaria ao final desse mestrado.

Faço um agradecimento, em especial, ao Dr. Aristides Volpato Cordioli e sua equipe do Hospital de Clínicas de Porto Alegre, por oportunizarem e auxiliarem na complementação e aprimoramento do SETA.

Aos professores do Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação da UFRGS, pela atenção e presteza quase sempre despendidas no decorrer do curso, proporcionando, assim, um aprendizado voltado aos ensinamentos que não se perderão com o passar do tempo.

Aos amigos, companheiros de grande valor, que fizeram deste tempo de convivência momentos de alegria e descontração, mostrando-se sempre abertos ao diálogo, prontos a opinar e aconselhar nos momentos difíceis. Momentos estes, onde tudo parece dar errado, faltando, entretanto, aquele *click* de quem analisa pelo lado de fora e consegue enxergar o que está diante dos nossos próprios olhos. Não poderia deixar de

mencionar os amigos Álvaro, Karin, Milene, Neila e Rafael. emm especial, pois seria impossível citar todos.

Agradeço, também, ao órgão financiador de pesquisa CNPq, pelo apoio financeiro sem o qual este trabalho não seria realizado.

Finalmente, aos funcionários do Intituto de Informática da UFRGS, agradeço pelo apoio dispensado durante todo o tempo de realização do curso. Deixo aqui registrado todo o meu carinho e amizade cultivada durante este tempo de convívio a todos que contribuíram para a minha vitória.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	09
LISTA DE ABREVIATURAS	11
RESUMO	12
ABSTRACT	14
1 INTRODUÇÃO	16
1.1 A Evolução dos Sistemas de Informação	16
1.2 Sistemas de Solução de Problemas Cooperativos.....	19
1.3 Objetivos Gerais e Motivação	23
1.4 Histórico do SETA	24
1.5 Visão Geral da Dissertação	26
2 DISCUSSÃO: SSPC COMO UMA EXTENSÃO DE SE	28
2.1 Além da Interface do Usuário	28
2.2 Diálogos de Iniciativa Mesclada.....	29
2.2.1 Informações voluntárias pelo usuário	29
2.2.2 Oferecimento de informações pelo sistema	30
2.3 Necessidades de Conhecimento.....	30
2.4 Além da Linguagem Natural: Comunicação Natural.....	31
2.5 Modelos dos Parceiros de Comunicação	32
3 O PROTÓTIPO SETA	34
3.1 Módulo Especialista	36
3.1.1 Representação do Conhecimento.....	36
3.1.1.1 Conhecimento	37
3.1.1.2 Meta-conhecimento.....	42
3.1.2 Mecanismo de Inferência.....	47

3.1.3 Módulo de Explicação	49
3.1.3.1 A explicação no módulo de aquisição de conhecimento	50
3.1.3.2 A explicação no módulo de consulta de um SE.....	54
3.1.4 Módulo de Aquisição de Conhecimentos	60
3.2 Interface com o Usuário	61
3.3 Ferramenta de Construção	65
3.3.1 O Método SETA	66
3.3.2 Aquisição de Conhecimento	71
3.3.2.1 Construção de uma base de conhecimentos inicial.....	73
3.3.2.2 Ajuste da base de conhecimentos	78
3.4 Módulo de Banco de Dados	82
4 SISTEMA SETA COMO SSPC.....	85
4.1 Interface com o Usuário	86
4.2 Diálogos de Iniciativa Mesclada.....	89
4.3 Necessidades de Conhecimento.....	93
4.4 Além da Linguagem Natural: Comunicação Natural.....	94
4.5 Modelo dos Parceiros de Comunicação	95
5 CONCLUSÕES	97
5.1 Visão Geral da Dissertação	97
5.2 Contribuições.....	99
5.3 Trabalhos Futuros.....	99
BIBLIOGRAFIA.....	101

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1	Arquitetura do sistema SETA	35
Figura 3.2	Exemplo de regras do SE de apoio ao tratamento dos transtornos afetivos.....	38
Figura 3.3	Exemplo de regra de preferência para paciente idoso	39
Figura 3.4	Exemplo de regra de aplicação clínica para paciente idoso	40
Figura 3.5	Exemplo de regras de descrição farmacológica.....	40
Figura 3.6	Função do sistema SETA.....	40
Figura 3.7	Exemplo de utilização da função do sistema SETA.....	42
Figura 3.8	Exemplo de regra de preferência	48
Figura 3.9	Processo de aquisição do conhecimento clínico do sistema SETA.....	53
Figura 3.10	Meta-regras de justificativa para as regras de preferência utilizadas na primeira versão do sistema SETA	54
Figura 3.11	Exemplo de explicação <i>why</i> no sistema SETA	55
Figura 3.12	Exemplo de explicação <i>why</i> com foco na geração de esclarecimentos.....	56
Figura 3.13	Exemplo de explicação <i>how</i> no sistema SETA	57
Figura 3.14	Regras de aplicação clínica aplicadas no exemplo de explicação <i>why not</i>	58
Figura 3.15	Regras de descrição farmacológica aplicadas no exemplo de explicação <i>why not</i>	58
Figura 3.16	Regras de preferência aplicadas no exemplo de explicação <i>why not</i>	59
Figura 3.17a	Exemplo de explicação <i>why not</i> no sistema SETA.....	59
Figura 3.17b	Exemplo de explicação <i>why not</i> no sistema SETA.....	60
Figura 3.18	Tela padrão do sistema SETA	62
Figura 3.19	Tela de finalização do sistema	64
Figura 3.20	Exemplo de tela de <i>help</i> do sistema.....	65

Figura 3.21	Menu de acesso ao módulo especialista e à ferramenta de construção	65
Figura 3.22	Exemplo de menu que permite escolha simples	67
Figura 3.23	Exemplo de menu que permite múltipla escolha	67
Figura 3.24	Laudo final - dados informados ao sistema	68
Figura 3.25	Laudo final - resultado final e explanação <i>how</i>	69
Figura 3.26	Laudo final - informações gerais sobre o fármaco selecionado	69
Figura 3.27	Laudo final - fármacos absolutamente contra-indicados (explanação <i>why not</i>)	70
Figura 3.28	Laudo final - recomendações adicionais.....	71
Figura 3.29	Tela de criação de um SE	74
Figura 3.30	Tela de apresentação do conjunto de questões consideradas pelo SE.....	74
Figura 3.31	Tela de apresentação de uma regra de aplicação clínica	76
Figura 3.32	Regra de preferência para paciente idoso	76
Figura 3.33	Exemplo de aplicação do argumento <i>informações</i> de uma regra de aplicação clínica.....	78
Figura 3.34	Tela de atualização das regras de aplicação clínica.....	80
Figura 3.35	Tela de atualização das regras de descrição clínica.....	81
Figura 3.36	Exemplo de tela da opção <i>Psicofármacos</i> do menu principal	82
Figura 3.37	Exemplo de tela da opção efeitos colaterais do menu principal.....	83
Figura 3.38	Exemplo de tela da opção <i>Problemas Físicos</i> do menu principal	84
Figura 3.39	Resultado do sistema com explanação <i>how</i>	90
Figura 3.40	Lista de fármacos absolutamente contra-indicados (explanação <i>why not</i>).....	91
Figura 3.41	Menu de acesso à explanação <i>why not</i>	91
Figura 3.42	Tela que apresenta justificativas da não preferência	92
Figura 3.43	Tela de ilustração da explanação <i>why</i>	93

LISTA DE ABREVIATURAS

AD	- Antidepressivo
CELG	- Centro de Estudos Luis Guedes
CPGCC	- Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação
HCPA	- Hospital de Clínicas de Porto Alegre
IA	- Inteligência Artificial
IAD	- Inteligência Artificial Distribuída
SBR	- Sistema Baseado em Regras
SE	- Sistema Especialista
SSPC	- Sistema de Solução de Problemas Cooperativos
UFRGS	- Universidade Federal do Rio Grande do Sul

RESUMO

Os avanços tecnológicos da última década têm feito dos computadores um elemento de contribuição essencial para os processos de solução de problemas e de tomada de decisão cooperativos. Hoje, além do interesse mantido nos sistemas de solução de problemas, cujo raciocínio é baseado no processo de decisão de um único indivíduo (conhecidos por SE's), o esforço das pesquisas, em Inteligência Artificial, está centrado no sentido de conceber sistemas que permitam a interação cooperativa entre diversos indivíduos participantes do processo, sejam esses humanos ou sistemas computacionais.

A solução de problemas cooperativos, dentro do escopo geral da Inteligência Artificial (IA), é assunto analisado sob dois aspectos diferentes. O primeiro, mais antigo, identifica, como agentes de um diálogo, o sistema computacional e o seu usuário, onde pesquisas estão centradas no estudo da interação homem-máquina. Os esforços desta área de pesquisa têm sido no sentido de conceber, aos sistemas, capacidades de comunicação muito mais ricas do que aquelas oferecidas por sistemas de solução de problemas tradicionais, isto é, permitir aos sistemas compartilhar a solução de um problema, tornando o usuário um agente muito mais ativo e participativo. O segundo aspecto situa-se na área de Inteligência Artificial Distribuída (IAD), uma nova concepção de IA que acompanha o avanço da tecnologia de desenvolvimento de máquinas paralelas e a difusão, em larga escala, de sistemas computacionais distribuídos. Seus esforços são no sentido de conceber sistemas compostos de múltiplos sub-sistemas, capazes de resolver problemas complexos autonomamente, de forma cooperativa.

Este trabalho se insere no contexto da interação homem-máquina. São apresentados métodos e estratégias para o fornecimento de capacidades cooperativas ao sistema. A descrição de uma arquitetura para Sistemas Especialistas (SE), baseada em raciocínio meta-nível, é apresentada com o intuito de enriquecer as capacidades de explanação e aquisição de conhecimentos desses sistemas.

Consideramos que as ferramentas de explanação e aquisição de conhecimentos são fundamentais para a construção de diálogos cooperativos entre o sistema e o usuário. A ferramenta de explanação é o componente do SE responsável pela geração de justificativas sobre as conclusões do sistema. Ela permite ao sistema tornar explícito o seu raciocínio, fornecendo capacidades de argumentação sobre a validade de suas conclusões. O sistema, através desta ferramenta, tem condições de explicar suas ações, conclusões, escolhas e perguntas feitas ao usuário, permitindo, dessa forma, ao próprio

usuário, através de um diálogo cooperativo, comparar seus conhecimentos e estratégias, concordando ou discordando do sistema.

A ferramenta de aquisição de conhecimento, outro módulo importante num processo cooperativo, permite ao sistema aprender incrementalmente, através da aquisição de novos conhecimentos, bem como da reestruturação de alguns conhecimentos ou regras com falhas.

Analisa-se um problema real, cuja solução é concebida através da interação homem-máquina, embora, intuitivamente, seja apresentada uma abordagem multi-agente para o problema, no final deste trabalho, com o intuito de apontar a evolução que terá essa pesquisa.

Como produto deste trabalho de pesquisa, desenvolveu-se, dentro do projeto Inteligência Artificial Distribuída do grupo de Inteligência Artificial do CPGCC da UFRGS, um sistema denominado SETA.

O sistema permite a criação de SE's dedicados a auxiliar o médico na prescrição farmacológica de qualquer grupo de patologia clínica. A representação do conhecimento aplicado foi desenvolvida com o intuito de facilitar a atividade de formulação de prescrições, onde o conhecimento está estruturado em níveis de representação que denotam os conhecimentos clínico e farmacológico separadamente.

Cada SE, desenvolvido pelo SETA, permite oferecer justificativas claras ao usuário sobre a prescrição farmacológica indicada pelo sistema, através de explicações do tipo *how*, *why* e *why not*. Oferece, ainda, facilidades de aquisição de conhecimento, permitindo a modificação do conhecimento do sistema através de um módulo interativo, cuja interface foi construída no sentido de permitir uma *comunicação natural* entre os agentes, ou seja, o sistema e o médico especialista. Resumindo, a interação cooperativa homem-máquina é concebida através das facilidades de explicação e aquisição de conhecimento, levando a incorporação explícita de *meta-conhecimento* ao sistema.

PALAVRAS-CHAVE: Inteligência Artificial, Sistemas Especialistas, Técnicas de Explicação, Técnicas de Aquisição de Conhecimento, Sistemas de Solução de Problemas Cooperativos

TITLE: Cooperative problems solving system: a case of study

ABSTRACT

The technological advance of the past decade turned computers into an element of essential contribution for the cooperative problem-solving and decision-taking processes. Today, besides the interest kept in problem-solving systems, whose reasoning is based upon the process of decision of a single individual (known as ES), the effort of researchs in Artificial Intelligence is to create systems that allow cooperative interaction among various individuals participating in the process, these being either human beings or computer systems.

The solution of cooperative problems, within the general scope of Artificial Intelligence, is a subject analysed under two different aspects. The first one, out of date, identifies the computer system and its user as agents in a dialogue, and the researches are concentrated on the study of man-machine interaction. The efforts in this area of research have been to grant the systems communication abilities much richer than those offered by traditional problem-solving systems, that is, that allow the systems to share the solution of a problem, causing the user to be more active and participating. The second aspect is located in the area of Distributed Artificial Intelligence (DAI), a new conception of AI that goes with the improvement of the technology of development of parallel machines and the diffusion on a large scale of distributed computer systems. Efforts have been made to create systems made up of multiple sub-systems capable of solving complex problems by themselves, in a cooperative way.

This work is inserted in the context of man-machine interaction. It presents methods and strategies to supply the system with cooperative abilities. The description of an architecture for Expert Systems (ES), based upon meta-level reasoning, is presented with the purpose of improving the abilities of explanation and knowledge acquisition of these systems.

We consider explanation tools and knowledge acquisition to be fundamental to the construction of cooperative dialogues between the system and the user. The explanation tool is the ES component responsible for the generation of justifications about the system conclusions. It allows the system to make its reasoning explicit, providing it with arguing abilities about the effectiveness of its conclusions. The system, through this tool, is able to explain its actions, conclusions, choices and questions put to

the user, thus allowing the user, through a cooperative dialogue, to compare his knowledge and strategies, to agree or disagree with the system.

The knowledge acquisition tool, another important unit in a cooperative process, allows the system to learn more and more through the acquisition of new knowledge as well as through the restructuration of knowledge or rules that have failed.

A real problem is analysed here and its solution is conceived through man-machine interaction. We also present, at the end of this work, a multi-agent approach for the problem, in order to show how this research will evolve.

This research work resulted in the development, within the Distributed Artificial Intelligence project of the Artificial Intelligence group of the CPGCC of UFRGS, of a system called SETA.

This system permits the creation of ES dedicated to help doctors prescribe medicines for any groups of clinical pathology. The knowledge representation used was developed with a view to facilitate the making of prescriptions, and the knowledge is organized in levels of representation that express clinical knowledge and pharmacological knowledge separately.

Each ES developed by SETA can offer reasonable justifications to users about the pharmacological prescription indicated by the system through explanations such as *how*, *why* and *why not*. It is also ready to acquire knowledge, allowing the system to alter knowledge through an interactive unit whose interface was built to permit a *natural communication* between the agents, that is, the system and the medical specialist. In short, man-machine cooperative interaction is based upon readiness for explanation and knowledge acquisition, leading to an explicit assimilation of *meta-knowledge* by the system.

KEYWORDS: Artificial Intelligence, Expert Systems, Explanation Techniques, Knowledge Acquisition Techniques, Cooperative Problem Solving Systems

1 INTRODUÇÃO

1.1 A Evolução dos Sistemas de Informação

Analisando historicamente o desenvolvimento da informática, observa-se três fases distintas em sua evolução [FLO93], tanto da tecnologia como da aplicação.

A primeira fase, que representa o passado, estende-se até fins da década de 70. Neste período, os aplicativos desenvolvidos buscavam resolver problemas de unidades especializadas, tais como, sistemas de folha de pagamento (departamento de pessoal) e sistemas de contabilidade (departamento de contabilidade). O objetivo principal, nesta fase, era *resolver um problema*. A tecnologia da informática era caracterizada por um número esmagador de computadores mainframes e centros locais de computação. A construção de redes de computadores era muito dispendiosa e, por esse motivo, tornava-se dispensável num projeto de sistemas de informação. O processamento de um *job* era em *batch off-line*. Os aplicativos possuíam pouca ou até nenhuma interação com o usuário, e os resultados de um processamento eram representados apenas sob forma textual.

A segunda fase representa o presente e teve como início o advento dos micro-computadores (ano de 1978). Enfatizou-se a importância do uso da informática como uso exclusivo de um indivíduo. Através de aplicativos específicos, passaram a melhorar o desempenho de seus trabalhos, confeccionando planilhas, gráficos, previsões, textos e laudos. O objetivo deste período de evolução estava em *auxiliar o trabalho de um único usuário*.

Como consequência, surgiram os seguintes avanços nas aplicações:

- melhoria da *interface* dos sistemas computacionais, através dos recursos de Inteligência Artificial (IA), visando torná-la mais amigável ao usuário. São as chamadas interfaces inteligentes. As principais características dessas interfaces são: capacidade de identificar o objetivo do usuário e guiá-lo na busca deste; maior tolerância a erros e formatos mais agradáveis; adaptáveis ao usuário; capacidade de antecipar os atos e problemas dos usuários no decorrer da interação [FRA93].
- o surgimento de sistemas, denominados por *Sistemas Especialistas (SE)*, capazes de solucionar problemas complexos que usualmente exigem conhecimento, experiência e habilidades de especialistas humanos. Para

realizar este tipo de tarefa, simulam o processo de raciocínio destes, valendo-se dos conhecimentos específicos de uma determinada área, sugerindo ou estabelecendo conclusões [ROL88].

- Inclusão de mecanismos de entrada de dados mais amigáveis, como exemplo, podemos citar o *mouse*, como dispositivo apontador, onde o usuário pode deslizar o cursor sobre a tela e clicar o elemento que deseja de forma mais natural que o uso do teclado.
- Inclusão de ferramentas para navegação e *browsing* em documentos complexos, denominados *Hipertextos*. Estas ferramentas incluem tratamento de múltiplas janelas, permitindo a visualização de várias faces de um documento. O cursor de navegação acompanha os movimentos do dispositivo apontador, fornecendo um escopo para várias operações de manipulação.

A terceira e última fase, que retrata o futuro, ganha ímpeto no final da década de 1980. Trata-se da iniciativa de buscar a utilização da informática, não apenas para melhorar a eficiência e a eficácia do trabalho de indivíduos ou de unidades especializadas. A ênfase do benefício da informática passa a ser a organização como um todo. O interesse está em *auxiliar um grupo de pessoas*, e esse interesse está sendo alcançado através das seguintes áreas de pesquisa:

- *Groupware* ou *CSCW* (Work Cooperative Supported Computer) tem por objetivo o desenvolvimento de Sistemas de Apoio a Comunicação de Grupo. Trata-se de "*um ambiente baseado na tecnologia da informação que apóia conferência de grupo, que pode ser geográfica ou temporalmente distribuída. Os ambientes de tecnologia de informação incluem, mas não estão limitados por facilidades distribuídas, hardware e software, tecnologias de audio e vídeo, e procedimentos, metodologias e facilidades aplicáveis a ambientes multi-usuários. Tarefas de grupo incluem, mas não estão limitados por comunicação, planejamento, geração de idéias, solução de problemas, discussão, negociação, resolução de conflitos, projeto e análise de sistemas, e atividades de grupo colaborativas tais como preparação e compartilhamento de documentos*" [CAR90].
- Uma nova concepção dentro do escopo geral da Inteligência Artificial (IA), denominada Inteligência Artificial Distribuída (IAD), procura acompanhar o avanço da tecnologia de desenvolvimento de máquinas paralelas e a difusão em larga escala de sistemas computacionais distribuídos [BOR94]. As áreas

de pesquisa da IAD são denominadas por *Solução de Problemas Distribuídos e Sistemas Multi-agentes*. O interesse dessas pesquisas é fazer com "que protocolos de interação e comunicação, estratégias de resolução de conflitos, e estratégias de gerenciamento de múltiplos agentes possam ser produzidos para suportar os processos distribuídos de formulação de problemas, descrição, decomposição, alocação de tarefas, e síntese de solução" [SHA93].

- A Solução de Problemas Distribuídos considera, como enfoque de trabalho, que a solução de um problema em particular pode ser dividido entre um número de módulos, ou "nodos", que cooperam a nível de divisão e compartilhamento do problema e do desenvolvimento de soluções. [GAS]
- Já na área de Sistemas Multi-agentes, a pesquisa concentra-se na coordenação comportamental entre uma coleção de agentes inteligentes autônomos e na forma com que eles podem coordenar seus conhecimentos, objetivos, habilidades e planos para que, conjuntamente, possam realizar ações ou resolver problemas. Em Sistemas Multi-agentes, agentes podem compartilhar conhecimentos sobre problemas e soluções e podem também raciocinar sobre os processos de coordenação.

A tecnologia da informática será caracterizada pelos super-computadores e os computadores móveis, as ultra-grandes redes de computação local e de longa distância, o processamento de informação em tempo-real e comunicação on-line, via multimídia, para conferência. Os resultados de um processamento serão caracterizados pela *realidade virtual*, incluindo texto, gráfico, imagem, som e vídeo.

Esta fase está marcada pela união da tecnologia da informática e da comunicação como facetas da telemática. O objetivo principal será o desenvolvimento de aplicações em telemática para as chamadas *estações de trabalho*.

Com essa retrospectiva, procura-se situar esse trabalho em uma cronologia temporal metodológica. Os Sistemas de Solução de Problemas Cooperativos apresentam-se entre o presente e o futuro.

Encontram-se no presente por tratarem de um componente baseado no raciocínio de um único indivíduo.

Entretanto, pertencem ao futuro pois, em sua concepção, podem ser identificados como agentes inteligentes que, interagem com o agente homem, na busca da solução de um problema em comum. Analisados por esta ótica, estes sistemas capturam certos

conceitos empregados pela IAD. O conceito principal é o de *agente* - "*Agente é uma entidade real ou virtual que está imersa em um ambiente onde se pode tomar algumas decisões, que é capaz de perceber e representar parcialmente este ambiente, bem como de se comunicar com outros agentes e de possuir um comportamento autônomo como consequência de suas observações, seus conhecimentos e suas interações com outros agentes.*"

Na próxima seção são analisadas questões que caracterizam um Sistema de Solução de Problemas como sendo Cooperativo. Entretanto, o desenvolvimento de um sistema que incorpore todas as características ainda não foi obtido, embora estejam presentes em inúmeros sistemas computacionais, separadamente.

1.2 Sistemas de Solução de Problemas Cooperativos

Este trabalho situa-se na área de Sistemas de Solução de Problemas Cooperativos (SSPC) como uma concepção dentro do escopo geral da Inteligência Artificial (IA), que procura reunir algumas características já desempenhadas por inúmeros sistemas de IA, permitindo colaborem cada vez mais durante um processo de solução de problemas. Este paradigma traz perspectivas importantes para a IA, como será visto a seguir.

Os SSPC identificam significantes modificações em interfaces com o usuário, pois inclinam-se a ser construídos usando uma relação altamente cooperativa entre o usuário e o sistema. O usuário é tanto aquele que define o sistema para uma aplicação particular, participando ativamente da análise deste, como aquele que consulta o sistema na busca da solução de um problema. Desta forma, os SSPC podem ser caracterizados como sistemas de consulta para especialistas, mais do que os SE clássicos.

Este estilo participativo dos SSPC sugere a metáfora de interface como representando um *modelo do mundo*, onde o usuário pode definir, analisar e manipular este modelo.

Em um SSPC, o usuário e o sistema compartilham a solução de problemas e a tomada de decisões, sendo que a posição de orador e ouvinte se modifica, dependendo do *conhecimento e objetivo* do usuário, e também do domínio da tarefa.

Um sistema cooperativo requer facilidades de comunicação muito mais ricas do que aquelas oferecidas por sistemas de solução de problemas tradicionais. Para que tais facilidades sejam alcançadas, torna-se necessário analisar algumas questões.

- *O domínio de tarefas complexas, muitas vezes, está vinculado a conhecimentos e/ou entendimentos parciais.*

Os paradigmas de interação, através de procedimentos que envolvem armazenamento de informações complexas, baseiam-se na suposição infundada de que os usuários que utilizam esses sistemas têm noção precisa das tarefas que vão realizar. Contudo, em muitas tarefas de solução de problemas, a manipulação de uma "*tarefa precisa*" é o problema mais difícil. Usuários de tais sistemas sofrem por falta de conhecimento sobre a interdependência entre a manipulação, a especificação e as ferramentas que existem para solucionar esses problemas. Normalmente, ignora-se a existência de usuários incapazes de desenvolver uma especificação completa do que eles desejam, pois as especificações devem ser construídas incrementalmente.

A necessidade de comunicação, para estes sistemas, deve permitir que uma questão possa ser expressa sob várias formas. Novatos não podem responder a questões sobre conhecimentos que não conheçam, pois são incapazes de manipulá-las sem o auxílio de um especialista. Eles são capazes de responder a questões inicialmente muito gerais, sendo, boa parte do diálogo, permitido apenas a usuários que atingiram suficiente nível de especialidade.

- *Muitos sistemas, cuja abordagem é dita autônoma, têm falhado como tal.*

Sistemas cooperativos também podem ser vistos como um ambiente, cuja combinação entre habilidades humanas e poder computacional é perfeita, pois permitem a realização de tarefas que não podem ser realizadas somente pelo homem ou pelo computador. Pode-se ilustrar essa concepção de sistemas cooperativos, apresentando exemplos de domínios, onde sistemas autônomos tem falhado.:

- *Tomografia Axial Computadorizada* está baseada numa cooperação entre médico e computador. A transformação Fourier inversa necessária envolve uma soma imensa de computação e só pode ser realizada com o auxílio de um computador, porém a interpretação dos dados requer discriminação entre diferenças sutis em densidade que estão além das capacidades correntes de processamento de imagem.
- *Sistemas de Tradução Automática* precisam estar sempre sob o controle seguro de tradutores humanos. Esses sistemas permitem ajudar a aumentar a produtividade do usuário, mas não superá-la. As abordagens completamente autônomas tem seriamente falhado no passado.

- Em *automação de tráfego aéreo*, dois diferentes modelos estão em investigação: o assistente de piloto e o co-piloto eletrônico que podem ser diferenciados pela separação de tarefas e controle entre o homem e a máquina.
- *Durante um processo de solução de problemas ou de uma tomada de decisão, dois agentes podem ser melhores do que um.*

Em SSPC, pode-se explorar a assimetria que existe entre os dois agentes. O agente humano pode contribuir com aquilo que faz melhor (por exemplo: usar o bom senso, definir objetivos e decompor o problema em sub-problemas), enquanto que o agente máquina fornece auxílio através daquilo que ele é bom (por exemplo: apoio a memória externa, manutenção de consistência, ocultação de informações irrelevantes, síntese de inteligências).

- *Um processo colaborativo deve permitir a presença de "blefes".*

A assistência efetiva é um esforço de colaboração, onde os agentes trabalham em conjunto para detectar e reparar "problemas" que surgem. Nem sempre podem antecipar todos os "mal entendidos" e "problemas" durante um processo de cooperação. Sistemas cooperativos precisam estar aptos a negociar com o inesperado.

Um agente nem sempre consegue antecipar todos os mal entendidos e problemas que possam surgir durante uma interação. É necessário que se reconheçam e que se desenvolvam recursos que permitam negociar com o inesperado. Um agente cooperativo precisa compreender a natureza dos problemas abertos e as intenções do solucionador de problemas.

- *A solução de problemas, em sistemas cooperativos, não precisa estar bem formulada.*

Para construir Sistemas de Solução de Problemas Cooperativos efetivos, as limitações, tanto de Sistemas Especialistas autônomos, como de resolvidores humanos de problemas, devem ser conhecidas. Este conhecimento permitirá definir as características apropriadas às novas pesquisas, para que esses sistemas gerem expectativas realistas.

Dentre as limitações, das máquinas inteligentes autônomas, está a dificuldade de se capturar uma história suficientemente completa de conhecimento do domínio. Um especialista humano tem por qualidade uma profundidade de entendimento, que não serve somente para resolver problemas especificamente *bem-formulados*.

A natureza da especialidade consiste, não somente em resolver um problema ou explicar resultados (como qualquer Sistema Especialista pode oferecer), mas em aprender incrementalmente e reestruturar alguns conhecimentos ou regras com falhas, assim como apresentar justificativas elegantes quando um problema está fora do escopo da especialidade.

Devido a esses problemas, uma abordagem interativa é necessária, para que o usuário seja capaz de especificar todas as informações relevantes, visto que a especificação do problema é, por si só, um processo de solução de problemas.

- *Estruturas semi-formais de conhecimentos, tornam-se atraentes em Sistemas de Solução de Problemas Cooperativos.*

Sistemas semi-formais não permitem que todas as estruturas de informações sejam interpretadas pelo computador, mas que possam servir apenas como um sistema de distribuição de informações e que possam ser lidas pelos usuários. Sistemas semi-formais (estudados também em sistemas de Apoio a Decisão de Grupo) podem ser utilizados mais expressivamente em sistemas cooperativos, pois representam um grande papel no projeto de sistemas de interação efetiva entre o homem e a máquina.

Formalismos de representação do conhecimento em Inteligência Artificial, tais como regras e frames, são projetados para serem eficientemente executados pelos mecanismos de inferência, mas não são necessariamente aplicáveis em Sistemas de Solução de Problemas Cooperativos, onde o conhecimento pode ser interpretado também pelos usuários.

Estruturas semi-formais isoladas, entretanto, não podem dar aos usuários suficiente apoio - "Eles têm que fazer todo o trabalho". Portanto, complementando-os com estruturas de conhecimentos formais, será permitido ao sistema resolver sub-problemas não definidos pelo usuário.

Uma abordagem baseada na combinação de recursos formais, interpretados pela máquina, e conhecimentos semi-formais, que podem ser usados apenas parcialmente pelo sistema para controlar suas ações, é a indicada para esses sistemas.

Um exemplo de SBC, que utiliza estruturas semi-formais em sua concepção, é o sistema JANUS [FIS89]. JANUS permite aos projetistas construir projetos arquitetônicos de interiores e, em determinados momentos, informa-os sobre os princípios de projeto e o seu raciocínio básico. Este processo integra duas atividades de projeto: construção e argumentação. A construção é apoiada por um ambiente de

projeto gráfico baseado em conhecimento e a argumentação é apoiada por um sistema de hipertexto.

- *Normalmente, o homem aprecia a "ação" e a "decisão".*

Em muitas situações, os homens apreciam o processo, e não apenas o produto, eles querem fazer parte da solução de um problema ou da tomada de uma decisão.

Fischer, em [FIS90], disse que *"a automação é uma faca de dois gumes. Num extremo, pode ser vista como um servidor, auxiliando homens do tédio das operações de controle de baixo nível, livrando-os para funções altamente cognitivas. Noutro extremo, é visualizada como redutora do status de homens, isto é, tornando-os meros "apertadores de botões", despidendo-os de "sentido" e "satisfação" no trabalho".*

1.3 Objetivos Gerais e Motivação

Um dos objetivos deste trabalho é levantar todas as características que interessam, para permitir que os sistemas computacionais possam interagir com o homem como um agente ativo e participativo num processo de solução de problemas.

Será apresentada também uma arquitetura para SE que viabiliza a implementação das características desejáveis em um sistema de solução de problemas cooperativos, aqui apresentados. Este SE é composto dos diversos componentes que, indiscutivelmente, já caracterizam os SE tradicionais. O enfoque deste trabalho direciona as atenções aos componentes de explanação e aquisição de conhecimento, pois é através da *sofisticação* desses módulos, juntamente com a *riqueza* de interface, que se pretende alcançar peculiaridades bem marcantes de diálogos cooperativos entre o agente humano e o artificial.

Desta forma, por exemplo, um SE não teria apenas a capacidade de simular o comportamento de um especialista humano, mas explicitaria, de diferentes maneiras, o seu raciocínio, para torná-lo claro ao entendimento do agente humano. Além disso, para que realmente ocorra cooperação, o sistema deve possuir a capacidade de reestruturar seu conhecimento através de um esforço colaborativo com o usuário.

Como produto deste trabalho de pesquisa, desenvolveu-se uma ferramenta, denominada SETA, que permite a construção de SEs para auxiliar na solução de problemas em um domínio específico.

O assunto escolhido diz respeito à resolução de um problema de prescrição farmacológica. O tratamento farmacológico, com frequência, representa um problema para o clínico, devido, principalmente, às seguintes razões: existência de várias drogas que podem ser utilizadas no tratamento de uma mesma doença, com diferentes perfis farmacológicos: efeitos colaterais; doses; preocupação com interações entre medicamentos diversos; e a necessidade de se considerar características e condições específicas de cada paciente, durante prescrição medicamentosa.

Dependendo da gravidade da situação clínica de um paciente, ou ainda da especialidade do clínico, responsável pela prescrição, a indicação de um tratamento farmacológico pode exigir, por parte do clínico, uma vasta pesquisa sobre os medicamentos envolvidos, bem como a busca de auxílio médico a outras especialidades. Assim, a prescrição farmacológica é um exemplo de processo de tomada de decisão, cuja solução depende da interação entre os conhecimentos sobre a farmacologia dos medicamentos e os conhecimentos clínicos de um, ou vários médicos especialistas.

Com este trabalho, pretende-se contribuir para a área de IA (em particular Sistemas Especialistas), auxiliando na tarefa de concepção de sistemas *agentes* no sentido colaborativo, os quais foram chamados de Sistemas de Solução de Problemas Cooperativos (SSPC). Esta pesquisa pode auxiliar a construção de sistemas baseados nestas idéias de SSPC, o que propicia a modelagem de sistemas complexos como o SETA (pois são muitos os problemas humanos que se encaixam nesse contexto).

Espera-se, assim, contribuir para os demais trabalhos do Grupo de Inteligência Artificial do II/UFRGS que podem se beneficiar das idéias de cooperação homem-máquina, assim como, agrupar outros tantos trabalhos já desenvolvidos por esta universidade. Cita-se os trabalhos de Interfaces Inteligentes [FRA92], Modelagem de Usuário [STR92], Explicação *why not* [PAS93] e Aprendizagem simbólica automática [VIC89].

1.4 Histórico do SETA

A idéia inicial foi a de dar continuidade aos trabalhos que haviam sido desenvolvidos por Antunes [ANT89] e Pastorello [PAS92], integrantes do grupo de Inteligência Artificial desta universidade, juntamente com uma equipe de médicos psiquiatras do Hospital de Clínicas de Porto Alegre, coordenada pelo Dr. Aristides Volpato Cordioli, no sentido de melhorar aspectos de implementação de um SE já desenvolvido. Uma nova abordagem deveria ser criada, permitindo a inclusão de aspectos, para tornar a interação entre o sistema e o usuário mais cooperativa.

O sistema SETA, que já havia sido desenvolvido, sofria de algumas limitações no que diz respeito à interação homem-máquina, devido a uma série de razões como ausência de recursos para permitir atualização da base de conhecimentos pela própria equipe de especialistas e limitação dos recursos de explanação, basicamente no laudo final (explanação *how*), como também nas justificativas da não preferência de um fármaco (explanação *why not*).

A evolução, além dos aspectos cooperativos já levantados, também se deu a partir do interesse dos especialistas em desenvolver um sistema que pudesse permitir a geração de outros SEs, dedicados a auxiliar no tratamento farmacológico de outras enfermidades (e não apenas dos Transtornos Afetivos, que haviam sido criados). A idéia seria permitir a interação destes SEs entre si, para buscar uma prescrição mais completa e coerente possível, mostrando um enfoque de Inteligência Artificial Distribuída (IAD), isto é, de Sistemas Multi-agentes, onde cada SE seria um agente especialista participando de uma sociedade onde o objetivo seria determinar o melhor tratamento farmacológico de um paciente.

Quando da prescrição farmacológica de um indivíduo, deve-se levar em conta sua situação clínica como um todo, e não apenas sob um determinado aspecto. Um exemplo disso é o que ocorre em um hospital geral [HAC86] (como o Hospital de Clínicas de Porto Alegre). Embora certo paciente encontra-se em uma determinada ala de internação do hospital, especializada em doenças cardíacas, por exemplo, este poderia apresentar concomitantemente problemas de depressão, devendo receber também tratamento psiquiátrico.

Logo no início, identificou-se que esta pretensão demandaria um tempo de pesquisa e de implementação demasiadamente grande, por envolver uma quantidade muito grande de problemas. Entretanto, muitos artigos sobre o assunto foram estudados [BOR94] [SHA93] [DEM90]. A pesquisa em Sistemas Multi-agentes concentra-se na coordenação comportamental entre uma coleção de agentes inteligentes autônomos e na forma como eles podem coordenar seus conhecimentos, objetivos, habilidades e planos para que, conjuntamente, possam realizar ações ou resolver problemas. Em Sistemas Multi-agentes, agentes podem compartilhar conhecimentos sobre problemas e soluções e podem também raciocinar sobre os processos de coordenação entre os agentes.

Passou-se, então, a concentrar os objetivos na construção de uma ferramenta, denominada SETA, para permitir a criação de diferentes SE's, voltados à prescrição farmacológica, não se preocupando com a interação entre os SE's.

Em outras palavras, buscou-se projetar a base de conhecimentos de tal forma que os conhecimentos clínicos e farmacológicos fossem representados separadamente, para permitir melhorias quanto a aspectos de explanação e de aquisição de conhecimentos. Desta forma, poderia-se conceber um sistema mais útil, no sentido de permitir um questionamento mais flexível por parte do usuário, e que pudesse ser atualizado pela equipe de médicos, sem a intervenção do engenheiro do conhecimento. Em outras palavras, decidiu-se dar um enfoque de Sistema de Solução de Problemas Cooperativos ao sistema iniciado, excluindo deficiências apontadas pelos especialistas, tanto no que diz respeito a explanação, como interface e aquisição de conhecimentos.

Contudo, sob o ponto de vista da pesquisa, o trabalho obteve uma base mais sólida, no momento em que houve a troca de idéias com membros do grupo de IA. Pôde-se, com isto, identificar problemas ainda não considerados na implementação e procurar soluções criativas para eles.

1.5 Visão Geral da Dissertação

O capítulo 2 versará sobre os Sistemas de Solução de Problemas Cooperativos (SSPC) como uma extensão dos Sistemas Especialistas (SEs) clássicos. Serão vistos os fundamentos conceituais que cercam as habilidades ditas cooperativas dos sistemas de solução de problemas, visando utilizá-las em SEs, com o objetivo de torná-los agentes colaborativos.

No capítulo 3, será apresentada a arquitetura geral do sistema SETA implementado, ferramenta esta que permite a construção de SEs de apoio ao tratamento farmacológico. Este capítulo conterà seções distintas sobre os elementos que constituem a arquitetura do sistema. Sua estrutura acompanha os moldes de um SE tradicional, sendo a representação do conhecimento baseada em regras e constituída de raciocínio inexato.

Serão assinalados, no capítulo 4, os pontos que identificam o sistema SETA como sendo um SSPC. A partir dos fundamentos conceituais abordados no capítulo 1, serão apresentados, no decorrer deste novo capítulo, exemplos de processos de cooperação, realizados pelo sistema SETA, que apoiam tais fundamentos. Também serão discutidos alguns aspectos de cooperação que não foram implementados.

Encerrando o trabalho, o capítulo 5 será um levantamento dos resultados obtidos. Mostrará, também, as contribuições das conclusões tiradas na realização do mesmo, sugerindo várias idéias para trabalhos que sejam desenvolvidos no futuro, a partir deste.

2 DISCUSSÃO: SSPC COMO UMA EXTENSÃO DE SE

Existe hoje uma vasta literatura sobre SE's. SE's clássicos, como representados, por exemplo, em [BUC84], são projetados para prover análise a nível especialista de problemas complexos, sendo compreensíveis aos seus projetistas e seus usuários, e flexíveis o bastante para acomodar novo conhecimento e mudança do conhecimento que é representado neles. A vasta discussão destes sistemas e seus freqüentes usos em negócios e ciência, provê uma dimensão de seu interesse intelectual e seu valor prático.

Entretanto, para que um SE seja visto como um SSPC, alguns aspectos que serão analisados nas subseções seguintes, são desejáveis em sua concepção.

2.1 Além da Interface do Usuário

Comunicação homem-máquina efetiva é mais do que a criação de apresentações atrativas nas telas do computador: necessita prover o computador com um considerável conjunto de conhecimentos sobre o "mundo", sobre os "usuários" e sobre os "processos de comunicação". Isso não quer dizer que a interface não seja de importância crucial para os Sistemas Baseados em Conhecimentos (SBC).

Análises de SEs existentes, como, por exemplo, o DIPMETER [SMI84], apresentaram que o uso real e aceitável de SEs dependem muito mais de uma interface rica, do que apenas de uma base de conhecimentos e de uma máquina de inferência.

Examinou-se a relativa soma de código desenvolvido para diferentes funções de DIPMETER e verificou-se que a porção de interface com o usuário foi 42% comparado a 8% da máquina de inferência e 22% para a base de conhecimentos. Semelhantes dados foram apresentados sobre as ferramentas de SBC (por exemplo, nas ferramentas Intellicorp's. 55% a 60% do código é de interface). Uma boa interface de usuário é importante para dois grupos: para os desenvolvedores de SBC e para o usuário final desses sistemas.

As necessidades de comunicação são muito mais importantes em SSPC. Como o usuário está ativamente envolvido na solução de problemas e no processo de tomada de decisões, existe uma necessidade maior de interface para a tarefa de apoio, a um nível compreensível ao usuário. Dessa forma, para um SBC apoiar a solução de um problema cooperativo, os seguintes componentes dependem criticamente um do outro:

- A **estrutura do conhecimento** e o **sistema de solução de problemas** em si - como fazer um sistema representar suas atividades de solução de problemas e recuperar a porção relevante, em respostas às perguntas do usuário.
- A geração de visões desse conhecimento que corresponda às necessidades e ao conhecimento do usuário. Dessa forma, o sistema deve conter um **modelo do usuário**.
- A **apresentação externa** desse conhecimento na tela; esta parte é que está ligada às pesquisas de interface com o usuário.

2.2 Diálogos de Iniciativa Mesclada

Apesar do fato de que as capacidades de comunicação semelhantes a diálogos de iniciativa mesclada têm sido apresentadas por serem cruciais aos sistemas inteligentes, o progresso para alcançá-la tem sido relativamente modesto.

Um modelo frequentemente usado em sistemas homem-máquina (ex. MYCIN) é o modelo de consulta. Este modelo baseia-se no ponto de vista da máquina e, por isso, tem a vantagem de ser claro e simples - o programa controla o diálogo (tal como ocorre em uma consulta humana). A desvantagem está na visão de "especialista" que se dá ao sistema, deixando o usuário na posição inconveniente de requerer, a uma máquina, a ajuda. *Diálogos de iniciativa mesclada devem apoiar informações voluntárias pelo sistema, bem como pelo usuário.*

2.2.1 Informações Voluntárias pelo Usuário

Usuário reais de SE não são escreventes de entrada de dados. Sendo capaz de oferecer espontaneamente informações, *"usuários de um SBC estão longe de querer estar a mercê de um componente de raciocínio oculto que dita ordens sobre a forma com que as informações devam ser absorvidas pelo sistema"*[FIS90]. Quando combinados a uma base de regras dirigida a dados, são oferecidos aos usuários como uma oportunidade para ativamente e diretamente usarem um sistema, de acordo com os seus objetivos. O sistema ASSISTANT [FIS90] é um sistema que permite ao usuário oferecer informações.

Outros exemplos de sistemas que permitem informações voluntárias pelo usuário são os chamados Sistemas Baseados em Modelo. Os modelos representam a estrutura e a função de um domínio, de tal forma que a interface apresenta aquelas representações

diretamente aos usuários, permitindo que participem ativamente da análise desse modelo. A interface apresenta uma metáfora gráfica do domínio, por exemplo, um circuito elétrico ou hidráulico, por onde o usuário pode, voluntariamente, alterar o estado do sistema - fechando uma válvula ou aumentando a voltagem de uma parte do circuito.[KUN89].

2.2.2 Oferecimento de informações pelo sistema

As pessoas, com freqüência, aprendem ao receberem respostas sobre questões que nunca fizeram ou que nunca foram capazes de fazer. O ato de realizar uma pergunta está intimamente ligado com o conhecimento que este indivíduo possui sobre o assunto em pauta, ou seja, ele não pode formular uma questão sobre conhecimento cuja existência, para ele, é desconhecida. Tem-se desenvolvido programas, cujo oferecimento de ajuda e apoio à aquisição de informação é feito por acaso.

IDA (Interface Dos Amigável) é um exemplo interface inteligente que atende a requisitos de adaptabilidade - capacidade de moldar a interação de acordo com o nível de conhecimento do usuário - e de cooperatividade - capacidade de antecipar os atos e problemas do usuário no decorrer da interação, com o objetivo de ajudá-lo na condução de suas tarefas [FRA93].

ACTIVIST, semelhante ao IDA, analisa um usuário trabalhando com editor e, a partir das suas ações, infere o plano que ele deseja alcançar, e compara-o com o seu próprio plano. Informações sobre o conhecimento conjecturado são armazenados no modelo do usuário e um módulo de tutor separado decide quando oferecer ajuda [FIS85].

2.3 Necessidades de Conhecimento

Aumentar a inteligibilidade mútua entre agentes em um SSPC requer uma profunda compreensão do reconhecimento profundo de planos, habilitada por convenções comuns para a expressão da intenção, e conhecimento compartilhado sobre situações típicas e ações apropriadas.

Tomemos a aviação como exemplo: a noção de que os operadores humanos devam informar ao sistema suas intenções, ou objetivos, pode parecer simples, mas é uma capacidade perceptível e talvez perigosamente escassa em muitos dos sistemas automáticos de hoje. O compartilhamento de objetivos (também chamados de *Sistemas Dirigidos a Intenções*), primeiro solicitam que a tripulação faça conhecida suas intenções

("aqui nós queremos fazer..."), então permite que o computador cheque as informações da tripulação e o sistema as analise, para verificar se estão logicamente consistentes com seus planos.

Isto provoca dificuldades no projeto do sistema e na *explanação*. Mais tarde, o projetista do sistema tem que transformar o problema para uma linguagem de baixo-nível e a explanação requer a tradução anterior para o nível do problema.

Sistemas de Solução de Problemas Cooperativos devem ter conhecimentos sobre o domínio da tarefa. Para criar ferramentas poderosas aos homens, deve-se ensinar o computador linguagens de domínio da aplicação. Sistemas que abstraem operações e objetos de um domínio que constroem dentro de si, dão a impressão de *comunicação homem-domínio do problema*, como preferência à *comunicação homem-máquina*. Comunicação homem-domínio do problema reduz a distância da transformação cognitiva entre descrições orientadas ao problema e orientadas ao sistema.

2.4 Além da Linguagem Natural: Comunicação Natural

Comunicação natural é mais do que a habilidade de se comunicar em linguagem natural. É a habilidade de engajar um diálogo onde homens se comunicam muito mais, do que solicitam uma informação (ex. um novato e um especialista). Novatos não podem ser capazes de articular suas questões sem a ajuda do especialista. O conselho dado pelo especialista pode não ser compreendido ou o aconselhado pode pedir uma explanação; cada participante da comunicação pode hipotetizar que o outro participante interpretou mal; ou pode fornecer informações que não foram explicitamente solicitadas.

Os pesquisadores responsáveis pela interação com linguagem natural reconhecem que programas correntes não podem entender a linguagem de forma significativa. Este não constitui uma regra de utilização de interfaces de linguagem natural, porque muitas aplicações práticas (acesso a banco de dados) não demandam entendimento profundo. A praticidade de sistemas de linguagem natural limitada é ainda uma questão aberta. Visto que a natureza das perguntas é limitada pela estrutura formal da base de dados, pode muito bem ser mais eficiente para uma pessoa aprender uma linguagem formal especializada, projetada para aquele propósito, do que aprender, através da experiência, quais sentenças em linguagem natural são aceitas ou não.

A *habitabilidade* de um sistema (que mede quão rapidamente e confortavelmente um usuário pode reconhecer e adaptar-se às limitações do sistema) é um campo crítico que precisa ser estudado empiricamente em situações reais.

Estas dinâmicas de SSPC indicam que as interfaces de linguagem natural, desenvolvidas para base de dados, não podem resolver o problema crítico de acesso a informações.

Estudos apresentam evidências de que a linguagem natural "do início ao fim" é uma falácia [FIS90]. Interfaces de linguagem natural correntes apoiam a tradução de uma *query* altamente articulada por linguagem natural dentro de uma linguagem *query* formal, mas não assistem usuários, pois são incapazes de descrever precisamente o que eles querem.

Na comunicação homem-máquina, o projeto da interface não é somente um problema de simulação da comunicação homem-homem, mas de construir alternativas para a interação das propriedades relatadas.

Não devemos usar linguagem natural para muitas aplicações. Alguns pesquisadores mostram que, em muitos casos, não é o modo preferido de comunicação.

Em interfaces de linguagem natural, o computador é o ouvinte e o homem é o orador. O papel do ouvinte é sempre mais difícil, porque ele tem que compreender um problema, baseado nas descrições do orador. Esse trabalho tem sido guiado pela crença de que o usuário é mais inteligente e pode dirigir-se a um contexto particular.

Isto implica em que a essência do projeto de interface do usuário está em prover ao mesmo sugestões sobre o que deve fazer. Janelas, menus, e assim por diante, provê um contexto (tomando a máquina como orador e o homem como ouvinte) que permite a inteligência do usuário conservar-se, escolhendo o próximo passo.

2.5 Modelos dos Parceiros de Comunicação

Sistemas de solução de problemas cooperativos exigem que os usuários tenham modelos dos sistemas com os quais interagem e que estes possuam modelos de seus usuários. O último modelo é necessário para prover *explicações* e *descrições* diferenciadas. Explicações precisam ser dadas com alto nível de detalhe e este deve compartilhar entendimento sobre o conhecimento de outros agentes.

Isto se faz necessário quando o sistema interage com usuários que detêm diferentes níveis de conhecimento e especialidade. Tome como exemplo um SE que funciona através da integração de diferentes conhecimentos, conhecimento clínico - domínio de médicos -, e conhecimento farmacológico - domínio de farmacologistas.

Com esse sistema, poderiam ser mantidos diálogos diferenciados com estes usuários - explicações e descrições.

3 O PROTÓTIPO SETA

O sistema SETA é uma ferramenta cuja função é permitir a construção de SEs dedicados a auxiliar o médico na escolha do tratamento farmacológico mais adequado para pacientes que sofrem de alguma patologia clínica. Normalmente, o processo de escolha do tratamento que vai ser utilizado em um determinado paciente envolve a consideração de uma série de fatores complexos e interrelacionados, fato que caracteriza as atividades executadas por especialistas em geral.

Da mesma maneira que aconteceu com outros tantos SE já bem conhecidos na literatura, a ferramenta SETA se originou da construção de um SE, cuja especialidade era o tratamento farmacológico dos transtornos afetivos. O sistema EMYCIN, sistema de construção de SE, criado a partir do sistema MYCIN, por exemplo, já foi utilizado no desenvolvimento de outros SE que baseiam-se na mesma linha de raciocínio do MYCIN, ou seja, diagnose médica. Dentre esses sistemas, destaca-se o BLUEBOX [MUL86], SE para diagnóstico em psiquiatria. O BLUEBOX é um SE destinado a auxiliar no diagnóstico e tratamento farmacológico da depressão.

O tratamento farmacológico, pela grande quantidade de drogas envolvidas, com diferentes perfis farmacológicos, efeitos colaterais, doses, etc, além das características e condições específicas de cada paciente, que devem ser levadas em conta no momento da prescrição, com frequência, representa um problema para o clínico, pois envolve grande número de informações e dados, com muitas correlações entre si, podendo ser útil o auxílio do computador nesta tarefa.

A arquitetura do sistema SETA, é formada pelos seguintes módulos (conforme figura 3.1): *módulo especialista, módulo de banco de dados e ferramenta de construção.*

A *base de de conhecimentos*, descrita na seção 3.1.1, contém os fatos e regras que reúnem o conhecimento do especialista. Do módulo de banco de dados, ela captura informações adicionais que descrevem características específicas de cada fármaco considerado na base de conhecimentos, tais como posologia e precauções sobre o uso de determinada droga.

O *mecanismo de inferência*, descrito na seção 3.1.2, examina o conteúdo da base de conhecimentos, decidindo a ordem em que se tiram as inferências. Ao fazê-lo, o mecanismo de inferência conduz a consulta com o usuário, transferindo os fatos e regras, utilizados durante uma consulta, para a *memória de trabalho*.

O módulo de *aquisição de conhecimentos*, descrito na seção 3.1.4, é responsável pela atualização da base de conhecimentos, através de um mecanismo de interação cooperativa, gerado a partir do módulo de explanação. Vinculado ao módulo de aquisição de conhecimentos está a *ferramenta de construção*, através da qual, o sistema permite a criação de novos SEs destinados ao apoio em tratamentos farmacológicos.

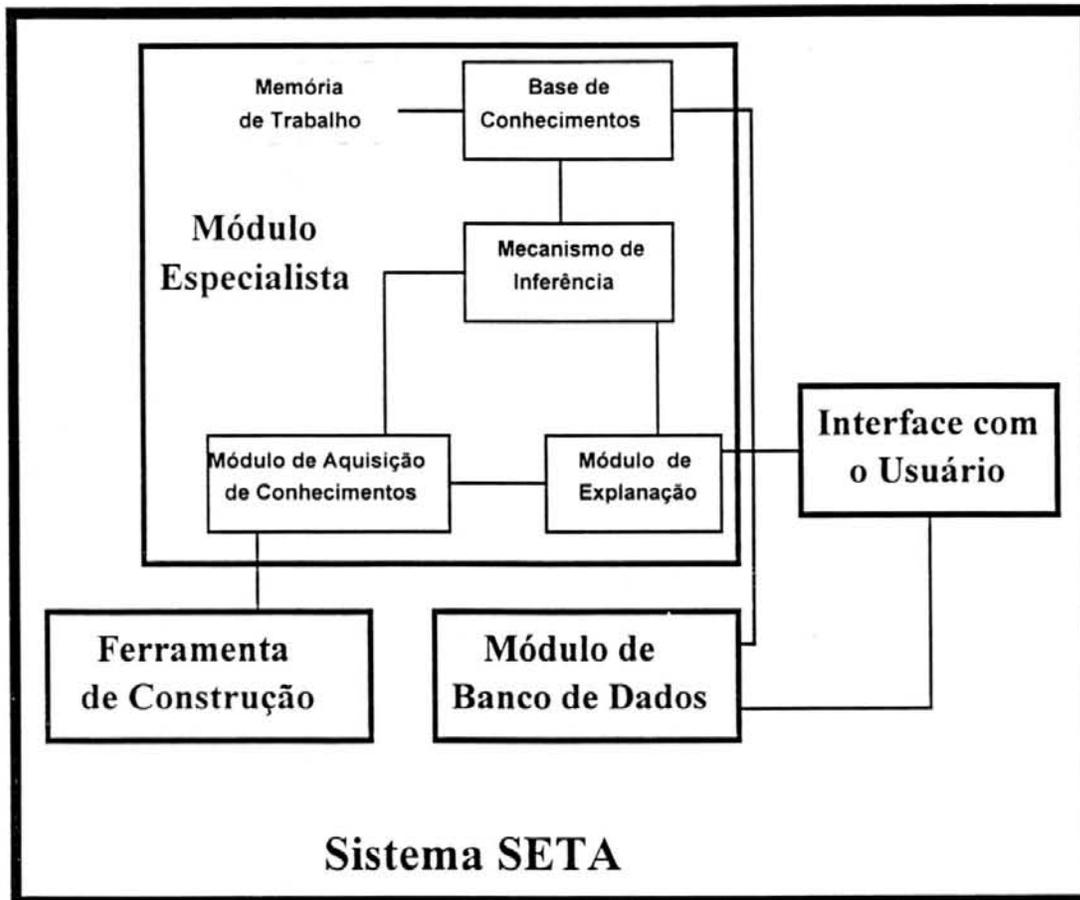


Figura 3.1 Arquitetura do sistema SETA

O *módulo de explanação*, apresentado na seção 3.1.3, é responsável pela descrição do raciocínio do sistema para o usuário. Ele é ativado tanto pelo mecanismo de inferência como pelo módulo de aquisição de conhecimentos. O mecanismo de inferência evoca o módulo de explanação, visando um processo de transformação do conhecimento, representado na base de conhecimentos do SE ou deduzido no processo de busca de uma solução. Através do módulo de aquisição de conhecimentos, o módulo de explanação tem por objetivo fundamental o auxílio à depuração e à construção incremental da base de conhecimentos de SEs já existentes ou daqueles em fase de criação.

O *módulo de banco de dados*, descrito na seção 3.2, permite o armazenamento e consulta de um conjunto amplo de informações referentes aos fármacos utilizados pelos SEs criados a partir da ferramenta SETA. Além das informações sobre os fármacos, também foram agregadas informações práticas de grande utilidade para o usuário (orientações para o manejo de efeitos colaterais, instrução e cuidados para o uso de fármacos em pacientes com doenças ou problemas físicos concomitantes e informações sobre interações medicamentosas).

A interação entre usuário-sistema é feita por uma *interface de janelas via seleção de menus*, apresentada na seção 3.3. Ela é utilizada tanto pelo mecanismo de inferência e módulo de aquisição de conhecimentos, através do módulo de explanação, quanto pelo módulo de banco de dados, que são os únicos módulos que interagem com o usuário.

3.1 Módulo Especialista

A arquitetura utilizada no *módulo especialista* baseia-se em meta-nível, através da qual os módulos de explanação e de aquisição de conhecimentos foram incrementados. O método de representação do conhecimento escolhido foi o de um SBR (Sistema Baseado em Regras).

As próximas seções procuram abordar considerações gerais envolvidas na construção da ferramenta SETA, descrevendo cada elemento que compõe o *módulo especialista*.

3.1.1 Representação do Conhecimento

Atualmente não existe um formalismo de representação que pode ser considerado melhor do que todos os outros existentes. Várias análises comparativas foram feitas e, em nenhuma delas, um método apresentou vantagem clara em relação aos outros [AHU87]. Assim, a questão deixa de ser o julgamento de qual método é o melhor, e passa a ser o julgamento de qual método é o mais adequado para uma dada aplicação [PAS91].

A seleção do formalismo que será adotado para a representação do conhecimento afeta profundamente o posterior desenvolvimento do sistema [ROL88]. Também não existe um método científico que permita identificar qual o formalismo mais adequado para uma dada aplicação. A seleção depende da sensibilidade do

engenheiro de conhecimento. Critérios subjetivos de avaliação, contudo, permitem que o engenheiro do conhecimento possa evitar uma seleção inadequada.

O formalismo de representação do conhecimento utilizado na ferramenta SETA é o de um Sistema Baseado em Regras (SBR). A grande maioria dos SE desenvolvidos são SBR. No caso da ferramenta SETA, a razão fundamental para esta escolha é que a maior parte da pesquisa sobre explanação e mecanismos de meta-nível se dá em SBR.

Outro critério de avaliação que apóia esta escolha é o formato *pré-codificado do conhecimento*, isto é, a forma como o conhecimento já está organizado. Frequentemente existe um formato natural de representação de conhecimento para os especialistas de um domínio particular. Manter o conhecimento desta maneira como os especialistas utilizam, torna muito mais rápida a construção de bases de conhecimento, pois a transformação de representação que deve ser executada pelo engenheiro de conhecimento é mais simples (podendo até mesmo inexistir).

A arquitetura SETA possui duas principais fontes de conhecimento: o conhecimento especialista, que são as regras presentes na base de conhecimento, e uma coleção de programas meta-nível. O conhecimento especialista é direto, consistindo do nível-objeto, junto com um conhecimento adicional que é usado pelos programas meta-níveis. Os programas meta-níveis tornam explícito aspectos do raciocínio do especialista.

A arquitetura corresponde a uma descrição sensivelmente intuitiva de uma pessoa que se dedica a uma atividade específica, ou seja, além de possuir o conhecimento especialista, também possui habilidades para usá-lo. Estas habilidades envolvem um processo de *reflexão* sobre o conhecimento. O conhecimento especialista é representado pela regras presentes na base de conhecimento, enquanto que cada habilidade (perícia) é modelada pelos programas meta-nível.

Nas seções seguintes são apresentados com detalhes esses dois tipos de conhecimentos.

3.1.1.1 Conhecimento

Os SBR constituem um dos melhores meios para a codificação do "*know-how*" dos especialistas para a solução de problemas. Os especialistas tendem naturalmente a expressar seus métodos de solução de problemas em termos de

conjuntos de regras situação-ação. A associação de fatores de certeza a regras também permite ao sistema tratar incertezas, muito comum nos domínios de aplicação dos SE.

O conhecimento dos especialistas na ferramenta SETA está codificado em *regras de aplicação clínica e regras gerais de descrição farmacológica*, exemplificadas na figura 3.2. A regra de aplicação clínica representa o conhecimento clínico do especialista, ou seja, as características farmacológicas que o especialista considera quando da definição de um tratamento farmacológico; enquanto que a regra de descrição farmacológica representa o conhecimento da farmacologia dos remédios, isto é, as características farmacológicas que definem um fármaco e os efeitos clínicos produzidos por estes no organismo humano.

Cada característica farmacológica, definida em uma regra de aplicação clínica, está associada a dois atributos que representam a *natureza* da característica, podendo ser *positiva* ou *negativa*, e o *valor* que essa característica representa na determinação dos fatores de indicação desta regra. Além disso, um outro atributo está associado a cada regra de aplicação clínica classificando-a quanto ao seu grau de importância, quando da escolha de um tratamento. O grau de importância pode receber os seguintes valores: *mínimo*, *médio* e *máximo*.

SE PACIENTE É portador de ciclagem rápida GRAU DE IMPORTÂNCIA máximo			
ENTÃO	CARACTERÍSTICA	Pode provocar virada maníaca	NATUREZA Negativa VALOR 1
	CARACTERÍSTICA	Provoca ou agrava depressão	NATUREZA Negativa VALOR 1
	CARACTERÍSTICA	É eficaz na ciclagem rápida	NATUREZA Positiva VALOR 2
SE FÁRMACO É Verapamil			
ENTÃO	CARACTERÍSTICA	Pode provocar virada maníaca	PRESENÇA Não possui
	CARACTERÍSTICA	Provoca ou agrava depressão	PRESENÇA Intensa
	CARACTERÍSTICA	É eficaz na ciclagem rápida	PRESENÇA fraca

Figura 3.2 Exemplo de regras do SE de apoio ao tratamento dos transtornos afetivos

Estas informações podem ser interpretadas da seguinte maneira:

- a regra de aplicação clínica para paciente idoso define que os psicofármacos que não provocam virada maníaca e nem agravam a depressão, e que são eficazes no tratamento do diagnóstico de ciclagem rápida, são os mais indicados; seu grau de importância para a

determinação do tratamento farmacológico é máximo, visto que se trata do parâmetro mais importante do diagnóstico;

- a regra de descrição farmacológica para o fármaco Verapamil esclarece que não provoca virada maníaca, entretanto agrava a depressão de forma intensa e a sua eficácia no tratamento da ciclagem rápida é fraca.

As duas regras são combinadas a partir de uma função (que tem provado estar correta) que reproduz aspectos do raciocínio do especialista, durante uma prescrição farmacológica, ou seja, a representação do modelo do domínio, definindo a regra que representa o nível de indicação de um fármaco diante de um determinado problema. A função é um processo de decisão que se baseia nas regras definidas, envolvendo um grande número de informações difíceis de serem memorizadas (por exemplo, o nível de presença das características farmacológicas nas inúmeras drogas existentes e que são candidatas potenciais em um tratamento), com dificuldade de se prever as complexas interações daí resultantes.

A função procede da seguinte forma¹:

A regra, apresentada na figura 3.3, originou-se da associação das regras de aplicação clínica e de descrições farmacológicas seguintes:

SE PACIENTE É idoso	GRAU DE IMPORTÂNCIA médio
ENTÃO	Nortriptilina É indicado preferencial
	Maprotilina É indicado menos-preferencial
	Trazodone É contra-indicado relativo
	Clomipramina É contra-indicado absoluto

Figura 3.3 Exemplo de regra de preferência para paciente idoso

- a regra de aplicação clínica para paciente idoso, apresentada na figura 3.4, define que são indicados os psicofármacos menos hipotensores,

¹Apresenta-se uma regra para um paciente idoso (simplificada por motivos didáticos) retirada do SE de apoio ao tratamento farmacológico dos transtornos afetivos, construído a partir da ferramenta SETA.

menos anticolinérgicos, menos sedativos e que não produzem quadros confusionais;

```

SE PACIENTE É idoso GRAU DE IMPORTÂNCIA médio
ENTÃO CARACTERÍSTICA Efeito Anticolinérgico NATUREZA negativa VALOR 1
      CARACTERÍSTICA Efeito Hipotensor      NATUREZA Negativa VALOR 1
      CARACTERÍSTICA Efeito Sedativo        NATUREZA Negativa VALOR 1
      CARACTERÍSTICA Quadros Confusionais  NATUREZA Negativa VALOR 1
  
```

Figura 3.4 Exemplo de regra de aplicação clínica para paciente idoso

- as regras de descrição farmacológica, representadas na figura 3.5, definem o grau de presença de cada característica farmacológica para os psicofármacos relacionados ao SE em questão.

COD	Características Farmacológicas	Clomipramina	Maprotilina	Nortriptilina	Trazodone
1	Efeito Anticolinérgico	médio	fraco	fraco	não possui
2	Efeito Hipotensor	médio	fraco	fraco	intenso
3	Efeito Sedativo	médio	intenso	fraco	intenso
4	Pode produzir Quadros Confusionais	médio	fraco	fraco	não possui

Figura 3.5 Exemplo de regras de descrição farmacológica

O sistema, então, estabelece os níveis de indicação através da seguinte função:

```

      if C = "+"
          A = |A-3|
      end
      X = (∑i=1 até n A2 * B)

      D = (n * 9) / 4

      if X < D                then FI = 3
      if X ≥ D and X < D*2  then FI = 2
      if X ≥ D*2 and X < D*3 then FI = 1
      if X ≥ D*3 and X < D*4 then FI = 0
  
```

Figura 3.6 Função do sistema SETA

onde.

- A = o grau de presença de uma característica é definido por um número inteiro que corresponde a:
 - 0 - não possui a presença da característica
 - 1 - possui com intensidade fraca
 - 2 - possui com intensidade média
 - 3 - possui com intensidade forte;
- FI = o fator de indicação de um fármaco, em relação a uma regra, também é definido por um número inteiro que corresponde a:
 - 0 - contra-indicação absoluta
 - 1 - contra-indicação relativa
 - 2 - indicação menos preferencial
 - 3 - indicação preferencial;
- B = o valor de uma característica, em relação a uma regra, representa a importância que essa característica possui para a definição dos fatores de indicação (o valor é definido por um número inteiro entre 1 e 4);
- C = a natureza da característica define a forma com que esta influencia na definição do fator de indicação, isto é, positiva ou negativamente (para efeito de cálculo, se a natureza for positiva, inverte-se o valor do grau de presença da característica) ;
- n = o número de características farmacológicas relacionadas a uma regra;
- X = o resultado da função, cujo valor determina o fator de indicação de um fármaco; e
- D = base numérica utilizada para determinar o intervalo de cada fator de indicação.

O sistema procura reproduzir o raciocínio do especialista, quando este determina o nível de indicação de um fármaco para um determinado problema. Na figura 3.7 é apresentado um exemplo prático, baseado nesta função, onde é calculado o nível de indicação do psicofármaco Maprotilina quando um problema de transtorno afetivo está relacionado a um paciente idoso:

D = 9 ⇒ base numérica			
COD	(A) ²	B	RESULTADO
2	1	1	1
3	9	1	9
4	1	1	1
		X =	----- 12
FI = 2 ⇒ Fármaco menos preferencial			

Figura 3.7 Exemplo de utilização da função do sistema SETA

Através desta função, o sistema controla o seu processo de inferência, incrementando os seus mecanismos de explanação e de aquisição de conhecimento, como será apresentado nas seções seguintes.

3.1.1.2 Meta-conhecimento

O conhecimento na ferramenta SETA serve para suportar um mecanismo de explanação rico, visando demonstrar sua significante capacidade de raciocínio em relação ao controle de seu próprio domínio. Em outras palavras, SETA exhibe um certo grau de *auto-controle*, característica necessária em sistemas de solução de problemas que pretendem administrar aspectos de diálogos cooperativos.

Sistemas auto-controlados abrangem um certo custo de implementação, ou seja, enquanto que a execução de um programa de raciocínio comum relaciona-se somente com um domínio particular (nível objeto), um programa auto-controlado ocupa-se também de um domínio adicional de controle de seu domínio (nível meta). O que se espera desse tipo de arquitetura é que possa ser utilizada para fazer programas de raciocínio mais eficientes, mais competentes e mais colaborativos. Esta característica de auto-controle é alcançada através de uma arquitetura constituída de *meta-conhecimento*².

²O grupo de IA tem apostado neste tipo de arquitetura (com meta nível), pois acredita que aumenta a "inteligência" dos sistemas.

O conhecimento de meta-nível (ou meta-conhecimento) é simplesmente a representação, em um sistema, do conhecimento sobre o próprio sistema - "*sobre o que ele conhece e como raciocina*". Meta-conhecimento pode ser compreendido de diversas formas, mas estas podem ser resumidas através do ato de "*conhecer sobre o que sabe*". Geralmente, ele permite ao sistema usar seu conhecimento diretamente e examiná-lo, abstraí-lo e direcionar sua aplicação. A tentativa de construir facilidades para explanação, aquisição de conhecimento e aprendizagem automática levam a incorporação explícita de meta-conhecimento ao sistema.

Segundo Aiello [AIE88], existem muitas formas de se utilizar meta-conhecimento em um Sistema Baseado em Conhecimento (SBC), desconsiderando-se a linguagem de representação do conhecimento (lógica, sistemas de produção, redes semânticas, código...) e os mecanismos para definição da comunicação entre nível objeto e meta-nível. Somente considera-se o conhecimento meta-nível explícito, separado do conhecimento a nível objeto.

- *Controle de inferência em solução de problemas* → A tarefa básica é permitir a definição de estratégias de solução (dependentes e independentes do domínio), através do chamado conhecimento de controle (*heurísticas*), que diminui a busca em uma árvore de prova, aumentando a eficiência do processo de pesquisa.
 - *Raciocínio sobre controle* diz respeito às habilidades das propriedades de representação de conhecimento a nível objeto (objetivos, regras, ações) e das representações do estado do processo de inferência. Tais propriedades (meta-regras) são usadas pela inferência do nível objeto como aparato para dinamicamente decidir qual é a melhor inferência a nível objeto.
 - *Conhecimento sobre controle* tem sido proposto principalmente para definir estratégias para seleção de sub-objetivos e regras (resolução de conflitos) num processo de inferência *forward*. Técnicas semelhantes são usadas para raciocínio *backward*, tipicamente associada ao problema do uso de conhecimento sobre falhas.
 - *Controle do conhecimento* tem algumas vezes a forma de recomendações e aconselhamento. Uma porção metodológica relevante é a incrementabilidade, que permite novos conhecimentos sob a forma puramente declarativa. Meta-nível

ao controle do conhecimento pode então ser adicionado, possivelmente levando a algoritmos determinísticos. Metaconhecimento provê um mecanismo de abstração muito poderoso, abstração sob controle, que foi recentemente considerado na estrutura de linguagens algorítmicas e é considerado, ao contrário, como uma porção elementar em linguagens declarativas (representação do conhecimento).

- *Controle de inferência*, através de raciocínio meta-nível, é muito mais poderoso e flexível e, atualmente, mais expressivo do que empregar estratégias de controle específico no processo de inferência. Uma direção promissora de pesquisa está surgindo associada à solução de compilação (possivelmente parcial) de meta-regras.
- *Aumentando o poder expressivo de linguagens de representação do conhecimento* → Uma das principais motivações que tem levado a proliferação de linguagens de representação de conhecimento tem sido a existência de formalismos inadequados para especificar os problemas de representação.

Um problema similar foi resolvido em linguagens algorítmicas para prover poder aos mecanismos de abstração que permitem adaptar facilmente a linguagem às necessidades específicas do usuário. O problema, entretanto, é muito mais complexo em representação do conhecimento, onde a integração de conhecimento e meta-conhecimento tem mostrado ser um mecanismo de abstração muito poderoso que permite resolver uma variedade de problemas de representação, provando ser uma alternativa para o desenvolvimento de linguagens para propósitos gerais. Menciona-se alguns dos mais relevantes problemas de representação e raciocínio que têm sido resolvidos através do uso de meta-conhecimento e meta-raciocínio:

- *conhecimento auto-referencial*
- *conhecimento sobre crença*
- *raciocínio não monotônico, raciocínio frente a mudança de situações*

- *estruturação de conhecimento, raciocínio sobre teorias diferentes de avaliação (e possivelmente inconscientes)*
- *raciocínio sobre múltiplas visões de objetos*
- *Meta-conhecimento na interface de pedaços de conhecimento* → Como já foi mencionado, uma base de conhecimento é estruturada sob a forma de uma coleção de pedaços de conhecimentos separados. O conhecimento que cada componente tem sobre os outros componentes é meta-conhecimento. É, desta forma, muito importante compreender que tipo de comunicação existe entre os vários componentes da base de conhecimento. Dois exemplos interessantes sobre meta-conhecimento em interface estão relacionados a base de dados e solução de problemas distribuídos.

O acesso a uma base de conhecimento dedutiva para uma base de dados existente, requer definir conhecimento sobre o conhecimento modelado pela base de dados. Isto permite definir diferentes interpretações no caso de conhecimento incompleto.

Em solução de problemas distribuídos cooperativos, onde cada nodo deve ser capaz de tomar decisões na base de conhecimento parcial, a coerência global é definida em termos de meta-conhecimento, considerando a base de conhecimento separada das relações de controle sobre os nodos.

Uma interface relevante de uma base de conhecimento é a interface com o mundo externo e, em particular, com os vários usuários da base de conhecimento, o conhecimento relatado e o conhecimento sobre o que o sistema conhece (introspecção).

- *Meta-conhecimento na interface com o usuário* → O objetivo de meta-conhecimento é tornar fácil a interação entre o usuário e a base de conhecimento, quando a base de conhecimento é criada ou atualizada, e quando é utilizada. A interface deve, essencialmente, conter conhecimento sobre as habilidades e o conhecimento do sistema. Semelhante meta-conhecimento pode ser usado para dirigir o processo de aquisição de conhecimento, ou mais especificamente a inserção de novos conhecimentos, que poderia, eventualmente, ser muito similar a uma edição ou processo de compilação.

A interface com meta-conhecimento sobre as habilidades do especialista (perícia), permite a análise *on-line* da base de conhecimento, podendo ser usada por ferramentas de monitoramento e inferência interativa, provendo ao usuário um *trace* (rastreamento) da linha de raciocínio do sistema (explicação do raciocínio).

Tudo o que foi mencionado é extremamente importante para a efetividade do processo de definição e uso de base de conhecimentos. A forma usada no SETA consiste em embutir pedaços de meta-conhecimentos como peças do sistema, em outras palavras, meta-conhecimento está adicionado como extensão da implementação do sistema como alguma rotina que "*faz*" o que a peça de conhecimento "*sabe*".

As formas de meta-conhecimento existentes na ferramenta SETA são rotinas usadas pelos módulos responsáveis pelos mecanismos de explicação, onde são trabalhados três tipos de explicação - *why*, *how* e *why not* (apresentados na seção 3.1.3) - e aquisição de conhecimento, tornando explícito ao usuário o processo de raciocínio do sistema e permitindo a fácil atualização da base de conhecimentos (descrito na seção 3.1.4).

Naturalmente, esta abordagem de meta-conhecimento pode ser muito efetiva em sistemas de raciocínio (como verificado na ferramenta SETA), entretanto, tem muitas limitações. A mais importante delas é que o especialista só tem acesso a meta-conhecimentos definidos pelo projetista, ou seja, a definição de novos meta-conhecimentos pode ser realizada apenas pelo projetista.

O poder e a fraqueza da abordagem utilizada na ferramenta SETA é que, em seu sistema, o meta-nível está abarcado com o nível objeto e, dessa forma, também com a implementação, que faz a junção dos níveis meta e objeto, e faz o sistema trabalhar perfeitamente para a aplicação proposta (tratamento farmacológico). Contudo, torna a abordagem difícil de ser generalizada.

Existem outras abordagens de representar meta-conhecimento em um sistema. Abordagens estas muito mais flexíveis, ou seja, o próprio usuário pode definir seu meta-conhecimento. Isto é possível através do desenvolvimento de meta-linguagens, por onde o usuário expressa descrições de prova (avaliações) ou explicações para o nível objeto. Desta forma, o usuário, acedendo e usando a linguagem de nível objeto e a linguagem de meta-nível pode expressar fatos e inferir novos fatos.

Um exemplo desse tipo de abordagem é o que acontece com o XPLAIN [SWA83]. O XPLAIN é um sistema para desenvolvimento de SE com capacidades de

explicação baseada na racionalização. A abordagem utiliza o seguinte princípio: para obter a informação necessária para a racionalização deve-se anotar o raciocínio usado em cada passo do desenvolvimento do sistema, desde os princípios fundamentais do domínio até a obtenção do sistema executável final. XPLAIN atende este princípio usando um *módulo de desenvolvimento automático* que aceita definições abstratas dos princípios do domínio e produz o código executável para o SE. Assim, o conhecimento do domínio está dividido em duas classes, que são representadas separadamente:

- Conhecimento descritivo do domínio: chamado de modelo do domínio, no XPLAIN, contém fatos descritivos e relações do domínio.
- Conhecimento do domínio para a solução de problemas: chamado de princípios do domínio no XPLAIN, contém o conhecimento que instrui ao programador automático a como atender algum objetivo e pode ser considerado como código do SE.

3.1.2 Mecanismo de Inferência

A Medicina é um exemplo de tarefa do mundo real que desafia a análise absoluta, devido a sua complexidade e falta de conhecimento completo. Em tais domínios, o mecanismo de inferência indicado é o do *raciocínio inexato* [RIC88] [HAR88]. Por essa razão, a ferramenta SETA está baseada em regras e *raciocínio inexato*.

Inicialmente, todos os medicamentos são candidatos potenciais, que podem ser utilizados para o tratamento do paciente. A cada fármaco é associado um fator de preferência para cada informação que pode ser solicitada pelo sistema. As regras de preferência empregam o que pode ser chamado de fatores de indicação, que atuam da mesma maneira que os fatores de certeza empregados no MYCIN [SHO76], ou seja, fornecem evidência positiva (indicam o fármaco) ou negativa (contra-indicam o fármaco).

Os fatores de indicação estabelecem a preferência de um fármaco, que pode ser: *contra-indicação absoluta*, *contra-indicação relativa*, *indicação menos preferencial* e *indicação preferencial*. Uma regra de preferência completa estabelece a preferência de todos os fármacos empregados no SE que se está construindo em relação a uma dada informação.

Para cada informação, solicitada pelo sistema, é associado um parâmetro que representa o grau de importância, daquela informação, na determinação do fármaco mais indicado. O grau de importância pode ser: *mínimo*, *médio* e *máximo*.

Por exemplo, uma regra para um paciente idoso (simplificada por motivos didáticos):

SE PACIENTE É idoso	GRAU DE IMPORTÂNCIA médio
ENTÃO	Nortriptilina É indicado preferencial
	Maprotilina É indicado menos-preferencial
	Trazodone É contra-indicado relativo
	Clomipramina É contra-indicado absoluto

Figura 3.8 Exemplo de regra de preferência

Estas informações podem ser interpretadas da seguinte maneira: quando uma regra indica preferencialmente um fármaco, isto significa que este é amplamente indicado; uma indicação menos preferencial estabelece que o uso é recomendado, mas com restrições. Uma contra-indicação relativa é uma evidência negativa, ou seja, contribui para a não utilização do fármaco; já uma contra-indicação absoluta determina a não utilização do fármaco, em hipótese alguma.

O processo de escolha, assim, está baseado na aplicação das regras de preferência, multiplicadas ao grau de importância de uma dada informação, de modo que, ao final do processo, o sistema possua um conjunto de fármacos candidatos onde a combinação de evidências positivas (indicações) e de evidências negativas (contra-indicações) leve a escolha de um tratamento.

Um outro ponto a ressaltar, diz respeito ao controle do mecanismo de inferência. Para Harmon & King [HAR88] um SE pode ser classificado conforme os seguintes termos:

- a estratégia de encadeamento é regressivo ou progressivo;
- a busca é em amplitude ou em profundidade; e
- o mecanismo de inferência favorece o raciocínio monotônico ou não-monotônico.

Quanto ao controle do mecanismo de inferência, a ferramenta SETA emprega a estratégia de *encadeamento progressivo em profundidade*, favorecendo o *raciocínio não-monotônico*.

Os SEs construídos pela ferramenta SETA são exemplos de sistemas cujo objetivo ou solução precisa ser construído ou montado, porque o número de resultados possíveis é grande. Em sistemas de encadeamento progressivo examinam-se as premissas das regras para ver se são ou não verdadeiras, dadas as informações fornecidas pelo usuário. Se o forem, acrescentam-se as conclusões à lista de fatos que se sabem verdadeiros e o sistema examina novamente as regras. Estes sistemas tornam clara a distinção entre a *base de conhecimento* e a *memória de trabalho*. A memória de trabalho contém fatos que surgem em uma consulta. O raciocínio de um sistema de encadeamento progressivo descreve-se como um ciclo "*reconhecer-agir*" [HAR88]. Primeiro, reconhecem-se as regras aprovadas, dado o conteúdo da memória de trabalho, e inscreve-se na memória de trabalho a conclusão daquela regra. Depois, o sistema prossegue para o próximo ciclo para ver que regras a provam.

Na busca em profundidade, o mecanismo de inferência aproveita toda oportunidade para produzir um sub-objetivo. A busca em profundidade tem o efeito de perseguir um tema particular até serem obtidas todas as informações.

Os sistemas SE contruídos a partir da ferramenta SETA favorecem o raciocínio não-monotônico. Entende-se por raciocínio não monotônico, a capacidade de tornar falso um fato que anteriormente foi considerado verdadeiro, ou seja, os fatos que são verdadeiros podem ser desditos. Nos primeiros estágios de um problema (no início de uma consulta), o sistema pode indicar certo fármaco como sendo o melhor candidato para um tratamento. Mais tarde, à medida que as informações continuam a chegar, pode acontecer que a primeira decisão esteja errada, isto é, aquele fármaco ora indicado, não é mais o preferencial. As decisões e suas conseqüências são corrigidas com o passar do tempo.

3.1.3 Módulo de Explicação

Prover explicações é uma função importante do trabalho de qualquer especialista (seja ele um ser humano ou uma máquina). Os especialistas passam grande parte do seu tempo justificando seu comportamento e suas conclusões. Por esta razão, a maior parte do trabalho em explicação se dá no contexto de SE.

O módulo de explicação descreve o raciocínio do sistema para o usuário. A explicação consiste em um processo de transformação de conhecimento representado na base de conhecimento do SE ou deduzido no processo de busca de uma solução (de uma forma tratável pelo sistema para uma forma acessível ao usuário).

Uma característica dos SE é que eles podem produzir resultados não satisfatórios, visto que podem basear-se em informação incompleta ou incorreta. Se existe a possibilidade do sistema produzir resultados incorretos, o usuário não pode aceitar os resultados cegamente. Uma resposta, acompanhada dos argumentos que levaram a sua obtenção, convence ou não o usuário, além de eliminar a idéia de que o sistema é o "*dono da verdade*" e está impondo o seu raciocínio sobre o do usuário.

A explanação dentro de SEs tenta atender aos objetivos abaixo [ROL88] [BUC84] [WEI80] [STE88]: auxiliar na depuração do sistema; aumentar a credibilidade do sistema e garantir sua aceitação; transferir a perícia do sistema para os usuários; esclarecer termos e conceitos empregados no sistema; e informar o usuário do estado corrente do sistema.

Duas classes bem diferentes de usuários utilizam a ferramenta de explanação: o projetista e o usuário final. Uma explanação adequada para o projetista pode não ser adequada para o usuário final, pois ambos interagem com o sistema com objetivos distintos. Por essa razão, a ferramenta SETA apresenta formas distintas de explanação: uma presente no módulo de aquisição de conhecimento, e outra atrelada ao módulo de consulta de um SE.

3.1.3.1 A explanação no módulo de aquisição de conhecimento

Esta explanação, também conhecida por *explanação com foco na depuração*, tem como objetivo fundamental o auxílio à depuração da base de conhecimento do SE. Este tipo de explanação foi desenvolvido a partir dos primeiros SE com facilidades de explanação como MYCIN [SHO76] e o PROSPECTOR [DUD84]. Realmente, o propósito original da criação de mecanismos de explanação era o suporte à construção incremental da base de conhecimento.

Teoricamente, o código de qualquer programa é utilizado de alguma forma para modelar o domínio da aplicação. Uma das dificuldades primárias, para o desenvolvimento e manutenção de qualquer programa, é compreender a correspondência entre o código do programa e os elementos do domínio.

O programador de alguma forma deve relacionar a execução do programa ao mundo real. Mecanismos de explanação facilitam bastante esta tarefa, pois *descrevem dinamicamente* a execução do programa ao programador, diminuindo a obrigação de memorizar o nome e o significado das variáveis do programa. A necessidade de explanação aumenta ainda mais quando se tenta envolver o especialista na construção e verificação da base de conhecimento.

Dado um mecanismo de explanação, qualquer um que compreende a estrutura de explanação e o domínio de aplicação pode, ao menos até um grau significativo, compreender a operação do sistema. A visibilidade provida por um mecanismo de explanação também torna as suposições explícitas, auxiliando o especialista na previsão do impacto de possíveis mudanças e na correção de erros.

Este tipo de explanação também pode ser considerada uma explanação com foco na racionalização, pois apresenta o encadeamento das regras, que equivale ao raciocínio do sistema. No módulo de aquisição de conhecimento da ferramenta SETA, o encadeamento das regras é apresentado textualmente, como foi demonstrado na seção 3.1.4. Entretanto, pretende-se, em versões futuras, utilizar as facilidades de um editor gráfico, através do qual o encadeamento das regras poderá ser apresentado sob a forma de um grafo direcionado (árvore de decisão).

A chave na racionalização é explicar porque o sistema está seguindo uma determinada linha de raciocínio. Idealmente, ao invés de simplesmente prover algum nível de descrição dos objetivos correntes da linha de raciocínio do sistema, este tipo de explanação deveria endereçar o mesmo tipo de questões que poderia ocorrer em um diálogo entre especialistas humanos. Estas questões poderiam incluir informações como:

- Por que foi seguida uma estratégia de raciocínio particular?
- Que estratégias possíveis foram consideradas antes de uma ser selecionada?
- Quais fatores foram considerados na seleção?
- Quais fatores foram considerados quando um resultado foi gerado?

A maioria dos SE não considera estas questões. Estes sistemas podem prover explanação somente em termos do processamento que ocorreu *internamente ao sistema*. Esta situação ocorre porque, normalmente, as ferramentas de explanação estão simplesmente *parafraseando* o código interno do programa. Nestes SE o mecanismo de explanação tem acesso apenas ao código, que é o resultado do processo de desenvolvimento, e não ao próprio processo de desenvolvimento.

Para prover explanação em profundidade, o sistema deve ter acesso ao raciocínio relacionado ao domínio de aplicação que foi considerado durante o desenvolvimento do sistema. A profundidade do conhecimento pode ser estendida usando-se um modelo causal (ou modelo do domínio), que explica porque as regras são como são.

"Um modelo é a representação de um sistema" [FEG84]. "Modelo" é um termo com diferentes significados que incluem modelos físicos (podendo ser usados como ferramentas que antecipam a estrutura e predizem o comportamento de aplicações complexas e de alto custo, tais como o protótipo de uma astronave, por exemplo), modelos matemáticos (descrevem explicitamente o comportamento funcional dos sistemas usando a linguagem precisa e abstrata da matemática, sendo a estrutura representada implicitamente, ou seja, qualquer conhecimento de como selecionar os valores de entrada apropriados para usar na execução do modelo está contido fora do modelo em si) e modelos simbólico-formais (incluem descrições simbólicas de um domínio, descrição do comportamento do sistema no domínio e a apresentação do modelo e seu comportamento, isto é, enfatiza a relação entre entrada, saída e estados internos do sistema modelado).

Os modelos representam informação descritiva sobre os objetos do sistema e sobre as relações entre estes objetos, ou seja, descrevem a estrutura e a função do sistema modelado. O sistema gera a resolução de problemas e explicações percorrendo o modelo causal, que contém conhecimento que não está explícito na base de conhecimento.

Como a geração de explicações poderosas é um dos requisitos básicos para a construção de SE que possuam um comportamento de SSPC, este foi um dos objetivos primários do projeto da ferramenta SETA.

Um modelo causal, dependendo da estrutura e função do problema a ser modelado, pode ser formado pela complementação de modelos simbólico-formais com modelos matemáticos e heurísticas, visando eficiência do sistema, como em [KUN83]. Na ferramenta SETA, um modelo causal foi construído usando a idéia de complementação de modelos, ou seja, o SBR (modelo simbólico-formal) está associado a uma função (modelo matemático), permitindo a representação explícita da estrutura e função do problema modelado, conforme descrito na seção 3.1.1.

O processo de aquisição de conhecimento emprega o modelo causal para facilitar a interação com o usuário (projetista), tornando a estrutura e a função do modelo úteis para a inspeção, extensão e modificação de seu conhecimento, permitindo, desta forma, o acesso ao raciocínio relacionado ao domínio de aplicação que foi considerado durante o desenvolvimento do sistema.

No momento da aquisição do conhecimento clínico, a interação do sistema com o usuário, que muitas vezes é o próprio especialista, assemelha-se ao diálogo entre dois especialistas humanos. Para exemplificar, considere a situação apresentada

abaixo. retirada do SE de apoio ao tratamento dos transtornos afetivos (simplificada por motivos didáticos):

Sistema: Para a regra do diagnóstico de Ciclagem Rápida, a classificação dos fármacos é a seguinte:

FÁRMACO	CLASSIFICAÇÃO
Ácido Valpróico	indicado menos preferencial
Amineptina	contra-indicado absoluto
Carbamazepina	indicado preferencial
Lítio	indicado menos preferencial
Maprotilina	contra-indicado relativo

Usuário: *Que fatores foram considerados para a geração desse resultado - , ou seja, que características farmacológicas foram definidas?*

Sistema: Os fatores considerados foram:

COD	CARACTERÍSTICA FARMACOLÓGICA	NATUREZA	VALOR
C01	Pode provocar virada maníaca	negativa	1
C02	Provoca ou agrava depressão	negativa	1
C03	É eficaz no tratamento da Ciclagem Rápida	positiva	2

Usuário: Não estou convencido de seu raciocínio, mostre-me mais.

Sistema: O resultado alcançado está baseado nas seguintes informações:

FÁRMACO	C01	C02	C03	RESULTADO
Ácido Valpróico	não possui	não possui	médio	ind. menos preferencial
Amineptina intenso	não possui	não possui	contra-ind. relativo	
Carbamazepina	não possui	não possui	intenso	ind. preferencial
Lítio	não possui	não possui	não possui	ind. menos preferencial
Maprotilina médio	não possui	não possui	contra-ind. relativo	

Figura 3.9 Processo de aquisição do conhecimento clínico do sistema SETA

Através deste diálogo, o sistema tem condições de apresentar seu processo de raciocínio ao usuário. Caso este discorde de alguma decisão tomada pelo sistema, poderá modificar a lista de características farmacológicas definida para esta regra, alterando os atributos "natureza" e "valor", ou então excluindo da lista e inserindo características *a priori* não consideradas.

O SETA, na versão anterior, recebia as regras de preferência farmacológica diretamente do projetista, ou seja, elas não eram construídas a partir das regras de aplicação clínica e de descrição farmacológica. Isto culminou em problemas no processo de explanação, visto que o sistema estava impedido de justificar por que certo fármaco era indicado, ou não, em uma regra particular. Como a explanação é fundamentalmente um processo de tradução de conhecimento de uma forma para outra, um SE somente pode explicar aquilo que ele conhece. O conhecimento que não

está representado no sistema não pode ser explicado. Partiu-se, então, para o uso de meta-regras como recurso para melhorar a explanação, sob a seguinte forma:

<p>MELHOR para idoso menos hipotensor e menos anticolinérgico</p> <p>MELHOR para compulsivo-obsessivo menos anticolinérgico</p>
--

Figura 3.10 Meta-regras de justificativa para as regras de preferência utilizadas na primeira versão do sistema SETA

Note-se que as meta-regras da figura 3.10 são totalmente dispensáveis para que o sistema execute normalmente. Estas meta-regras representam princípios fundamentais do domínio, e o sistema chegaria a uma resposta adequada mesmo sem este conhecimento. O processo de explanação em profundidade tornou-se um tanto prejudicado, visto que era impossível ter acesso ao raciocínio relacionado ao domínio de aplicação que foi considerado durante o desenvolvimento do sistema.

Construir uma função que contemplasse o processo de raciocínio do especialista, realmente não foi tarefa fácil. A idéia originou-se da maneira como o especialista procede, de forma automática, à classificação de um medicamento. Por exemplo, quando um paciente é portador de lentificação motora, o médico determina a melhor droga através da análise das características farmacológicas que refletem a influência sobre a cura deste problema, seja esta influência positiva, "*é eficaz no tratamento da depressão*", ou negativa, "*provoca sedação*" e "*provoca ou agrava depressão*".

A utilização de uma função que implementa, até certo ponto, a forma com que o especialista pensa, simplificou e fortaleceu o processo de explanação do sistema, tornando o mesmo mais próximo da realidade especialista. Sabe-se que, quanto maior a transparência do formalismo de representação do conhecimento, mais simples será a geração de explicações. Nos sistemas em que o conhecimento é opaco, a geração de explicações é complicada (não adianta expor a linha de raciocínio do sistema, pois esta nada tem a ver com o raciocínio do usuário).

3.1.3.2 A explanação no módulo de consulta de um SE

Em muitos dos domínios onde os SE operam, as pessoas não podem aceitar um resultado, a menos que estejam convencidas da precisão do processo de raciocínio

que produziu esses resultados. Isto é verdadeiro, por exemplo, na Medicina, onde o médico terá a responsabilidade final de prescrever um tratamento farmacológico a um paciente. Um outro exemplo é o tratamento de distúrbios psiquiátricos, no qual são necessárias de 4 a 6 semanas para constatar-se que um tratamento não obteve resultado satisfatório. As conseqüências mais comuns, decorrentes de uma seleção de tratamento inadequado, são [COR92]: o paciente desenvolve efeitos colaterais severos, que obrigam a interrupção do uso da droga; o agravamento de outros problemas ou doenças físicas do paciente (como por exemplo: úlcera, alergia, obesidade); e o tratamento não surte resposta satisfatória.

A explanação no módulo de consulta de um SE, construído a partir da ferramenta SETA, está direcionada ao usuário final (médico), com o objetivo de auxiliar na escolha do tratamento farmacológico mais adequado para pacientes que sofrem de algum tipo de enfermidade que é conhecida pelo SE em questão.

O processo de escolha do tratamento que vai ser utilizado em um determinado paciente envolve a consideração de uma série de fatores complexos e inter-relacionados, que caracterizam as atividades executadas por especialistas em geral.

Assim, é importante que o processo de raciocínio utilizado nesses programas seja transparente e que o meta-conhecimento (conhecimento a respeito do processo de raciocínio) suficiente esteja disponível para que as explicações desses passos possam ser geradas. Para geração de explicações nos SE criados a partir da ferramenta SETA, várias estruturas de meta-nível são utilizadas.

A explanação do tipo *why* é gerada por frases que estão associadas às regras, que envolvem entrada de dados pelo usuário. Seu objetivo é explicar por que uma informação que está sendo solicitada ao usuário é importante para o sistema. O exemplo de explanação *why* apresentado na figura 3.11 foi retirado do SE de apoio ao tratamento farmacológico dos transtornos afetivos.

<p>Informe a idade do paciente: why</p> <p>[isto é, o usuário deseja saber por que a "idade do paciente" é importante para a escolha de um fármaco. O sistema oferece a seguinte explanação:]</p> <p>No caso de pacientes idosos são preferenciais os medicamentos menos anticolinérgicos e menos hipotensores, para se evitar quadro de intoxicação anticolinérgica, fáceis de ocorrer em tais pacientes. Também deve-se preferir os fármacos com menos efeitos sobre o sistema cardiovascular. O sistema considera idosos pacientes com idade igual ou superior a 65 anos.</p>

Figura 3.11 Exemplo de explanação *why* no sistema SETA

A explanação *why* nos SE criados a partir da ferramenta SETA é também um tipo de explanação que tem como foco a geração de esclarecimentos, procurando definir ao usuário o significado de *termos* e *conceitos* empregados no sistema. Um exemplo, também retirado do SE de Apoio ao Tratamento Farmacológico dos Transtornos Afetivos, é apresentado na figura 3.12.

Seu paciente é um esquizoafetivo tipo depressivo? **o que**
 [isto é, o usuário está confuso quanto a definição da expressão "esquizoafetivo tipo depressivo". O sistema oferece a seguinte explanação:]
 São pacientes com diagnóstico de esquizofrenia que, em algum momento, apresentam sintomas de depressão maior ou síndrome maníaca. Normalmente o distúrbio de humor é breve, ocorrendo também delírios e alucinações por pelo menos 2 semanas. No tipo depressivo não há síndrome maníaca atual ou prévia.

Figura 3.12 Exemplo de explanação *why* com foco na geração de esclarecimentos

Outra técnica de explanação utilizada na ferramenta SETA é a explanação *how*. Uma vez que o sistema apresenta uma resposta (indica um fármaco), o usuário pode desejar saber como esta resposta foi alcançada. Uma maneira adequada de satisfazer este "desejo" é mostrar as evidências, isto é, as regras e fatos que sustentam a resposta [BRA86].

Para ser possível a geração da explanação *how*, é preciso montar uma estrutura que armazena todas as regras que foram utilizadas pelo sistema para provar o objetivo do usuário. Esta estrutura é denominada árvore de prova. A geração da explanação *how* consiste na apresentação da árvore de prova, ou seja, enquanto a explanação *why* é local, a explanação *how* é global, apresentando a árvore de prova completa para um objetivo [ROL88].

A explanação *how* está inserida no laudo final, que o SE produz, sob a forma de um texto que interpreta aspectos da conclusão da regra, de maneira adequada a compreensão do usuário final. Um exemplo de explanação *how* é apresentado na figura 3.13.

Um outro tipo de explanação gerado nos SE criados pela ferramenta SETA é a denominada por *why not*. A explanação *why not* possui duas maneiras de implementação:

SE PACIENTE É obsessivo-compulsivo GRAU DE IMPORTÂNCIA mínimo		
ENTÃO	Nortriptilina	É indicado_menos preferencial,
	Clonazepan	É contra_indicado_relativo,
	Fluoxetina	É indicado_preferencial,
	Clomipramina	É indicado_preferencial
[explicação <i>how</i> que corresponde a regra acima]		
Dar preferência a fármacos que são inibidores da recaptção da serotonina e que comprovadamente são efetivos no tratamento do Transtorno Obsessivo-Compulsivo (Clomipramina, Fluoxetina)		

Figura 3.13 Exemplo de explicação *how* no sistema SETA

- Descrição das regras e fatos que evitaram que o sistema chegasse a uma conclusão ou resultado específico. A geração desta explicação baseia-se no raciocínio *contrafactual*, construindo uma árvore para a negação de uma determinada conclusão.
- Tratamento de um resultado que o usuário achava correto através do confronto com a resposta do sistema. Cabe ao sistema justificar por que a resposta do sistema é melhor ou mais adequada do que a alternativa fornecida pelo usuário. Este tipo de explicação necessita de muito conhecimento sobre o domínio e sobre a base de conhecimentos e suas regras (conhecimento e meta-conhecimento) para comparar as duas alternativas. Este processo é alcançado através das regras de preferência clínica e de descrição farmacológica, juntamente com a meta-regra de preferência definida pela função, descrita na seção 3.1.1.1.

O exemplo formado pelas figuras 3.14, 3.15, 3.16 e 3.17 ajudarão a tornar mais clara a explicação *why not*. Na figura 3.14, são apresentadas as regras de aplicação clínica para paciente portador de *depressão maior episódio recorrente*, cuja intensidade do quadro depressivo é moderada, assim como uma regra para paciente com ansiedade e/ou insônia importantes. A figura 3.15 apresenta as regras de descrição farmacológica dos medicamentos envolvidos no exemplo, ou seja, ácido valpróico, amitriptilina e fluoxetina. Para completar a base de conhecimentos, a figura 3.16 exhibe as regras de preferência que foram criadas pela função, descrita na seção

3.1.1.1, a partir da combinação das regras de aplicação clínica e de descrição farmacológica apresentada.

SE PACIENTE É portador de depressão maior epis. recorrente	GRAU DE IMPORTÂNCIA máximo
ENTÃO CARACTERÍSTICA É eficaz no trat.da depressão	NATUREZA Positiva VALOR 3
CARACTERÍSTICA Provoca ou agrava depressão	NATUREZA Negativa VALOR 1
CARACTERÍSTICA Prov.hipertensão alim.tiranina	NATUREZA Negativa VALOR 2
SE PACIENTE É portador de ansiedade e/ou insônia	GRAU DE IMPORTÂNCIA mínimo
ENTÃO CARACTERÍSTICA Agrava sintomas de ansiedade	NATUREZA Negativa VALOR 3
CARACTERÍSTICA Provoca sedação	NATUREZA Positiva VALOR 2
SE PACIENTE É portador de depressão c/intensidade moderada	GRAU DE IMPORTÂNCIA mínimo
ENTÃO CARACTERÍSTICA É pref. em depres. moderadas	NATUREZA Positiva VALOR 3

Figura 3.14 Regras de aplicação clínica aplicadas no exemplo de explanação *why not*

SE FÁRMACO É Ácido Valpróico	
ENTÃO CARACTERÍSTICA É eficaz no trat.da depressão	PRESENÇA não possui
CARACTERÍSTICA Provoca ou agrava depressão	PRESENÇA não possui
CARACTERÍSTICA Prov.hipertensão alim.tiranina	PRESENÇA não possui
CARACTERÍSTICA Agrava sintomas de ansiedade	PRESENÇA não possui
CARACTERÍSTICA Provoca sedação	PRESENÇA fraca
CARACTERÍSTICA É pref. em depres. moderadas	PRESENÇA não possui
SE FÁRMACO É Amitriptilina	
ENTÃO CARACTERÍSTICA É eficaz no trat.da depressão	PRESENÇA intensa
CARACTERÍSTICA Provoca ou agrava depressão	PRESENÇA não possui
CARACTERÍSTICA Prov.hipertensão alim.tiranina	PRESENÇA não possui
CARACTERÍSTICA Agrava sintomas de ansiedade	PRESENÇA não possui
CARACTERÍSTICA Provoca sedação	PRESENÇA intensa
CARACTERÍSTICA É pref. em depres. moderadas	PRESENÇA média
SE FÁRMACO É Fluoxetina	
ENTÃO CARACTERÍSTICA É eficaz no trat.da depressão	PRESENÇA intensa
CARACTERÍSTICA Provoca ou agrava depressão	PRESENÇA não possui
CARACTERÍSTICA Prov.hipertensão alim.tiranina	PRESENÇA não possui
CARACTERÍSTICA Agrava sintomas de ansiedade	PRESENÇA média
CARACTERÍSTICA Provoca sedação	PRESENÇA não possui
CARACTERÍSTICA É pref. em depres. moderadas	PRESENÇA intensa

Figura 3.15 Regras de descrição farmacológica aplicadas no exemplo de explanação *why not*

SE PACIENTE É portador de depressão maior epis. recorrente	GRAU DE IMPORTÂNCIA máximo
ENTÃO Ácido Valpróico É contra_indicado_relativo	
Amitriptilina É indicado_preferencial	
Fluoxetina É indicado_preferencial	
SE PACIENTE É portador de ansiedade e/ou insônia	GRAU DE IMPORTÂNCIA mínimo
ENTÃO Ácido Valpróico É indicado_preferencial	
Amitriptilina É indicado_preferencial	
Fluoxetina É contra_indicado_relativo	
SE PACIENTE É portador de depressão c/intensidade moderada	GRAU DE IMPORTÂNCIA mínimo
ENTÃO Ácido Valpróico É contra_indicado_absoluto	
Amitriptilina É indicado_menos_preferencial	
Fluoxetina É indicado_preferencial	

Figura 3.16 Regras de preferência aplicadas no exemplo de explicação *why not*

O fragmento de diálogo ilustrado na figura 3.17, foi retirado do SE de apoio ao tratamento farmacológico dos transtornos afetivos. A primeira parte do diálogo (figura 3.17a) apresenta a explicação *why not*, cuja conclusão está visivelmente na base de conhecimentos, ou seja, ácido valpróico é absolutamente contra-indicado para pacientes que padecem de depressão. Na geração desta explicação, o sistema baseia-se no *raciocínio contrafactual* para provar a negação do uso desta droga. Na verdade, esta explicação é representada por uma lista, com todos os medicamentos estritamente contra-indicados e suas respectivas justificativas, formada pelo sistema no laudo final.

Paciente apresenta depressão maior episódio recorrente? **Sim**
 Qual é a intensidade do quadro depressivo? **Moderada**
 Paciente apresenta ansiedade e/ou insônia importantes? **Desconhece**
 Resultado: Baseado nestas informações, recomenda-se o uso de Fluoxetina...

[Imagine-se que o usuário acreditava que o melhor tratamento seria o Ácido Valpróico, então o usuário pode solicitar ao sistema:]

Por que não Ácido Valpróico?

[Neste caso o sistema possui conhecimento suficiente para afirmar porque o Ácido Valpróico não deve ser utilizado, gerando a explicação *why not*]

O Ácido Valpróico não deve ser utilizado pois está absolutamente contra-indicado em pacientes que apresentam depressão, pois não é eficaz no tratamento da depressão..

Figura 3.17a Exemplo de explicação *why not* no sistema SETA

A segunda parte do diálogo, figura 3.17b, ilustra a explicação *why not* a partir do confronto de um resultado que o usuário achava correto com a resposta do

sistema. A comparação entre os dois medicamentos considera também a existência de informação incompleta pelo usuário, quando da interação deste com o sistema

<p>Por que não a Amitriptilina?</p> <p>[Neste caso, baseado nas regras presentes na memória de trabalho, o sistema não consegue apresentar uma razão forte para a não indicação da Amitriptilina..O sistema, então, busca a presença de informação incompleta nos dados informados pelo usuário, ou seja, presença de respostas do tipo desconhece]</p> <p>O sistema chegou ao resultado baseado em informação incompleta, não descartando a possibilidade de uso da Amitriptilina.</p> <p>Deseja refinar o processo de seleção? Sim.</p> <p>Paciente apresenta ansiedade e/ou insônia importantes? Sim</p> <p>Resultado: Baseado nesta informações recomenda-se o uso de Amitriptilina...</p> <p>Por que não Fluoxetina?</p> <p>[Neste caso , o sistema tem que mostrar porque a Fluoxetina não é mais a melhor escolha.]</p> <p>A Amitriptilina é uma melhor escolha do que a Fluoxetina, porque a Fluoxetina não deve ser utilizada, pois não provoca sedação e agrava sintomas de ansiedade.</p>
--

Figura 3.17b Exemplo de explanação *why not* no sistema SETA

3.1.4 Módulo de Aquisição de Conhecimentos

Uma preocupação padrão no desenvolvimento de qualquer SE está na forma de como atualizar sua ampla e crescente base de conhecimento. Uma solução proposta universalmente é o uso de uma ferramenta de aquisição de conhecimento como TEIRESIAS [BUC78], MOLE [ESH88]. Esta ferramenta interage com especialistas do domínio, organiza os conhecimentos que adquire, e gera um SE. Uma ferramenta também pode ser usada para testar e manter o programa que ele gera. O aspecto interessante deste tipo de ferramenta é que o especialista do domínio pode utilizá-la para atualizar uma base de conhecimento sem ter o conhecimento básico sobre as técnicas de IA.

Uma ampla base de conhecimentos pode ser mantida através de sua organização, de acordo com as diferentes funções que o conhecimento representa. Funções do conhecimento, unidades organizacionais da base de conhecimento são explicitamente formuladas de acordo com a definição de um método de solução de problemas.

O sistema SETA é tanto um sistema de consulta, que interpreta uma base de conhecimento dependente do domínio, como uma ferramenta para a construção e refinamento desta base de conhecimentos, através do seu módulo de aquisição dos mesmos.

O sistema de consulta SETA define a tarefa como sendo representada por um problema de *classificação heurística*, ou seja, um fármaco é selecionado a partir de um conjunto previamente definido de candidatos (lista de drogas: Amitriptilina, Clomipramina...), baseado na reflexão sobre considerações evidenciadas (por exemplo, no SE de apoio ao tratamento dos transtornos afetivos tem-se as seguintes considerações evidenciadas: diagnóstico, idade, perfil sintomático, uso prévio de AD, doenças concomitantes) [CLA84] [BUC84].

O módulo de aquisição de conhecimento constrói uma base de conhecimento através da obtenção da perícia do especialista, guiado pela forma como ele representa suas habilidades através de um método de solução de problemas, e ajusta o conhecimento adquirido, refinando a base de conhecimentos através de um mecanismo de explanação que permite certa interação cooperativa entre o sistema e o usuário (engenheiro do conhecimento ou especialista do domínio).

O módulo de aquisição de conhecimentos do sistema SETA é apresentado em detalhes na seção 3.3, que descreve a ferramenta de construção, visto que ambos elementos compartilham do mesmo processo de aquisição de conhecimentos.

3.2 Interface com o Usuário

A operação do Sistema SETA, ou melhor, sua interface com o usuário, está baseada em "*menus de opções*" e numa estrutura de telas bastante simples e eficiente, como ilustrada na Fig. 3.18.

Nesta tela podem ser identificados os seguintes elementos:

- **Linha de "Status"**

Primeira linha da tela, na qual são apresentadas (em vídeo reverso) informações de "status" do sistema. Estas informações são constantemente atualizadas, durante a operação. São apresentadas as seguintes informações:

- O quadro à esquerda identifica o sistema, no caso "Sistema Especialista para Apoio ao Uso de Psicofármacos". Embora o título do sistema refira-se a psicofármacos, este abrange também outros grupos de drogas. A permanência deste título é devido ao contato mantido com a equipe de psiquiatras, responsáveis pela concepção do sistema SETA desde a primeira versão, visto que a idéia inicial era de ampliar o sistema para apoio ao tratamento de outros transtornos psiquiátricos (DOC, fobias, pânico), que não o dos transtornos afetivos, ora desenvolvido.

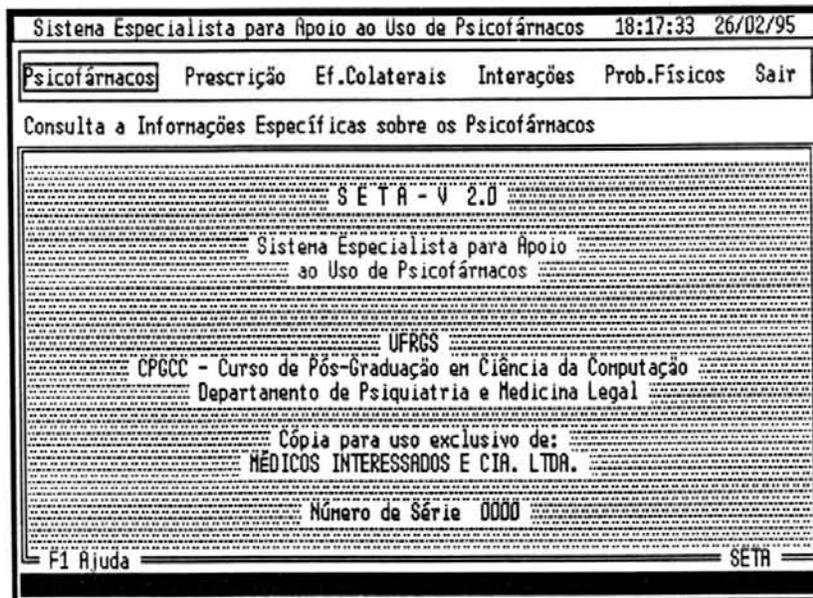


Fig. 3.18 Tela Padrão do Sistema SETA

- Os dois quadradinhos à direita indicam a hora e a data atuais do sistema operacional.
- **Menu de Operações**
Na terceira linha da tela, envolto por uma moldura, é apresentado o "menu de operações" do módulo que está sendo utilizado. A opção escolhida está sob o cursor luminoso (em vídeo reverso).
- **Linha de Orientação**

É a quinta linha da tela, na qual é apresentada uma mensagem explicativa da opção selecionada. No caso, a mensagem é "*Consulta a informações específicas sobre os psicofármacos*".

- **Janela de Trabalho**

Da linha 7 à linha 22, envolta por uma moldura dupla, é apresentada a "*janela de trabalho*" do sistema. Através desta janela, o sistema realiza todas as suas operações, tanto dos módulos que compreendem a engenharia de informação (inclusão, alteração, exclusão e consulta), como do módulo destinado a engenharia de conhecimento (criação, consulta e aquisição de conhecimentos). Além disso, nesta janela, também são apresentadas informações de orientação ao usuário durante a execução de determinadas operações ou quando da solicitação do "*Help*". No exemplo estão sendo apresentadas informações sobre o sistema e registro de propriedade.

- **Linha de Funções**

Na linha 23, sobre a moldura, são apresentados quadrinhos indicando funções adicionais. No exemplo temos apenas "*F1 Help*", indicando que, ao pressionar a tecla <F1>, será acionado o Help do sistema.

- **Linha de Mensagens**

Na última linha da tela (linha 24), são apresentadas mensagens ao usuário. Estas mensagens podem ser de três tipos:

- **Informativas:** informando ao usuário a ação a tomar.
- **De advertência:** indicando que alguma solicitação não pode ser atendida, ou ocorreu algum problema ou que a operação executada foi concluída. Neste caso, o alarme do equipamento soará e uma mensagem que pisca será apresentada em vídeo reverso.
- **De solicitação:** aguardando a confirmação de uma operação por parte do usuário ou solicitando a escolha de uma nova operação.

Toda a operação do Sistema SETA está, basicamente, baseada em telas com esta estrutura. Além de facilitar o aprendizado do usuário, uma vez que as telas

possuem sempre o mesmo formato, mostraram ser bastante eficientes, pois o conjunto de informações apresentado é sempre consistente. Estas características dão segurança ao usuário, durante a operação do sistema, agilizando muito o seu aprendizado.

A operação do Sistema SETA é bastante simples e estruturada. Após sua instalação, para executá-lo, basta digitar:

C:\seta>SETA

Após alguns instantes (carga do sistema), a tela de abertura, representada na figura 3.18, é apresentada. Nesta tela, através do menu principal, podem ser selecionadas as seguintes opções: Fármacos, Prescrição, Efeitos Colaterais, Problemas Físicos e Interações Medicamentosas.

Para escolher uma das opções apresentadas pelo menu, basta movimentar o apontador luminoso (cursor), através das setas (direita e esquerda), e teclar <Enter> sobre a opção desejada. Alternativamente, pode ser teclada a primeira letra de cada opção; como mais de uma opção se inicia pela mesma letra (Prescrição e Problemas Físicos), a que aparece em primeiro lugar no menu é a selecionada.

Para finalizar a operação, seleciona-se a opção "Sair". Neste caso, a tela, ilustrada na Fig. 3.19, é apresentada, solicitando sua confirmação. Desde que realmente se deseje finalizar a operação do sistema e retornar ao sistema operacional, confirma-se com "S" (sim).

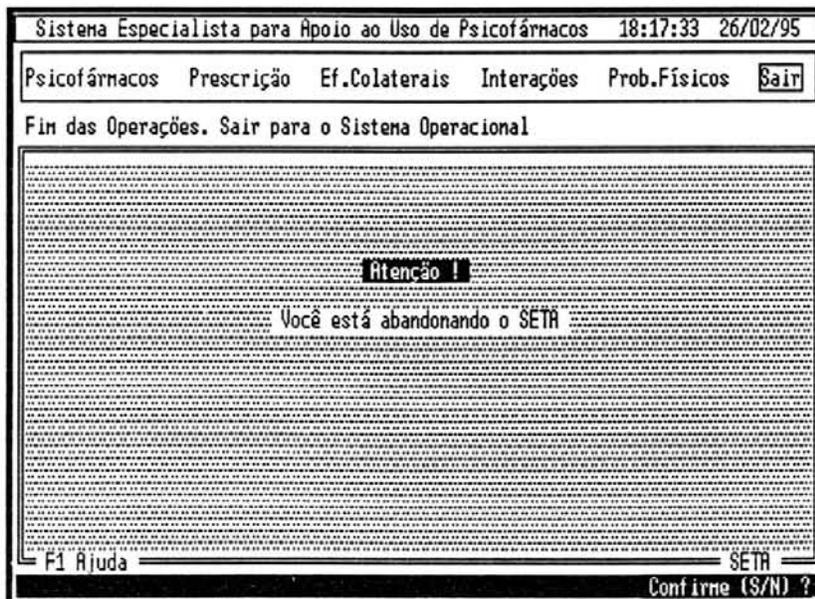


Fig. 3.19 Tela de Finalização do Sistema

- sistema apresenta facilidades de Help *on-line*, em qualquer parte do SETA, para esclarecimentos sobre a operação do sistema. Caso o usuário tenha alguma dúvida, pressionando a tecla <F1> ou qualquer outra tecla não disponível na linha de funções, apresentada em vídeo reverso, uma tela de "Help", semelhante a ilustrada na figura 3.20, é apresentada. Conforme informação obtida a partir da tela de "Help", ao se pressionar a tecla indicada, a função correspondente é acionada.

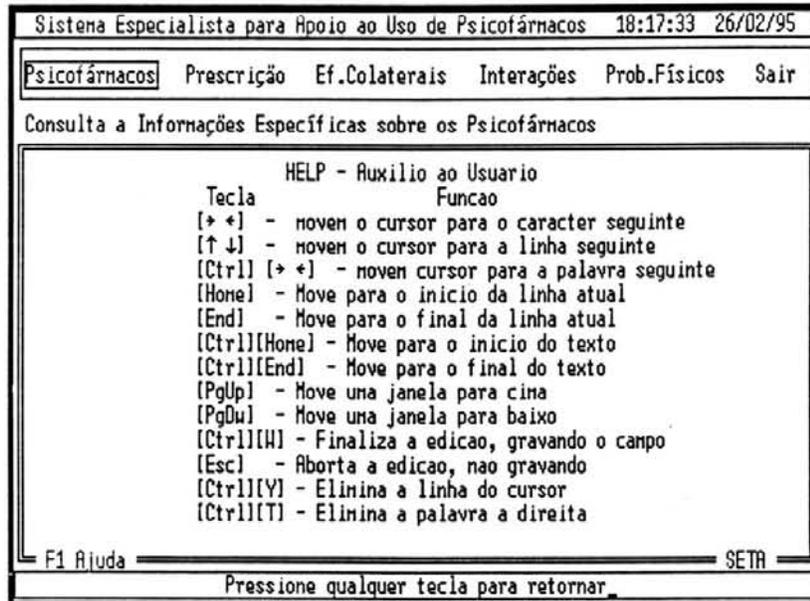


Figura 3.20 Exemplo de tela de Help do sistema

3.3 Ferramenta de Construção

A opção *Prescrição* do menu principal, além da consulta aos SEs criados a partir do sistema SETA, também permite o acesso ao módulo de aquisição de conhecimentos e, conseqüentemente, à ferramenta de construção de novos SEs, conforme ilustrado na figura 3.21.

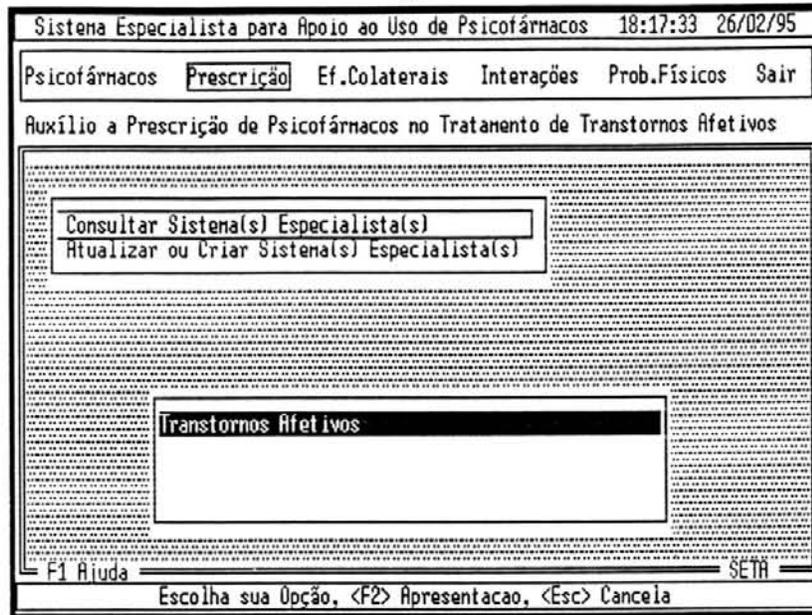


Figura 3.21 Menu de acesso ao módulo especialista e à ferramenta de construção

SETA pertence a uma família de ferramentas de aquisição de conhecimentos que utiliza-se do método de solução de problemas usado por seus SEs. Exemplos de tais sistemas são TEIRESIAS [DAV82], ETS [BOO84] e MOLE [ESH86]. O método de solução de problemas do sistema SETA incorpora certas suposições explícitas sobre o mundo (diversas suposições a respeito de como os especialistas expressam-se) que são exploradas durante o processo de aquisição de conhecimento.

O objetivo foi tornar o sistema SETA cooperativo, isto é, capacitá-lo de recursos que permitam uma interação colaborativa com o usuário, durante a construção de bases de conhecimentos. A estratégia de desenvolvimento utilizada foi permitir a construção de SEs a partir de informações sobre farmacologia e sobre perícia médica, obtidas com especialistas. Tomando-se por base estas informações, o sistema define as regras de preferência (ou meta-regras), através do uso da função, descrita na seção 3.1.1.1, permitindo, dessa forma, a construção de SE *evolutivos*.

Na próxima seção será descrita a forma como o conhecimento do SETA é explorado na aquisição de conhecimentos, ou seja, como o seu conhecimento meta-nível influencia o seu processo de aquisição de conhecimentos.

3.3.1 O Método SETA

A partir da obtenção de informações sobre o mundo (informações clínicas de um paciente), e interpretando as regras ou associações em vista destas aquisições, SETA é capaz de obter um interessante modelo para o seu processo de aquisição de

conhecimentos. O método de solução de problemas SETA consiste dos seguintes passos.

- (1) Permite a entrada de informação fornecida pelo usuário que precisa ser considerada para a determinação de um tratamento farmacológico. Durante consulta a um SE, criado a partir da ferramenta SETA, o usuário pode interagir com o sistema através de menus que permitem a escolha de uma única ou várias opções. O usuário pode, quando não tem certeza de alguma informação, responder que "Desconhece" a informação solicitada (empregam-se mecanismos de avaliação parcial). As figuras 3.22 e 3.23 ilustram exemplos de interação com o usuário retirados do SE de apoio ao tratamento farmacológico dos transtornos afetivos.

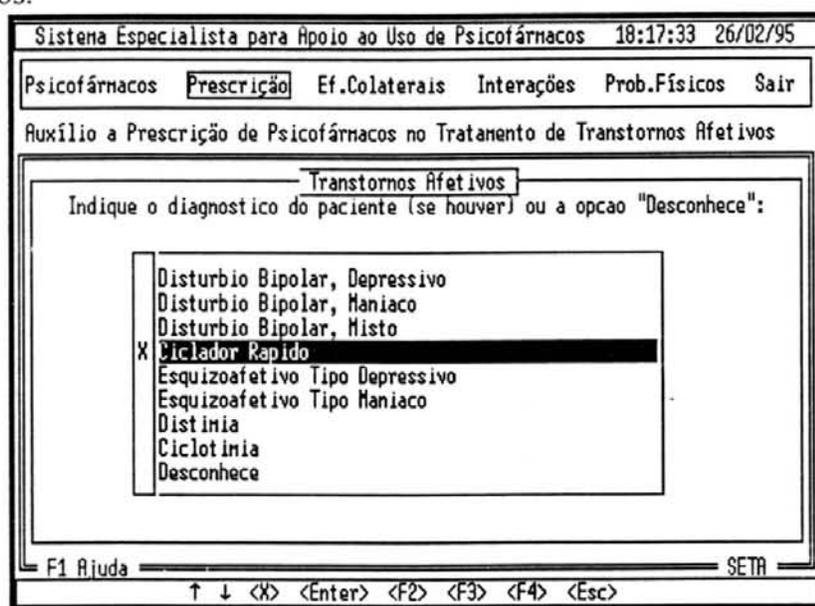


Figura 3.22 Exemplo de menu que permite escolha simples

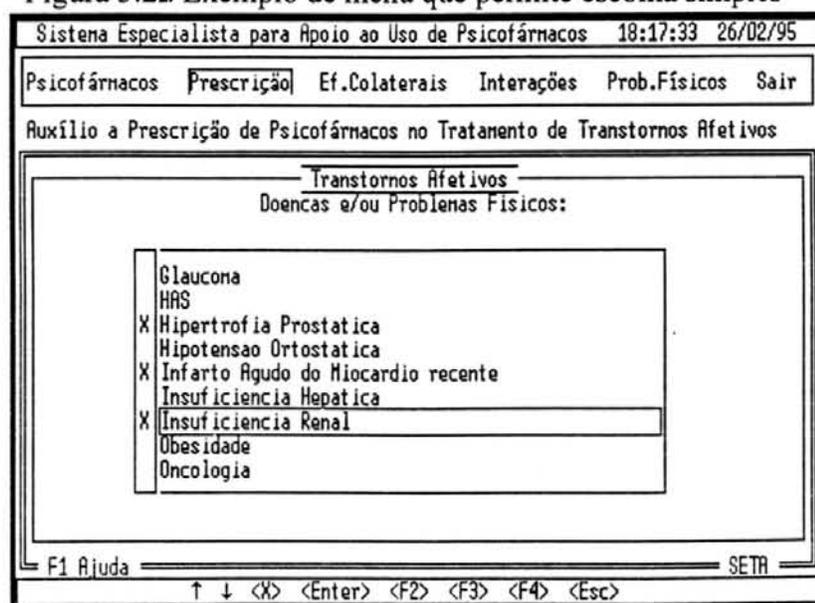


Figura 3.23 Exemplo de menu que permite múltipla escolha

- (2) Seleciona a regra de preferência que está associada à informação enviada pelo usuário final. Estas regras são armazenadas na memória de trabalho, juntamente com os fatos que surgem durante uma consulta. A regra de preferência é definida a partir da função (descrita na seção 3.1.1), responsável pela combinação das regras de aplicação clínica e de descrição farmacológica.
- (3) Se o sistema possui mais alguma pergunta a fazer ao usuário, vai para 1.
- (4) Aplica as regras de preferência multiplicadas ao grau de importância que cada uma possui individualmente, de modo que, ao final do processo, o sistema apresente os resultados. O sistema classifica os fármacos candidatos através da combinação de evidências positivas (indicações) e evidências negativas (contra-indicações), o que leva à escolha de um tratamento farmacológico.
- (5) Constrói o laudo final sob a forma de um texto, empregando uma linguagem coloquial, mais próxima da linguagem utilizada no dia a dia pelos médicos em geral. O laudo apresenta as seguintes informações:
 - dados fornecidos ao sistema pelo usuário e que culminaram no resultado adquirido pelo sistema (Figura 3.24);

Sistema Especialista para Apoio ao Uso de Psicofármacos		18:17:33	26/02/95
Psicofármacos	Prescrição	Ef.Colaterais	Interações
		Prob.Físicos	Sair
Auxílio a Prescrição de Psicofármacos no Tratamento de Transtornos Afetivos			
LAUDO FINAL			
DADOS GERAIS:			
Idade:Idoso			
Sexo:Masculino			
DIAGNOSTICO:			
Ciclador Rapido			
PERFIL SINTOMATICO:			
Sintomas Psicoticos			
DOENCAS E/OU PROBLEMAS FISICOS:			
Hipertrofia Prostatica			
Infarto Agudo do Miocardio recente			
Insuficiencia Renal			
F1 Ajuda		<PgDn> <PgUp> ↑ ↓ <Esc>	
		SETR	

Figura 3.24 Laudo final - Dados informados ao sistema

- nome do fármaco, cujo processo de classificação o definiu como sendo o candidato mais apropriado ao problema exposto, justificando seu resultado, através da exposição das características farmacológicas que potencialmente ajudaram na sua indicação. Esta justificativa corresponde

a explanação *how*, figura 3.25. O sistema poderá indicar mais de um fármaco como sendo preferencial, entretanto, estes são ordenados alfabeticamente, apresentando justificativas apenas do primeiro fármaco.

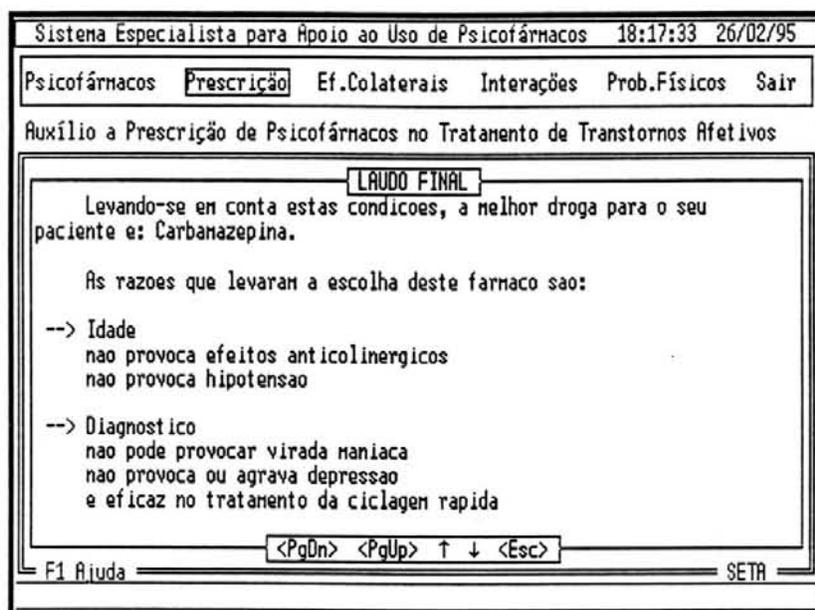


Figura 3.25 Laudo final - resultado final e explanação *how*

- informações sobre posologia (modo de usar) e precauções (cuidados com o uso) sobre o fármaco indicado pelo sistema (estas informações são adquiridas a partir do módulo de banco de dados do sistema SETA (Figura 3.26).

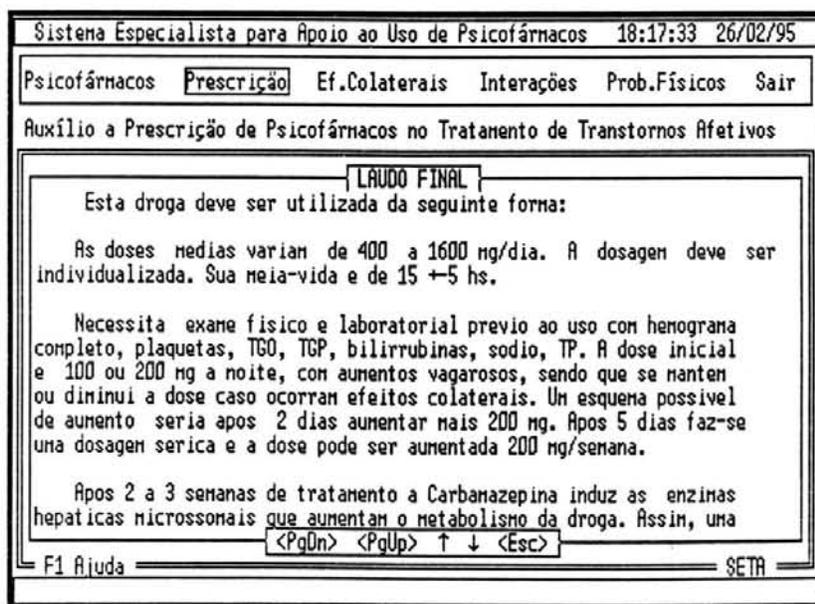


Figura 3.26 Laudo final - informações gerais sobre o fármaco selecionado

- listagem das drogas absolutamente contra-indicadas pelo sistema, apresentando os motivos que levaram a este resultado (Figura 3.27), e que compreende a explicação *why not*.

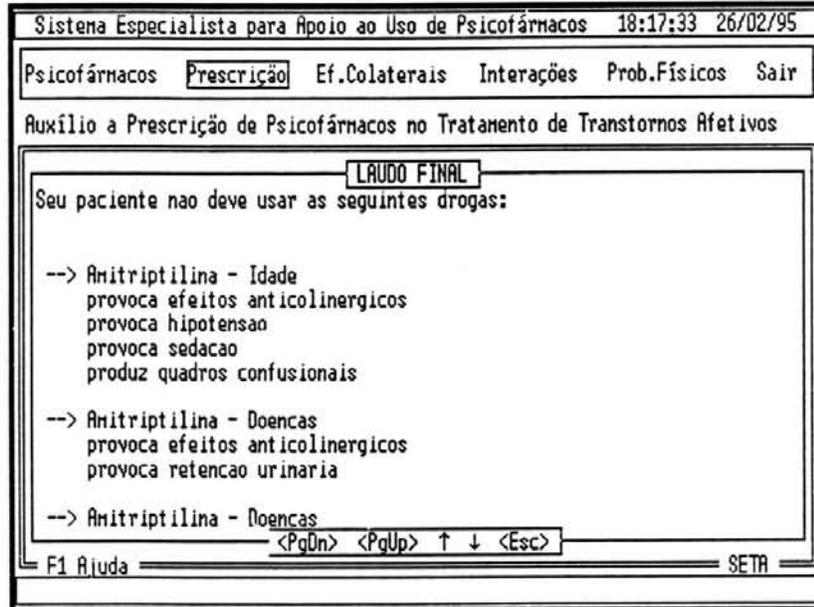


Figura 3.27 Laudo final - fármacos absolutamente contra-indicados (explicação *why not*)

- recomendações adicionais que são inseridas em certas regras contidas na base de conhecimentos e que, durante a consulta, são agregadas em um só texto, como ilustrado na figura 3.28.
- (6) Permite que o usuário confronte o resultado do sistema com aquele que ele acha correto. O sistema apresenta as justificativas do porquê a sua resposta ser a melhor ou a mais adequada em relação à alternativa fornecida pelo usuário.

Observe que o método de consulta do SETA está completamente vinculado a dois conhecimentos distintos - conhecimento farmacológico (regras de descrição farmacológica) e conhecimento clínico (regras de aplicação clínica). A associação destes dois conhecimentos, realizada pela função descrita na seção 3.1.1., que resulta na regra de preferência, reflete a seguinte suposição sobre o mundo:

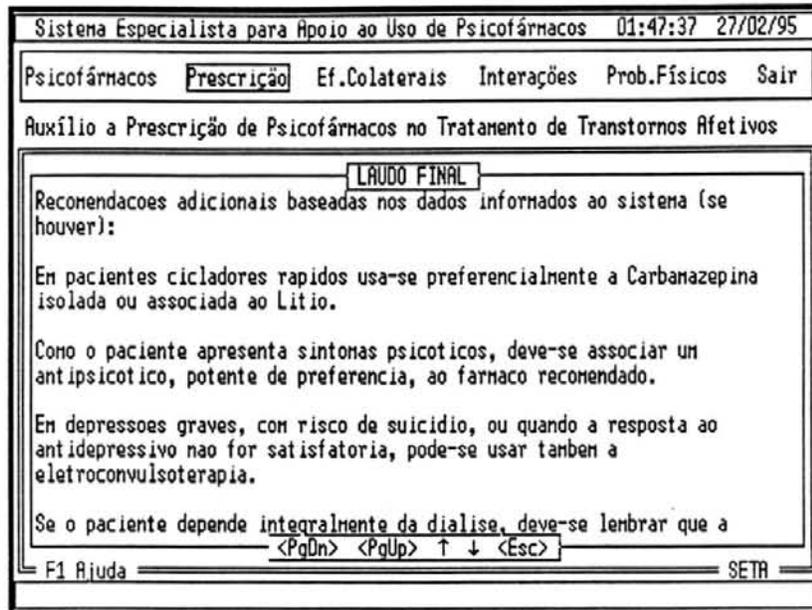


Figura 3.28 Laudo final - recomendações adicionais

"O médico, quando prescreve um tratamento farmacológico a um paciente, procura considerar todos os fatores relevantes a escolha de uma droga. Para cada um destes fatores, realiza a classificação dos medicamentos que, *a priori*, são vistos como potenciais. Esta classificação é realizada através da combinação de cada fator relevante, que descreve a situação do paciente, com as características farmacológicas dos medicamentos."

A próxima seção procura ilustrar como o SETA utiliza seu conhecimento sobre o módulo de consulta para guiar o processo de aquisição de conhecimento, tanto na geração de uma base de conhecimento inicial, como no seu refinamento.

3.3.2 Aquisição de Conhecimento

Normalmente, não é muito difícil obter o conhecimento de um especialista. O maior problema é sua perfeita estruturação. O conhecimento precisa ser aplicado ao problema de forma correta. O primeiro passo, na satisfação desta necessidade, está em identificar, explicitamente, o método de solução do problema apropriado para a

tarefa, e os tipos de conhecimentos relevantes para este método. Logo que isto é realizado, torna-se muito fácil a construção de um *coletor de conhecimentos*³.

Finalmente, o último passo seria substituir o engenheiro do conhecimento por um sistema automatizado, provendo ao projetista, seja especialista do domínio ou engenheiro do conhecimento, uma *ferramenta de programação*. A conquista deste último objetivo está vinculada a duas características de processos de aquisição de conhecimento em geral:

- (1) *incertezas*: quando especificando a solução de um problema, através das relações entre eventos, o especialista pode em algum momento encontrar-se *inseguro* sobre a natureza dessas associações e eventos;
- (2) *incompletezas*: o especialista durante um processo de descrição de um problema, pode vir a esquecer alguns detalhes relevantes ao processo.

O problema da *incerteza* se reflete no fato de que os especialistas não estão acostumados a expressar sua forma de resolver um problema, pois muitas vezes é um processo automático (intuitivo). Outro ponto a ressaltar diz respeito a forma com que descrevem seu conhecimento especialista..

A *incompleteza* é o problema de como identificar falhas ou conhecimentos incorretos. Desta forma, uma ferramenta de aquisição de conhecimentos necessita ser capaz de permitir o crescimento incremental da base de conhecimentos, o refinamento do conhecimento existente, e, em certos momentos, a correção de conhecimentos existentes.

Os problemas de incerteza e incompleteza dominam duas fases de desenvolvimento no processo de aquisição de conhecimento: (1) a coleta de informações para a construção de uma base de conhecimento inicial; e (2) o refinamento interativo desta base de conhecimento. Durante a primeira fase, SETA confia, principalmente, em técnicas estáticas de análise. SETA procura garantir que o especialista forneça todos os tipos de conhecimento necessário acerca da estrutura de sua base de conhecimento, conforme apresentado na seção 3.3.2.1. SETA identifica áreas onde o conhecimento está obviamente incompleto, visto que um tipo de

³Base de conhecimentos

conhecimento depende do outro para que o SE possa *funcionar*. Durante a segunda fase, a dinâmica, SETA e o especialista interagem cooperativamente de forma a refinar a base de conhecimentos, utilizando-se de um processo de explanação extremamente rico, descrito na seção 3.1.3.1.

Nas seguintes sub-seções será discutida a técnica SETA utilizada nas fases de construção e refinamento de bases de conhecimentos, apresentando algumas telas do próprio sistema, para ilustrar cada uma das fases.

3.3.2.1 Construção de uma base de conhecimento inicial.

O método de construção de uma base de conhecimento inicial consiste nos seguintes passos:

- (1) SETA inicia o processo de criação de um SE, requisitando ao usuário as seguintes informações, conforme figura 3.29:
 - *nome do novo SE*: sob a forma de um string;
 - *descrição*: permite ao usuário descrever textualmente o auxílio que se pretende receber do novo sistema;
 - *grupo de fármacos*: neste item, o sistema apresenta uma lista com os grupos de fármacos inseridos previamente no módulo de banco de dados, estabelecendo, desta forma, a integração do *módulo especialista ao módulo de banco de dados*, conforme descrito na seção 3.3. Nota-se que, na verdade, o processo de criação de um SE inicia no módulo de banco de dados, através do qual o usuário inclui os fármacos que serão utilizados pelo novo SE.
- (2) Após a confirmação das informações fornecidas pelo usuário, o sistema permite que o usuário defina todas as questões que o sistema deverá oferecer ao usuário final durante uma consulta.

Estas questões constituem a pergunta e suas possíveis respostas, através das quais o usuário informará ao sistema os dados relevantes a escolha de um tratamento medicamentoso. Um texto que descreva a importância daquela questão no processo de solução do problema, também será inserido junto a questão, no que constituirá a explanação *why* apresentada durante uma consulta.

Estas questões são armazenadas em uma estrutura de dados única, permitindo sua utilização por outros SEs que venham a ser criados. Assim que as questões são definidas, o sistema apresenta ao usuário um menu contendo todas as questões já inseridas no sistema SETA, inclusive as questões formuladas previamente, permitindo ao usuário selecionar aquelas que considera importantes ao processo de solução do problema. O resultado dessa seleção está ilustrado na figura 3.30.

Sistema Especialista para Apoio ao Uso de Psicofármacos 18:17:33 26/02/95

Psicofármacos **Prescrição** Ef.Colaterais Interações Prob.Físicos Sair

Auxílio a Prescrição de Psicofármacos no Tratamento de Transtornos Afetivos

Consultar Sistema(s) Especialista(s)
 Atualizar ou Criar Sistema(s) Especialista(s)

Atualizar Sistema(s) Especialista(s)
 Criar novo Sistema Especialista

Nome do Novo SE:
 Descrição:
 Grupo de Fármacos: Ansiolítico ou Hipnótico
 Diretório: SETR2

F1 Ajuda SETA

Definir o nome do novo SE que esta sendo criado

Figura 3.29 Tela de criação de um SE

Sistema Especialista para Apoio ao Uso de Psicofármacos 01:47:37 27/02/95

Psicofármacos **Prescrição** Ef.Colaterais Interações Prob.Físicos Sair

Auxílio a Prescrição de Psicofármacos no Tratamento de Transtornos Afetivos

Transtornos Afetivos

Questão Inicial: Idade

Parâmetros que o Sistema considera na prescrição da droga
 Caso você desejar incluir um novo parâmetro, por favor, tecla <F4>

- ▲ Idade
- Sexo
- Diagnóstico
- Sintomas Psicóticos
- Lentificação Motora Acentuada
- ▼ Gestante

F1 Ajuda SETA

↑ ↓ <ENTER> <F2> <F3> <F4> <Esc>

Figura 3.30 Tela de apresentação do conjunto de questões consideradas pelo SE

(3) Com as questões já acopladas ao novo SE, é iniciada a inclusão das regras de descrição farmacológica associadas aos medicamentos que foram definidos no passo (1). Este processo consiste em listar todos os tipos de características farmacológicas e efeitos clínicos dos fármacos em questão que são relevantes no processo de escolha da melhor droga. Feito isso, cada fármaco inserido, na base de conhecimentos do novo SE, é classificado conforme o grau de presença destas características farmacológicas em sua fórmula. Esta classificação é formada pelos níveis a seguir:

- 0 - não possui a presença da característica
- 1 - possui com intensidade fraca
- 2 - possui com intensidade média
- 3 - possui com intensidade forte

Observa-se que a determinação da presença de uma característica farmacológica em um certo medicamento, requer grande conhecimento farmacológico por parte do especialista.

(4) O próximo passo constitui-se na definição das regras de aplicação clínica propriamente dita. Cada regra está associada a uma resposta das questões fornecidas ao sistema, e é formada pelos atributos ilustrados na figura 3.31):

- Premissa da regra: constitui uma resposta da questão em discussão e que é apresentada em vídeo reverso no topo da janela. No caso do exemplo da figura 3.31, a regra corresponde à questão *idade*.
- Conclusão da regra: é composta de três argumentos:

(1) fármacos: seleciona-se quando a regra em questão influencia na escolha da droga, como por exemplo, a regra do idoso (figura 3.31) influencia no tratamento farmacológico, já a do adulto não. Quando a regra influencia na escolha do fármaco, o sistema solicita ao especialista a seleção das características farmacológicas que devem ser consideradas para a determinação da indicação da melhor droga para a situação em questão. Observa-se, por exemplo, que, de acordo como a figura 3.4, para paciente idoso são preferenciais os fármacos menos hipotensores, menos anticolinérgicos, menos sedativos e que não produzam quadros confusionais. Feito isso, o

sistema, através da função descrita na seção 3.1.1, define a regra de preferência, conforme tela ilustrada na figura 3.32.

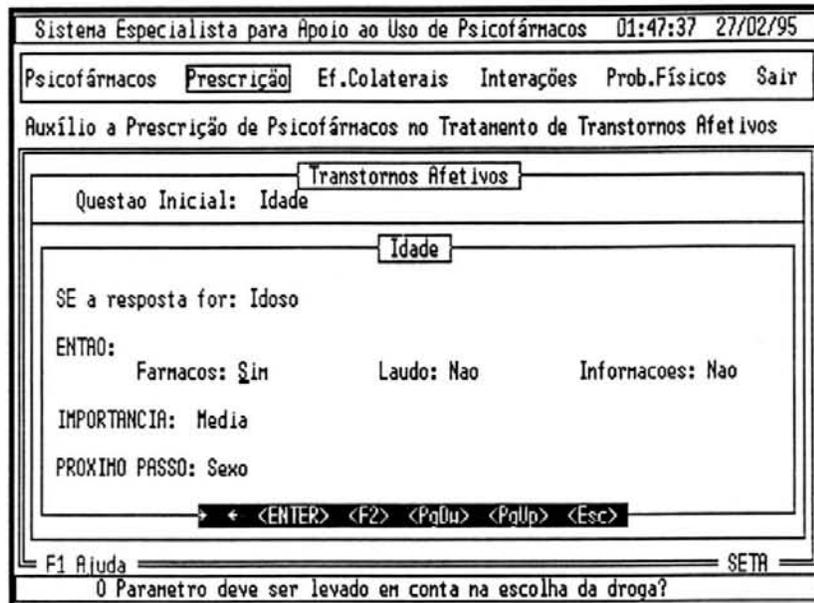


Figura 3.31 Tela de apresentação de uma regra de aplicação clínica

- (2) Laudo que permite a inclusão de um texto explicativo sobre a regra para ser apresentada ao usuário final sob a forma de recomendações adicionais no laudo final (seja a figura 3.28 um exemplo de uso deste argumento).

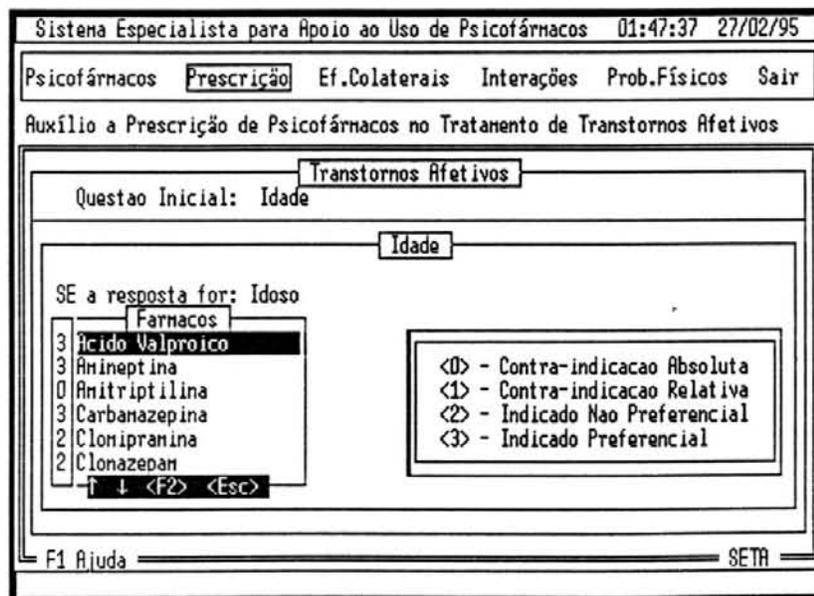


Figura 3.32 Regra de preferência para paciente idoso

(3) Informações são explicações adicionais que podem ser apresentadas durante a consulta de um SE, como esclarecimentos específicos a uma determinada situação. No exemplo apresentado na figura 3.33, o sistema procura esclarecer ao usuário os riscos do aleitamento natural em pacientes que precisam tomar algum tipo de psicofármaco, aconselhando-o a sugerir, a paciente, a adesão ao aleitamento artificial.

- Associados a regra, também encontram-se os atributos: *grau de importância e próximo passo*.
 - *Grau de importância* representa o valor que esta regra possui para a prescrição de um tratamento farmacológico, podendo ser *mínimo, médio* ou *máximo*. Por exemplo, para escolha de um medicamento destinado a um problema de distúrbio afetivo, o diagnóstico é uma regra que recebe um grau de importância máximo, entretanto, a presença de sintomas de depressão atípica é cotada como sendo de importância mínima.
 - *Próximo passo* representa o *elo* desta regra com a seguinte, com o objetivo de tornar explícito, ao sistema, qual o caminho que este deve percorrer no momento de um processo de consulta.. SETA, através desse atributo, permite que o especialista forneça o dado necessário para moldar a rede de associações entre as regras numa base de conhecimentos consistente e não ambígua.

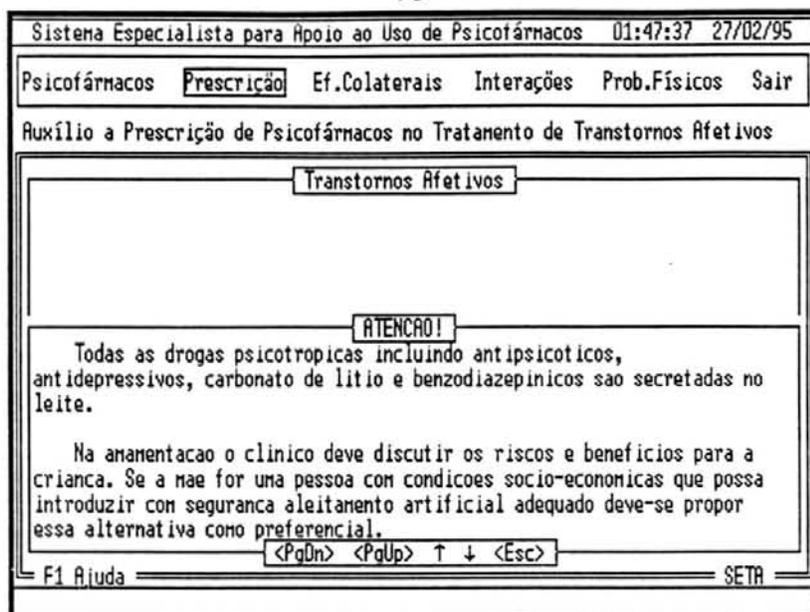


Figura 3.33 Exemplo de aplicação do argumento *informações* de uma regra de aplicação clínica

3.3.2.2 Ajuste da base de conhecimento

Na seção anterior, foi mencionado que o sistema SETA, durante o processo de construção de uma base de conhecimento inicial, garante que o especialista forneça todos os tipos de conhecimento necessários para que um SE inicial seja executado. Contudo, as técnicas estáticas, utilizadas neste processo, são completamente limitadas para a fase de ajuste da base de conhecimentos.

O especialista necessita de recursos para trazer a sua memória o conhecimento que lhe falta para a complementação de suas habilidades na solução de problemas. Para que SETA possa auxiliá-lo neste processo, foi necessário fornecer ao sistema um poderoso mecanismo de controle, que reflete seu conhecimento sobre o próprio processo de solução de problemas.

O processo de ajuste inicia-se pelo *feedback* que o especialista fornece ao sistema através de um exemplo de caso. O especialista apresenta ao sistema um problema de prescrição farmacológica, através do módulo de consulta. O sistema gera um diagnóstico àquele problema que, então, é analisado pelo especialista através das explicações *how* e *why not* geradas pelo sistema. Caso o resultado seja incorreto, SETA permite ao usuário seu retorno ao módulo de aquisição de conhecimentos, para que o mesmo possa investigar, com o seu auxílio, a origem dos erros.

O auxílio do sistema, durante esse processo, é realizado através de um mecanismo de explanação, tendo por foco a depuração, que permite um diálogo cooperativo com o usuário através da identificação dos diferentes tipos de conhecimento envolvidos na criação do SE.

Identificado o problema, ou seja, as regras incorretas fornecidas ao sistema, o especialista retorna ao módulo de aquisição de conhecimentos para que, com o auxílio do sistema, possa buscar sua correção. O problema de uma regra pode estar associado a diferentes conhecimentos.

- (1) *Sequência na apresentação das questões ao usuário*: neste caso, o especialista deve alterar o argumento *próximo passo* de cada regra envolvida, para então submetê-las novamente ao sistema.

Soluções interessantes são encontradas na literatura, tais como, um *editor gráfico de regras*, cuja representação do relacionamento entre as regras é apresentada sob a forma de um *grafo*, ou então, uma *linguagem de estilo semi-coloquial* do tipo *se-então*, que possa ser interpretada pelo sistema, como ocorre na *shell GURU*. Contudo, dado o limite de tempo definido para a confecção deste trabalho, optou-se por descartar ambas soluções, visto que demandaria um tempo de implementação demasiadamente grande.

- (2) *Regra de preferência*: neste caso, o sistema permite que o especialista analise passo a passo todos os conhecimentos envolvidos na geração desta regra, ou seja, as regras de aplicação clínica e de descrição farmacológica.

Esta análise é realizada da seguinte maneira: suponha que a regra de preferência para o problema de lentificação motora esteja incorreta (exemplo retirado do SE de apoio ao tratamento farmacológico dos transtornos afetivos). A correção desta regra pode ser efetuada a partir:

- da *regra de aplicação clínica*: o especialista poderá atualizar através:
 - da alteração dos atributos *natureza* e *valor* das características farmacológicas que formam a regra;
 - da inclusão de novas características farmacológicas à regra de aplicação; ou

- da exclusão de características farmacológicas que se mostraram inadequadas para a regra de aplicação em questão, conforme figura 3.34.

Sistema Especialista para Apoio ao Uso de Psicofármacos 18:46:12 28/02/95

Psicofármacos **Prescrição** Ef.Colaterais Interações Prob.Físicos Sair

Auxílio a Prescrição de Psicofármacos no Tratamento de Transtornos Afetivos

Transtornos Afetivos

Questão Inicial: Idade

Lentificação Motora Acentuada

SE a resposta for: Sim

COD	Características Farmacológicas	Peso
C00	Características Farmacológicas	--
C003	provoca sedação	-
C015	provoca ou agrava depressão	-

Edição das Características - Alteração

Codigo: C003 Valor: 2 Natureza: -

Def.: provoca sedação

↑ ↓ <Enter> <Ins> <F2> <Esc>

F1 Ajuda SETR

Valor da Característica na conclusão da regra - 1 a 9

Figura 3.34 Tela de atualização das regras de aplicação clínica

- da *regra de descrição farmacológica*: o especialista pode alterar o valor dos atributos que correspondem ao grau de presença da característica farmacológica aos fármacos associados ao sistema, conforme figura 3.35.

É importante lembrar que a influência da alteração das regras de aplicação clínica é *local*, ou seja, interfere apenas na regra de preferência envolvida àquela regra de aplicação que está sendo modificada, o que não ocorre com as regras de descrição farmacológica, cuja influência é *global*, visto que estão associadas a todas as regras de preferência do sistema. Por isso, durante a alteração de um atributo associado a uma regra de descrição farmacológica, o sistema apresenta uma mensagem de alerta a respeito dos riscos desta modificação, solicitando sua confirmação.

Após a atualização da regra de aplicação clínica, ou da regra de descrição farmacológica, ou de ambas, o sistema calcula, automaticamente, a nova regra de preferência para o problema da lentificação motora, utilizando-se da função descrita na seção 3.1.1.1.

Sistema Especialista para Apoio ao Uso de Psicofármacos 18:46:12 28/02/95

Psicofármacos **Prescrição** Ef.Colaterais Interações Prob.Físicos Sair

Auxílio a Prescrição de Psicofármacos no Tratamento de Transtornos Afetivos

Transtornos Afetivos

Questão Inicial: Idade

Lentificação Motora Acentuada

SE a resposta for: Sim

COD	Características Farmacológicas	Peso
C003	provoca sedação	--
C015	provoca ou agrava depressão	-
	Fármacos	
		C003 C015 C026
Acido Valproico	Fraco	Não possui Não possui
Aninaptina	Não possui	Não possui Fraco
Anitriptilina	Intenso	Não possui Intenso
Carbanazepina	Medio	Não possui Não possui

F1 Ajuda SETA

Figura 3.35 Tela de atualização das regras de descrição clínica

Através da implementação da ferramenta de construção SETA, constatou-se que o uso de *meta-conhecimento* sobre o método de solução de problemas, aumenta o poder de aquisição de conhecimentos, explorando a natureza do domínio relacionado a prescrição de um tratamento farmacológico.

SETA comporta-se, de certa forma, como um engenheiro do conhecimento experiente, que é capaz de trabalhar em conjunto com um domínio especialista e construir um sistema de apoio ao tratamento farmacológico, ainda que o mesmo tenha pouco ou nenhum conhecimento sobre o domínio.

Semelhante a um engenheiro do conhecimento, SETA começa sua interação sem nenhum conhecimento sobre o domínio alvo, e nem mesmo sobre a compreensão do vocabulário usual do domínio.

Para interpretar suas suposições sobre o mundo, em termos de funções explícitas do conhecimento que guiam a classificação heurística, e pela exploração de um pequeno número de heurísticas sobre a forma como especialistas do domínio provavelmente se expressam entre si, SETA é capaz de extrair inteligentemente do especialista informações relevantes à construção de um SE que desempenhe uma tarefa de prescrição de um tratamento farmacológico.

3.4 Módulo de Banco de Dados

Nas reuniões realizadas para a especificação da base de conhecimentos da primeira versão do SETA, foram coletadas muitas informações sobre os fármacos recomendados pelo sistema e o seu uso. Na época, notou-se que este conjunto de informações seria de grande utilidade, para o usuário do sistema, se fosse agregado em um banco de dados e então integrado ao SE. Como conclusão, a decisão de manter um banco de dados integrado ao sistema SETA se manteve na versão atual, de forma completamente reestruturada em relação a versão anterior, com o objetivo de auxiliar o usuário na tomada da decisão.

O módulo de banco de dados contém um conjunto amplo de informações sobre o perfil farmacológico dos medicamentos e de práticas de grande utilidade para o usuário final, que podem ser facilmente atualizadas pelos próprios especialistas, e que compreendem as seguintes opções do menu principal do sistema (figura 3.18):

- *psicofármacos*: o perfil farmacológico de 55 (cinqüenta e cinco) medicamentos que compreende: apresentação e nome comercial, modo de usar, mecanismo de ação, indicações, contra-indicações, reações adversas e efeitos-colaterais, intoxicação e dosagem laboratorial (figura 3.36);

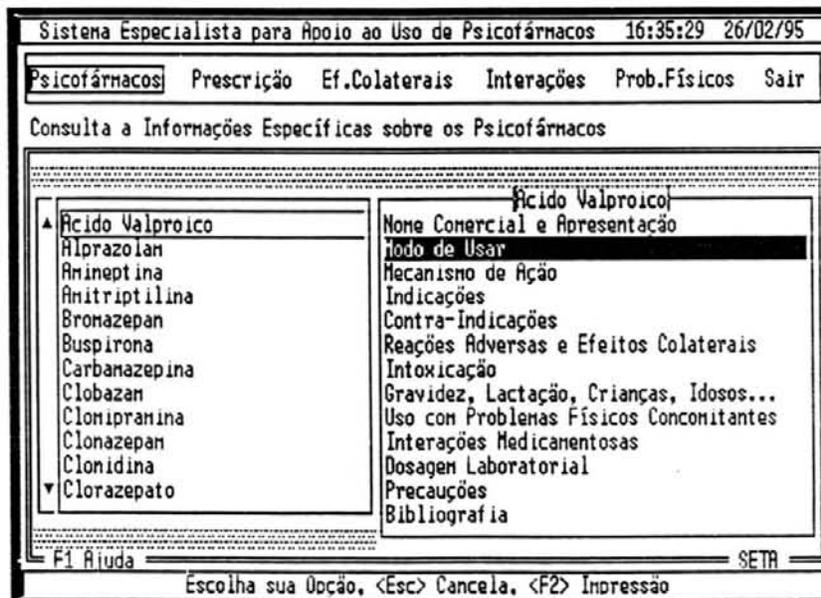


Figura 3.36 Exemplo de tela da opção *Psicofármacos* do menu principal

- *efeitos colaterais*: informações sobre manejo de 170 (cento e setenta) efeitos-colaterais (figura 3.37);

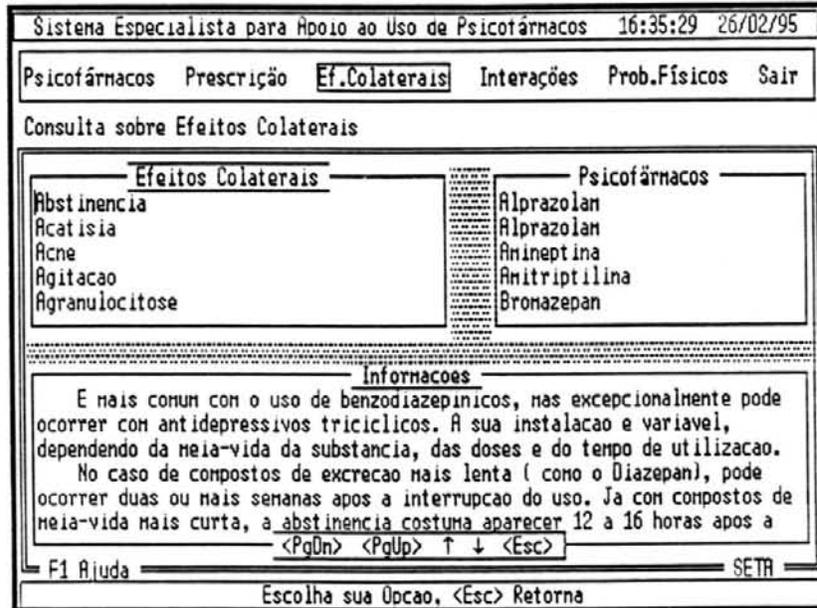


Figura 3.37 Exemplo de tela da opção *Efeitos Colaterais* do menu principal

- *interações*: informações sobre interações de fármacos com outros tipos de medicamentos (opção ainda em fase de conclusão); e
- *problemas físicos*: instruções e cuidados para o uso dos fármacos em pacientes que abrangem uma das 50 (cinquenta) doenças ou problemas físicos concomitantes inseridos no sistema (Figura 3.38).

O módulo de banco de dados não contém informações novas criadas pela equipe que desenvolve um SE. As informações contidas, devem resultar de uma extensa pesquisa bibliográfica realizada pelos próprios especialistas, responsáveis pela construção de SE. A grande vantagem do banco de dados integrado ao sistema é a facilidade de acesso à informação confiável, objetiva e estruturada. Para obter as informações sobre as interações medicamentosas de algum fármaco, por exemplo, o médico deveria consultar de 3 a 10 referências (que nem sempre estão disponíveis) em um processo que tomaria horas. No banco de dados estas informações podem ser obtidas em alguns segundos.

As informações presentes neste módulo compreendem estruturas *semi-formais*¹ de conhecimento que são interpretadas apenas pelo agente humano. Este recurso de conhecimento é bastante atraente em SSPC, como definido na seção 1.2.

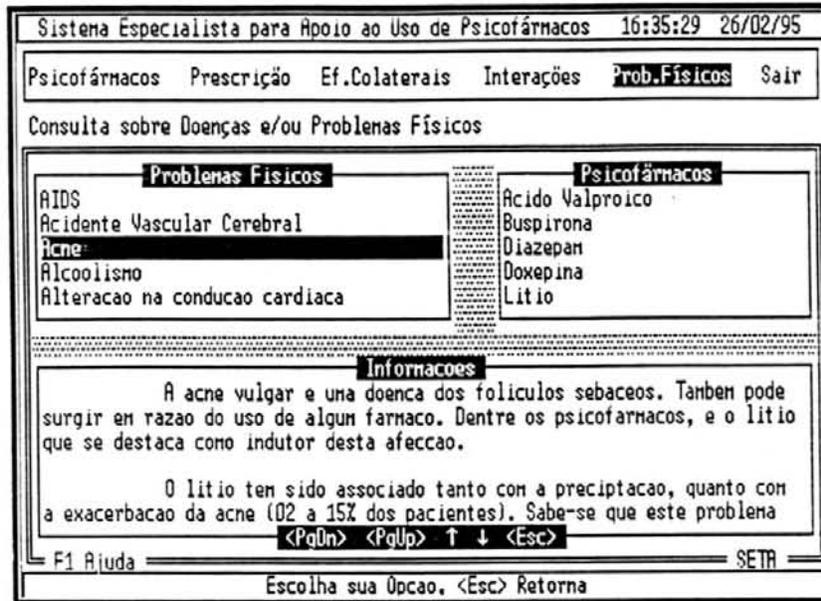


Figura 3.38 Exemplo de tela da opção *Problemas Físicos* do menu principal

O módulo de banco de dados está integrado com os SE construídos pela ferramenta SETA, através da definição do conjunto de fármacos que compreendem o tratamento farmacológico das doenças abarcadas pelo SE em questão. Essa abordagem, baseada na combinação de recursos formais, interpretados pela máquina, e conhecimentos semi-formais, que podem ser usados apenas parcialmente pelo sistema para controlar a interação, demonstrou ser bastante interessante ao sistema SETA.

A possibilidade de atualização constante e de expansão do banco de dados, pelo próprio usuário, é outra vantagem que deve ser considerada. Outros sistemas também utilizam bancos de dados integrados ao SE como, por exemplo, o sistema IMEX [SUA90].

¹Entende-se por estruturas semi-formais aquelas que não são interpretadas pelo SE, servindo apenas como um sistema de distribuição de informações que podem ser lidas pelo usuário. Estas estruturas estão definidas melhor na seção 1.2.

4 SISTEMA SETA COMO SSPC

O sistema SETA pode ser visto como um SSPC, pois mais trabalha em conjunto com especialistas humanos do que lhes substitui. Esta propriedade foi alcançada através do desenvolvimento de recursos de explanação, como será demonstrado a seguir, através de exemplos práticos retirados do sistema.

Para se conseguir a construção de SSPC efetivos, as limitações de ambos agentes. SE e especialista humano, devem estar bem entendidas. O conhecimento destes limites permite complementar máquinas "inteligentes", através do desenvolvimento das limitações do agente especialista em sistemas, permitindo o aumento de seu intelecto humano diante de uma ferramenta destinada a lhe dar suporte. Contribuições a partir da máquina devem capacitar humanos a proceder de maneira que não seriam possíveis sem ela e vice-versa.

Entre as limitações das máquinas inteligentes autônomas, encontramos: a dificuldade de capturar uma história suficientemente completa do conhecimento do domínio, a *opacidade* de processos de tomadas de decisão especialista, o problema da especificação e edição de conflitos e práticas subjetivas. Destas, o problema da especificação é dificilmente superado. No início de um projeto, a especificação pode ser deficiente sob duas formas.

- a especificação pode estar incompleta, i.e., certas características do problema não são especificadas, entretanto são importantes. Por exemplo: o comportamento de sistemas computacionais em situações excepcionais é frequentemente esquecido.
- para algumas características, os valores desejados podem estar, por um momento, desconhecidos (por exemplo, porque suas consequências não foram avaliadas). Para estes problemas, uma abordagem interativa é necessária, porque as pessoas são incapazes de especificar todas as informações relevantes e preferências, antecipadamente, e por que a especificação em si é um processo de solução de problemas.

As pessoas (especialistas humanos) são limitadas por características cognitivas fundamentais tais como capacidade e acesso de memória limitada. Num alto nível, tem sido observado que resolvedores de problemas inexperientes não consideram muitas alternativas, utilizando as primeiras encontradas. Os humanos não realizam

pesquisa daquelas informações cuja existência não percebem, sendo incapazes de conservar todos os fatores relevantes à disposição quando tomam decisões.[LEM90].

O propósito do sistema SETA é fornecer um suporte ao usuário, no que tange ao conhecimento necessário, durante um processo de prescrição medicamentosa, e também ajudar projetistas a alcançar melhores resultados na construção de SEs, através da organização do fornecimento das diversas fontes de conhecimento necessárias. Ambos propósitos foram alcançados através de melhorias no processo de explanação e representação do conhecimento do sistema.

A arquitetura de sistema cooperativo do SETA foi projetada para enfrentar a natureza complexa do domínio especialista em tratamento farmacológico. O sistema SETA será, a seguir, analisado através dos requerimentos necessários em SSPC apresentados no capítulo 2 deste trabalho.

4.1 Interface com o Usuário

Para transformar o sistema SETA num SSPC, o projeto da interface do sistema com o usuário teve que ser replanejado, com o intuito de permitir uma comunicação efetivamente cooperativa entre os agentes. Dessa forma, a interface do sistema teve que representar conhecimentos sobre o "*mundo*", "*usuários*" e "*processos de comunicação*".

Necessidades de comunicação são mais importantes para SSPC e estão intimamente ligadas ao poder de explanação do sistema em si. Na escolha de um tratamento farmacológico, a decisão não pode vir de um SE, ou seja, o usuário é o agente que tomará a última palavra, pois este está ativamente envolvido com a solução do problema.

Para alcançar esta característica, os seguintes componentes deveriam estar bem definidos no sistema SETA (entretanto, nem todos foram implementados):

- *Estrutura do conhecimento e o sistema de solução em si.* A representação do conhecimento, por estar baseada em uma estrutura *meta-nível*, faz com que o sistema apresente, além do conhecimento especialista, que são as regras presentes na base de conhecimentos, uma coleção de programas *meta-nível* que tornam explícito aspectos do raciocínio do especialista, permitindo ao sistema recuperar o conhecimento necessário no momento certo, como se realmente fosse um especialista.

O desempenho da arquitetura meta-nível é observado através dos recursos de explanação fornecidos pelo sistema SETA, durante uma consulta, que retratam o seu controle do conhecimento do domínio na forma de esclarecimentos, recomendações e aconselhamentos.

As explicações *why* e *how* permitem uma transferência de perícia limitada. Elas são eficientes em apresentar *o que* o sistema fez, mas as dúvidas do usuário podem persistir mesmo após as explicações. Imagine que um usuário acredita que a solução para um determinado problema é *x*. Ao consultar o SE, obtém uma resposta diferente, *y*. A explanação *how* mostra como o sistema chegou a *y*, mas não mostra ao usuário porque o sistema não chegou a *x*.

A explanação *why not* permite que o usuário forneça alternativas para o sistema. O raciocínio empregado, neste caso, é análogo ao de um sistema de revisão de crenças. Apesar de não ter representado internamente um modelo das crenças do usuário, a explanação *why not* procura estabelecer porque o sistema não obteve como resultado a alternativa fornecida pelo usuário.

Uma base de conhecimentos é estruturada sob a forma de uma coleção de pedaços de conhecimentos distintos (regras de aplicação clínica e regras de descrição farmacológica). O conhecimento que cada componente tem sobre os outros, também é meta-conhecimento. A função, embutida no sistema SETA e que está descrita na seção 3.1.1.1, é um exemplo de programa meta-nível. Ela permite ao sistema auxiliar o usuário tanto nas explicações *how* e *why not*, como também no processo de aquisição de conhecimentos, pois ela retrata a capacidade do especialista de relacionar os conhecimentos clínico e farmacológico, para então gerar a regra de preferência farmacológica.

- *Geração de visões desse conhecimento que correspondam às necessidades e ao conhecimento do usuário.* A classificação dos usuários em grupos (idealmente inferida pelo próprio sistema) deveria ser considerada pela ferramenta SETA, empregando vocabulário adequado e variando a profundidade do conhecimento apresentado, de acordo com o nível do conhecimento do usuário.

Entretanto, esta capacidade de reconhecer e interpretar o comportamento do usuário, avaliando a relevância do auxílio a ser

prestado e o momento mais apropriado para tal, bem como permitir à interface definir o conteúdo e a forma da mensagem, não foi implementada no sistema SETA.

O principal motivo da ausência desta capacidade, na versão atual do SETA, foi a necessidade demasiadamente grande de pesquisa sobre o assunto, assim como o tempo de implementação, pois envolve uma quantidade muito grande de problemas.

- *Apresentação externa do conhecimento na tela.* Como acontece com inúmeros sistemas já desenvolvidos, a interface detém grande parte do programa fonte. No sistema SETA não poderia ter sido diferente.

O projeto das telas do sistema, além de estar vinculado às necessidades de representação do "*domínio do problema*", conforme a visão do usuário, procurou considerar os seguintes princípios básicos:

- (1) consistência: uso constante de telas com o mesmo *lay-out*, conforme apresentado na seção 3.2 ;
- (2) construção de menus com opções similares: o agrupamento de opções similares ajudam o usuário a seguir o fluxo lógico da aplicação, apresentando a ele a operação que está sendo executada, como chegou lá e o que virá ou poderá ser feito depois;
- (3) manutenção do senso de operação: a apresentação de mensagens sempre que necessário, informando a execução de alguma operação que toma algum tempo, ou a ocorrência de algum erro;
- (4) métodos simples de cancelamento: a possibilidade de "escapar" de escolhas incorretas sem ser necessário que a operação chegue ao final;
- (5) fornecimento de "help" tanto quanto possível: apresentação de auxílio ao usuário durante todo o momento de operação do sistema;

- (6) sinalização de coisas importantes: utilização de recursos de cores, vídeo reverso e piscante, ou o alarme do computador para chamar a atenção do usuário para coisas importantes.

4.2 Diálogos de Iniciativa Mesclada

Embora o modelo de diálogo usado nos SEs, construído a partir do sistema SETA, é o de consulta (como no MYCIN), cujo princípio baseia-se no ponto de vista da máquina, (o programa controla o diálogo), a noção de diálogo de iniciativa mesclada está presente no final de um processo de consulta, através da explanação *why not* (apresentada na seção 3.1.3.2).

Através desta explanação, o usuário tem a possibilidade de confrontar, voluntariamente, a sua conclusão com aquela gerada pelo sistema. Desta forma, o sistema, além de apresentar suas justificativas sobre os resultados alcançados, também pode expor suas razões pela não preferência de determinado fármaco.

Dessa forma, o usuário, além de estar consciente sobre o processo de raciocínio e tomada de decisão do sistema, sente-se satisfeito com a possibilidade de se posicionar frente à escolha realizada pelo mesmo.

Através desta capacidade de explanação do sistema, o usuário está longe de ser um agente à mercê de um componente de raciocínio oculto que dita ordens, embora o modelo de diálogo do sistema esteja baseado em consulta. Este modelo de diálogo foi mantido semelhante ao sistema anterior porque foi considerado interessante preservar a forma de raciocínio que o especialista emprega na construção do SE.

As figuras 3.39, 3.40, 3.41 e 3.42 ilustram a sequência de um processo de explanação *why not*, cujo exemplo descreve o caso de um paciente com o seguinte quadro clínico: idoso, sexo masculino, diagnóstico de ciclagem rápida, sintomas psicóticos acentuados e que é portador de infarto agudo do miocárdio recente, com hipertrofia prostática.

- O sistema define o fármaco *carbamazepina* como tratamento medicamentoso, apresentando suas justificativas através de uma

linguagem coloquial, mais próxima da linguagem utilizada no dia a dia pelos médicos em geral (figura 3.39).

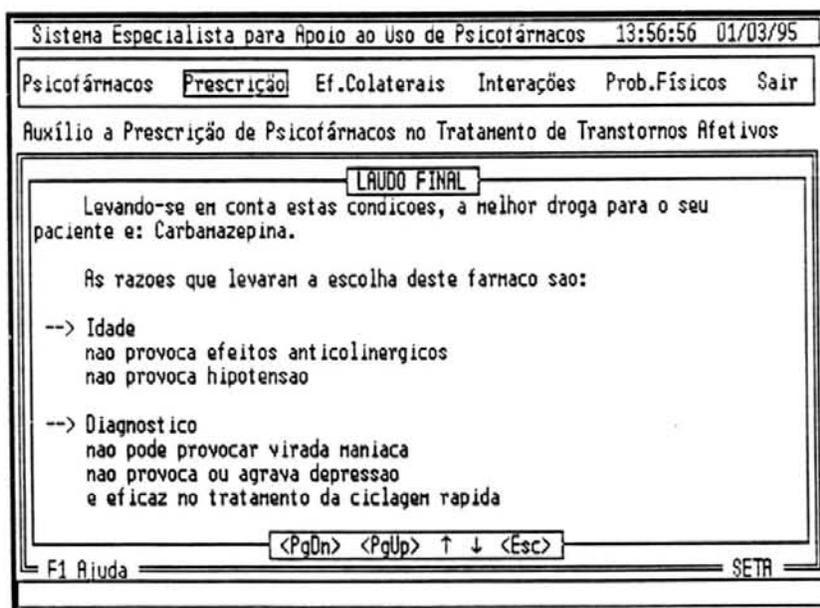


Figura 3.39 Resultado do sistema com explicação *how*

- O usuário final, possuidor de certo conhecimento farmacológico sobre o assunto, não compreende porque o sistema preteriu o fármaco *ácido valpróico* para indicar a *carbamazepina*. Além disso, analisando a lista dos fármacos absolutamente contra-indicados pelo sistema, o usuário observa que *ácido valpróico* não está presente, ou seja, o sistema, até o momento, não fornece nenhum posicionamento, seja positivo ou negativo sobre o medicamento preferido pelo usuário, conforme ilustrado na figura 3.40 (a lista de fármacos é ordenada alfabeticamente para sua apresentação na tela).

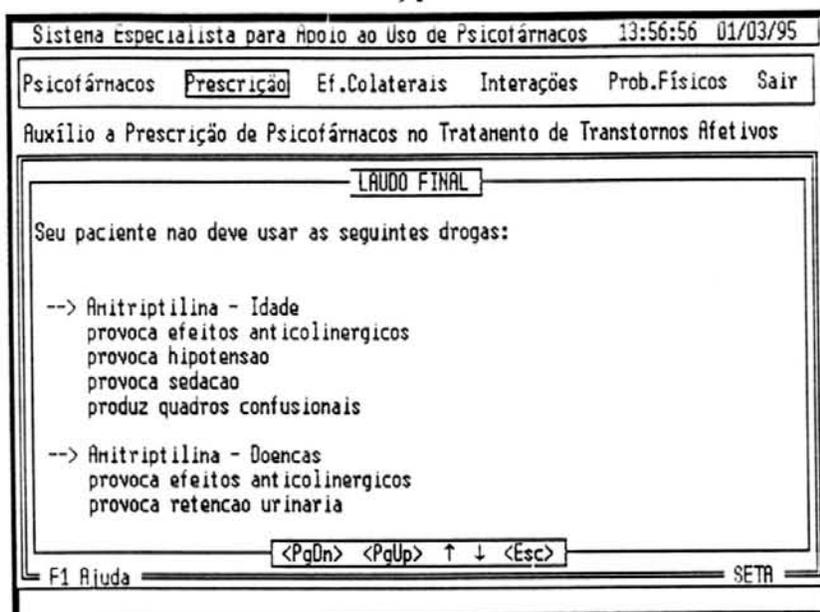


Figura 3.40 Lista de fármacos absolutamente contra-indicados (explicação *why not*)

- Através da explicação *why not*, o usuário pode questionar o sistema sobre as razões da sua não preferência sobre referido medicamento, selecionando a opção "*Justificativas da não preferência*" do menu a disposição logo após a apresentação do laudo final (Figura 3.41).

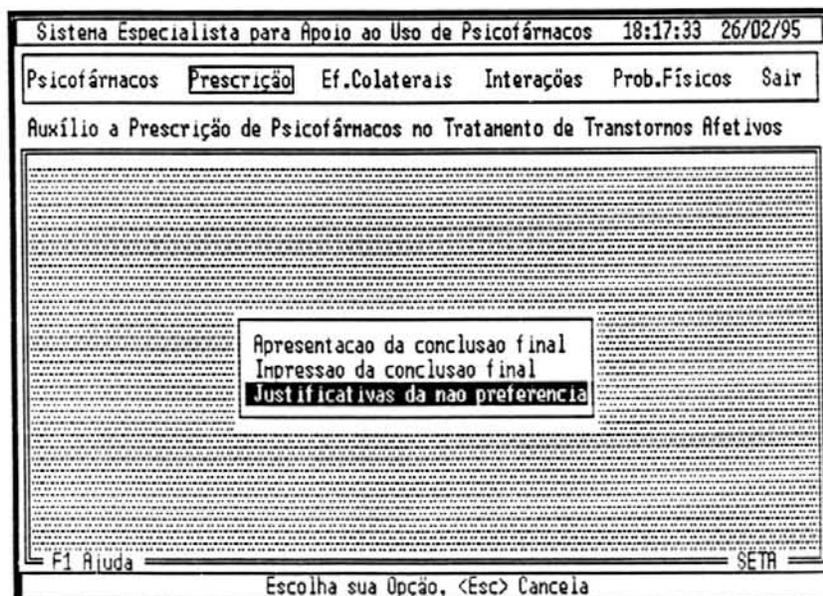


Figura 3.41 Menu de acesso a explicação *why not*

- O sistema então, realizando uma comparação entre o fármaco *carbamazepina*, indicado pelo sistema, com o fármaco *ácido valproico*, apresenta suas justificativas (figura 3.42).

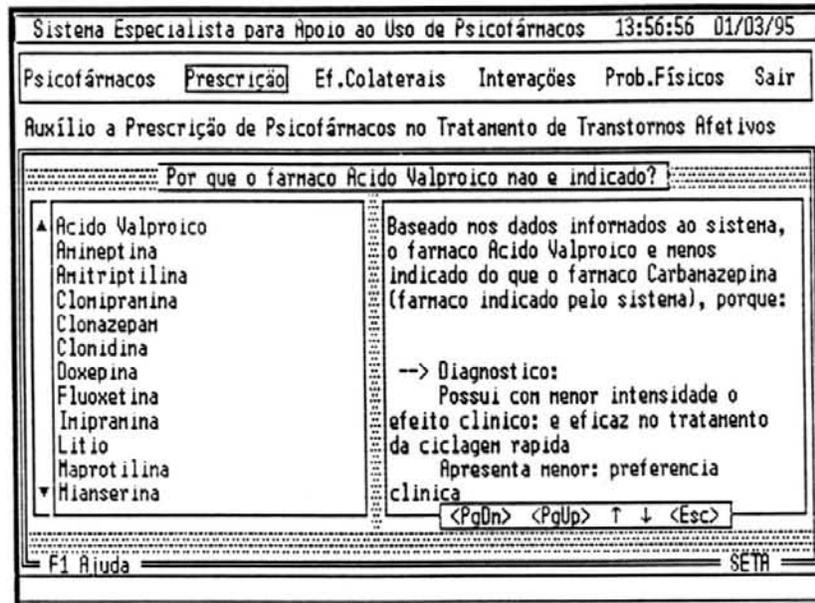


Figura 3.42 Tela que apresenta justificativas da não preferência

Através deste mecanismo de diálogo, desejou-se fornecer possibilidade de discussão entre os dois agentes. Claro que tal diálogo é um tanto limitado, visto que o usuário final não recebe a permissão de alterar o conhecimento do SE, impondo seu ponto de vista. Contudo, isso é extremamente compreensível, visto que, quando o SE é apresentado ao usuário final, este comporta-se como se fosse um "retrato" de seu criador e, partindo desse princípio, o usuário final poderá chegar a duas razoáveis conclusões:

- tal situação clínica passou despercebida para o especialista que criou o SE, visto que é muito comum, em desenvolvimento de tais sistemas, a previsão das inúmeras soluções que este pode chegar; ou
- o usuário discorda do posicionamento farmacológico do especialista que o criou, atitude também muito comum entre médicos (durante o desenvolvimento do SETA deparou-se com uma situação semelhante, quando o especialista, responsável pelo sistema SETA, discordou de um colega, também especialista, por seguir doutrinas médicas distintas).

A explanação *why* é também um exemplo de atuação voluntária por parte do usuário, durante a interação, solicitando auxílio ou explicações. Um exemplo típico é quando o usuário questiona o sistema sobre a importância de determinada informação para que possa gerar um resultado. Um exemplo de explanação *why* está apresentado na figura 3.43, onde o usuário deseja saber por que a informação sobre *presença de sintomas psicóticos* é importante ao sistema.

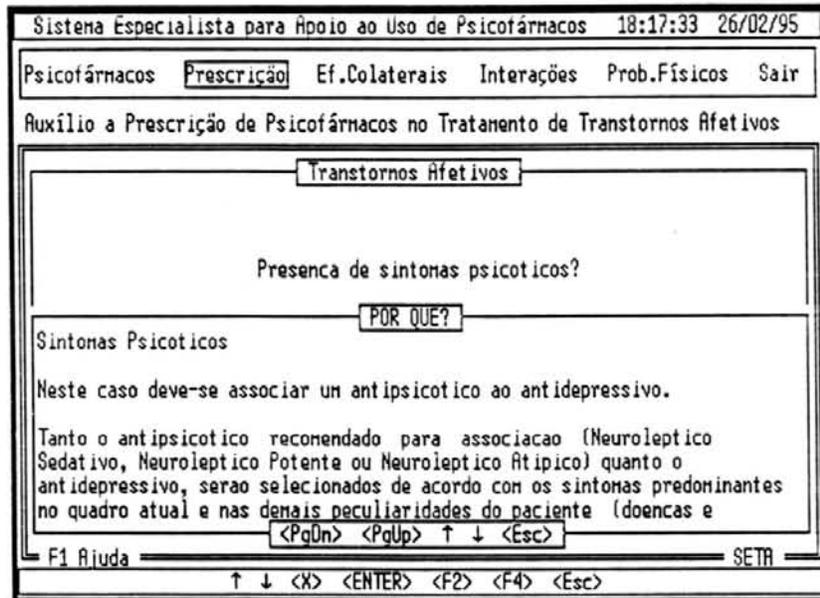


Figura 3.43 Tela de ilustração da explanação *why*

4.3 Necessidades de Conhecimento

O sistema SETA, conforme descrito no decorrer deste trabalho, possui um comportamento semelhante a de um especialista, seja no módulo de consulta, através do qual interage com o usuário de maneira análoga a um especialista do domínio; seja no módulo de aquisição de conhecimentos, apresentando habilidades específicas de um engenheiro do conhecimento.

Esta característica de "*agente*", fornecida ao sistema, é alcançada através da arquitetura baseada em conhecimento meta-nível, que permitiu o raciocínio em relação ao controle de seu próprio domínio. A necessidade de se construir facilidades para explanação e aquisição de conhecimentos, características indispensáveis em SSPC, levaram a incorporação explícita de meta-conhecimento.

Através do processo de ajuste a uma base de conhecimentos, observa-se que SETA possui muito conhecimento sobre o domínio da tarefa, que é a extração gradual das informações relevantes para a confecção do sistema. Além disso, SETA possui, embutido em si, uma função que ajuda o especialista na geração das regras de preferência farmacológica, através da combinação dos dois tipos de conhecimentos que o especialista utiliza na prescrição de um tratamento farmacológico: conhecimento farmacológico (regras de descrição farmacológica) e perícia clínica (regras de aplicação clínica).

A linguagem apresentada pelo sistema tem relação direta com as linguagens de domínio médico, permitindo abstrair operações (função) e objetos (conhecimentos farmacológico e clínico) deste domínio, transformando-se numa comunicação entre o homem e o domínio do problema, tão almejada em SSPC.

Este processo de comunicação também é observado no processo de consulta, onde o sistema se comunica com o usuário através da apresentação de questões, que são respondidas pelo usuário através da seleção de uma opção de menu, e dos mecanismos de explanação *why*, *how* e *why not*.

4.4 Além da linguagem Natural: Comunicação natural

A interface adotada para o sistema SETA foi cuidadosamente elaborada, objetivando uma interação extremamente *amigável* com os seus usuários. Na consulta a um SE, por exemplo, o usuário interage com o sistema selecionando itens em menus, através dos quais, utilizando respostas como "*Sim*", "*Não*" e "*Desconhece*", por exemplo, responde perguntas formuladas pelo sistema.

Segundo a classificação apresentada em [STRO92], a interface dos SE, criados pelo SETA, apresenta comportamento ativo: é a interface que toma a iniciativa, inquirindo o usuário e aguardando a resposta. O usuário, portanto, se comporta passivamente, respondendo a estímulos da interface, sendo por ela conduzido. Contudo, o usuário também pode atuar durante a interação, solicitando auxílio ou explicações, como apresentado na seção 4.2.

Tanto nas perguntas quanto nas respostas ou explicações, o sistema emprega uma linguagem coloquial, mais próxima da linguagem utilizada no dia a dia pelos médicos em geral. Não se empregam recursos de compreensão da língua natural, pois estes não se mostram necessários para que o sistema possa ser utilizado. Contudo, pode-se dizer que a comunicação entre os agentes é, de alguma forma, natural, no

sentido que o mesmo provê ao usuário sugestões sobre como deve proceder, através do uso de janelas e menus, permitindo que sua inteligência conserve-se, escolhendo o próximo passo.

A estrutura padronizada das telas facilitam o aprendizado do usuário, tornando a *habitabilidade* do sistema, algo indiscutível.

4.5 Modelo dos parceiros de comunicação

A utilização de modelos de usuários poderia ser bastante útil para o sistema, pois evitaria situações em que o sistema fornece informação muito simples para um usuário especialista, ou uma explicação muito complexa para um usuário iniciante.

A classificação do usuário em grupos pode ser feita de várias maneiras. O sistema simplesmente poderia perguntar ao próprio usuário qual é o seu nível de conhecimento. Uma pergunta simples como "*O usuário é um especialistas no assunto?*" poderia ser utilizada para fazer uma separação entre usuários novatos e especialistas. O valor desta abordagem, contudo, é muito discutível [CAR87]. Uma simples divisão entre novatos e especialistas provavelmente não é adequada, pois constrangeria o usuário iniciante (discriminação). Por outro lado, oferecer mais categorias de usuários pode tornar a auto-classificação uma tarefa difícil e insegura. Em [FRA92], por exemplo, apresenta-se uma classificação de usuário como *ingênuo, iniciante, intermediário, conhecedor e experiente*. Pessoas são notoriamente más em fornecer descrições acuradas e precisas das suas próprias necessidades de informação e do seu nível de conhecimento [CAR87].

A alternativa óbvia é que o sistema deve inferir o nível de conhecimento e perícia do usuário a partir das ações e respostas do usuário ao sistema. Isto provê classificações mais precisas mas, em contrapartida, requer grande demanda de pesquisa e, conseqüentemente, de implementação, o que poderia justificar o desenvolvimento de uma dissertação de mestrado para, unicamente, abordar esse assunto.

A utilidade dos modelos de usuários é inegável, e a existência de modelos de usuários deve ser amplamente explorada por Sistemas de Solução de Problemas ditos *Cooperativos*. É importante lembrar que o modelo de usuário não afeta o processo de raciocínio do sistema, mas sim o processo de interação com o usuário, e também a geração de justificativas.

Contudo, o sistema SETA não utiliza classificações de usuários, ou seja, o sistema não tem o poder de inferir, através do processo de interação, que tipo de usuário está interagindo com ele. O sistema, assim, identifica implicitamente dois tipos de usuário a partir de suas intenções:

- (1) *usuário final*: especialista ou não, recebe a mesma atenção por parte do sistema, ou seja, as mesmas explicações, auxílios e linguagem;
- (2) *projetista*: especialista que interage com o sistema buscando a construção cooperativa de um SE.

5 CONCLUSÕES

Finalizando, apresentaremos uma visão geral do trabalho realizado, objetivando mostrar as contribuições geradas. Posteriormente, serão comentadas algumas possibilidades de trabalhos futuros.

5.1 Visão Geral da Dissertação

Foram identificados os fundamentos conceituais a cerca das habilidades cooperativas dos chamados SSPC, com o objetivo de utilizá-los no desenvolvimento do sistema SETA. A idéia era encontrar métodos e estratégias de uma abordagem que permitisse a inclusão de aspectos cooperativos na interação homem-máquina. Parte destes fundamentos foram alcançados pelo sistema através das seguintes decisões de projeto:

- Optou-se pela utilização de uma arquitetura baseada em raciocínio meta-nível, que permitiu o enriquecimento das capacidades de explanação e aquisição de conhecimento do sistema. A arquitetura apresentada torna explícito aspectos do raciocínio especialista, permitindo o compartilhamento da solução de problemas e tomada de decisões entre o sistema e o usuário.
- A interface construída permitiu uma relação altamente cooperativa entre o usuário e o sistema, através da qual o usuário pode definir o sistema para uma aplicação particular, participando ativamente da análise deste, podendo também consultá-lo na busca da solução de um problema. Este estilo participativo foi alcançado graças ao conhecimento que o sistema possui sobre o domínio da tarefa. Através do conhecimento meta-nível, o sistema abstrai operações e objetos do domínio, dando uma impressão de comunicação *homem-domínio do problema*, pois reduz a distância da transformação cognitiva entre descrições orientadas ao problema e ao sistema.
- Os recursos de explanação fornecidos ao sistema retratam o seu controle sobre o conhecimento do domínio sob a forma de esclarecimentos, recomendações e aconselhamentos. As explicações *how* e *why*, por exemplo, permitiram ao sistema justificar suas ações. Entretanto, as dúvidas do usuário poderiam persistir mesmo após as

explicações. Imagine um usuário que acredita na solução de um determinado problema. Ao consultar o SE, obtém uma resposta diferente. A explanação *how* mostra como o sistema chegou a sua resposta, mas não mostra porque o sistema não chegou a solução do usuário.

Então, a explanação *why not* foi agregada ao sistema para permitir que o usuário fornecesse alternativas ao sistema. O raciocínio empregado neste caso é análogo ao de um sistema de revisão de crenças. Apesar de não ter representado internamente um modelo das crenças do usuário, a explanação *why not* procurou estabelecer porque o sistema não obteve como resultado a alternativa fornecida pelo usuário. A apresentação dos motivos que levaram o sistema a desconsiderar alguma alternativa pode esclarecer erros ou omissões na perícia do usuário. Esta técnica é importante quando a transferência da perícia é um dos objetivos do sistema, como nos SSPC.

Para prover explanação *why not*, o sistema faz uma *introspecção* para avaliar se sua base de conhecimentos contém uma explicação para o descarte (ou a não consideração) da solução do usuário. Se existe tal conhecimento, o sistema apresenta ao usuário. No entanto, a resposta do sistema pode ter sido obtida a partir de informação incompleta, sendo necessária a aquisição de mais informação para refinar a solução do sistema. Neste caso, as estruturas meta-nível controlam a informação incompleta, e a ferramenta de explanação atua associada a um mecanismo de avaliação parcial.

- A ferramenta de construção e aquisição de conhecimentos, outro módulo importante num processo cooperativo, permitiu ao sistema a aprendizagem incremental, através da aquisição de novos conhecimentos, bem como da reestruturação de alguns conhecimentos ou regras com falhas. Para interpretar suas suposições sobre o mundo, através de funções explícitas do conhecimento e da exploração da forma como os especialistas expressam-se, o sistema é capaz de extrair, inteligentemente do especialista, informações relevantes a construção de um SE para desempenhar a tarefa de prescrição farmacológica.

Contudo, a inclusão das regras, ou seja, a programação dos SEs desenvolvidos a partir do sistema SETA, é realizada de forma procedimental. Dado o limite de tempo definido para a confecção deste

trabalho, foi impossível a integração de uma linguagem de programação que permitisse ao usuário expressar seu conhecimento de forma declarativa, e muito menos de um editor gráfico, cuja representação do conhecimento é apresentada sob a forma de um *grafo*.

- Integrado ao sistema SETA, foi mantido um módulo de banco de dados, que contém informações importantes sobre os medicamentos utilizados pelos SEs. Este módulo representa um grande papel no projeto de sistemas que prezam a interação efetiva entre homem e máquina

Dos fundamentos conceituais identificados, não foi possível desenvolver, no sistema, a capacidade de geração de explicações e descrições diferenciadas, conforme o nível de conhecimento e especialidade do usuário. O sistema não é capaz de reconhecer e interpretar o comportamento do usuário, avaliando a relevância do auxílio a ser prestado e o momento mais apropriado para tal, bem como permitir à interface definir o conteúdo e a forma da mensagem a ser apresentada. Tal propriedade está relacionada com a presença de *modelos de usuário*, elementos não encontrados no sistema SETA. A razão pela ausência destas capacidades está relacionada à necessidade demasiadamente grande de pesquisa e, conseqüentemente, de implementação, podendo, inclusive, ser alvo de uma nova dissertação de mestrado.

5.2 Contribuições

A maior contribuição deste trabalho está depositada na própria implementação do sistema SETA, pois retrata a aplicação prática de um conjunto de qualidades cooperativas alcançadas a partir das inúmeras técnicas de IA apresentadas no decorrer deste trabalho.

Dentre as técnicas utilizadas, destacam-se as pesquisas realizadas sobre explicação, aquisição de conhecimentos e interface com o usuário, que também representam uma importante contribuição para o grupo de IA do Instituto de Informática da UFRGS.

5.3 Trabalhos Futuros

Os resultados obtidos com a implementação do sistema SETA encorajam a continuidade do projeto, tanto sob o ponto de vista da IA, agregando ao sistema

recursos ainda não implementados, tais como a inclusão de modelo do usuário, quanto sob o ponto de vista da IAD, conforme será apresentado logo a seguir.

O sistema SETA pode vir a ser o marco inicial do desenvolvimento prático de um Sistema de Solução de Problemas Distribuídos. A IAD poderia ser vista como um passo à frente para a integração dos inúmeros SEs que, por ventura, venham a ser desenvolvidos a partir do sistema SETA, permitindo a cooperação destes entre si.

A apresentação de uma modelagem para esta arquitetura distribuída pode estar baseada nas soluções criativas encontradas na literatura, e que forneceram soluções para outros problemas relacionados com a construção de sistemas de IAD [DEM90] [SHA93] [SIC92].

Uma idéia intuitiva da utilidade que uma sociedade de SEs, responsáveis em auxiliar a prescrição farmacológica, poderia proporcionar a um hospital geral (como o HCPA), pode ser descrita da seguinte forma:

Imaginemos que um paciente esteja internado em um hospital por ser portador de algum tipo de cardiopatia, e, de repente, passe a apresentar problemas de depressão. O médico, responsável por este paciente, poderá, então, interagir com a sociedade de agentes especialistas artificiais, para buscar auxílio para o melhor tratamento farmacológico, através da apresentação do prontuário daquele paciente. Como o problema básico do paciente é cardiopatia, o agente responsável pela prescrição farmacológica de problemas cardiopáticos procura resolver o problema. Se não possuir informação sobre a interação de seus medicamentos com os psicofármacos, ele poderá buscá-la através da interação com o agente responsável pela prescrição de medicamentos psicoterápicos.

Contudo, o desenvolvimento de semelhante sistema envolve uma série de problemas indiscutivelmente complexos e que poderiam ser estudados e resolvidos no decorrer de uma tese de doutorado. Assim, os problemas envolvidos na construção de tais sistemas podem ser resumidos em: protocolos de interação e comunicação, estratégias de resolução de conflitos, e estratégias de gerenciamento de múltiplos agentes

BIBLIOGRAFIA

- [AHU87] AHUJA, Snajeev B. KES: A non-production rule environment for building expert systems. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON EXPERT SYSTEMS & THEIR APPLICATIONS, 1987, Avignon. **Proceedings...** Avignon: [s.n.], 1987. p.769-791.
- [AIE88] AIELLO, Luigia. The uses of metaknowledge in AI systems. In: MAES, P.; NARDI.D. (Eds.). **Meta-level architectures and reflection**. North-Holland: Elsevier Science Publishers, 1988. p.243-254.
- [ANT91] ANTUNES, Álvaro. **Um método de Otimização do Tempo Despendido pelo Especialista no Desenvolvimento de um Sistema Especialista**. Porto Alegre: CPGCC/UFRGS, 1991.
- [BAT88] BATALI, John. Reasoning about Self-Control. In: MAES, P.; NARDI.D. (Eds.). **Meta-level architectures and reflection**. North-Holland: Elsevier Science Publishers, 1988. p.255-270.
- [BER92] BERTHET, S.; DEMAZEAU, Y.; BOISSIER, O. Knowing Each Other Better. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON DISTRIBUTED ARTIFICIAL INTELLIGENCE, 11., 1992. **Proceedings...** Glen Arbor:[s.n.], 1992.
- [BOR94] BORDINI, Rafael H. **Suporte Lingüístico para Migração de Agentes**. Porto Alegre: CPGCC/UFRGS, 1994. 128p.
- [BOW82] BOWEN, K.; KOWALSKI, R. Amalgamating language and meta-language. In: CLARCK; TARNLUND, (Eds.). **Logic Programming**. Londres: Academic Press, 1982. p.153-172
- [BRA86] BRATKO, Ivan. **PROLOG Programing for Artificial Intelligence**. New York: Addison-Wesley, 1986.

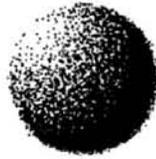
- [BRE89] BREUKER, Joost; WIELINGA, Bob. Models of Expertise in Knowledge Acquisition. In: **Topics in Expert System Design**. North-Holland: Elsevier Science Publishers, 1989. p. 265-295.
- [BUC78] BUCHANAN, Bruce G.; FEIGBENBAUN, Edward A. DENDRAL and Meta-DENDRAL: their applications dimension. **Artificial Intelligence**, Amsterdam: Elsevier Science Publishers, v.11, n.1-2, p.5-24, Aug. 1978.
- [BUC84] BUCHANAN, Bruce G.; FEIGBENBAUN, Edward A. **Rule-Based Expert Systems: The MYCIN Experiments of the Stanford Heuristic Programming Project**. Massachusetts: Addison-Wesley, 1984.
- [CAR90] CARLSON, David A.; RAM, Sudha. Modeling Organizations as a Social Network of Distributed Knowledge-Based Systems. In: HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE OF SYSTEMS SCIENCE, 23. **Proceedings...** [S.l.:s.n.], 1990. v.4, p. 271-280.
- [CLA83] CLANCEY, W. J. The epistemology of a rule-based expert system - a framework for explanation. **Artificial Intelligence**, Amsterdam, v. 20, n. 3, p. 215-251, May 1983.
- [COR92] CORDIOLI, Aristides V.; LIMA, Pedro A. S. P. **Coletânea de Anotações Utilizadas para o Desenvolvimento do Sistema Especialista SETA**. Porto Alegre, 1992. (Não Publicado)
- [COR92b] CORDIOLI, Aristides V.; PASTORELLO, Marco A. SETA-Sistema Especialista para auxílio ao tratamento farmacológico dos Transtornos Afetivos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PSIQUIATRIA, 12., Out. 22-24, Gramado 1992. **Resumo dos Temas Livres**. Gramado: SBP, 1992. p. 174.
- [COR94] CORDIOLI, Aristides V. SETA: Um programa computacional de apoio ao tratamento farmacológico dos transtornos afetivos. **Revista ABP-APAL**, [S.l.], p. 84-88, 1994.
- [CUN88] CUNNINGHAM, P.; SHIVAN, J. P. Model based expert systems for production management. In: IFIP WORKING CONFERENCE ON KNOWLEDGE BASED PRODUCTION MANAGEMENT SYSTEMS, 1988. **Proceedings...** Galway: Ireland, Aug. 1988. p.121-133.

- [DEM90] DEMAZEAU, Yves; MÜLLER, Jean-Pierre. Decentralized artificial intelligence. In: DEMAZEAU, Yves; MÜLLER, Jean-Pierre (Eds.). **Decentralized A.I.** Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 1990. p. 3-13.
- [DUD84] DUDA, R.; REBOH, R. AI and decision making: the Prospector experience. In: Reitman, W. (Ed.). **Artificial Intelligence Applications for Business.** Norwood: Ablex, N. J., 1984.
- [ESH88] ESHELMAN, L.; EHRET, D.; McDERMOTT, J. et al. MOLE: a tenacious knowledge-acquisition tool. In: BOOSE, J. H.; GAINES, B. R. (Eds.) **Knowlegde acquisition tools for expert systems.** Londres: Academic Press, 1988. v.2, p. 95-108.
- [FIS89] FISCHER, G.; NIEPER-LEMKE, H. HELGON: extending the retrieval by reformation paradigm. In: HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, 1989, Austin, Texas. **Proceedings...** New York: ACM, 1989. p. 357-362.
- [FIS90] FISCHER, G. Communication requirements for cooperative problem solving systems. In: **Information Systems.** New York: [s.n.], 1990. Jan. 1990. p.21-36.
- [FLO93] FLORES, Cecilia D. **Sistemas Cooperativos.** Porto Alegre: CPGCC/UFRGS, 1993. (Trabalho Individual, n. 318).
- [FLO94] FLORES, Cecilia D. Arquitetura de uma ferramenta de desenvolvimento de sistemas especialistas para apoio ao tratamento farmacológico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA EM SAÚDE, 4., 12-15 out.1994, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBIS,1994. p.132-136.
- [FLO95] FLORES, Cecilia D. Architecture of an expert system for the phamachological treatment of affective disorders. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL DE COMUNICACIÓN SOCIAL, 4., 1995, Santiago de Cuba. **Anais...** [S.l.:s.n.], 1995..
- [FRA92] FRAINER, A. S.; STROGULSKI, H. **Comportamento de Interfaces Inteligentes.** Porto Alegre: CPGCC/UFRGS, 1992. (Relatório de Pesquisa n.178).

- [FRA93] FRAINER, A. S. **Planos na Interação Homem-Máquina**. Porto Alegre: CPGCC/UFRGS, jan. 1993. 118p.
- [GAS9?] GASSER, Les. **Distribution and Coordination of Tasks Among Intelligent Agents**. [S.l.:s.n., 199?] p. 189-204.
- [HAR88] HARMON, P.; KING, D. **Sistemas Especialistas**. Rio de Janeiro: Campus, 1988. 304p.
- [KLI88] KLINKER, G.; BENTOLILA, J.; GENETET, S. et al. KNACK: Report-driven knowledge acquisition. In: BOOSE, J. H.; GAINES, B. R. (Eds.). **Knowlegde Acquisition Tools for Expert Systems**. Londres: Academic Press, 1988. p.195-209.
- [KUN89] KUNZ, John C.; STELZNER, Marilyn J.; WILLIANS, Michael D. From Classic Expert Systems to Models: Introduction to a Methodology for Building Model-Based Systems. In: **Topics in Expert System Design- Methodologies and Tools**. The Netherlands: North-Holland, 1989. p. 87-110.
- [LEM90] LEMKE, Andreas C.; FISCHER, Gerhard. A Cooperative Problem Solving System for User Interface Design. In: NATIONAL CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE, 8., July 29-Aug. 3, 1990, Boston. **Proceedings...** Boston: MIT Press, 1990. v.1, p.479-484.
- [MUL86] MULSANT, B.; SERVAN-SCHEREIDER, D. Artificial intelligence and psychiatry. **Journal Nerv Mental Dis**. Washington, n.174, p.191-202, 1986.
- [PAS91] PASTORELLO, M. A. **Sistemas Baseados em Conhecimento: Formas de Representação de Conhecimento, Sistemas Especialistas e Paradigmas de Inferência**. Porto Alegre: CPGCC/UFRGS. 1991. 110p. (Trabalho Individual. n.225).
- [PAS92] PASTORELLO, M. A. **SETA: Sistema Especialista para o auxílio a escolha de drogas para o tratamento dos Transtornos Afetivos**. Porto Alegre, 1992. (Não Publicado).

- [PAS93] PASTORELLO, M. A. **Técnicas de Explicação em Sistemas Especialistas: a Explicação Why Not**. Porto Alegre: CPGCC/UFRGS, 1993. 195p.
- [PER89] PERKINS, Walton A.; LAFFEY, T.J.; PECORA, D. et al. Knowledge base verification. In: **Topics in Expert System Design**. The Netherlands: North-Holland, 1989. p. 353-372.
- [RIC83] RICH, Elaine. **Artificial Intelligence**. New York: McGraw- Hill, 1983.
- [ROL88] ROLSTON, David. **Principles of Artificial Intelligence and Expert System Development**. New York: McGraw-Hill, 1988.
- [SIC92] SICHMAN, Jaime S.; DEMAZEAU, Yves; BOISSIER, Olivier. When can Knowledge-Based Systems be Called Agents? In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL. 12., Rio de Janeiro. **Proceedings...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Computação, 1992. p. 172-185.
- [SHA91] SHAW, Michael J.; HARROW, B.; HERMAN, S. Distributed Artificial Intelligence for Multi-Agent Problem Solving and Group Learning. [S.l.:s.n.], 1991. p. 13-26.
- [SHA93] SHAW, Michael J.; FOX, Mark S. Distributed artificial intelligence for group decision support. **Decision Support Systems**, The Netherlands: North-Holland. 1993. v. 9, p. 349-367.
- [SHO76] SHORTLIFFE. E. H. **Computer-Based Medical Consultations: MYCIN**. New York: Elsevier, 1976.
- [SMI84] SMITH, R. G. On the development of commercial expert systems. **AI Magazine**. San Francisco, CA, v. 5, n. 3, p.61-73, 1984.
- [STE88] STERLING, L. A meta-level architecture for Expert Systems. In: MAES, P.; NARDI, D. (Eds.) **Meta-level Architectures and Reflection**. The Netherlands: North-Holland, 1988. p.301-311.
- [SWA83] SWARTOUT, William R. XPLAIN: a system for explaining expert consulting programs. **Artificial Intelligence**. Amsterdam, v.21, n.3, p.285-325, Sept. 1983.

- [STR92] STROGULSKI, H. **Uma proposta de modelagem de usuários para interfaces inteligentes**. Porto Alegre: CPGCC da UFRGS, 1992. 88 p.
- [VIC89] VICCARI, R. M. **Um tutor inteligente para a programação em lógica - Idealização, projeto e desenvolvimento**. Coimbra: Faculdade de Ciências e Tecnologia- Universidade de Coimbra, 1989. 466 p.
- [WEI80] WEINER, J. L. BLAH: a system wich explains its reasoning. **Artificial Intelligence**, Amsterdam, v.15, n.1-2, p.19-48, 1980.

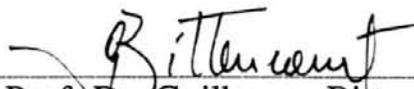


Sistema de Solução de Problemas Cooperativos - Um Estudo de Caso.

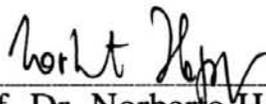
por

Cecilia Dias Flores

Dissertação apresentada aos Senhores:



Prof. Dr. Guilherme Bittencourt (UFSC)



Prof. Dr. Norberto Hoppen (PPGA/UFRGS)



Prof. Dr. José Palazzo Moreira de Oliveira

Vista e permitida a impressão.
Porto Alegre, 26/10/95.



Profa. Dra. Rosa Maria Viccari,
Orientador.



Profa. Carla Maria Dal Sasso Freitas
Coordenadora Substituta do Curso de
Pós-Graduação em Ciência da Computação
Instituto de Informática - UFRGS